Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

71. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH
Aachen University

Herausgegeben von der Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V. Sankt Augustin:

© GfA-Press, Sankt Augustin

25. – 27. März 2025

GfA-Press

Bericht zum 71. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 25. – 27. März 2025

GfA-Press, 2025 ISBN 978-3-936804-36-2 DOI 10.61063/FK2025 Alle Rechte vorbehalten.

Hinweise:

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,

- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

Inhaltsverzeichnis

Prävention psychischer Belastung in Transformationsprozessen: Entwicklung, Erprobung und Evaluation des Health Oriented Transformation-Programms (HOT) 1
Anja GERLMAIER

Menschenzentrierte Technikgestaltung durch Value-based Engineering? – Eine empirische Untersuchung zur Praxistauglichkeit 7
Natalie MARTIN, Tobias KOPP, Steffen KINKEL

Konzeptionelles Modell der Zusammenhänge von Einflussfaktoren auf die Zuverlässigkeit von Entwickler*innen bei Produktänderungen 13
Viktoria MORDASCHEW, Benedikt LATOS

Einfluss schichtbedingter Anstrengung und Ermüdung auf RULA-Score und Fußbelastung: Eine Feldstudie unter Verwendung inertialer und resistiver Sensorik 19
Steven SIMON, Jonas DULLY, Carlo DINDORF, Michael FRÖHLICH

Einsatz von Sensorik zur Evaluation von Arbeitsplatzbelastungen, ergonomischen Interventionen und deren Zusammenhang mit Haltungsparametern des Muskel-Skelett-Apparats 25
Steven SIMON

Arbeitsgestaltung in der Produktion: Grundlagen und Handlungsempfehlungen für die Einführung einer mobilen und zeitflexiblen Arbeitsgestaltung in der zerspanenden Fertigung 31
Jakob WEBER, Marc-André WEBER, Sascha STOWASSER

Überarbeitung des „Kompaktverfahren Psychische Belastung“ – KPB für die Gefährdungsbeurteilung 37
Stephan SANDROCK, Catharina STAHN

Szenarien als neues Beteiligungsinstrument für Betriebsräte – Das Beispiel Medizintechnik 42
Norbert MALANOWSKI, Jürgen KLIPPERT, Simon BEESCH

Entwicklung von Personas als Methode zur Stärkung der interdisziplinären Zusammenarbeit im Großforschungsverbund 48
Katharina Schäfer, Philipp Brauner, Martina Ziefle, Johanna M. Werz, Alexander Mertens

Entwicklung eines nutzendenspezifisch kompentenzbasierten Recommender-Systems zur menschzentrierten Adaption von Montagesystemparametern 54
Paul Hubert HAAS, Benedikt KELM, Lennard MARGIES, Rainer MÜLLER

Herausforderungen bei der Entwicklung eines intelligenten Systems zur Potenzialerkennung von Beschäftigten in# Einfacharbeit 60
Fenja T. HESSELMANN, Yves KORTE-WAGNER, Hannah L. KRÜGER, Annelie LORBER, Julian DECIUS, Frank WALLHOFF

Führung im Wandel: Der Einfluss struktureller Führung auf Gesundheit und soziale Verantwortung 65
Adelisa MARTINOVIC, Andreas BLUME

Beurteilung thermischer Gefährdungen – Projekt zur erweiterten Bewertung militärspezifischer Aktivitäten, Bekleidung und individueller Einflüsse mit dem Klimaindex UTCI 71
Peter BRÖDE, Dusan FIALA, Rolf THIELE, Marcus HEROLD

Gib mir den Rest! – Open Innovation durch 3D-Druck mit regionalen Reststoffen für eine nachhaltige Produktion im Reallabor SAMSax 75
Adelina BERKEMEIER, Marc SCHWARZKOPF, Angelika C. BULLINGER-HOFFMANN, Henning ZEIDLER

Beanspruchungsvorhersage mittels digitaler Menschmodellierung beim Arbeiten mit einem Power-Tool 81
Rebecca RACK

Evaluierung eines Kompetenzstufenmodells zur Nutzeradaptivität Kognitiver Assistenzsysteme in der manuellen Montage 87
Benedikt KELM, Paul Hubert HAAS, Lennard MARGIES, Rainer MÜLLER

Agilität zwischen menschenzentrierter Arbeitsgestaltung und managerialer Steuerungsfiktion 93
Stefan SAUER, Carolin HIRSCH

Diversität berücksichtigende Partizipation als Instrument der Technikakzeptanz in der öffentlichen Verwaltung 99
Anja SENG, JanTIETMEYER

Gefährdungsbeurteilung für das Einsatzgeschehen bei der Feuerwehr: Sekundärnutzung von Fernsehdokumentationen 105
Carsten SCHIFFER, Yathursan MAHENDRAN, Andre PRINZ, Alexander MERTENS, Verena NITSCH

Menschzentrierte Einführung digitaler Technologien zur Förderung von Sicherheit, Gesundheit, Kompetenz, Zufriedenheit und Produktivität – Erkenntnisse aus dem regionalen Kompetenzzentrum AKzentE4.0 111
Louisa M. DAUER, Vera B. RICK, Lilith H. POLLEROS, Verena NITSCH

Algorithmisches Management in der Kommissionierung: Entwicklung von Szenarien für die Untersuchung menschengerechter Arbeitsgestaltungslösungen im Reallabor 117
Andreas MÜLLER, Carsten RÖTTGEN, Yannick METZLER, Veronika KRETSCHMER, Linda Maria WINGS

Risk assessment of interaction-related stressors – development of a risk assessment tool using a mixed-methodsinstrument- development-design 123
Jonas WEHRMANN, Dir. and Prof. Dr. Armin WINDEL, Prof. Dr. Oliver STRÄTER

Berufliche Resilienz und emotionale Irritation: Wechselwirkungen und Implikationen für die mentaler Gesundheit 129
Jens KNISPEL, Veneta SLAVCHOVA, Fee KAHLHOFER, Viktoria ARLING

Berufliche Resilienz: Stellt sie einen Schutzfaktor gegen Stresserleben und Burnout-Symptomatik dar? 134
Viktoria ARLING, Veneta SLAVCHOVA, Fee KAHLHOFER, Jens KNISPEL

Inklusion am Arbeitsplatz: Wirksamkeit eines Leitfadens zur Unterstützung psychisch erkrankter Mitarbeitendender 139
Veneta SLAVCHOVA, Julia BRENNER, Jens KNISPEL, Viktoria ARLING

Open Collaboration in interdisziplinären Forschungsnetzwerken: Konzeptentwicklung und Erfolgsfaktoren für effektive Kooperation 144
Annika FELDHOFF, Selina PALIGE, Pia WEBER, Marc SCHWARZKOPF, Angelika C. BULLINGER-HOFFMANN

The Teleoperation of Highly Automated Vehicles: A Human-Centered Workplace Design for Remote Assistants 150
Alexandra NICK, Barbara DEML

Transformationsanlässe in den Branchen Automotive und Medizintechnik 156
Ilknur ATAKLI-AHMED, Lea ZUROMSKI, Moritz PAULUS, Dr. Dirk WERTH, Dirk SCHEIDT

Werteorientierung in Unternehmen und beispielhafte Maßnahmen zur Unterstützung werteorientierter Transformation 162
Delia SCHRÖDER, Vanessa KUBEK

Kompetenzen für die Kreislaufwirtschaft 168
Lea ZUROMSKI, Regina OSRANEK, Susanne SCHIERZ

Gesunde Arbeit im Kontext werteorientierter Transformation 174
Thorsten LUNAU, Helen RÖMER

Gemeinsam zum Erfolg: Entwicklung eines partizipativen Ansatzes zur erfolgreichen Einführung technischer Veränderungen in KMU 180
Pia WEBER, Annika FELDHOFF, Selina PALIGE, Marc SCHWARZKOPF, Angelika C. BULLINGER-HOFFMANN

Planspiele: innovative Lernformate im Bereich Digitalisierung, Nachhaltigkeit und KI 186
Johanna PFENNING, Ilknur ATAKLI-AHMED, Sarah RÜBEL

Entwicklung einer kognitionsbasierten Schnittstelle für die Mensch-Technik-Interaktion zur Förderung des energieeffizienten Handelns im Produktionskontext 192
Tina MORGENSTERN, Christin REUTER, Sven GLEICH, Esther LAPCZYNA, Vincent THIELE, Thomas LAMPKE, Franziska BOCKLISCH

Erfolgsfaktoren für die Implementierung unternehmensinterner Chatbots: Eine ganzheitliche Analyse mit dem TOIE-Framework 198
Tanja SCHWARZ, Kazimierz Adam PRZYBYSZ, Sophia KEIL

Einsatz maschineller Lernverfahren zur Erkennung von Beinahestürzen in hochbelasteten Arbeitsumgebungen: Analyse kinematischer Daten und KI-Modellen 204
Moritz SCHNEIDER, Kevin SEESER-REICH, Christoph SCHIEFER, Anika WEBER, Ulrich HARTMANN, Kiros KARAMANIDIS, Annette KLUGE, Rolf ELLEGAST

Implementationsmodell zur Integration von Mitarbeitenden in strategische Digitalisierungsprojekte im Kontext von KI 210
Sascha ARMUTAT, Malte WATTENBERG, Nina MAURITZ

Analyse kooperativer Tätigkeiten zwischen zwei Personen unter Einbeziehung von Bewegungs- und Muskelaktivitätsmessungen 216
Aydin ÜNLÜ, Saeed RAZA, Martin MANNS, Karsten KLUTH

Prototypisches Assistenzsystem für die iterative Arbeitssystemanalyse 221
Markus HARLACHER, Nils FEGGELER

Ergebnisse der NORDMETALL-Jugendstudien 227
Armin BOSSEMEYER, Nora Johanna SCHÜTH

Virtuelle Realität und reale Arbeitswelt: Übertragbarkeit ergonomischer Belastungsbewertungen bei kniebelastender Tätigkeit 233
Robin GRIEßEL, Britta WEBER, Dominik GRÄßLE, Ingo HERMANNS-TRUXIUS, Christoph SCHIEFER, Rolf ELLEGAST, Benjamin WEYERS

KI-Auswahlhilfe – Ein KARL-Tool zur Unterstützung von Unternehmen auf dem Weg zur KI-Anwendung 239
Sebastian BEINER, Magnus KANDLER, Dennis RICHTER

Unterschiede zwischen Basisarbeit, Facharbeit und hochqualifizierter Arbeit in Bezug auf die Beanspruchung durch Technostressoren werden durch Belastung, Bildungsniveau und Technologie mediiert 245
Svetlana WÄHNERT, Charlotte STEPHANI

Zielgerichtete Gestaltung von Basisarbeit mit der MTM-Methodik und Motion-Mining am Beispiel der Paketzustellung 251
Peter KUHLANG, Sascha FELDHORST, Martin BENTER, René GRZESZICK, Constantin ECKART

25 Jahre arbeitswissenschaftliche Prozessmodellierungsprache K3 – Welche Kernideen sind im Praxisstandard BPMN 2.0 enthalten? 257
Marvin GOPPOLD, Sven TACKENBERG

Cognitive Ergonomics in Action: Requirements for Human-Robot Collaboration in Industrial Settings 263
Yannick METZLER, Georgios ATHANASSIOU, Felix DREGER, Felice TAURO, Nooshin ATASHFESHAN

Inter-organisationale Kollaboration als Treiber für die praxisnahe Implementierung der Circular Economy 269
Frauke RICHTER, Dennis KREUTZER, Esther BOROWSKI, Ingrid ISENHARDT

Studie zur Analyse des Bewegungsverhaltens beim hybriden Arbeiten – Kombination von Sensor- und Befragungsdaten 275
Konstantin WECHSLER, Esin TAŞKAN, Alexander BARTON, Rolf ELLEGAST, Britta WEBER

Organisatorische Herausforderungen beim Einsatz kollaborierender Robotik 280
Nils FEGGELER, Markus HARLACHER

Verhaltensbasierte Arbeitssicherheit – Sicherheitskultur stärken und unsichere Handlungen reduzieren 286
Martina FROST, Nora Johanna SCHÜTH, Sabrina BONSE

Soziale Unterstützung am Arbeitsplatz im Wandel der Arbeitswelt – eine Interviewstudie aus der Perspektive von Erwerbstätigen mit Beeinträchtigungen 292
Sophie TEBORG, Lena HÜNEFELD, Tomke S. GERDES

Empirische Evaluation der Technologieakzeptanz, voraussichtlichen Nutzung und Beanspruchung einer Anschlussfunktion im öffentlichen Personennahverkehr 298
Franka WEHR, Lukas BECKERS, Ludger SCHMIDT

Discussion on Music Therapy Industry and Development of Musical Instruments 304
CHIANG-CHENG-WEI

Mikroszenarien zur Technologieanalyse: Duale Interpretation als Persönlichkeitsfaktoren und Technologiezuschreibungen auf Akzeptanzkarten 310
Philipp BRAUNER

Entwicklung und Einsatz von Optimierungswerkzeugen in der prospektiven Bewertung physischer Belastungen 316
Konstantin WAGNER

Change Fatigue am Arbeitsplatz: Untersuchung des Zusammenhangs von Change Fatigue mit demografischen und betrieblichen Faktoren 321
Sylvia FRANKE-JORDAN, Sophie BERGER, Jessica HEILFORT

Einfluss der Messmethodik auf die Ermittlung des Tageslärmexpositionspegels in einer Schweißerei 327
Sandra GROOS, Jonathan BECHTEL, Nicolas SÄNGER, Karsten KLUTH

Hybrides, multilokales Arbeiten im Team: Virtuell vs. Präsenz 333
Patricia TEGTMEIER, Bettina LAFRENZ

Förderung von Sinn in der Arbeit im Kontext der Personal- und Organisationsentwicklung (POE) 339
Judith SCHÖNER

Von der IT- zur Prozessbranche: Eine Analyse der Anforderungen der XR-Industrie und ihrer Qualifizierungsangebote für ein holistisches XR-Literacy-Modell 345
Samira KHODAEI, Johanna M. WERZ, Esther BOROWSKI, Ingrid ISENHARDT

Kompetenzmanagement als Erfolgsfaktor – Wie KMU menschenzentrierte KI-Systeme erfolgreich einführen und nutzen können 351
Elena KICK, Kira BRUCKER, Tobias KOPP, Steffen KINKEL

Wie (de-)motivierend kann künstliche Intelligenz sein? Menschenzentrierte Gestaltung von Entscheidungen einer künstlichen Intelligenz im Bereich der Personaleinsatzplanung 357
Dominik BENTLER, Claudio KRAUSE, Günter W. MAIER

KI-Einsatz in Neuordnungsverfahren – KINO 363
Johanna TELIEPS

Evaluation einer Trainingsintervention zur Förderung des arbeitsbezogenen Lernens bei der Nutzung von KI-basierten Chat-Anwendungen 368
Hannah Louisa KRÜGER, Julian DECIUS, Julian ISMAIL

Virtually Extended Telepresence: Overcoming obstacles of using telepresence robots in practice 374
Franziska LEGLER, Lena FRANZKOWIAK, Hendrik HAWER, Alexej FEDELHEIMER, Marc SCHWARZKOPF, Angelika C. BULLINGER

Riders – Schnelllieferdienste mit dem Rad und physikalische und psychische Belastung und Beanspruchung 380
Nastaran RAFFLER, Mark PRISMAK, Nick KLEINEWALTER, Thomas WILZOPOLSKI, Detlef SAYN, Omar EL-EDRISSI, Christian FREITAG

Nutzenpotenziale qualitativer Forschungsmethoden für betriebliche Lern- und Veränderungsprozesse 386
Guido BECKE, Janina EVERS

Montagetraining in virtueller Realität mit Variation der Unterstützung und Messung physiologischer Parameter 392
David MACK, Ludger SCHMIDT

„Ich hab gedacht, das ist ein Thema von 1 bis 2 Jahren, dann setzen wir da ein Tool drauf und sind noch eine Nummer besser“ – Anforderungen, Herausforderungen und Kompetenzbedarfe von KI-Projektmanagern im produzierenden Gewerbe 398
Eva HANAU, Nils FEGGELER

Chancen und Herausforderungen digitaler Teamarbeit in interdisziplinären und organisationsübergreifenden Kontexten: Das Projekt WIRKsam als Fallbeispiel 404
Eva HANAU, Nils FEGGELER

How to Bridge the Gap Between Digital and Presence 409
Jonas BENDER, Prof. Dr. Klaus BENGLER

Analyse der Entscheidungsfindung von Fertigungsmitarbeitenden durch erklärbare künstliche Intelligenz zur Ableitung arbeitsorganisatorischer Gestaltungsempfehlungen 415
Jan-Phillip HERRMANN, Sven TACKENBERG, Verena NITSCH

Eine Prozessanalyse zur Zeitdatenermittlung in der Produktion 421
Florian BULANDER, Lars RUHBACH

Einfluss passiver Exoskelette auf Hand-Arm-Vibrationen 427
Benjamin ERNST, Elke OCHSMANN

Fallstudien zur systemischen Resilienz klinischer und präklinischer Prozesse 432
Thomas MÜHLBRADT

Ergonomische Herausforderungen bei der Entwicklung von Führerständen für Zweisystem-Bahnen (TramTrains) 438
Norman RIEDEL, Marco KÄPPLER, Alexander WETZL, Barbara DEML

„Hey KI, wie funktioniert ChatGPT?“ – Interaktive Lernerfahrung mittels Web-basierter Anwendung zur Vermittlung der Funktionsweise von LLMs 444
Lena KÖLMEL, Lina KLUY, Yu CAO, Jun MA, Sinan SEN, Barbara DEML

Empirische Evaluation von personalisierten Fahrgastinformationen auf einem Smart Public Display mit Fokus auf Anmeldeverfahren und Datenschutzbedenken 450
Lukas BECKERS, Franka WEHR, Jan Torben HELMKE, Stephan SCHINDLER, Ludger SCHMIDT, Gerrit HORNUNG

Anwenderbefragung zur Nutzung von Assistenzsystemen bei Elektrowerkzeugen in der Holzbearbeitung 456
Lukas FUCHS, Thomas MAIER

Gesundheitsrisiken der Digitalisierung – Sekundärauswertung einer repräsentativen Befragung von 2.750 Lehrkräften 462
Thomas HARDWIG

Digitales Mindset in der Automobilindustrie: Ein Evaluationsschema zur Förderung digitaler Fertigkeiten für Blue Collar Jobs 468
Patrick MELCHER, Nicole GLADILOV, Simone MARTINETZ, Janika KUTZ, Vincent Philipp GÖBELS, Jens NEUHÜTTLER, Katharina HÖLZLE

Neue Methoden des Ideenmanagement als Neue Beteiligungsformen 474
Hans-Dieter SCHAT

Lessons Learned from Human-Robot Interaction Eye-Tracking Studies in the Field 478
Zhe ZENG, Johannes KRAUS, Martin BAUMANN

Gemeinsame Werte und Ziele in der Mensch-KI-Kollaboration: Ein Ansatz zur empirischen Erfassung und nachhaltigen Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen künstlichen Agenten und Menschen 483
Stefan LANG

Untersuchung der Eignung von Inertialsensoren zur Erfassung von Handgelenksbewegungen 489
Chris SCHRÖER, Stefanie TÄNZLER, Niels HINRICHER, Claus BACKHAUS

Envisioning Tomorrow's Assembly Workplace: Insights from a User-Centric Development Process Integrating Motion Capture and Mixed Reality 495
Philip SCHÄFER, Alexander MERTENS, Verena NITSCH

Augen- und Muskel-Skelett-Beschwerden bei der Bildschirmarbeit im Homeoffice in den letzten vier Wochen 501
Stephanie GRIEMSMANN, Swaantje CASJENS, Jörg RISSLER, Ingolf HOSBACH, Konstantin WECHSLER, Claudia CLARENBACH, Jens PETERSEN, Birger NEUBAUER, Britta WEBER, Thomas BEHRENS, Rolf ELLEGAST

Herausforderungen und Lösungsansätze bei der Einführung KI-basierter Schicht- und Personaleinsatzplanungstools 507
Veit HARTMANN, Andreas HESSLER, Ufuk ALTUN

Gamifizierte Ansätze zur KI-Sensibilisierung: Ein Workshop-Format für Fach- und Führungskräfte zur Einführung und Anwendung von Künstlicher Intelligenz am Arbeitsplatz 513
Simon FRONCZEK, Susann ZEINER-FINK, Claudia GRAF-PFOHL

Was institutionell getrennt ist, muss in der Praxis verbunden werden – Wie sich die Arbeitswissenschaft aufstellen sollte, um die Perspektive betrieblicher Interessenvertretungen nachhaltig zu integrieren 519
Leandra SCHOLZ, Carola KÖPPEL, Isabelle PUCCINI, Tim HARBECKE, Nils SCHLESINGER

Ansätze zur Stärkung der Menschzentrierung in der Ultraeffizienzfabrik 525
Michael HERTWIG, Joachim LENTES, Christof SCHILLINGER, Michael LÖFFLER, Tobias RIETHMÜLLER

Überwindung der Transferlücke: Strategien zur Verbesserung der Auffindbarkeit und Nutzung arbeitswissenschaftlicher Forschungsergebnisse für kleine und mittlere Unternehmen sowie deren Unterstützende 531
Anja CORDES, Nele KRÄMER, Leandra SCHOLZ, Oleg CERNAVIN

Workshopkonzept zur Identifikation unternehmerischer KI-Potentiale 537
Adjan HANSEN-AMPAH, Markus HARLACHER, Andrea ALTEPOST, Ingo ELSEN, Farah ELAROUSSI, Wolfgang MERX, Matteo TSCHESCHE, Tobias ARNDT

The use of eye tracking in (re)manufacturing – a scoping review 543
Blanca HANDWERKER, Alexandra NICK, Theresa BARTELS, Manuel ZAREMSKI, Barbara DEML

Potential of Using Dynamic Image Processing in Examinations of Ergonomic Reach- and Movement Spaces 549
Pascal ROMMEL, Marcel RACS, Ferdinand LANGER, Jonathan KIEßLING, Daniel HOLDER, Thomas MAIER

Zukünftige Normierungsbedarfe zur Humanzentrierung von KI-basierten Soziotechnischen Systemen: Eine Evaluation bestehender Standards 555
Katharina MORSCH, Uta WILKENS

Untersuchung zum Einfluss der Formmerkmale von Joystick-Griffen auf eine präzise Bedienung 561
Marcel RACS, Pascal ROMMEL, Lutz FISCHER, Thomas MAIER

Automatisiertes Monitoring im Arbeitsumfeld: Risiken und Chancen der automatisierten Erfassung von Ressourcenverbräuchen und Prozessen zur Gefährdungsprävention am Arbeitsplatz 567
Ikram EL MOUSSAOUI, Monika EIGENSTETTER

Qualifizierungsbedarf von Fachkräften entlang der Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen-Batterien 571
Anna Kathrin GERHARDUS, Jule Marie DRESSEN, Martin FRENZ

Handlungsanweisungen durch digitale Systeme in Produktion und Logistik: Auswirkungen eines Veto-Rechts auf die wahrgenommene Autonomie 577
Florens L. BURGERT, Fabian WILLEMSEN, Agnesa REÇICA, Susanne MÜTZE-NIEWÖHNER, Verena NITSCH

Untersuchungen zum prosozialen Fahrerverhalten beim Fahrstreifenwechsel im städtischen Mischverkehr 583
Felix FRIEDRICH

Kompetenzmodell für die Einführung, Verbreitung und Anwendung von digitalen und KI-gestützten Prozessen und Technologien 589
Daniela DROST, Sarah SCHEEN, Lena HINTZEN, Dr. Paul FUCHS-FROHNHOFEN

Potenziale und Herausforderungen beim Einsatz Generativer KI im Wissensmanagement – Ergebnisse einer qualitativen Studie 595
Ina SCHIEDERMAIR, Gizem GÜRKALE, Tobias KOPP

How do software engineers and Generative Artificial Intelligence (GenAI) co-create software? Findings of a qualitative study about the alternating roles of human and AI 601
Thomas SÜßE, Maria KOBERT, Simon GRAPENTHIN

Menschenzentrierter KI-Einsatz durch nachvollziehbare KI-Vorschläge in der Literatursuche – eine Studie zur Nützlichkeit einer XAI-Komponente 607
Ina SCHIEDERMAIR, Tobias KOPP, Robin WEITEMEYER, Steffen KINKEL

Humanzentrierte Arbeitsgestaltung beim Einsatz künstlicher Intelligenz: Evaluation des Dialogverfahrens „FriendlyTechCheck“ in verschiedenen Arbeitskontexten 613
Anja GERLMAIER, Paul-Fiete KRAMER

Psychovibration durch Gebäudeschwingungen 618
Nick KLEINEWALTER, Anne GEBHARDT, Christian FREITAG

From Recruiting to Onboarding – Challenges of an Accessible Candidate Journey 624
Sven BITTENBINDER, Claudius CLÜVER, Padmé NALBACH, Claudia MÜLLER

Improving visibility aids in mobile machine operation: A simulator study on mental load and detection performance 630
Shuaixin QI, Peter NICKEL, Marino MENOZZI, Carlo MENON

Für uns (k)ein Thema! – Stellenwert der Barrierefreiheit in Unternehmenssoftware 636
Jana-Sophie EFFERT, Frauke MÖRIKE

Vorgehensmodell zur Entwicklung und Implementierung von LLM-basierten Informationssystemen 642
Sven HINRICHSEN, Robin HERBORT, Dominik GREEN, Benjamin ADRIAN

Augmented Reality zur Förderung technischen Handlungswissens in der Techniklehrkräfteausbildung: Ein Vergleich von AR-Anwendungen bei der Nutzung eines Multimeters evaluiert durch Eye-Tracking, Evaluationsbögen und Leitfadeninterviews 648
Andreas ERKELENZ, Stefan FLETCHER

Assessing the Changes in Driver Acceptance through the Experience of Consecutive Partially Automated Drives: A Simulator Study 654
Maximilian WIEGAND, Elena Malaika VON DEWITZ, Jasmin SCHNEIDER, Klaus BENGLER

Entwicklung eines bipolaren Instruments für eine menschzentrierte Technikgestaltung 660
Monika EIGENSTETTER, Lisa WIRJANTORO, Franziska GUTH, Fatma DÖNMEZ

Usability und Akzeptanz digitaler Lernkonzepte im Handwerk – Vorstellung und Implikationen von formativen und summativen Evaluationsergebnissen eines digitalen CNC-Lernplatzes 666
Melisa TASLIARMUT, Marc SCHWARZKOPF, Angelika C. BULLINGER

Effiziente Unterstützung der Faserverbundherstellung durch Cobots? Verbesserung der Mensch-Maschine-Kollaboration mittels digitaler Schnittstellen 672
Johannes ZYSK, Moritz LENNARTZ, Lea M. DALING, Esther BOROWSKI, Thomas GRIES, Ingrid ISENHARDT

Das kognitive und psychophysiologische Erholungspotential von Naturschall-Mikropausen am simulierten Büroarbeitsplatz 678
Katrin FRINGS, Isabel S. SCHILLER, Jacqueline GÄDTKE, Jian PAN, Christian LAUFS, Manuj YADAV, Sabine J. SCHLITTMEIER

Transformation und psychische Belastungen: Beteiligungsorientierte Gefährdungsbeurteilung als Ansatz für den Mittelstand 684
Sandra GROOS, Nils HÜTTE, Mario PENZKOFER, Daniel WOLLNY, Inger KORFLÜR

Industrienahe Fallbeispiele zur Sensibilisierung für Sicherheitsrisiken in datengetriebenen Assistenzsystemen 690
Mauritz MÄLZER, Katharina HUNGER, Steffen IHLENFELDT

Potenziale KI-basierter Assistenzsysteme in industriellen Anwendungen 696
Dominik MORAR, Maximilian WERLING

Konzeptueller Ansatz zur Beherrschung komplexer Fragestellungen beim Einsatz von digitalen Assistenzsystemen 702
Dorothea SCHNEIDER, Hannah KNOBLOCH

Identifizierung von Fehlern bei der Erstellung von Prozessmodellen mittels Process Mining 708
Sven TACKENBERG, Marvin GOPPOLD, Sönke DUCKWITZ

Gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft – Ergebnisse und Erfahrungen aus der Pilotanwendung der strukturierten Vorgehensweise für den Erstellungsprozess hinsichtlich der wissenschaftlichen Evidenz 714
Ernst Andreas HARTMANN, Veit WASSERFUHR

Komplexe soziotechnische Systeme – was sagt die Literatur? 720
Ernst Andreas HARTMANN

Wissensmanagement – Überblick und Einordnung im Kontext der Produktion 726
Jannis PFISTER, Matthias JENNER, Fabian ADLER, Rainer MÜLLER

Strategien und Geschäftsmodelle für den Wissenstransfer in der Arbeitsforschung 732
Sibylle HERMANN, Martin BRAUN, Jakob GUHL

Adaptive Lernsysteme in der technischen Berufsausbildung: Adaptation an die Arbeitsgedächtniskapazität und der Einfluss auf das Lernerlebnis 738
Josephine HANEBECK, Barbara DEML

Untersuchung des Einsatzpotentials von Motion Capture-Systemen für Industrie 5.0-Anwendungen 744
Erik HARNAU, Stephan BREITER, Julia C. ARLINGHAUS

Einfluss der Bewegungsbahn während einer Mensch-Roboter-Kollaboration – Vergleich einer PTP-Bahn und einer individualisierten Bahn 750
Mehrach SAKI

Konzept zur Methodenentwicklung für die Evaluation und Optimierung von Arbeitsplätzen unter Einfluss äußerlich induzierter Bewegung 756
Karla T. HOHWIELER

Digitalisierung interaktiver Arbeit: Anforderungen an Gestaltungsprozesse am Beispiel Jobcenter 761
Antonia ALTENDORF, Martin KUHLMANN

Never change a broken system? – Nutzerzentrierte Entwicklung von Softwarelösungen zur Umsetzung virtueller Live-Events 767
Lisa-Marie WINKLER, Marc SCHWARZKOPF, Angelika C. BULLINGER

Digital Leadership: Anforderungen und Kompetenzen der Führungskräfte im digitalen Zeitalter – die Erwartung der Studierenden an ihre zukünftigen Führungskräfte 773
Lukas BURCHARD

Automatisiertes Monitoring im Arbeitsumfeld: Risiken und Chancen der automatisierten Erfassung von Ressourcenverbräuchen und Prozessen zur Gefährdungsprävention am Arbeitsplatz 779
Ikram EL MOUSSAOUI, Monika EIGENSTETTER

Einfacharbeit in Dienstleistungen als Herausforderung in der Arbeitsforschung 783
Peter BLESES, Wolfgang RITTER

Occupational Fingerprint: Adaptivität industrieller Unterstützungstechnologien durch kontextspezifisches Verständnis 789
Katharina SCHMERMBECK, Oliver OTT, Robert WEIDNER

Pilotstudie zur Evaluation eines Systems zur adaptiven Höhen- und Neigungsverstellung großer Arbeitsobjekte für simulierte Tätigkeiten aus der Automobiltürmontage 794
Maximilian Janus PÄTZOLD, Helena EGGERT, Bettina ABENDROTH

Erlangung zukünftiger Handlungskompetenzen erfordert neue wirksame Lernmaßnahmen und adaptives Skill-Management 800
Maximilian DOMMERMUTH, Alina WAGNER, Philipp SCHILD

Work-in-Progress-Paper zur Erstellung eines Kategorisierungsschemas von Mensch-KI-Interaktionen für eine quantitative Befragung von Mitarbeitenden und Führungskräften im produzierenden Sektor 806
Samantha WERENS, Jörg VON GARREL

Automatisierung manueller Tätigkeiten durch intuitive Programmierung und kognitive Robotik 812
Bijan KAVOUSIAN, Petar TESIC, Oliver PETROVIC, Christian BRECHER

Automatisierung im maritimen Sektor: Mentale und physische Beanspruchung durch den Einsatz kollaborativer robotischer Systeme 818
Verena STAAB, Markus NIERADZIK, Magnus LIEBHERR

Well-intended, but badly done? Digitalisierung im Handwerk zwischen Wettbewerb und Fachkräftemangel 824
Lianara Patricia DREYER

Psychologische Bewertung von Arbeitsbedingungen Screening für Arbeitsplatzinhaber IV (BASA) – Die Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastungen bei mobiler Arbeit als Performance Indikator? 829
Matthias SCHMIDT, David SAUER, Tino SCHMIDT, Jens HÜHN

Die 4-Tage-Woche im gewerblichen Bereich: Evaluierung einer Arbeitszeitverkürzung 834
Anna ARLINGHAUS

KI für neue Formen „guter Arbeit“ – Die Methode „beteiligungsorientierter Workshops“ als Lernorte für menschzentrierte KI-Nutzung 838
Bettina-Johanna KRINGS, Philipp FREY

Wissenstransfer in der Arbeitsforschung partizipativ und kooperativ – Angebote und Nutzenaspekte der CoCo-Plattform 844
Karin DOLLHAUSEN, Martin BRAUN, Ben MILEWSKI

GefVA – Eine Hilfestellung zur Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung hinsichtlich Ganzkörper-Vibrationen 850
Christian FREITAG, Nick KLEINEWALTER, Detlef SAYN, Sarah THELEN, Patrick HILLMANN, Moritz SCHNEIDER

Gap-Analyse zur Koordination des Wissenstransfers in globalen Produktionsnetzwerken 854
Lukas HAUSER, Günter SCHUH, Seth SCHMITZ, Alexander SCHOLLEMANN

Resonanz auf Knopfdruck? Resonanzerleben in betrieblichen Bildungssituationen im Zuge der Digitalisierung 860
Darlin-Laureen WACHSMUTH, Samira TERPOORTEN, Prof. Dr. Michael DICK

Psychische Gesundheit und Einfacharbeit: Herausforderungen und Gestaltungsansätze in der stationären Langzeitpflege 865
Jasmin FUNKE, Philipp FREUND, Guido BECKE

Entwicklung von Führungskräften zu „Enablern“ von Beschäftigten in Einfacharbeit 871
Melanie PHILIP, Daniela WILHELM

Reifegradmodell für organisationale Resilienz in produzierenden KMU durch agile, digitale und menschzentrierte Systeme und Organisationsgestaltung 875
Viola HELLGE, Dominik KAUS, Stephanie DUPONT

Untersuchung der muskuloskelettalen Belastungsreduktion durch eine halbautomatische Entladehilfen in der Flughafengepäckabfertigung 881
Dominik GRÄßLE, Sarah CAMPOS, Kai HEINRICH, Philipp WYNANDS, Ingo HERMANNS-TRIXIUS, Christoph SCHIEFER

Vorhersage des Wirkungsgrades der Schweißverdunstung zur Beurteilung der Gefährdung im feucht-heißen Klima 887
Bernhard KAMPMANN, Peter BRÖDE

Hybride Arbeit – Herausforderung für die psychosoziale Gesundheit von Beschäftigten und die betriebliche Arbeitsschutzpraxis 893
Cora ZENZ, Guido BECKE

Digital-gestützte Teamarbeit in der Bauplanung: Eine Studie zur Qualität der Kooperation aus Sicht von Beteiligten 898
Eric BUNSE, Fabian WILLEMSEN, Christina MAYER, Susanne MÜTZE-NIEWÖHNER

Gestaltung und Evaluation eines Haptic Shared Control Konzepts in der automatisierten Fahrzeugführung im Kontext Stadt 904
Lisa ZEITLER

Sense of Agency (SoA) in der Mensch-KI-Zusammenarbeit – Ergebnisse einer systematischen Literaturanalyse mit Implikationen für das Human-Agent Teaming 909
Lisa MOHRMANN, Bernd-Friedrich VOIGT

On the way to C-3PO – a challenging track. Ein problematisierendes Literature Review zur Forschung an Social Robots und deren Fähigkeit, Social Support zu leisten 915
Erik BARSUHN, Bernd-Friedrich VOIGT

Umrisse des Wiener Ansatzes zur Soziotechnischen Systemgestaltung 921
Michael WICHTL, Norbert WINKER, Harald KVIECIEN

Enterprise-wide Knowledge Management through Reinforcement Learning 927
Oluwatomiwa ONI-ORISAN

Psychologische und leistungsbezogene Effekte von AR- und VR-basiertem Training in der manuellen Montage 933
Lea M. DALING, Sabine J. SCHLITTMEIER, Ingrid ISENHARDT

Praxisorientierte (Abschluss-) Arbeiten beauftragen, unterstützen und bewerten 939
Thilo GAMBER, Ruth MELZER-RIDINGER

Eine systematische Literaturrecherche zum Einsatz von KI-Technologien in der Arbeitsgestaltung 945
Edgar SCHERSTJANOI, Martin SCHMAUDER

New Work-Lernkultur: Ein Analysetool für Teams und Abteilungen 951
Anna HOBERG, Adriana LAURENZANO, Janina WEBER

Die Reduktion der physiologischen Belastung durch die Nutzung von E-Bikes bei Schnelllieferdienstleistenden 957
Omar EL-EDRISSI, Nastaran RAFFLER, Mark PRISMAK, Thomas WILZOPOLSKI, Kai HEINRICH

Menschenzentrierter KI-Chatbot zur individuellen Bereitstellung vertrauenswürdiger Lerninhalte 963
Maximilian DOMMERMUTH, Lukas RIESCH, Mohamed Amine GUEDRIA

DGUV-Information „Mensch und Arbeitsplatz – Auswahl und Einsatz von Exoskeletten“ 969
Ines SCHALK, Ulrich GLITSCH, Stephan HUIS, Daniel KERN, Kerstin STEINDORF, Gabriele WINTER, Lennart RALFS, Ralf SCHICK

Analyse asymmetrischer Lastenhandhabungen mit einem rumpfunterstützenden Exoskelett 975
Jasper JOHNS, Lukas KRÄMER, Omar EL-EDRISSI, Kai HEINRICH, Ulrich GLITSCH

Humanoide Roboter in der Produktion – Einsatzszenarien und Forschungsfragen 981
Tim JESKE, Stefan BRAUN, Markus HARLACHER, Michael GUTH

Menschzentrierte Gestaltung menschlicher Zuverlässigkeit am Beispiel der Endlagersuche 987
Fabian FRITSCH, Jan STANGE, Christine SCHMAUS, Oliver STRÄTER

Kontextsensitive Werkerassistenz für manuelle Tätigkeiten 993
Johannes PFLEGING, Lisandro LEGRÁ, Lars MATHUSECK, Oliver STRÄTER

Evaluierung der Usability von ChatGPT anhand eines modifizierten Fragebogens basierend auf dem System Usability Scale (SUS) 999
Prof. Dr. Patrick PÖTTERS, Sumona SEN, M.Sc.

Arbeitsprozessorientierte und menschenzentrierte Gestaltung von Robotik-Kursen in der technischen Berufsbildung für junge Erwachsene mit Autismus-Spektrums-Störung 1006
Andrea DEDERICHS-KOCH

Agile Produktionssteuerung – Ansatz für eine selbstorganisierte Schichtplanung 1012
Nika PEREVALOVA, Dr.-Ing. Stefan GERLACH

Arbeitssituation der Tagesmütter am Bauernhof in Niederösterreich – eine qualitative Studie 1017
Mareike ROSENBICHLER, Elisabeth QUENDLER

Entwicklung eines Konzepts zur Identifizierung von Weiterbildungspotenzialen bei Beschäftigten in Einfacharbeit – Anwendungsfall Logistik 1022
Annelie LORBER, Julian DECIUS, Hannah Louisa KRÜGER, Fenja Tjalda HESSELMANN, Yves KORTE-WAGNER, Frank WALLHOFF

Einfacharbeit in der Region Dortmund: Aktuelle Dynamiken und Perspektiven in der Transformation 1028
Dr. Peter ITTERMANN

Gesunde und sichere Arbeit mit mobilen Endgeräten – Von der Auswahl bis zur nachhaltigen Implementierung 1034
Frederike PISCHKE, Germaine HAASE, Ulrike PIETRZYK

Influence of disruptive design changes of a hammer drill on user posture and muscle stress - An exploratory study 1040
Rebecca RACK, Susanne SUTSCHET, Klaus BENGLER, Sven MATTHIESEN

Implementierung generativer KI-Tools in der Wissensarbeit: Nutzen und Nutzungsweisen von Microsoft 365 Copilot 1046
Carsten F. SCHMIDT, Wolfgang BEINHAUER, Sophie PETZOLT, Ingo WEBER, Stefan LANGER

Entwicklung eines konzeptionellen Modells zur multiperspektivischen Gestaltung vernetzter Arbeitssysteme 1052
Dirk MARRENBACH

Systemische Analyse der Sicherheitskultur mittels CBM-SiTra 1057
Larissa DRÄGER, Tristan LOTHMANN

How to Make an Impact: Investigating Future Interaction Scenarios for AI-based Ergonomics Systems 1063
Ana VESIC, David KOSTOLANI, Mario HELLER, Sebastian SCHLUND

Evaluating Trust in the Automated Vehicle EDGAR and its External Communication: Comparative Results from Two Real-World Demonstrations 1069
Maximilian HÜBNER, Sarah GRUBER, Klaus BENGLER

Zusammenspiel zwischen KI-basierten virtuellen Lernassistenten und Lernbegleiter 1075
Martin KRÖLL & Kristina BUROVA-KEßLER

Schwerter und Pflugscharen: Entscheidungsdilemmata und Kontrollierbarkeit (Meaningful Human Control) für die menschzentrierte Arbeit 5.0 1081
Frank FLEMISCH, Paul WEISER, Michael PREUTENBORBECK

Unterstützende Methoden zur systematischen KI-Einführung in Unternehmen 1087
Rico GANßAUGE, Alexander EZZELDIN, Roberto KOCKROW, Lukas BURCHARD

Digitalisierung – Herausforderungen und Potentiale für die berufliche Aus- und Weiterbildung: Status Quo 1093
Matthias BECKER, Simon HEINEN, Mattia MÜLLER, Viven SCHWARZ, Georg SPÖTTL, Lars WINDELBAND

Gelingende Einführung von datenbasierten Assistenzsystemen 1099
Gritt OTT, Sebastian ROCH, Robert ECKARDT

Erfolgsfaktoren der Partizipation bei der Leitbildentwicklung durch Aufgabenbezogenen Informationsaustausch 1106
Michael GÜHNE, Katrin LANG, Ulrike PIETRZYK

Ergonomiefeedback – Eine Untersuchung der verschiedenen Formen von Rückmeldung und ihre Anwendungsmöglichkeiten 1111
Daniel FREITAG, Daniel KNICKMEIER, Oliver STRÄTER

Beteiligungsorientierte Entwicklung datenbasierter Assistenz für ergonomische Montage 1117
Katharina MÜLLER-EPPENDORFER, Sarah GRUß, Katrin MEUSINGER, Alexander ENGELSBERGER, Leif GOLDHAHN

GenAI literacy in the workplace – A study of organizational measures to promote essential competencies 1123
Niklas OBERMANN, Valentin LANGHOLF, Uta WILKENS

Soziotechnisches Lastenheft Digitalisierte Personalentwicklung – ein Werkzeug für den digitalen Transformationsprozess 1129
Claudia GRAF-PFOHL, Tobias SANDERS, Simon FRONCZEK

KI-Leitlinien für Unternehmen: ein partizipativer Ansatz für einen verantwortungsvollen Einsatz Künstlicher Intelligenz 1135
Bianca ZICKERICK

Enhancing Ergonomics with Anthropomorph Robotics: Requirement Analysis for Humanoids 1141
Sascha WISCHNIEWSKI, Rebecca ERLEBACH, Falk LIEBERS, Patricia Helen ROSEN

Einfluss von Megatrends und deren Marktveränderungspotenziale auf Geschäftsmodelle für Veranstaltungen im Arbeitskontext 1147
Tilman NAUJOKS, Milena BOCKSTAHLER, Mitja JURECIC, Dr. Stefan RIEF

Anwendungsfälle für Adaptivität im Lkw – Ergebnisse von Fokusgruppen mit Fahrer*innen und Expert*innen 1153
Anna ECKL, Svenja MERTENS, Eric HILLENMEIER, Lena RITTGER, Klaus BENGLER

Who is My User? Investigating User Characteristics Influencing the Intention to Use Symptom Checkers 1159
Rutuja JOSHI, Selina SCHLESINGER, Klaus BENGLER

KI-basierte Lern- und Assistenzsysteme – Möglichkeiten und Grenzen – 1165
Martin KRÖLL & Kristina BUROVA-KEßLER

Menschzentrierte Nutzung von Künstlicher Intelligenz in Fertigungsunternehmen: Reduzierung von digitalem Stress und Steigerung der Akzeptanz 1171
David SAUER, Matthias SCHMIDT, Tino SCHMIDT

Mitarbeiterzentrierte Erarbeitung von KI-Assistenzsystemen in der Lebensmittelindustrie: Ergebnisse einer Fallstudie zur Effizienz und Akzeptanz 1176
Tino SCHMIDT, Matthias SCHMIDT, David SAUER

Resilienz zwischen Führungshandeln und Strukturbildung: Zwei kontrastierende Fallstudien 1182
Michael DICK

Auswirkung der Bildpolarität auf die Informationserkennung 1187
Roberto KOCKROW, Alexander EZZELDIN

Lernen im Spannungsfeld von struktureller und personeller Führung 1193
Wilhelm TERMATH

Die Rolle der Personalentwicklung zur Entlastung von Führungskräften in der Transformation 1198
Dr. Nathalie WEISENBURGER

Konzeption und Erprobung eines Selbstbewertungsinstruments zur Lernförderlichkeit für Unternehmen 1204
Anna KLÖCKER, Thomas MÜHLBRADT

Kosteneffektive und portable Lernfabrik-Kits für experimentelles Lernen und den Erwerb von betrieblichen Fertigkeiten und Fähigkeiten 1210
Jochen NELLES, Markus HAMMER

Gestaltungsansätze für eine lernförderliche User Experience virtueller Lernumgebungen im Living Lab „Hybride Arbeitssysteme“ 1216
Robert ECKARDT, Leif GOLDHAHN

X-perience the change: Den Wandel der Arbeit beim Einsatz von KI erlebbar machen mit XR-Technologie 1222
Andrea ALTEPOST, Yücel UZUN, Urs RIEDLINGER, Adjan HANSEN-AMPAH, Farah ELAROUSSI, Wolfgang MERX, Stefan SCHIFFER

Auf die Gabel gefühlt: 5G-schnelle Sensor-Informationen bei der Gabelstapler-Nutzung in der Evaluation 1228
Michael BAU, Andrea ALTEPOST, Patrick VAN BEEK, Florian BUCHHOLZ, Urs RIEDLINGER, Leif OPPERMANN

Transferinstrumente der Arbeitsforschung im Vergleich: Potenziale, Merkmale und Lösungsansätze aus dem WIN:A-Projekt zur Stärkung des Wissensaustauschs zwischen Forschung und betrieblicher Praxis 1234
Jonas KUHN, Julia M. BAUER, Johanna M. WERZ, Esther BOROWSKI, Ingrid ISENHARDT

A State-of-the-Art "Mobile Office in Automated Vehicles" 1240
Frank BEUTENMÜLLER, Lara VARTZIOTIS, Nine REINING, Marielène KLUMPP, Marek BACHMANN, Peter OHLHAUSEN

Inklusion und Integration durch Cobots auf dem ersten Arbeitsmarkt: Chancen und Herausforderungen in der Industrie 5.0 1246
Sophie Charlotte KEUNECKE, Elodie HÜSING, Carlo WEIDEMANN, Mathias HÜSING, Burkhard CORVES

Digitale Planung im Brownfield: Schlanke Produktionsprozesse und nachhaltige Ergonomie gestalten 1252
Anne MATTHES, Michael SPITZHIRN, Dr. Andreas OPITZ

Kombinierte Analyse von Mess- und Simulationswerkzeugen zur ergonomischen Bewertung von Produkten und Arbeitsprozessen 1258
Aydin ÜNLÜ, Michael SPITZHIRN, Onur AK, Karsten KLUTH

Zur Zukunft der Pflegearbeit in der Arbeitswelt 5.0: Zur Ambivalenz von Pflegeinnovationen am Beispiel von Personalausfallkonzepten in der Altenpflege 1264
Julius WIEGAND

Innovationsbeitrag der Arbeitsforschung für die Zukunft der Arbeit 1270
Martin BRAUN

Akzeptanz und Wirkung von Exoskeletten in der Bauindustrie: Erste Ergebnisse einer Feldstudie 1276
Felix TERSCHLUSE, Lukas KRÄMER, Jasper JOHNS, Kai HEINRICH, Jochen DEUSE, Ulrich GLITSCH

Messwertbasierte Erfassung und Bewertung der Belastung der oberen distalen Extremität bei manuellen Therapietechniken in der Physiotherapie – ein praxisnaher Messansatz 1282
Sarah CAMPOS, Theresa BRAUN, Ulrich GLITSCH, Omar EL-EDRISSI, Dominik GRÄSSLE, Matthias WANSTRATH, Albert NIENHAUS, Kai HEINRICH

Erfolgsfaktoren für gelingende Zusammenarbeit in Bauprojekten 1287
Magdalena MATEESCU, Andreas URECH, Manfred HUBER, Hartmut SCHULZE

Status Quo der Arbeitsgestaltung und Kompetenzen für die Umsetzung von Kreislaufwirtschaft in Unternehmen 1293
Christopher PABST, Nico SCHNEIDER

Gestaltungsansätze für eine lernförderliche User Experience virtueller Lernumgebungen im Living Lab „Hybride Arbeitssysteme“ 1299
Robert ECKARDT, Leif GOLDHAHN

Auswirkungen digitaler Assistenzsysteme auf den Anlernprozess von Mitarbeitenden im produzierenden Gewerbe 1305
Fabian DIETRICH, Torsten MERKEL

Development and evaluation of a simulator with mimic vibration stimuli for vehicle training purpose 1309
Wei-Chen LAI, Rudy Ying-Yin HUANG, Hsieh-Ching CHEN, Zhen-Wei WENG

Methoden und Hindernisse der Wissensintegration in der transdisziplinären Zusammenarbeit – Eine Herangehensweise für Untersuchungen in den Ingenieurwissenschaften 1315
Katharina HUNGER

KI-gestützte Themenlandkarte der Arbeitsforschung: Ein Kompass für die Zukunft der Arbeit? 1321
Juliane WELZ, Karl TRELA, Pierre ACHKAR, Satiyabooshan MURUGABOOPATHY

Gefahren, Gefahrenprävention und Hygiene in österreichischen Wald- und Naturkindergruppen 1327
Elisabeth QUENDLER, Alina BRANCO

Definition und Analyse von Stressoren zur Entwicklung eines Dashboards zur tätigkeitsbezogenen Analyse der Arbeitsbelastung 1333
Marcus LÖFFLER, Sandro FISCHER, Sven HELLBACH, Torsten MERKEL

Betriebliche Bildung als Puffer für Organisationen in unsicheren Zeiten 1339
Judith SCHÖNER, Julius HENTSCHEL, Michael DICK

Einfluss von Unsicherheitskommunikation in KI-basierten Entscheidungsunterstützungssystemen auf die Entscheidungsqualität: Ein praxisorientiertes Studienkonzept 1345
Antonia MARKUS, Johanna M. WERZ, Esther BOROWSKI, Ingrid ISENHARDT

Abraka-Assembly: Ein KI-Montagetisch, der sich an ungünstige Körperposen adaptiert 1351
David KOSTOLANI, Benedikt FREY, Aida LJAJIC, Siegfried IDINGER, Sebastian SCHLUND

Ergonomie, klar, aber bei welcher Task? Integration von KI-basierten Tätigkeitserkennung und Ergonomiebewertung 1357
Aida LJAJIC, David KOSTOLANI, Siegfried IDINGER, Sebastian SCHLUND

Planung und Simulation von MRI-Anwendungen am Beispiel BZ-Stack-Montage zur Steigerung der Effizienz und Ergonomie 1363
Michael SPITZHIRN, Jayanto HALIM, Mohamad BDIWI, Andreas HESSE

Beiträge der GewinnerInnen des Forums Arbeitsphysiologie 2024

Analyse des Tageslärmexpositionspegels in der Schweißerei unter Einbeziehung dynamischer Arbeitsabläufe 1369
Jonathan BECHTEL, Sandra GROOS, Nicolas SÄNGER, Karsten KLUTH

Einschätzung und Beurteilung muskuloskelettaler Belastungen am Arbeitsplatz im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung – Kann virtuelle Realität unterstützen? 1375
Mirjam JOST, Jörg PETER, Johann POPP, Nina TKOCZ, Thorbjörn RUPPEL, Boris TOLG, André KLUßMANN

Analyse der vegetativen Stressreaktion bei Kardiotechnikern mittels Herzfrequenzvariabilität während herzchirurgischer Eingriffe 1381
Farah SPANTGAR, George AWAD, Sabine DARIUS, Irina BÖCKELMANN

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Prävention psychischer Belastung in Transformationsprozessen: Entwicklung, Erprobung und Evaluation des Health Oriented Transformation-Programms (HOT)

Anja GERLMAIER

Institut Arbeit und Qualifikation, Universität Duisburg-Essen,
Forsthausweg 2, D-47057 Duisburg

Kurzfassung: In einer durch hohe Veränderungsdynamiken gekennzeichneten Arbeitswelt erfordert ein zukunftsorientierter Arbeits- und Gesundheitsschutz angepasste Präventionsmodelle. Darin sollten betriebliche Akteure befähigt werden, Belastungs-Hotspots in Unternehmensbereichen frühzeitig zu identifizieren und mit Führungskräften und Beschäftigten zeitnah Maßnahmen zu erarbeiten. Im Beitrag wird das "Health Oriented Transformation-Program" vorgestellt, das bei der Durchführung einer anlassbezogenen Gefährdungsbeurteilung zu psychischen Belastungen in Transformationsprozessen unterstützen soll. Berichtet wird über erste Ergebnisse einer laufenden Prozessevaluation, die begleitend zur Umsetzung des Verfahrens in einem von Reorganisationen betroffenen Betrieb durchgeführt wird.

Schlüsselwörter: psychische Belastung, Gefährdungsbeurteilung, Transformation, Mitarbeiterbeteiligung

1. Problemstellung

Nicht erst seit der Corona-Pandemie werden viele Beschäftigte durch wiederkehrende und multiple Restrukturierungen auf eine hohe Belastungsprobe gestellt. In der arbeitswissenschaftlichen Forschung ist seit längerem bekannt, dass insbesondere auf Ressourcenverknappung abzielende Reorganisationen das Risiko gesundheitlicher Beeinträchtigungen erhöhen (Dragano et al. 2005). Reorganisationen bergen darüber hinaus das Risiko von Motivationsverlusten (Alhamad & Noor 2024), Fluktuation und einer Zunahme von Fehlzeiten (Ahammer et al. 2021). Das Risiko gesundheitlicher Beeinträchtigungen nimmt dabei mit der Anzahl parallel erlebter organisatorischer oder technischer Veränderungen zu (Rigotti et al. 2014). Dlouhy und Casper (2021) identifizieren auf Basis empirischer Untersuchungen vor allem veränderte Anforderungen und verminderte organisationale Ressourcen als zentrale Mediatoren bzw. Moderatorvariablen für die Aufklärung der Zusammenhänge zwischen Restrukturierung und Gesundheitseffekten. Trotz dieser Erkenntnisse fokussieren viele Präventionskonzepte im Kontext von betrieblichen Reorganisationen auf verhaltenspräventive Maßnahmen wie die Stärkung der individuellen Resilienz bzw. Führungskompetenz in Change-Prozessen (Harney et al. 2018). Studien aus der Coronazeit zeigen, dass Betriebe trotz steigender psychischer Belastung in Transformationsprozessen selten ihrer Verpflichtung nach einer Belastungsermittlung und -vermeidung nachkommen (Eickholt et al. 2021).

Im Rahmen des von der Hans-Böckler-Stiftung geförderten Projektes „Gesundheit und Mitbestimmung in der Transformation stärken" wurde zur Überwindung dieses

Umsetzungsdefizits ein partizipationsorientiertes Vorgehensmodell zur anlassbezogenen Gefährdungsbeurteilung bei betrieblichen Veränderungsprozessen entwickelt. Das Vorgehensmodell wird gegenwärtig in einem von Restrukturierungen betroffenen Stahlunternehmen erprobt und im Hinblick auf Zielkriterien wie Beteiligung, Gestaltungsorientierung und Nachhaltigkeit evaluiert.

2. Ziele und konzeptioneller Ansatz des Health Oriented Transformation-Programms (HOT)

Das HOT-Programm zielt darauf ab, betriebliche Akteure zu befähigen, durch Reorganisationen drohende Belastungs-Hotspots in Unternehmensbereichen frühzeitig zu identifizieren und mit betroffenen Führungskräften und Beschäftigten zeitnah Maßnahmen zur Belastungsminderung zu erarbeiten. Das entwickelte Vorgehensmodell orientiert sich an Prinzipien der partizipativen Aktionsforschung (Coughlan & Coghlan 2016). Dies bedeutet, dass die am HOT-Prozess involvierten Stakeholder umfassend bei der Diagnose und Entwicklung von Gestaltungsmaßnahmen beteiligt werden. Die Durchführung des Programms erfolgt über das sogenannte HOT-Tandem, bestehend aus einer Vertreterin/einem Vertreter des BGM und des Betriebsrates, die für die Durchführung des Verfahrens zuvor geschult werden und alle Prozessschritte der Gefährdungsbeurteilung begleiten. Durch die Implementierung des HOT-Tandems wird das Ziel verfolgt, dass in Organisationen vorhandenes Gestaltungswissen und Beziehungskapital konstruktiv für den Prozess der Gefährdungsbeurteilung genutzt wird. Ein Ziel des HOT-Programms besteht darüber hinaus darin, Beschäftigten und Führungskräften Dialogräume zu eröffnen, in denen sie in einem geschützten Raum sowohl ihre Belastung artikulieren, als auch nach Gestaltungsansätzen für eine beanspruchungsoptimale Arbeitsgestaltung im Kontext von Veränderungsprozessen suchen können.

Im HOT-Verfahren sollen entsprechend der GdA-Richtlinien (GdA 2023) folgende Schritte durchlaufen werden:

1. Monitoring: Im multidisziplinär besetzten Arbeitsschutzgremium eines Betriebes erfolgt auf Basis eines Prüfkatalogs die Identifikation von Arbeitsbereichen mit einem erhöhten Veränderungsdruck. Ergänzend können in die Bewertung auch Überlastanzeigen, Arbeitsunfähigkeitszahlen oder Berichte von Betriebsräten oder BGM-Beauftragten einfließen.
2. Initialisierung: Nach der Festlegung von Pilotbereichen erfolgt die Information der betroffenen Führungskräfte und Mitarbeitenden durch das HOT-Tandem. Die Ziele der geplanten Gefährdungsbeurteilung im Arbeitsbereich werden vermittelt und Modalitäten des Ablaufs geklärt.
3. Analysephase: Zur Klärung der Belastungssituation werden durch das HOT-Tandem Arbeitsplatzinterviews mit interessierten Mitarbeitenden und Führungskräften durchgeführt. Diese bilden die Datenbasis für sich anschließende Diagnose-Workshops, die getrennt für die Beschäftigten und Führungskräfte des Bereichs durchgeführt werden.
4. Umsetzungsphase: In einem sich anschließenden Gestaltungsworkshop werden Gestaltungsideen zur Belastungsminderung von den Mitarbeiter- und Führungskräfte-Workshops zusammengetragen und kollektiv mit Mitarbeitenden und Führungskräften des Arbeitsbereichs ein Maßnahmenplan mit Verantwortlichkeiten und Zeithorizont abgestimmt und Verantwortlichkeiten festgelegt.

5. Evaluation: Ca. drei und sechs Monate nach dem Gestaltungsworkshop wird durch das Arbeitsschutzgremium und im Rahmen von Teamsitzungen der Stand der Umsetzung der Maßnahmen reflektiert. Das HOT-Team überprüft und dokumentiert den Stand der Umsetzung und hilft bei Neuausrichtungen von Umsetzungsmaßnahmen, wenn diese aufgrund von Hindernissen nicht erreicht werden können.

Für die Ermittlung transformationsbedingter Zusatzbelastungen wurde ein Kriterienkatalog für das Monitoring und darauf aufbauend ein Leitfaden für Arbeitsplatzinterviews entwickelt, in denen für Veränderungsprozesse typische Belastungskonstellationen abgefragt werden. Die inhaltliche Basis des Erhebungsinstrumentariums bildet das Anforderungen-Ressourcen-Modell (Demerouti & Nachreiner 2018). Es werden ressourcenschwächende Belastungsfaktoren durch Reorganisationen ermittelt und im Anschluss daran kollektive Bewältigungsressourcen abgefragt, die im Team zur Belastungsbewältigung vorhanden sind. Die Ergebnisse der Arbeitsplatzinterviews bilden wiederum die Diskussionsbasis für die sich anschließenden Diagnoseworkshops und Gestaltungsworkshops.

3. Methodisches Vorgehen im Rahmen der Prozessevaluation

Im Rahmen einer Prozessevaluation sollte der Frage nachgegangen werden, ob das HOT-Verfahren Akteure in von Veränderungen betroffenen Arbeitsbereichen befähigen kann, psychische Belastungen zu erkennen und kollektiv Maßnahmen zur Belastungsminderung zu entwickeln und umzusetzen. Hierzu wurde ein interventionsbasiertes Fallstudien-Design gewählt. Die Datenbasis bilden Workshop-Dokumentationen, die inhaltsanalytisch ausgewertet werden sowie Interviews mit Prozessbegleitern im Rahmen der Evaluation. Als Bewertungskriterien für die Dokumentenanalyse dienten in Anlehnung an Kittelmann et al. (2021) Qualitätskriterien für die Durchführung von Gefährdungsbeurteilungen zur psychischen Belastung. Entsprechend der Projektziele lag der Analysefokus auf folgenden Fragen:

(1) Gelingt es mit dem Verfahren, lokale Akteure wie Führungskräfte und Beschäftigte in die Belastungsanalyse umfassend einzubeziehen (Beteiligung).

(2) Unterstützt das Verfahren lokale Akteure dabei, belastungsangemessene Gestaltungsansätze zu entwickeln und in Umsetzung zu bringen (Gestaltungsorientierung)?

(3) Werden durch das Programm Gestaltungsaktivitäten gefördert, die einer nachhaltigen Prävention psychischer Belastung dienlich sind (Nachhaltigkeit)?

4. Fallunternehmen und Teilnehmende

Die Erprobung und Evaluation des HOT-Verfahrens erfolgte im Rahmen eines Modellvorhabens am Standort eines international agierenden Stahlunternehmens mit 1100 Beschäftigten. Zum Zeitpunkt des Projektstarts waren am Standort umfangreiche Reorganisationsmaßnahmen (Sozialplan, Downsizing, Outsourcing, Neubildung von Unternehmensbereichen) beschlossen worden, die zu Beginn und während des gesamten Verlaufs des Projektes zum Tragen kamen. Am HOT-Verfahren nahmen die Mitglieder des örtlichen Arbeits- und Gesundheitsschutzausschusses teil. Hierbei handelt es sich um Vertretende der Geschäftsführung, Bereichsleitung, des Betriebsrats und des Arbeits- und Gesundheitsschutzes (N = 12). Die Erprobung des HOT-

Verfahrens erfolgte im einem Angestellten- und einem Produktionsbereich. Im Pilotbereich Angestellte waren im Rahmen eines Downsizingprozesses vier der 17 Stellen gestrichen worden mit dem Ziel, die Aufgaben auf andere Arbeitsbereiche zu verlagern, was zum Zeitpunkt des Projektes aber nicht geschehen war. Von den 13 Mitarbeitern des Bereichs haben 9 operative und 4 Führungsaufgaben. Der Männeranteil betrug 31 %.

Der zweite Bereich aus der Produktion war für die Untersuchung ausgewählt worden, weil dort aufgrund stark schwankender Produktionsmengen ein Wechsel von einem Drei-Schicht-System auf ein Vier-Schicht-System mit Kurzarbeit eingeführt worden war. Im Bereich arbeiteten während des Projektes 55 Mitarbeitende, wovon 9 Führungsaufgaben (Meister, Bereichsleitung) wahrnahmen. Alle Teilnehmenden waren männlich.

5. Ausgewählte Ergebnisse

Zum Zeitpunkt der Berichterstattung sind die Maßnahmenumsetzung und ihre Evaluation noch nicht abgeschlossen. Im Folgenden werden daher vorläufige Ergebnisse aus dem laufenden Prozess vorgestellt.

5.1 Beteiligung

Das Ausmaß der Partizipation lokaler Mitarbeitenden und Führungskräfte sowohl am Prozess der Diagnose, Bewertung und Maßnahmenentwicklung stellt einen zentralen Erfolgsfaktor bei der Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung zu psychischen Belastungen dar (vgl. Bamberg & Mohr 2016). Im Rahmen des Modellvorhabens gelang es, dass sich die Mitglieder des Ausschusses für Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz am Standort sowohl an der Identifikation von betrieblichen Risikobereichen für psychische Belastungen beteiligten und im Verlauf des Projektes an Controlling- und fachlichem Support zur Maßnahmenumsetzung involviert waren.

In den beiden untersuchten Pilotbereichen stieß die Durchführung des HOT-Programms während der laufenden Reorganisation sowohl bei den lokalen Führungskräften wie auch Beschäftigten zunächst auf Skepsis: Man befürchtete durch das Engagement eine weitere Zusatzbelastung und einen geringen Benefit, weil eine vier Jahre zuvor durchgeführte schriftliche Gefährdungsbeurteilung keine Verbesserung der Arbeitssituation erzielt hatte. Dennoch erklärten sich aus dem Angestelltenbereich 3 Beschäftigte und eine Teamleitung (gesamt: 31%) bereit, an den Arbeitsplatzinterviews mitzuwirken. Im Bereich Produktion nahmen im Rahmen einer Schichtbeobachtung insgesamt acht der 13 Schichtmitarbeiter (62%) und 4 der 11 Meister (36 % schichtübergreifend) teil. Die Möglichkeit, im Rahmen des Interviews in einem geschützten Raum über die aktuelle Belastungssituation reden zu können, wurde von den Teilnehmenden gegenüber dem HOT-Team als sehr positiv und mental entlastend bewertet. Nach der Durchführung der Arbeitsplatzinterviews konnte eine deutliche Steigerung der Anmeldequote für die sich anschließenden freiwilligen Diagnose- und Gestaltungsworkshops beobachtet werden. An den anschließenden, getrennt für Mitarbeitende und Führungskräfte stattfindenden Diagnoseworkshops, nahmen im Angestelltenbereich 77 Prozent des Teams (davon 78 % Mitarbeiter, 75 % Führungskräfte) und bei dem sich anschließenden Gestaltungsworkshop alle Teammitglieder teil.

Im Bereich Produktion wurde der Diagnoseworkshop für Mitarbeitende aus Ressourcengründen auf eine Schicht begrenzt; an diesem Workshop nahm die gesamte Schicht teil. Den Diagnoseworkshop für Führungskräfte besuchten ebenfalls alle Führungskräfte. Eine ähnlich hohe Teilnahmequote konnte auch bei den Gestaltungsworkshops beobachtet werden, zu denen alle Mitarbeitenden und Führungskräfte des Bereichs eingeladen waren und vollzählig erschienen. Die Gestaltungsworkshops fanden während eines Betriebsstillstands statt.

5.2 Gestaltungsorientierung

Die Qualität einer Gefährdungsbeurteilung wird auch dadurch determiniert, inwiefern es im Rahmen des Interventionsprozesses gelingt, für identifizierte psychische Belastungsfaktoren geeignete Gestaltungsmaßnahmen zur Belastungsminimierung zu finden und umzusetzen (vgl. Kittelmann et al. 2021). Eine Analyse der Workshopdokumentationen ergab, dass im Angestelltenbereich im Gestaltungsworkshop von den Mitarbeitern und Führungskräften 12 Gestaltungsmaßnahmen zur Minderung der 8 identifizierten Belastungen entwickelt worden waren. Im Bereich Produktion legten die Mitarbeiter und Führungskräfte für 12 Belastungen insgesamt 24 Gestaltungsmaßnahmen fest. Die Umsetzung der geplanten Maßnahmen erwies sich allerdings im weiteren Projektverlauf als schwierig, da es zum Zeitpunkt der geplanten Maßnahmenumsetzung im Fallunternehmen zu einem konjunkturell bedingten Auftragseinbruch kam, der von Betriebsstillständen, Kurzarbeit und einem Investitionsstopp begleitet wurde. Eine Analyse des Ist-Zustandes der Maßnahmenumsetzung 4 Monate nach der kollektiven Maßnahmenplanung ergab für den Bereich Produktion, dass bisher 21 % der Maßnahmen abgeschlossen, 50 % in Umsetzung und 29 % offen bzw. zurückgestellt waren. Ein ähnliches Bild ergab sich im Angestelltenbereich: 33 % der Maßnahmen waren umgesetzt, 42 % in Umsetzung befindlich und 25 % zurückgestellt worden.

5.3 Nachhaltigkeit

Im Kontext einer Gefährdungsbeurteilung ist es neben der Umsetzungsquote auch von Bedeutung, ob die abgeleiteten Maßnahmen dazu beitragen können, identifizierte Belastungen nachhaltig und präventiv zu minimieren (Kittelmann et al. 2021). Zur Beurteilung dieser Frage wurden die dokumentierten Gestaltungsmaßnahmen nach Präventionsfeldern inhaltsanalytisch geclustert. Hier zeigte sich in beiden Pilotbereichen, dass die von Führungskräften und Mitarbeitenden gewünschten Maßnahmen zur Neubemessung von Schichtstärken und Nachfolgeregelung für entlassene Spezialisten aufgrund des durch die Konzernmutter erlassenen Einstellungsstopps nicht greifen konnten. Den lokalen Führungskräften und ihren Mitarbeitenden gelang es jedoch, organisationale Gestaltungsmaßnahmen zu initiieren, die sich günstig auf die kollektiven Bewältigungsressourcen im Umgang mit psychischer Belastung auswirken können. Hierzu zählte zum Beispiel die (Wieder-) Einführung von regelmäßigen Team- bzw. Meisterbesprechungen, die aufgrund von Personalmangel zuvor eingestellt worden waren. Weitere umgesetzte oder in Umsetzung befindliche Gestaltungsmaßnahmen betrafen die Förderung des Erholungsmanagements (Einführung von Kurzpausenregelungen, bessere Planbarkeit der Arbeitsschichten, bedarfsbezogenes Homeoffice) und die Reduzierung von Zusatzaufgaben (Aufgabenabgabe in andere Arbeitsbereiche oder an Dienstleister).

6. Vorläufiges Fazit

Die vorläufigen Ergebnisse deuten darauf hin, dass das HOT-Verfahren Arbeitsschutz- und Mitbestimmungs-Akteure in Transformationsprozessen sinnvoll unterstützen kann, psychische Belastungen zu erkennen und Maßnahmen zu deren Minderung zu entwickeln. Mit dem auf die Aktivierung kollektiver Gestaltungsressourcen abzielenden Programm konnte eine hohe Beteiligung und Generierung zahlreicher Gestaltungsansätze durch Betroffene erzielt werden. Die Umsetzung der Maßnahmen wurde jedoch durch externe Faktoren erschwert. Dennoch konnten organisationale Verbesserungen initiiert werden, die langfristig geeignet sind, die kollektiven Bewältigungsressourcen der Teams zu stärken. Das HOT-Verfahren ist somit ein vielversprechender Ansatz, dessen nachhaltige Wirksamkeit jedoch von den Rahmenbedingungen abhängt. Weitere Forschung zur langfristigen Wirksamkeit und zur Sicherstellung der Maßnahmenumsetzung auch unter schwierigen Bedingungen ist erforderlich.

7. Literatur

Ahammer A, Grübl D, Winter-Ebmer R (2021) The Health Externalities of Downsizing, CINCH Series, No. 2021/02, Essen: CINCH - Health Economics Research Center. https://doi.org/10.17185/duepublico/74533.

Alhamad AH, Noor AA (2024) The Impact of Downsizing on Employee Loyalty. Int.Jou. of academic research in business and social sciences Vol.14,No.4, http://dx.doi.org/10.6007/IJARBSS/v14-i4/21371.

Bamberg E, Mohr G (2016) Psychologisches Wissen für die Praxis: Gefährdungsbeurteilungen im Arbeits- und Gesundheitsschutz. Psychologische Rundschau (2016), 67 (2), 130–134.

Coughlan P, Coghlan D (2016) Action research. In Karlsson C. (Ed.), Research Methods in operations management. Abingdon/UK: Routledge. 236–264.

Demerouti E, Nachreiner F (2018) Zum Arbeitsanforderungen-Arbeitsressourcen-Modell von Burnout und Arbeitsengagement - Stand der Forschung. Z.Arb.Wiss. doi:10.1007/s41449-018-0100-4.

Dlouhy, K, Casper, A. (2021) Downsizing and surviving employees' engagement and strain: The role of job resources and job demands. Hum Resour Manage 60:435–454. https://doi.org/10.1002/hrm.22032.

Dragano N, Verde PE, Siegrist J (2005) Organisational Downsizing and Work Stress: Testing Synergistic Health Effects in Employed Men and Women. Journal of Epidemiology and Community Health, 59(8):694-699.

Eickholt C, Trimpop R, Winkelmann A, Templer M, Hamacher W, Schmitz L (2021). Evaluation von SARS-CoV-2 Arbeits- und Infektionsschutzmaßnahmen: Befragung von Arbeitsschutzexpertinnen und -experten (1. Auflage). Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

GdA (2023) Berücksichtigung psychischer Belastung in der Gefährdungsbeurteilung - Empfehlungen zur Umsetzung in der betrieblichen Praxis. Berlin:BmAS.

Harney B, Fu N, Freeney Y (2018) Balancing tensions: Buffering the impact of organisational restructuring and downsizing on employee well-being. Human Resource Management Journal, 28(2), 235-254. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1748-8583.12175.

Kittelmann M, Adolph L, Michel A, Packroff R, Schütte M, Sommer S (Hrsg.) (2021) Handbuch Gefährdungsbeurteilung (1. Auflage). Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Rigotti T, Otto K, Köper B (Hrsg.) (2014) Herausforderung Restrukturierung. Bedeutung, Auswirkungen, Gestaltungsoptionen. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Online verfügbar unter http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/F2305.html=x H=z LF.

Menschenzentrierte Technikgestaltung durch Value-based Engineering? – Eine empirische Untersuchung zur Praxistauglichkeit

Natalie MARTIN, Tobias KOPP, Steffen KINKEL

Institut für Lernen und Innovation in Netzwerken, Hochschule Karlsruhe, Moltkestraße 30, D-76133 Karlsruhe

Kurzfassung: Angesichts der fortschreitenden KI-Entwicklung und damit einhergehender ethischer Fragestellungen ergeben sich zunehmend Forderungen nach einer wertebasierten Softwareentwicklung. Existierende Leitfäden, Wertelisten und Methoden zur Werteintegration im Rahmen der Entwicklung erweisen sich häufig als zu abstrakt und praxisfern. Der Value-based Engineering (VbE)-Ansatz soll dieser Herausforderung begegnen. Es handelt sich dabei um ein ISO-zertifiziertes detailliertes Vorgehensmodell, das Werte in Systemanforderungen übersetzt, um so zur Entwicklung von wertebasierten Systemen beizutragen. Ungeachtet der Forderungen nach wertebasierter Technikgestaltung ist die Verbreitung des Ansatzes gering, was die Frage nach seiner Praxistauglichkeit aufwirft. Der vorliegende Beitrag untersucht diese Fragestellung anhand von 13 qualitativen, leitfadengestützten Interviews mit Softwareanbietern, KI- und Ethik-Expert*innen sowie Vertreter*innen aus der VbE-Community. Es werden Motivatoren, Hürden, Erfolgsfaktoren, Prognosen für die zukünftige Entwicklung sowie Überarbeitungsbedarfe herausgearbeitet. Dabei werden auch externe Rahmenbedingungen wie bspw. die politischen Entwicklungen rund um den EU AI Act einbezogen. Übergreifend zeigen sich stark ambivalente Haltungen, die teilweise auf einem fundamental unterschiedlichen Verständnis von Ethik und Werten zu beruhen scheinen.

Schlüsselwörter: Value-based Engineering, Value-sensitive Design, Technikethik, werteorientierte Softwareentwicklung, menschenzentrierte Technikgestaltung, Künstliche Intelligenz

1. Bedeutung von werteorientierter Softwareentwicklung

Die fortschreitende Technisierung und insbesondere die rasante Entwicklung der Künstlichen Intelligenz (KI) wird vermutlich nahezu alle Arbeitsbereiche verändern und sowohl enorme soziale und wirtschaftliche Chancen als auch Herausforderungen mit sich bringen (Harari 2017). Angesichts der Verbreitung von KI, auch in sensiblen Bereichen, steigt die Notwendigkeit, diese so zu gestalten und zu regulieren, dass sie rechenschaftspflichtig, fair und transparent ist (Cath 2018). In diesem Kontext gewinnen Werte wie Datenschutz, Sicherheit, Transparenz, Verantwortung und Kontrolle an Bedeutung (Spiekermann 2021). Ethische Aspekte sollen bereits im Rahmen der Konzeption und Entwicklung von KI-Systemen berücksichtigt werden (Spiekermann 2021). Dies stellt Unternehmen allerdings vor große Herausforderungen, zumal abstrakte Wertelisten oftmals keine ausreichenden Handlungsanweisungen beinhalten (Friedman et al. 2017; Spiekermann 2021; van de Poel 2013).

Verfügbare Methoden aus dem akademischen Bereich wie das Value-sensitive Design (VSD), die dieses Problem adressieren (Friedman und Hendry 2019), sind nicht auf Praxistauglichkeit optimiert (Morley et al. 2020). So zielt VSD zwar darauf ab, die menschlichen Werte während des gesamten Gestaltungsprozesses zu berücksichtigen, stellt allerdings nur einen losen Pool an Methoden bereit, aus denen die Anwender*innen jeweils selbstständig auswählen sollen (Friedman und Hendry 2019). Diese Methodenoffenheit wird in der Literatur ebenso kritisiert wie der Umstand, dass VSD nur schwerlich erfassen kann, inwiefern das entwickelte System tatsächlich die gesetzten Werte widerspiegelt bzw. implementiert (Winkler und Spiekermann 2021; Mittelstadt 2019).

Mit Value-based Engineering steht seit 2022 ein alternatives Vorgehensmodell zur Verfügung. Als erster Modellansatz zur Berücksichtigung ethischer Aspekte in der Systementwicklung wurde IEEE 7000TM als ISO/IEC/IEEE 24748-7000 veröffentlicht und standardisiert. Es soll als Leitfaden dienen und den gesamten Entwicklungsprozess bei der systematischen Identifikation von Werten und ihre Übersetzung in Systemanforderungen unterstützen (Spiekermann 2023). Dieses Vorgehensmodell ermöglicht es Unternehmen, konkreten Handlungsempfehlungen zu folgen und erfüllt somit den Bedarf des Marktes nach einem greifbaren und anwendbaren Vorgehen. Das VbE beruht auf bereits bestehenden Konzepten der Systemgestaltung und umfasst insgesamt drei Phasen, die Innovationsteams im Rahmen des Entwicklungsprozesses durchlaufen (Spiekermann 2023). Trotz der Attraktivität des Konzepts und der vielen Forderungen nach einer besseren Berücksichtigung ethischer Prinzipien in der öffentlichen Debatte ist der Ansatz in der Praxis noch wenig verbreitet und seine Praxistauglichkeit damit ungeklärt. Der vorliegende Beitrag untersucht die Praxistauglichkeit, die Einsatzbedingungen und Überarbeitungsbedarfe anhand von 13 qualitativen, leitfadengestützten Interviews.

2. Methodik

Um die Praxistauglichkeit und Anwendungserfahrungen des VbE zu analysieren, sind leitfadengestützte Experteninterviews mit Softwareanbietern, KI- und Ethik-Expert*innen sowie Vertreter*innen aus der VbE-Community durchgeführt worden. Die Interviewten lassen sich zwei unterschiedlichen Expertengruppen zuordnen: Zum einen sechs VbE-Botschafter*innen, die in VbE geschult wurden und über erste Anwendungskenntnisse verfügen. Die zweite Gruppe bestand aus Software- und KI-Entwickler*innen sowie Ethik-Expert*innen ohne dezidierte Kenntnis von VbE. Die beiden Gruppen lieferten komplementäre Erkenntnisse und Sichtweisen vor dem Hintergrund ihrer Rolle und Vorkenntnisse. So konnten die Ethiker*innen beispielsweise eine erste Einschätzung bezüglich der Quantifizierbarkeit von Ethik liefern und nähere Einblicke in das ethische Fundament des Ansatzes abgeben.

Zur Herstellung der Vergleichbarkeit wurde allen Interviewten ohne tiefergehende VbE-Kenntnisse vorab ein siebenminütiges, eigens erstelltes Video gezeigt, welches den Ansatz und seine Funktionsweise grob zusammenfasst. Der Interviewleitfaden wurde anhand des SPSS-Prinzips (Helfferich 2011) entwickelt. Die durchschnittliche Dauer der Interviews betrug 55 Minuten, wobei das kürzeste Interview 32 Minuten und das längste 113 Minuten dauerte. Jedes Interview wurde online durchgeführt, aufgezeichnet und vollständig transkribiert.

Die Datenanalyse erfolgte nach der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (Mayring 2010). Die Transkripte der durchgeführten Interviews wurden mithilfe des Tools MAXQDA analysiert.

3. Ergebnisse & Diskussion

In der Analyse zeigte sich, dass das theoretische Vorgehen des VbE grundsätzlich als benutzerfreundlich und leicht verständlich wahrgenommen (7 von 13) wird, aber dessen Anwendung auf einige Herausforderungen stößt. So fielen die Einschätzungen zur Praxistauglichkeit des VbE recht ambivalent aus. Während einige die Praxistauglichkeit von der Motivation der Mitarbeitenden, ihrem Mindset und der Qualität der Schulungen abhängig machten, empfanden drei Befragten den Ansatz als zu detailliert bzw. den zusätzlichen Aufwand für die Umsetzung als zu hoch. Weitere drei Personen hingegen schätzten den Ansatz als zu unkonkret und ungenau in mancherlei Hinsicht ein. Ein zu großer Zusatzaufwand ist insofern kritisch, da dessen Minimierung in agilen Entwicklungsumgebungen als essenziell für die Produktivität und Effizienz gilt (Meckenstock 2024).

Ferner könnte VbE nach Einschätzung der Interviewten einerseits zur Motivation der Mitarbeitenden beitragen, da diese ihre eigenen Werte mehr einbringen dürfen. Andererseits könnten Mitarbeitende unter der Komplexitätssteigerung leiden und diese als Überforderung empfinden. Entsprechend ambivalent empfanden zwei Befragte das nötige Hintergrundwissen als schwierig und als aufwendig zu erlernen, wohingegen drei Befragte der Meinung waren, dass die Sachverhalte einfach (sogar im Eigenstudium) anzueignen seien. In Anbetracht dieser ambivalenten Komplexitätswahrnehmung stellt sich die Frage nach dem Verständnis von Ethik. So nahmen fünf Befragte Ethik als etwas Subjektives wahr, obwohl Ethik als Moralphilosophie zu den wissenschaftlichen Disziplinen zählt, was ein unterschiedliches Wissensniveau im Bereich der Moralphilosophie vermuten lässt. Die Auffassung, ob Ethik nun eine wissenschaftliche Disziplin oder schlichtweg ein individuelles und kaum greifbares Thema ist, könnte schlussendlich eine maßgebliche Rolle bei der Wahrnehmung der Praxistauglichkeit spielen. Zudem sorgten sich die Befragten, dass mithilfe des VbE Werte in der Entwicklung zwar berücksichtigt, aber dennoch nicht zwangsläufig „gute“ Werte Bestandteil der Systeme werden. In der Theorie sind Werte allerdings bereits definiert als „eine explizite oder implizite, für ein Individuum oder eine Gruppe charakteristische Vorstellung vom Wünschenswerten, die die Auswahl unter den verfügbaren Arten, Mitteln und Zielen des Handelns beeinflusst“ (Parsons und Shils 1951). Daher sind die Bedenken der Befragten hinsichtlich „schlechter“ Werte auf ein fehlgeleitetes Verständnis des Wertebegriffs zurückzuführen.

Von großer Bedeutung bei der Anwendung ist das Mindset der Anwender*innen und deren Grundeinstellung gegenüber VbE. Sind Anwender*innen nicht oder weniger überzeugt vom Ansatz oder ethischen Prinzipien, besteht gemäß sechs Interviews die Gefahr des Ethicswashings. Damit wird die wachsende Instrumentalisierung der ethischen Sprache durch Technologieunternehmen bezeichnet, um den Anschein ethischen Verhaltens zu erwecken (Wagner 2019). Obwohl das Mindset der Anwender*innen eine maßgebliche Rolle bei der erfolgreichen Anwendung von VbE spielen, wird von neun der 13 Interviewten hervorgehoben, dass die Gesetzgebung die treibende Kraft bei der weiteren Verbreitung darstellen sollte. Das könnte daran liegen, dass es keinen Konsens gibt, was ethisch ist und was nicht (Scholl et

al. 2016), wohingegen rechtliche Vorgaben eine klare Orientierung bieten und damit Unsicherheiten für Unternehmen reduzieren.

Außerdem scheint es, dass in der Wirtschaft ethische Ziele weiterhin nur sekundär relevant sind, weswegen die hohen Aufwände für eine Implementierung von VbE als Barriere gelten. Selbst den VbE-Botschafter*innen scheint die Anwendung aus rein ethischen Überzeugungen heraus tendenziell unwahrscheinlich. Wenngleich es Unternehmen gibt, die solche Aspekte aus intrinsischen Motiven berücksichtigen wollen, heben die Befragten die damit verbundenen Kosten aus ökonomischer Perspektive hervor. Letztlich hängt der Erfolg und auch die Praxistauglichkeit des Ansatzes maßgeblich von einer starken Unterstützung durch das Management und einer förderlichen Unternehmenskultur ab.

Die dargestellten Ergebnisse liefern ein umfassendes Bild zur Praxistauglichkeit von VbE, sind allerdings insofern in ihrer Aussagekraft limitiert, dass die meisten Befragten aufgrund der Neuheit des Ansatzes noch nicht über reale Anwendungserfahrungen verfügen. Eine Übersicht alle Ergebnisse wird in der folgenden Abbildung 1 übersichtlich dargestellt.

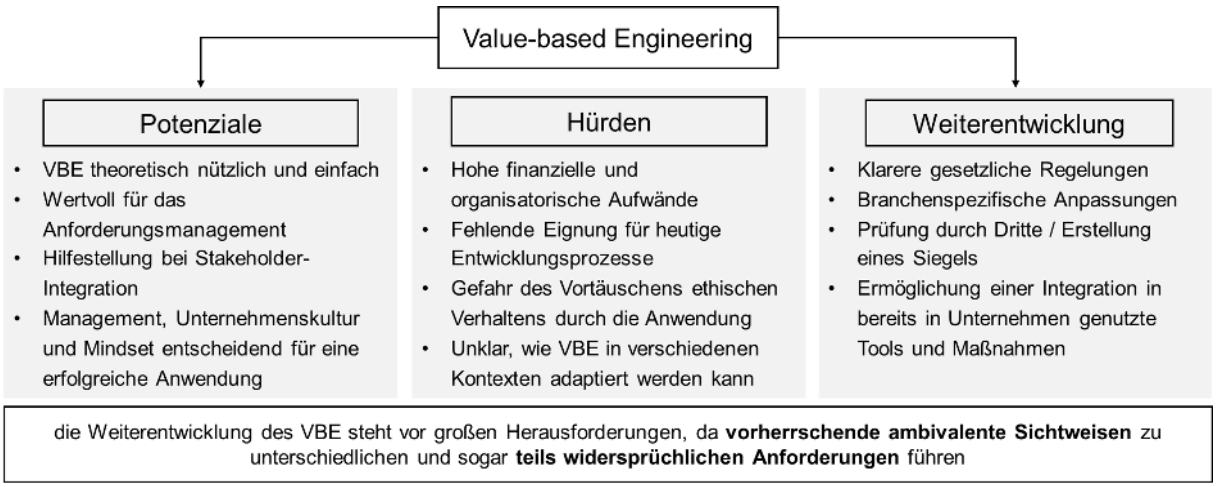


***Abbildung 1**: Übersicht der Ergebnisse.*

4. Implikationen & Handlungsempfehlungen

Die bedeutendste Maßnahme zur Förderung der Verbreitung von VbE ist die Einführung gesetzlicher Regelungen. Allerdings kann die Gesetzgebung allein keine Garantie für eine flächendeckende Anwendung im Sinne des Ansatzes bieten. So werden Gesetze wie der EU AI Act nur in der Lage sein, einen Rahmen zu schaffen (Edwards 2022). Innerhalb dessen werden vermutlich verschiedene Methoden zur Einhaltung dieser Vorschriften existieren, wobei VbE eine dieser Methoden darstellen könnte. Die Gesetzgebung könnte dabei als Katalysator wirken, um den Bekanntheitsgrad des VbEs zu erhöhen. Wenn Unternehmen gesetzlich verpflichtet werden, bestimmte ethische Standards wie VbE zu berücksichtigen, führt dies zwangsläufig dazu, dass mehr Organisationen davon erfahren und sich damit auseinandersetzen müssen. Während Überzeugung und intrinsische Motivation wichtige interne Faktoren für die erfolgreiche Anwendung von VbE darstellen, können gesetzliche Vorgaben als externer Anreiz für Unternehmen dienen, sich intensiver mit dem Ansatz zu beschäftigen. Eine anknüpfende Fragestellung wäre dann, inwiefern die gesetzlichen

Regelungen als Impuls für eine weitergehende Auseinandersetzung mit ethischen Standards dienen oder bei fehlender Identifikation mit dem Gesetz zu Frustration seitens der Mitarbeitenden führen, die dann nur das Minimum umsetzen, um den gesetzlichen Anforderungen zu entsprechen. Dies entspricht den Bedenken der Befragten, die befürchten, dass eine Anwendung des VbE aufgrund externer Anreize zu einer verminderten Qualität oder gar zu reinem Ethicswashing führen könnte.

Neben der Gesetzgebung ist die Einführung eines Gütesiegels oder einer unabhängigen Prüfung und Verifikation, ähnlich wie bei CertifAIEd (IEEE CertifAIEd™ - The Mark of AI Ethics 2024), eine der wirksamsten Maßnahmen. Auf diese Weise schafft eine Zertifizierung Anreize, sich an höhere Standards zu halten, da Unternehmen dafür Anerkennung erhalten und bei Nichteinhaltung negative Konsequenzen drohen (Cihon et al. 2021). Ein solches Zertifikat könnte folglich das Vertrauen der Stakeholder erhöhen sowie die Akzeptanz des VbE-Ansatzes steigern und anderweitige Vorteile für das Unternehmen realisieren, die sich auch direkt ökonomisch auszahlen.

Für die Weiterentwicklung des VbE scheinen ebenfalls der praktische Bezug sowie die Minimierung des Aufwands von großer Relevanz zu sein. So könnte der VbE-Ansatz in unterschiedlichen Kontexten getestet und Referenzprojekte sowie exemplarische Anwendungen veröffentlicht werden. Ein langfristiger Vorschlag ist die Entwicklung erster Lösungsmuster, die es ermöglichen, bei der Anwendung in ähnlichen Kontexten bestimmte Schritte zu überspringen oder Ergebnisse direkt zu übernehmen. Ziel hierbei wäre es, den Aufwand zu reduzieren, um die Praxistauglichkeit und Motivation zur Anwendung zu steigern. Gleichzeitig bedarf es in der Praxis einer gewissen Flexibilität und Anpassungsfähigkeit. Organisationen bräuchten daher vermutlich unterschiedliche Prozessschritte in unterschiedlicher Ausführung oder Intensität. Allerdings könnte eine adaptivere Gestaltung des VbE wiederum dazu führen, dass der Ansatz weniger konkret und eindeutig ist.

Auch die Meinungen darüber, ob der VbE-Ansatz in Zukunft an Bedeutung gewinnen wird, sind divergent. Einige Befragte sehen ein hohes Potenzial für die Weiterentwicklung des VbE, während andere bezweifeln, dass sich der Ansatz durchsetzen wird. Diese Diskrepanz könnte darauf hindeuten, dass der Erfolg des VbE stark von seiner Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche organisatorische und kulturelle Kontexte abhängt. In diesem Sinne wird auch vermutet, dass sich pragmatischere Ansätze als VBE durchsetzen könnten. Insgesamt scheint die Weiterentwicklung des VbE vor Herausforderungen zu stehen, da ambivalente Sichtweisen bestehen und zu unterschiedlichen, teils widersprüchlichen Anforderungen führen.

5. Literaturverzeichnis

Cath, C. (2018): Governing artificial intelligence: ethical, legal and technical opportunities and challenges. In: Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences 376 (2133). DOI: 10.1098/rsta.2018.0080.

Cihon, P.; Kleinaltenkamp, M.J.; Schuett, J.; Baum, S.D. (2021): AI Certification: Advancing Ethical Practice by Reducing Information Asymmetries. In: IEEE Transactions on Technology and Society 2 (4), S. 200–209. DOI: 10.1109/TTS.2021.3077595.

Edwards, L. (2022): The EU AI Act proposal. Ada Lovelace Institute. Online verfügbar unter https://www.adalovelaceinstitute.org/ resource/eu-ai-act-explainer/.

Friedman, B.; Hendry, D.F. (2019): Value sensitive design: shaping technology with moral imagination. Cambridge, MA London, England: The MIT Press.

Friedman, B.; Hendry, D.G.; Borning, A. (2017): A Survey of Value Sensitive Design Methods. In: Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction 11 (2), S. 63–125. DOI: 10.1561/1100000015.

Harari, Y.N. (2017): Reboot for the AI revolution. In: Nature 550 (7676), S. 324–327. DOI: 10.1038/550324a.

Helfferich, C. (2011): Die Qualität qualitativer Daten. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. Online verfügbar unter http://link.springer.com/10.1007/978-3-531-92076-4, zuletzt geprüft am 12.08.2024.

IEEE CertifAIEd™ - The Mark of AI Ethics (2024). In: IEEE SA. Online verfügbar unter https://engagestandards.ieee.org/ieeecertifaied.html.

Mayring, P. (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. In: Günter Mey und Katja Mruck (Hrsg.): Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 601–613. Online verfügbar unter http://link.springer.com/10.1007/978-3-531-92052-8_42, zuletzt geprüft am 05.09.2024.

Meckenstock, J.-N. (2024): Shedding light on the dark side – A systematic literature review of the issues in agile software development methodology use. In: Journal of Systems and Software 211, S. 111966. DOI: 10.1016/j.jss.2024.111966.

Mittelstadt, B. (2019): Principles alone cannot guarantee ethical AI. In: Nat Mach Intell 1 (11), S. 501–507. DOI: 10.1038/s42256-019-0114-4.

Morley, J.; Floridi, L.; Kinsey, L.; Elhalal, A. (2020): From What to How: An Initial Review of Publicly Available AI Ethics Tools, Methods and Research to Translate Principles into Practices. In: Science and engineering ethics 26 (4), S. 2141–2168. DOI: 10.1007/s11948-019-00165-5.

Parsons, T; Shils, E.A. (Hrsg.) (1951): Toward a General Theory of Action: Harvard University Press.

Scholl, J.A.; Mederer, H.L.; Scholl, R.W. (2016): Motivating Ethical Behavior. In: Ali Farazmand (Hg.): Global Encyclopedia of Public Administration, Public Policy, and Governance. Cham: Springer International Publishing, S. 1–15. Online verfügbar unter https://link.springer.com/10.1007/978-3-319-31816-5_2368-1, zuletzt geprüft am 23.08.2024.

Spiekermann, S. (2021): Value-based Engineering: Prinzipien und Motivation für bessere IT-Systeme. In: Informatik Spektrum 44 (4), S. 247–256. DOI: 10.1007/s00287-021-01378-4.

Spiekermann, S. (2023): Value-Based Engineering: A Guide to Build Ethical Technology for Humanity. 1. Auflage. Berlin: De Gruyter (De Gruyter Textbook).

van de Poel, I. (2013): Translating Values into Design Requirements. In: Diane P. Michelfelder, Natasha McCarthy und David E. Goldberg (Hg.): Philosophy and Engineering: Reflections on Practice, Principles and Process, Bd. 15. Dordrecht: Springer Netherlands, S. 253–266. Online verfügbar unter http://link.springer.com/10.1007/978-94-007-7762-0_20, zuletzt geprüft am 26.08.2024.

Wagner, B. (2019): Ethics As An Escape From Regulation. From “Ethics-Washing” To Ethics-Shopping? In: Emre Bayamlioglu, Irina Baraliuc, Liisa Albertha Wilhelmina Janssens und Mireille Hildebrandt (Hg.): BEING PROFILED: Amsterdam University Press, S. 84–89. Online verfügbar unter https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/9789048550180-016/html, zuletzt geprüft am 23.08.2024.

Winkler, T.; Spiekermann, S. (2021): Twenty years of value sensitive design: a review of methodological practices in VSD projects. In: Ethics and Information Technology 23 (1), S. 17–21. DOI: 10.1007/s10676-018-9476-2.

Konzeptionelles Modell der Zusammenhänge von Einflussfaktoren auf die Zuverlässigkeit von Entwickler*innen bei Produktänderungen

Viktoria MORDASCHEW[1], Benedikt LATOS[2,3]

[1] Institut für Industrielle Kommunikationstechnik (inIT), Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Campusallee 12, D-32657 Lemgo
[2] Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Campusallee 12, D-32657 Lemgo
[3] Datenbasierte Wertschöpfung, Fraunhofer IOSB-INA, Campusallee 1, D-32657 Lemgo

Kurzfassung: Die Identifikation und Umsetzung von Produktänderungen ist ein wissensintensiver und fehleranfälliger Prozess, dessen Erfolg von der Zuverlässigkeit der beteiligten Entwickler*innen abhängt. Daher präsentiert dieser Beitrag ein konzeptionelles Modell, welches die Zusammenhänge von Einflussfaktoren auf die menschliche Zuverlässigkeit (mZ) beschreibt. Durch eine systematische Literaturrecherche wurden relevante Einflussfaktoren identifiziert und im Arbeitssystemmodell nach Schlick et al. (2018) strukturiert. Das daraus entwickelte konzeptionelle Modell visualisiert die Zusammenhänge von Einflussfaktoren auf die mZ und den Output. Das Modell bildet eine Grundlage für zukünftige empirische Evaluationen, z. B. durch Strukturgleichungsmodelle, und liefert Ansatzpunkte zur Verbesserung der mZ in Produktänderungsprozessen.

Schlüsselwörter: Produktänderungen, Zuverlässigkeit, Menschlicher Faktor, Arbeitsgestaltung

1. Einleitung und Motivation

Das heutige Unternehmensumfeld ist volatil und hochdynamisch (Mack et al. 2016). Wettbewerbsintensive Märkte und schwankende Kundennachfragen zwingen Unternehmen langwierige, traditionelle Produktentwicklungszyklen aufzugeben (Glück 2022). Stattdessen setzen sie auf schnelle Produktanpassungen, um flexibel auf Marktveränderungen reagieren und ihre Wettbewerbsfähigkeit langfristig sichern zu können (Thiel 2024). Die Identifikation und Umsetzung von Produktänderungen ist ein zentraler Bestandteil moderner Produktentwicklungsstrategien und hängt maßgeblich von den beteiligten Arbeitspersonen ab. Produktentwickler*innen müssen potenzielle Änderungsauswirkungen zuverlässig identifizieren, um zusätzliche Iterationen und damit verbundenen Zeit- und Kostenaufwände zu vermeiden (Rebentisch et al. 2017).

Vor diesem Hintergrund gewinnt die Zuverlässigkeit der beteiligten Entwickler*innen bei Produktänderungen an zentraler Bedeutung. Es stellt sich die Frage, welche Faktoren diese Zuverlässigkeit beeinflussen und wie negative Einflüsse minimiert werden können. In der Literatur existieren bereits Ansätze zur Analyse der menschlichen

Zuverlässigkeit (mZ) (z. B. Sträter 1997; Djaloeis 2015), die jedoch nicht den spezifischen Kontext von Produktänderungen adressieren. Dieser Beitrag nimmt diese Forschungslücke in den Fokus und untersucht die Frage: „Welche Einflussfaktoren beeinflussen die Zuverlässigkeit von Entwickler*innen bei Produktänderungen und welche Zusammenhänge bestehen zwischen diesen Faktoren und der mZ?“

Zur Beantwortung dieser Frage werden mögliche Einflussfaktoren durch eine systematischen Literaturrecherche (SLR) identifiziert und anschließend mit dem Arbeitssystemmodell (ASM) nach Schlick et al. (2018) strukturiert. Aufbauend auf dieser Analyse wird ein konzeptionelles Modell entwickelt, das die zentralen Zusammenhänge zwischen den Einflussfaktoren und der Zuverlässigkeit der Entwickler*innen beschreibt. Dieses Modell bildet eine Grundlage für zukünftige empirische Untersuchungen und trägt zur Gestaltung effektiverer Produktänderungsprozesse (PÄP) bei. Abschließend werden die Ergebnisse kritisch diskutiert und mögliche Ansätze zur empirischen Evaluierung des Modells aufgezeigt.

2. Systematische Literaturrecherche

Zur Ermittlung von Einflussfaktoren auf die mZ bei PÄP, wurde eine SLR nach PRISMA (Page et al. 2021) durchgeführt. Zur Definition der Suchbegriffe wurde ein iterativer Ansatz verwendet, bei dem Keywords aus relevanter Vorliteratur abgeleitet wurden. Die ausgewählten Datenbanken, die Suchterme und das Auswahlverfahren sind in Abbildung 1 gezeigt. Insgesamt wurden 1861 Artikel identifiziert, von denen nach Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien elf Artikel für die Analyse ausgewählt wurden. Ziel war es, Faktoren zu ermitteln, die die Zuverlässigkeit von Entwickler*innen bei Produktänderungen beeinflussen, sowie mögliche Zusammenhänge zwischen diesen Einflussfaktoren zu identifizieren. Ein Artikel wurde als geeignet bewertet, wenn er:

- sich mit mZ im industriellen Kontext befasst,
- Einflussfaktoren der mZ identifiziert oder evaluiert.

Zusätzlich wurde ein Artikel ausgeschlossen, wenn:

- er die Zuverlässigkeit technischer Systeme, Produkte oder Technologien untersuchte,
- der Anwendungsbereich nicht in einem industriellen Kontext verortet war.

Die Artikelbewertung wurde von zwei unabhängigen Personen durchgeführt. Die Interrater-Reliabilität erreichte einen Kappa-Wert von 0,85. Die Intrarater-Reliabilität erzielte einen Kappa-Wert von 0,86. Die Berechnung erfolgte nach McHugh (2012).

Die vollständige Liste der ausgewählten Artikel ist in Tabelle 1 dargestellt. Es wurden 65 Einflussfaktoren identifiziert, welche mindestens einmal in einem Artikel erwähnt wurden. Diese wurden zu 18 relevanten Einflussfaktoren zusammengefasst, welche in Tabelle 2 gezeigt sind. Die bisherige Literatur befasst sich nur punktuell mit den Zusammenhängen zwischen Einflussfaktoren und der mZ. Zudem wurde kein Artikel gefunden, der spezifisch die Einflussfaktoren der mZ im Kontext von Produktänderungen untersucht.

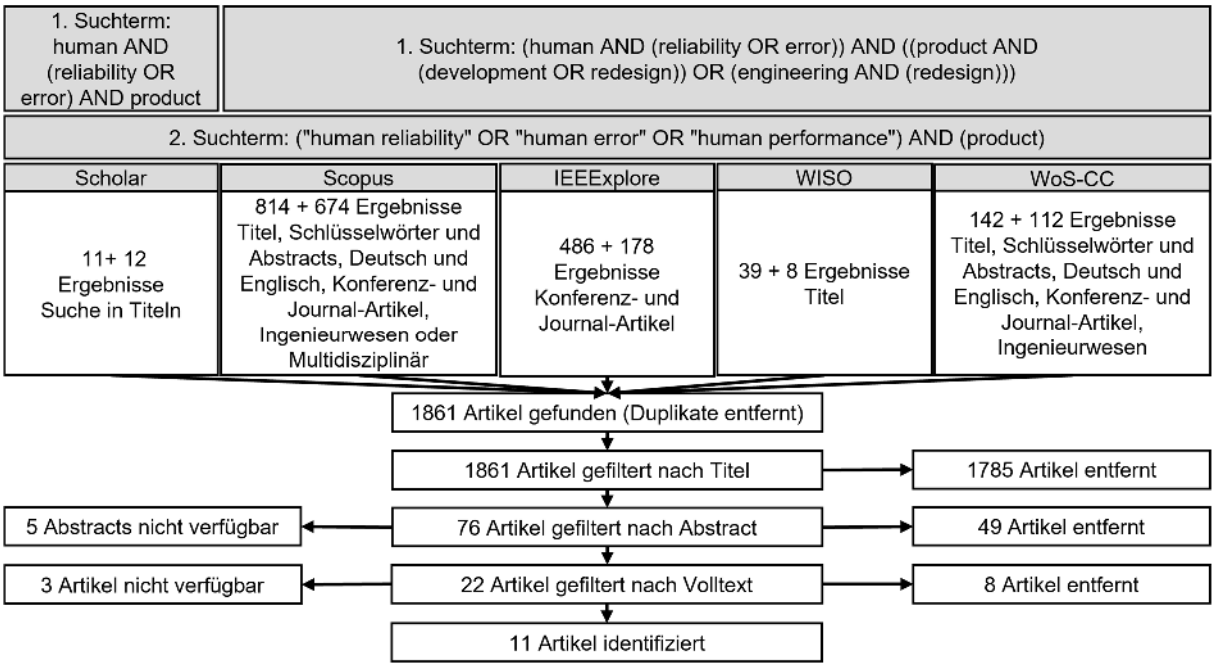


***Abbildung 1**: Detaillierter Suchprozess der durchgeführten SLR.*

***Tabelle 1:** Aus der SLR identifizierte Literatur.*

Carrillo-Gutierrez et al. (2016)	Djaloeis et al. (2013a)	Djaloeis et al. (2013b)
Kurata et al. (2015)	Li et al. (2010)	Muzammil et al. (2004)
Saptari et al. (2015)	Sträter (1997)	Tackenberg & Duckwitz (2021)
Torres et al. (2021)	Yamada (2006)	

***Tabelle 2:** Aus der SLR abgeleitete potenzielle Faktoren, die die Zuverlässigkeit von Entwickler*innen bei Produktänderungen beeinflussen.*

Kommunikation	Arbeitsmittel	Standards	Qualitätskontrolle
Arbeitsumgebung	Fähigkeiten	Erfahrung	Verständnis
Krankheit	Stress	Frustration	Motivation
Arbeitspensum	Aufgabenkomplexität	Aufgabenbeschreibung	Erwartungshaltung
Störungen	Erschöpfung		

3. Modell der Wirkzusammenhänge

Um potenzielle Wirkzusammenhänge zwischen den Einflussfaktoren zu modellieren, wird der PÄP nach Ullah et al. (2015) im ASM nach Schlick et al. (2018) dargestellt (Abbildung 2). Das ASM bildet die Zusammenhänge zwischen Menschen, Technik und Organisation ab und bietet somit eine strukturierte Grundlage für die Analyse von Einflussfaktoren auf die mZ im Gesamtkontext des PÄP. Diese Einordnung ist essenziell, um Zusammenhänge zu erkennen und Hypothesen über die Zusammenhänge zwischen Einflussfaktoren und der mZ abzuleiten.

Ändern sich die Anforderungen an ein Produkt, wird ein Änderungsauftrag erstellt. Produktmanager*innen bewerten mit Assistenzsystemen die Auswirkungen und Risiken möglicher Änderungslösungen. Die Änderungsmöglichkeit wird basierend auf Zielen hinsichtlich Änderungszeit, anfallenden Kosten und Qualitätsanforderungen gewählt. Anschließend wird ein Änderungsauftrag an das Wirksystem gegeben. Die Produktentwickler*innen führen den Änderungsauftrag für das Produkt mit Arbeitsmitteln durch. Neben einem geänderten Produkt entstehen auch neue Informationen, z. B. geänderte Dokumente. Wenn die Arbeitsaufgabe erfüllt ist, informieren die Entwickler*innen das Planungs- und Steuerungssystem über die Änderungsmeldung. Die Produktmanager*innen überprüfen dann den Prozess und stellen fest, ob die Zeit-, Kosten- und Qualitätsziele erreicht wurden. Eine Änderung ist erfolgreich, wenn alle Ziele erreicht werden, das Produkt korrekt geändert wird und die Änderungen ihren Zweck erfüllen. Darüber hinaus werden Verbesserungspotenziale identifiziert, die in die Qualitätsprozesse integriert werden können.

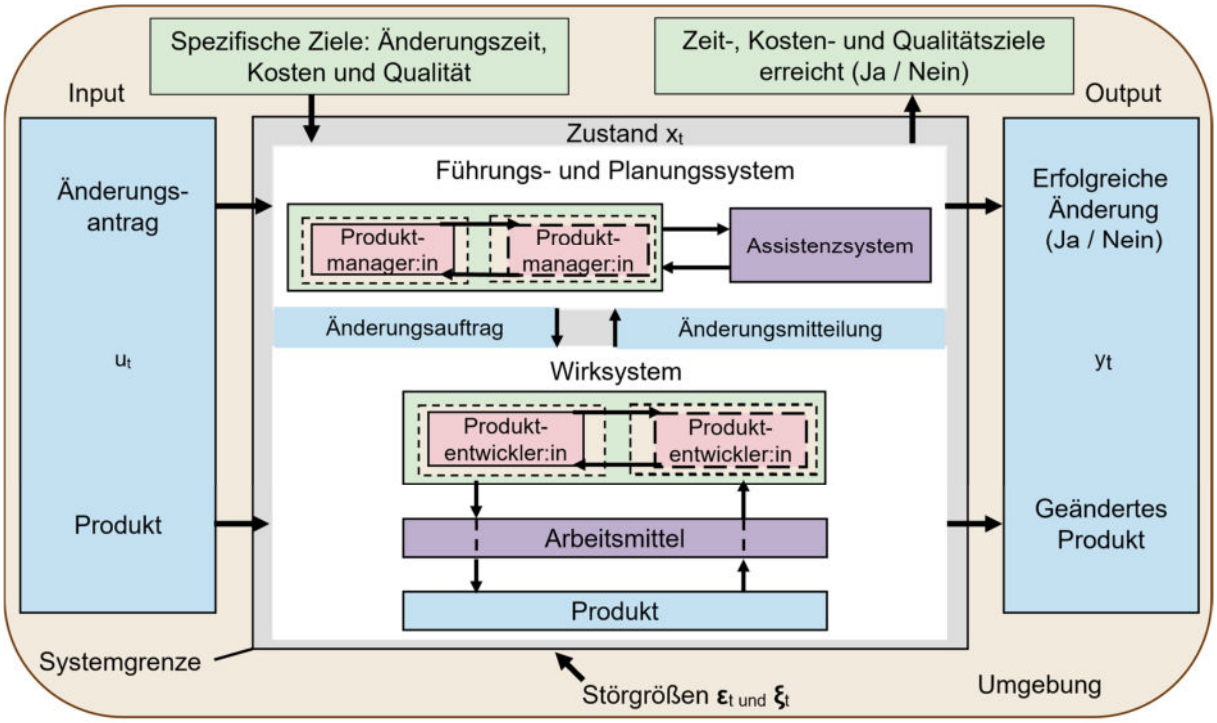


***Abbildung 2**: Adaptiertes Modell des PÄP nach Ullah et al. (2015) im ASM nach Schlick et al. (2018).*

Basierend auf dieser Einordnung wurde ein konzeptionelles Modell entwickelt, das die Zusammenhänge zwischen den Einflussfaktoren und der mZ beschreibt (Abbildung 4). Die aus der Literatur identifizierten Einflussfaktoren wurden dabei entsprechend dem ASM angepasst. Die Einflussfaktoren werden in fünf Kategorien unterteilt: Kommunikations-, Prozess-, Aufgaben-, Situationsfaktor und Interner Faktor. Diese Kategorien wirken direkt oder indirekt auf die mZ und den Output. Um die Beziehungen im Modell zu konkretisieren, wurden folgende Hypothesen abgeleitet:

H1: Gute Kommunikation verbessert die Effizienz der Prozesse.
H2: Kommunikation reduziert die Komplexität der Aufgaben.
H3: Effektive Prozesse erhöhen die Zuverlässigkeit der Entwickler*innen.
H4: Komplexe Aufgaben beeinflussen die Zuverlässigkeit negativ.
H5: Hohe Aufgabenkomplexität und hoher Arbeitsaufwand beeinflussen den

Output negativ.

H6: Ungünstige Arbeitsbedingungen verringern die Zuverlässigkeit.

H7: Hohe Leistungsbereitschaft und gute Leistungsfähigkeit beeinflussen die mZ positiv.

H8: Eine höhere Zuverlässigkeit der Entwickler*innen führt zu einem besseren Output.

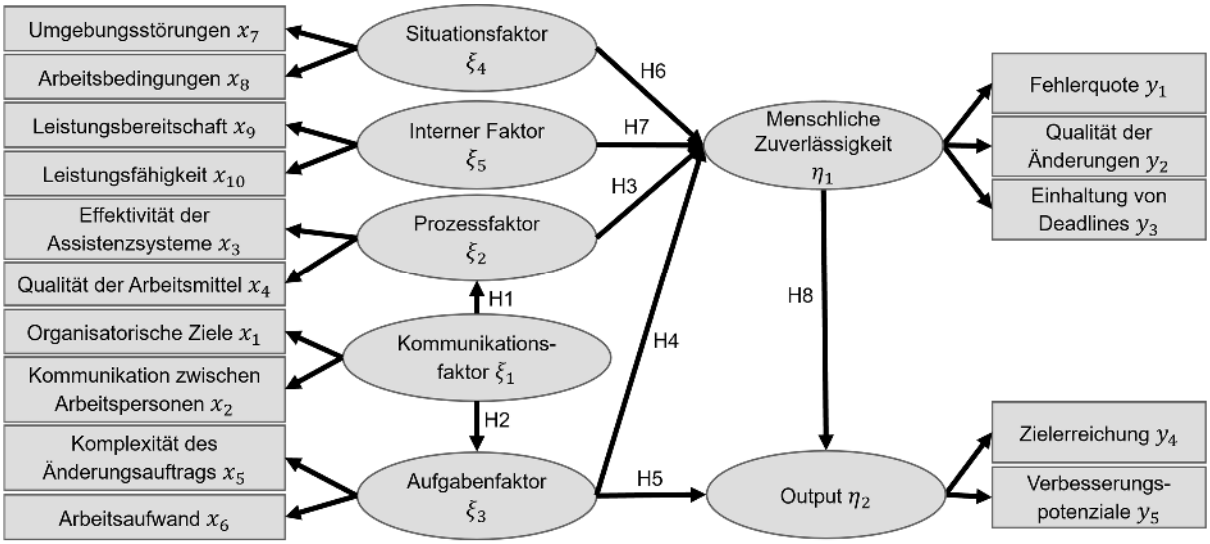


***Abbildung 3**: Konzeptionelles Modell zur Darstellung der Einflussfaktoren auf die Zuverlässigkeit von Entwickler*innen im PÄP.*

5. Diskussion und Fazit

Das entwickelte Modell beschreibt die Zusammenhänge zwischen Einflussfaktoren und der Zuverlässigkeit von Produktentwickler*innen bei Produktänderungen. Durch die Einordnung des PÄP nach Ullah et al. (2015) in das ASM nach Schlick et al. (2018) wurde eine strukturierte Analyse ermöglicht, die theoretische Hypothesen umfasst. Das Modell bildet eine Grundlage zur Verbesserung von Arbeitsbedingungen und individueller Unterstützung und kann langfristig zu zuverlässigeren und effizienteren PÄP beitragen. Allerdings weist dieser Beitrag Limitationen auf. Die SLR ist auf bestimmte Datenbanken und Suchterme beschränkt, was die ermittelten Einflussfaktoren limitiert. Zudem ist das aktuelle Modell nur als konzeptionelles Modell zu betrachten, welches zu einem Strukturgleichungsmodell (SEM) überführt werden muss. Aktuell ist dies noch nicht möglich, da die Konstrukte mit wenigen Indikatoren spezifiziert wurden, die keine vollständige Abbildung der Variablen ermöglichen. Die reflektive oder formative Spezifikation der Konstrukte erfordert z. B. eine empirische Validierung der Inhaltsvalidität (bei formativer Spezifikation) und Operationalisierungen mit Skalen, die in beiden Fällen etablierte Gütekriterien erfüllen. Zudem fehlt eine empirische Evaluierung der Hypothesen. Zukünftige Forschung wird das Modell zu einem SEM weiterentwickeln. Dazu werden Expert*inneninterviews durchgeführt und in der Literatur vorhandenen Skalen recherchiert. Anschließend ist eine empirische Evaluierung des Modells notwendig, um die theoretischen Hypothesen zu überprüfen und die Zusammenhänge zwischen den Faktoren empirisch zu untersuchen. Zusätzlich werden Laborstudien mit einem Mixed-Methods-Ansatzes in Betracht gezogen.

6. Literatur

Carrillo-Gutierrez T, Reyes Martínez RM, La Riva Rodríguez J, Sanchez-Leal J (2016) Relevant Aspects of Human Error and Its Effect on the Quality of the Product. Study in the Maquiladora Industry. Advances in Ergonomics of Manufacturing: Managing the Enterprise of the Future 490:475–485.

Djaloeis BR (2015) Entwicklung eines Modells zur Analyse der menschlichen Zuverlässigkeit in der Produktentwicklung. Dissertation. Shaker Verlag, Aachen.

Djaloeis R, Duckwitz S, Hinsch M, Feldhusen J, Schlick CM (2013a) Human reliability and workload in product design with different frequencies of interruption. 2013 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). Bangkok, Thailand, 12/10/2013 - 12/13/2013: IEEE, 1406–1410.

Djaloeis, R, Duckwitz S, Hinsch M, Feldhusen J, Schlick CM (2013b) A New Method for Human Reliability Analysis in New Product Development. Proceedings of the 23rd CIRP Design Conference, Bochum, Germany, March 11th - 13th, 2013. Berlin, Heidelberg, Springer (Lecture Notes in Production Engineering), 623–632.

Glück M, (2022) Märkte und Trends – Ende der Gewissheiten? In: Markus Glück (Hg.): Agile Innovation. Mit neuem Schwung zum Erfolg. Wiesbaden, Heidelberg: Springer Vieweg, 37–67.

Kurata YB, Acula DJ, Galingan RL, Palines AMJ, Viterbo JCL (2015) Human Error Reduction for Cost Efficiency Improvement in the Butchery Area of a Chicken Processing Company. In: Procedia Manufacturing 3: 346–353.

Li P, Zhang L, Chen G, Dai L (2010) Study on Human Error Expanded Model and Context Influencing Human Reliability in Digital Control Systems. 2010 International Conference on E-Product E-Service and E-Entertainment (ICEEE 2010). Henan, China, 11/7/2010 - 11/9/2010: IEEE, 1–4.

Mack O, Khare A, Krämer A, Burgartz T (2016) Managing in a VUCA world. Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer.

McHugh ML (2012) Interrater reliability: the kappa statistic. In: Biochemia medica 22 (3): 276–282.

Muzammil M, Khan AA, Hasan F, Hasan SN, (2004) Effect of noise on human performance under variable load in a die casting industry--a case study. In: Journal of environmental science & engineering 46 (1): 49–54.

Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD (2021) The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. In: International journal of surgery (London, England) 88: 105906.

Rebentisch E, Schuh G, Riesener M, Breunig S, Hoensbroech F (2017) Assessment of changes in engineering design using change propagation cost analysis. Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design (ICED 17) Vol 4: Design Methods and Tools, Vancouver, Canada, 21-25.08.2017, 69–78.

Saptari A, Leau JX, Mohamad NA (2015) The effect of time pressure, working position, component bin position and gender on human error in manual assembly line. 2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM). Dubai, 3/3/2015 - 3/5/2015: IEEE, 1–6.

Schlick CM, Bruder R, Luczak H (2018) Arbeitswissenschaft. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.

Sträter O (1997) Einflüsse auf die menschliche Zuverlässigkeit in hochautomatisierten technischen Systemen. In: Sicherheitstechnik und Automatisierung. Tagung Langen, 10. und 11. April 1997. Sicherheitstechnik und Automatisierung. Düsseldorf: VDI (VDI Berichte, 1336).

Tackenberg S, Duckwitz S (2021) Simulation Model for Mapping the Causes and Effects of Human Error in Product Development. 22nd HCI International Conference, Copenhagen, Denmark, July 19-24, 2020, proceedings: Springer, 381–396.

Thiel R (2024) Agile Innovationsmethoden und Frameworks. Der Umfassende Praxisleitfaden Für Produkt- und Portfoliomanager. 1st ed. Ahrensburg: tredition Verlag.

Torres Y, Nadeau S, Landau K (2021) Classification and Quantification of Human Error in Manufacturing: A Case Study in Complex Manual Assembly. In: Applied Sciences 11 (2): 749.

Ullah I, Tang D, Yin L (2015) Engineering Change Implications on Product Design: A Review of the Literature. In: International Conference on Education, Management and Computing Technology ICEMCT-15: 1679–1691.

Yamada S (2006) A Human Factor Analysis for Software Reliability in Design-Review Process. In: International Journal of Performability Engineering 2 (3): 223.

Einfluss schichtbedingter Anstrengung und Ermüdung auf RULA-Score und Fußbelastung: Eine Feldstudie unter Verwendung inertialer und resistiver Sensorik

Steven SIMON, Jonas DULLY, Carlo DINDORF, Michael FRÖHLICH

Arbeitsgruppe Bewegungs- und Trainingswissenschaft, Sportwissenschaft, RPTU Kaiserslautern-Landau, D-67663 Kaiserslautern

Kurzfassung: Physische Anstrengung und Ermüdung am Arbeitsplatz sind wesentliche Faktoren für arbeitsbedingte Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE). Während experimentelle Studien bereits Ermüdungsindikatoren im Schichtkontext aufzeigten, fehlen Feldstudien in realen industriellen Szenarien. Diese Studie untersuchte den Einfluss körperlicher Belastung auf ergonomische Risikowerte und den plantaren Fußdruck in einer realen Umgebung. 24 Teilnehmer (17 Männer, 7 Frauen) nahmen teil. Die Arbeitsbelastung wurde mit inertialen Messeinheiten (IMUs, n = 24) und plantarer Innenschuh-Druckmessung (n = 18) in zwei 12-minütigen Bewegungsaufzeichnungen zu Schichtbeginn und nach drei Stunden ohne Unterbrechung erfasst. Mittels Borg CR-10 und visueller Analogskala wurden physische Anstrengung und Ermüdung operationalisiert. Die Sensordaten wurden mit MATLAB und SPSS ausgewertet. Trotz erhöhter wahrgenommener Anstrengung und Ermüdung zeigten die RULA-Werte keine signifikanten Unterschiede im Pre-Post-Vergleich, was auf eine begrenzte Sensitivität des RULA für Müdigkeit hinweisen könnte. Beim plantaren Druck ergaben sich keine signifikanten Zeitunterschiede, jedoch signifikante Unterschiede zwischen den Seiten, die auf einseitige Arbeitsanforderungen oder Seitenpräferenz zurückzuführen sind.

Schlüsselwörter: Ergonomie; Motion Capture; observatorische Verfahren; Rapid Upper Limb Assessment; Fußdrucksensoren; Betriebliches Gesundheitsmanagement

1. Einleitung

Physische Anstrengung und Ermüdung am Arbeitsplatz, verursacht durch hohe Arbeitsanforderungen und lange Dienstzeiten, beeinträchtigen die Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer und können zu erheblichen sozialen und finanziellen Kosten führen (Caldwell et al. 2019; Hallowell 2010; Hellig et al. 2020; Sadeghniiat-Haghighi & Yazdi 2015). Nach ISO 6385 (2016) ist arbeitsbedingte Ermüdung eine reversible Folge übermäßiger Belastung, die mit Leistungsabfall und Stressbewältigungsdefiziten einhergeht (Bustos et al. 2021; Friedl 2018). Sie beeinflusst Bewegungen (Tang et al. 2022) und führt zu einer Abnahme der Produktivität und Arbeitsmoral sowie zu Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) (Antwi-Afari et al. 2023; Hallowell 2010; Roman-Liu 2014). Obwohl die allgemeinen Ursachen und Auswirkungen arbeitsbedingter Ermüdung gut dokumentiert sind, fehlt es an spezifischen Studien zur Ermüdung im produzierenden Gewerbe, obwohl diese als risikoreiche und arbeitsintensive Branche gilt. In der Studienlandschaft werden zur Operationalisierung von

Ermüdung mitunter biomechanische Messmethoden wie Elektromyographie und inertiale Messeinheiten (IMUs) genutzt (Antwi-Afari et al. 2023; Bustos et al. 2021; Hellig et al. 2020; Kee 2021, 2022; Vignais et al. 2013). Haltungsscores wie der Rapid Upper Limb Assessment (RULA) oder Rapid Entire Body Assessment (REBA) Score bewerten ergonomische Risiken (Antwi-Afari et al. 2018; Razak et al. 2012), während sensorgestützte Einlegesohlen das Potential haben, plantare Überlastungen zu identifizieren (Antwi-Afari et al.; 2023; Garcia, Läubli & Martin 2015; Halim et al. 2012; Siti Khadijah et al. 2020). Langes Stehen erhöht das Risiko für MSE und beeinträchtigt die Stoßdämpfung des Fußgewölbes (Alfuth & Rosenbaum 2011; Headlee et al. 2008; King 2002; Weist et al. 2004; Willems et al. 2012). Hazzaa et al. (2023) haben gezeigt, dass Ermüdung die Stoßkraftabsorption des Fußes beeinflusst. Zadpoor und Nikooyan (2012) beschreiben zwei konträre Effekte von Ermüdung: Sie kann die Fußgewölbeabsorption verringern und die Belastung erhöhen oder durch Bewegungsanpassungen die Belastung reduzieren. Unklar bleibt, welche Faktoren Ermüdung verlässlich anzeigen und wie langes Stehen, Haltung und Schuhwerk die muskuläre Belastung beeinflussen. Auf Basis des Forschungsstandes untersucht diese Studie den Einfluss arbeitsbedingter Anstrengung und Ermüdung auf den RULA-Risikoscore und die plantare Druckbelastung.

2. Methodik

24 Mitarbeiter des Unternehmens Hager Group (Blieskastel, Deutschland) (männlich: 17, weiblich: 7) nahmen an dieser experimentellen Studie teil (Alter [Jahre]: Frauen 43,57±13,56, Männer 37,94±7,57; Größe [cm]: Frauen 1,65±0,05, Männer 1,78±0,06; Gewicht [kg]: Frauen 72,57±12,41, Männer 80,88±12,18; BMI [kg/m^2]: Frauen 26,39±3,44, Männer 25,63±3,34). Die Studie wurde in Übereinstimmung mit den Richtlinien der Deklaration von Helsinki durchgeführt und von der Ethikkommission genehmigt (Ethikkommission RPTU Kaiserslautern-Landau, Nr. 66). Je Arbeitsschicht wurden drei Probanden zweimal in randomisierter Reihenfolge untersucht: zu Beginn der Arbeitsschicht und drei Stunden nach dem Eingangstest (Maman et al. 2017). Der Ablauf der Studie ist in Abbildung 1 dargestellt. Es wurden verschiedene Arbeitsstationen analysiert, deren Aufgaben als repräsentativ für das Unternehmen ausgewählt wurden (Bereiche: Versand, Stanzen, Vor- und Endmontage von Schaltschränken).

Die 12-minütige Bewegungserfassung wurde mittels intertialen Messeinheiten (IMUs) (Xsens, Enschede, NL) durchgeführt (Humadi et al. 2021), welche ein robustes und präzises Referenzsystem für die Rekonstruktion der dreidimensionalen Bewegung von Mitarbeitern darstellen (Roetenberg et al. 2009). Die Daten wurden im Anschluss genutzt, um sie in einen Rapid Upper Limb Assessment (RULA) Score einfließen zu lassen. RULA ist eine Methode zur Bewertung des Risikos von MSE bei Arbeitnehmern (McAtamney & Corlett, 1993). Der plantare Fußdruck wurde synchron mit dem MoCap-System mit Hilfe von Sohlen der Firma medilogic (T&T medilogic Medizintechnik GmbH, Schönefeld, Deutschland) (Lidstone, DeBerardinis, Dufek, & Trabia, 2019) erfasst (siehe Abbildung 2). Eine Sohle ist je nach zugeordneter Schuhgröße mit maximal 240 oberflächenresistiven Sensoren mit einem Messbereich von 0,6 bis 64 N/cm^2 ausgestattet. Die Sensoren arbeiten drahtlos ohne Störung des Arbeitsprozesses und wurden vor jeder Messung neu kalibriert (Lidstone et al. 2019). Nach jeder MoCap-Sitzung wurden die Teilnehmer nach ihrem Anstrengungsgrad befragt

(BORG CR-10 Körperkarte) (Borg 1990). Darüber hinaus wurde der wahrgenommene Ermüdungsgrad mit einer 10 mm langen visuellen Analogskala (VAS) gemessen (Kim et al. 2010).

Die relevanten ergonomischen kinematischen Variablen wurden jeweils auf der Grundlage des RULA-Scores mittels eines selbst geschriebenen MATLAB-Skripts (MathWorks, Natick, Massachusetts, USA) bewertet. Angepasste p-Werte, die mit einer Varianzanalyse mit Messwiederholung (rmANOVA) berechnet wurden, wurden mit einem Alpha-Niveau von 0,05 verglichen, und die Effektstärke gemäß Cohen (Cohen 1988) bewertet. Für Mittelwerte, Spitzendrücke, Impulswerte und Belastungszeiten in sechs Fußbereichen wurden rmANOVAs durchgeführt. Die Post-hoc-Analyse wurde mit Bonferroni-Korrektur durchgeführt. Berechnungen und Visualisierungen erfolgten in MATLAB, SPSS und der Python-Bibliothek „Seaborn“ (Waskom 2021).

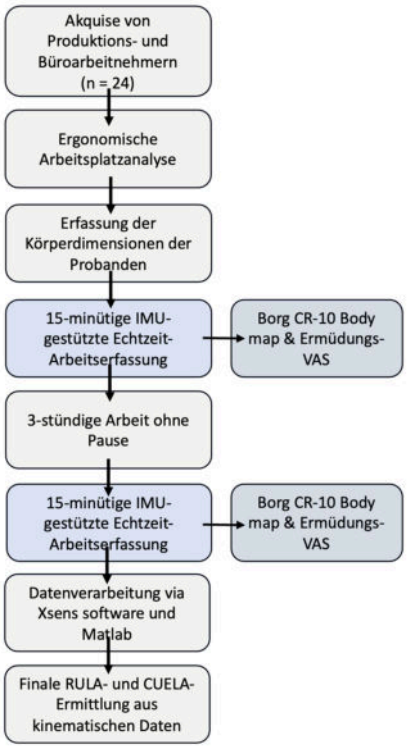


Abbildung 1: *Ablauf der Studie. Abkürzungen: MoCap = Bewegungserfassung. VAS = Visuelle Analogskala. RULA = Rapid Upper Limb Assessment (Schnellbewertung der oberen Gliedmaßen); CUELA = Computergestützte Erfassung und Langzeitanalyse der muskuloskelettalen Belastung.*

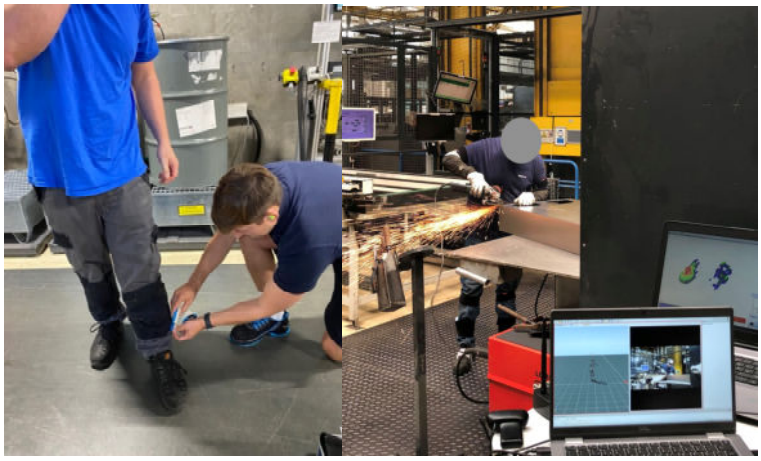


Abbildung 2: *Kinematische und kinetische Analyse von Produktionsarbeitern mit inertialer Messsensorik und plantarer Innenschuh-Messung.*

3. Ergebnisse

Die körperliche Anstrengung im Posttest (4,96±1,96) war höher als im Vortest (3,49±2,01). Die rmANOVA mit einer Greenhouse-Geisser-Korrektur ergab, dass die mittleren Anstrengungsniveaus einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Messungen aufwiesen, $F(1, 23) = 27.751$, $p < .001$, partieller $\eta^2 = .55$. Der Ermüdungsgrad wies ebenfalls einen hoch signifikanten Messunterschied auf, $F(1, 23) = 13,979$, $p < .001$, partielles $\eta^2 = .38$. Der RULA Score war im Posttest etwas niedriger als im Vortest (Pre: 4.96±0.99, Post: 4.79±1.02), jedoch ergab die statistische Analyse keinen signifikanten Unterschied zwischen den Messungen ($F(1, 23) = 2,62$, $p = .12$). Hinsichtlich der Impulswerte (Ns/cm^2) zeigten die Daten einen Anstieg zwischen den Messzeitpunkten, insbesondere bei den Mittelfußköpfen (siehe Tabelle 2), aber die statistische Analyse mit rmANOVA ergab, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Messungen gibt, $F(1,17) = 1,07$, $p = .317$, aber zwischen den Seiten, $F(1,17) = 5,85$, $p = .027$.

Tabelle 2: *Mittelwerte der Impulswerte (Druck) der einzelnen Fußregionen im Vor- und Nachtestvergleich (Ns/cm^2). ToM = Zeitpunkt der Messung.*

Impuls (Ns/cm^2)	**Pre**	**Post**	**Post-Pre-Diff.**
Metatarsalköpfe links	7.78±5.36	10.16±6.88	2.39
Metatarsalköpfe rechts	13.48±6.31	15.45±8.49	1.97
Mittelfuß links	9.57±3.46	10.56±6.25	0.99
Mittelfuß rechts	12.75±7.02	12.05±6.90	-0.70
Rückfuß links (vor)	19.69±7.96	21.33±8.17	1.64
Rückfuß rechts (vor)	20.30±7.09	20.78±9.34	0.48
ANOVA mit wiederholten Messungen (ToM)			F(1,214) = 1,68; p =.196

4. Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigten signifikante Zunahmen bei wahrgenommener physischer Anstrengung (3,26±1,82 auf 5,09±1,92) und Ermüdung (2,58±1,97 auf 3,97±2,29), wobei sich diese konträr zur Hypothese der Autoren nicht in signifikanten Änderungen der RULA-Scores niederschlug. Mögliche Gründe könnten Anpassungseffekte oder die begrenzte Sensitivität der Scores gegenüber subtilen Veränderungen sein. Subjektive Messungen wie die Borg-Skala lieferten wertvolle Erkenntnisse, waren im Rahmen dieser Untersuchung jedoch durch fehlende objektive Parameter wie Herzfrequenz oder Muskelaktivität limitiert. RULA hat sich in der ergonomischen Praxis bewährt, könnte jedoch von weiteren technischen Anpassungen profitieren, um ergonomische Belastungen detaillierter zu erfassen. Weiterhin wurden keine signifikanten Veränderungen der plantaren Druckparameter festgestellt, jedoch deutliche Unterschiede zwischen linker und rechter Seite. Dies wurde auf einseitige Arbeitsanforderungen sowie individuelles Verhalten zurückgeführt.

Der Abgleich dieser Ergebnisse mit der aktuellen Forschungslage stellt die Sensitivität der traditionellen ergonomischen Bewertungsverfahren bei der Erkennung von Ermüdungsprozessen in Frage, um auch kurzfristig Maßnahmen ergreifen zu können. Die Integration von plantaren Druckmessungen in Kombination mit IMUs bietet großes Potenzial für die praxisorientierte industrielle Ergonomie. Eine größere Stichprobe mit links- und rechtshändigen Probanden sowie längere Beobachtungszeiträume wären in künftigen Studiendesign angeraten.

5. Literatur

Åhsberg, E., & Gamberale, F. (1998). Perceived fatigue during physical work: an experimental evaluation of a fatigue inventory. International Journal of Industrial Ergonomics, 21 (2), 117-131.

Alfuth, M., & Rosenbaum, D. (2011). Long distance running and acute effects on plantar foot sensitivity and plantar foot loading. Neuroscience Letters, 503 (1), 58-62.

Antwi-Afari, M. F., Anwer, S., Umer, W., Mi, H.-Y., Yu, Y., Moon, S., et al. (2023). Machine learning-based identification and classification of physical fatigue levels: A novel method based on a wearable insole device. International Journal of Industrial Ergonomics, 93, 103404.

Antwi-Afari, M. F., Li, H., Yu, Y., & Kong, L. (2018). Wearable insole pressure system for automated detection and classification of awkward working postures in construction workers. Automation in construction, 96, 433-441.

Borg, G. (1990). Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. Scandinavian journal of work, environment & health, 55-58.

Bustos, D., Guedes, J. C., Vaz, M. P., Pombo, E., Fernandes, R. J., Costa, J. T., et al. (2021). Non-invasive physiological monitoring for physical exertion and fatigue assessment in military personnel: a systematic review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18 (16), 8815.

Caldwell, J. A., Caldwell, J. L., Thompson, L. A., & Lieberman, H. R. (2019). Fatigue and its management in the workplace. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 96, 272-289.

Cohen, J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. New York: Routledge.

Friedl, K. E. (2018). Military applications of soldier physiological monitoring. Journal of science and medicine in sport, 21 (11), 1147-1153.

Garcia, M.-G., Läubli, T., & Martin, B. J. (2015). Long-term muscle fatigue after standing work. Human factors, 57 (7), 1162-1173.

Halim, I., Omar, A. R., Saman, A. M., & Othman, I. (2012). Assessment of muscle fatigue associated with prolonged standing in the workplace. Safety and health at work, 3 (1), 31-42.

Hallowell, M. R. (2010). Worker fatigue: Managing concerns in rapid renewal highway construction projects. Professional safety, 55 (12), 18-26.

Hazzaa, W. A., Hottenrott, L., Kamal, M. A., & Mattes, K. (2023). The Influence of General and Local Muscle Fatigue on Kinematics and Plantar Pressure Distribution during Running: A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports, 11 (12), 241.

Headlee, D. L., Leonard, J. L., Hart, J. M., Ingersoll, C. D., & Hertel, J. (2008). Fatigue of the plantar intrinsic foot muscles increases navicular drop. Journal of Electromyography and Kinesiology, 18 (3), 420-425.

Hellig, T., Johnen, L., Mertens, A., Nitsch, V., & Brandl, C. (2020). Prediction model of the effect of postural interactions on muscular activity and perceived exertion. Ergonomics, 63 (5), 593-606.

Humadi, A., Nazarahari, M., Ahmad, R., & Rouhani, H. (2021). In-field instrumented ergonomic risk assessment: Inertial measurement units versus Kinect V2. International Journal of Industrial Ergonomics, 84, 103147.

Kee, D. (2021). Comparison of OWAS, RULA and REBA for assessing potential work-related musculoskeletal disorders. International Journal of Industrial Ergonomics, 83, 103140.

Kee, D. (2022). Systematic comparison of OWAS, RULA, and REBA based on a literature review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19 (1), 595.

Kim, E., Lovera, J., Schaben, L., Melara, J., Bourdette, D., & Whitham, R. (2010). Novel method for measurement of fatigue in multiple sclerosis: Real-Time Digital Fatigue Score. Journal of Rehabilitation Research & Development, 47 (5).

King, P. M. (2002). A comparison of the effects of floor mats and shoe in-soles on standing fatigue. Applied ergonomics, 33 (5), 477-484.

Lidstone, D. E., DeBerardinis, J., Dufek, J. S., & Trabia, M. B. (2019). Electronic measurement of plantar contact area during walking using an adaptive thresholding method for Medilogic® pressure-measuring insoles. The Foot, 39, 1-10.

Maman, Z. S., Yazdi, M. A. A., Cavuoto, L. A., & Megahed, F. M. (2017). A data-driven approach to modeling physical fatigue in the workplace using wearable sensors. Applied ergonomics, 65, 515-529.

McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied ergonomics, 24 (2), 91-99.

Razak, A. H. A., Zayegh, A., Begg, R. K., & Wahab, Y. (2012). Foot plantar pressure measurement system: A review. Sensors, 12 (7), 9884-9912.

Roetenberg, D., Luinge, H., & Slycke, P. (2009). Xsens MVN: Full 6DOF human motion tracking using miniature inertial sensors. Xsens Motion Technologies BV, Tech. Rep, 1, 1-7.

Roman-Liu, D. (2014). Comparison of concepts in easy-to-use methods for MSD risk assessment. Applied ergonomics, 45 (3), 420-427.

Sadeghniiat-Haghighi, K., & Yazdi, Z. (2015). Fatigue management in the workplace. Industrial psychiatry journal, 24 (1), 12.

Siti Khadijah, K., Haryati, R., Seri Rahayu, K., Muhamad Fauzie, A., & Norhazirah, L. ANALYSIS ON THE EFFECT OF PERSONALISED INSOLE FOR PROLONGED STANDING INDUSTRIAL WORKERS.

Tang, Y., Li, Y., Yang, M., Zheng, X., An, B., & Zheng, J. (2022). The effect of hip abductor fatigue on knee kinematics and kinetics during normal gait. Frontiers in Neuroscience, 16, 1003023.

Vignais, N., Miezal, M., Bleser, G., Mura, K., Gorecky, D., & Marin, F. (2013). Innovative system for real-time ergonomic feedback in industrial manufacturing. Applied ergonomics, 44 (4), 566-574.

Waskom, M. L. (2021). Seaborn: statistical data visualization. Journal of Open Source Software, 6 (60), 3021.

Weist, R., Eils, E., & Rosenbaum, D. (2004). The influence of muscle fatigue on electromyogram and plantar pressure patterns as an explanation for the incidence of metatarsal stress fractures. The American journal of sports medicine, 32 (8), 1893-1898.

Willems, T. M., De Ridder, R., & Roosen, P. (2012). The effect of a long-distance run on plantar pressure distribution during running. Gait & posture, 35 (3), 405-409.

Zadpoor, A. A., & Nikooyan, A. A. (2012). The effects of lower-extremity muscle fatigue on the vertical ground reaction force: a meta-analysis. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine, 226 (8), 579-588.

Zulkifli, S. S., & Loh, W. P. (2020). A state-of-the-art review of foot pressure. Foot and Ankle Surgery, 26 (1), 25-32.

Einsatz von Sensorik zur Evaluation von Arbeitsplatzbelastungen, ergonomischen Interventionen und deren Zusammenhang mit Haltungsparametern des Muskel-Skelett-Apparats

Steven SIMON

Arbeitsgruppe Bewegungs- und Trainingswissenschaft, Sportwissenschaft, RPTU Kaiserslautern-Landau, D-67663 Kaiserslautern

Kurzfassung: Repetitive Bewegungen, ungünstige Körperhaltungen und physische Belastungen am Arbeitsplatz erhöhen das Risiko für Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE). Ergonomische Interventionen bieten eine vielversprechende Möglichkeit zur Prävention und Verbesserung der Arbeitsbedingungen. Das Dissertationsvorhaben beabsichtigt, mittels sensorbasierter Messsysteme im Rahmen von Feldstudien zu untersuchen, wie ergonomische Maßnahmen die Körperhaltung und Arbeitsbelastung beeinflussen. Neben der Nutzung inertialer Sensorik und Innenschuh-Druckmesssohlen wird auch eine kamerabasierte markerlose Haltungsanalyse eingesetzt, um in Kombination mit traditionellen observatorischen Methoden wie dem Rapid Upper Limb Assessment (RULA) Arbeitsbelastungen in industriellen Umgebungen und medizinischen Kontexten zu quantifizieren. Die im Rahmen der Dissertation bereits erfolgten und derzeit geplanten Feldstudien zielen darauf ab, spezifische Belastungen und Haltungsabweichungen unter realen Arbeitsbedingungen zu erfassen und Zusammenhänge zwischen Arbeitsbelastung und statischer Körperhaltung zu identifizieren. Weiterhin sollen Effekte von ergonomischen Interventionen auf den Muskel-Skelett-Apparat eruiert werden.

Schlüsselwörter: Ergonomie; Sensorik; Muskuloskelettale Beschwerden; Motion capture; Pose detection; RULA

1. Einleitung

Arbeitsbedingte Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) sind eine Hauptursache für reduzierte Produktivität in der Erwerbsbevölkerung (Maulik et al. 2014), wobei mehr als die Hälfte der Arbeitnehmer in der EU betroffen sind (Bonfiglioli et al. 2022). Insbesondere in der Industrie führen unergonomische Arbeitspositionen zu einer hohen Prävalenz von MSE (Liu et al. 2019). Zur Identifizierung von ergonomischen Risiken werden ergonomische Risikobewertungsinstrumente wie Rapid Upper Limb Assessment (RULA) oder Rapid Entire Body Assessment (REBA) eingesetzt, die die Körperhaltung anhand von Gelenkwinkeln bewerten und potenzielle Gefahren identifizieren (Kee 2022; Maltry et al. 2020). Die bisherige Forschung fokussierte sich dabei auf statische Ergonomie-Bewertungen, wodurch jedoch die Komplexität real stattfindender dynamischer Arbeitsprozesse unzureichend abgebildet und die Notwendigkeit einer verstärkt dynamischen Bewertung unterstrichen wird (Lim & D'Souza 2020). Digitale Technologien wie Motion-Capture-Systeme (MoCap) und inertiale Messeinheiten (IMUs) bieten Möglichkeiten zur präzisen Erfassung ergonomischer Risiken (Maurer-

Grubinger et al. 2021; Vignais et al. 2013) und sind eine valide Möglichkeit der Erfassung von Haltungsbelastungen ohne große Einschränkungen für die Arbeitnehmer (Teufl et al. 2018). Weiterhin sind sie kostengünstig und auch out of lab einsetzbar. Die Kombination von IMUs mit Haltungsbewertungen könnte die Prävention von MSE unterstützen, wobei der genaue Zusammenhang zwischen den Bewertungen und dem Risiko von MSE noch unzureichend untersucht ist (Lobo et al. 2019). Das Dissertationsvorhaben adressiert folgende Themenfelder:

a. Zusammenhang zwischen arbeitsbedingter körperlicher Belastung und Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) bei verschiedenen Berufsgruppen (Produktion, Büro, Zahnmedizin) zur Ableitung effizienter Interventionen.
b. Evaluation sensorbasierter Technologien, insbesondere IMUs und plantaren Druckmesssystemen, sowie Identifikation von Schwachstellen traditioneller ergonomischer Risiko-Scores.
c. Methodischer Vergleich von IMUs und 2D-Human-Pose-Detection, um praktikable und ressourcenschonende Ansätze für die ergonomische Bewertung zu entwickeln.

2. Methodik und Ergebnisse

Im Rahmen der ersten Untersuchung nahmen 71 Personen teil, von denen 64 in die Analyse einbezogen wurden (44 Männer, 20 Frauen; Alter: 42,53 ± 11,64 Jahre; Körpergröße: 173,67 ± 9,07 cm; Körpergewicht: 80,63 ± 15,24 kg) (Simon et al. 2024). 15 Mitarbeitende aus der Personalabteilung hatten überwiegend sitzende Tätigkeiten. In der Produktion wurden Arbeiten mit variabler körperlicher Aktivität sowie langem Stehen und Gehen untersucht. Zehn verschiedene Arbeitsstationen mit insgesamt 49 Mitarbeitenden wurden analysiert, die repräsentative Tätigkeiten (z. B. Versand, Stanzerei, Vor- und Endmontage von Schaltschränken, Beschichtung) ausführten (siehe Abbildung 1). Das Studiendesign umfasste zwei Hauptteile:

1. Anamnese, Ausfüllen des Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaire (CMDQ) und statische 3D-Stereophotogrammmetrische Haltungsanalyse.
2. Untersuchung der kinematischen Arbeitsbelastung mittels Motion Capture (MoCap), der Beobachtungsmethode RULA sowie der Dokumentation körperlicher Erschöpfung anhand der Borg CR-10-Skala.

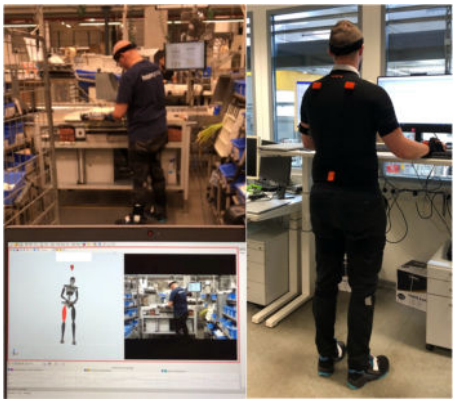


***Abbildung 1**: Datenaufnahme mittels inertialer Messeinheiten in Produktion und Büro.*

Die Haltung von 42 Produktionsmitarbeitenden und 15 Büroangestellten wurde statisch mit einem 3D-Scanner (Balance 4D, Paromed Bodybalance GmbH & Co. KG, Neubeuern) gemessen (siehe Abbildung 2).

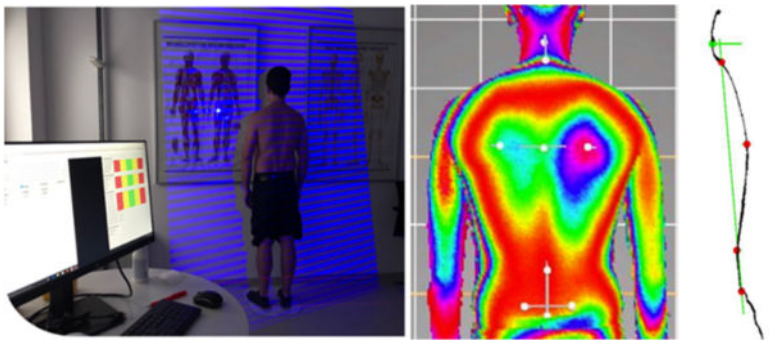


***Abbildung 2**: 3D-Stereophotogrammetrie zur Abbildung der statischen Oberkörperhaltung der Probanden.*

24 Personen wurden zudem während ihrer Arbeitsschicht 30 Minuten mit IMUs (Xsens, Enschede, NL) analysiert. Die kinematischen Daten wurden anhand des RULA-Scores bewertet. Hierfür wurde ein MATLAB-Skript verwendet, das Gelenkwinkel über den gesamten Arbeitsprozess rekonstruiert und klassifiziert hat. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass zwischen dem wahrgenommenen Grad der körperlichen Erschöpfung und muskuloskelettalen Beschwerden moderate bis schwache Korrelationen bestanden. Beschwerden im Rumpfbereich (CMDQ-Werte) korrelierten moderat mit dem wahrgenommenen Erschöpfungsgrad in derselben Körperregion (Spearman's ρ = .412, p = 0.046). Die Haltungsparameter der Büroangestellten wichen stärker von den Referenzwerten in der Sagittalebene ab, während Produktionsmitarbeiter größere Abweichungen in der Transversalebene zeigten (siehe Abbildung 3). Eine MANOVA zeigte keine signifikanten Unterschiede in RULA-Scores, 3D-Haltungsparametern oder muskuloskelettalen Beschwerden zwischen Büro- und Produktionsmitarbeitern (F(11, 6) = 1.526, p = .313). Lediglich für Beschwerden in den unteren Extremitäten wurde ein schwach signifikanter Unterschied zwischen Büro- und Produktionsmitarbeitern festgestellt (p = .044).

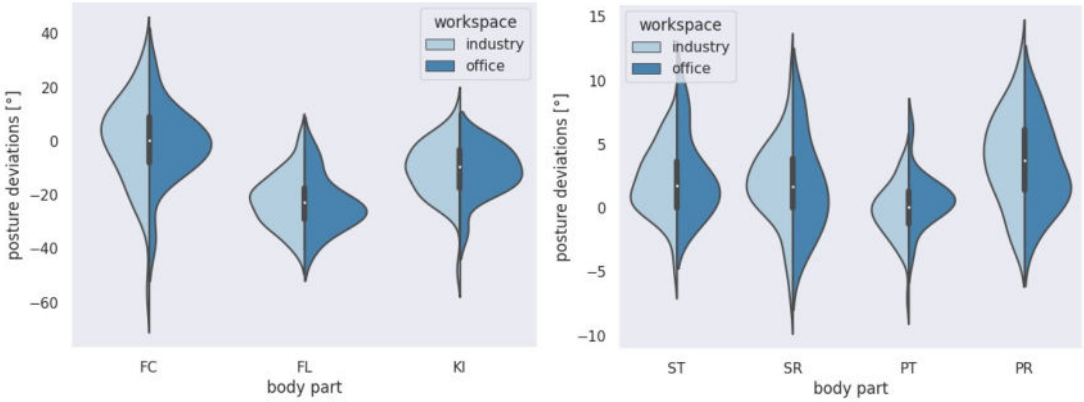


***Abbildung 3**: Haltungsabweichungen im Gruppenvergleich (Produktion vs. Büro). Abkürzungen: FC = flèche cervicale, FL = flèche lombaire, KI = Kyphose-Index; ST = shoulder tilt (Schultervorstand), SR = shoulder rotation (Schulterrotation), PT = pelvic tilt (Beckenkippung), PR = pelvic rotation (Beckenrotation).*

Eine zweite Studie untersuchte den Einfluss physischer Belastung auf die ergonomische Risikobewertung (RULA) und die Fußdruckverteilung (Simon et al. 2024). Die Studie ist in einem separaten Kongressbeitrag beschrieben.

In einer dritten Studie wurden zahnmedizinische Fachangestellte fokussiert. Diese sind durch die körperliche Belastung bei wiederholten und anhaltenden Tätigkeiten besonders anfällig für MSE, insbesondere im Nacken-, Schulter- und Rückenbereich. Internationale und deutsche Studien bestätigen eine hohe Prävalenz von MSE in dieser Berufsgruppe (Hayes et al. 2009; Holzgreve et al. 2022; Ohlendorf et al. 2020). Im Rahmen der Untersuchung wurden zwei zentrale Interventionen durchgeführt: eine ergonomische Schulung und ein fünfwöchiges Dehn- und Kräftigungsprogramm. Zur Bewertung wurden der RULA-Score sowie Bewegungsdaten mittels IMUs erfasst.

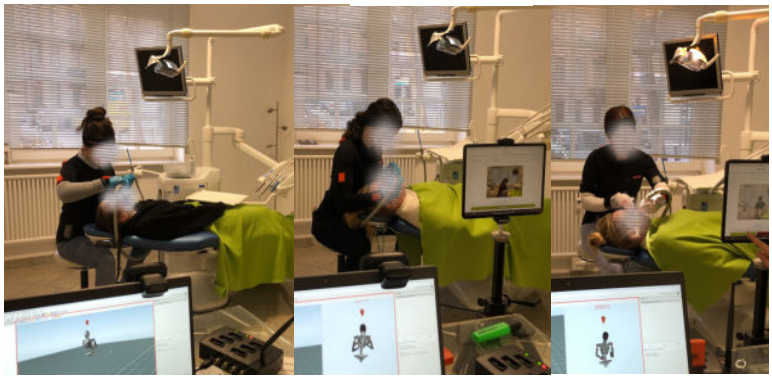


***Abbildung 4**: Motion capture bei zahnmedizinischen Auszubildenden.*

Die Ergebnisse zeigten, dass die Intervention zu einer signifikanten Verbesserung ($p = 0.017$) des RULA-Scores führte, der sich von 4,87 ± 1,13 auf 3,67 ± 0,90 verbesserte. Dies deutet auf eine optimierte Körperhaltung hin, insbesondere im Bereich der oberen Extremitäten, wie Schulter und Handgelenk (siehe Tabelle 1).

***Tabelle 1:** Deskriptive und inferenzstatistische Ergebnisse. Abkürzungen: IMU = intertiale Messeinheiten, rmANOVAs = Varianzanalysen mit Messwiederholung.*

		IMU-basierter RULA Score	**Robuste rmANOVAs (Zeitpunkt × Körperregion)**
Oberarm	Pre Post	3.00 ± 0.53 1.98 ± 0.41	p = 0.002**
Unterarm	Pre Post	2.33 ± 0.39 2.39 ± 0.20	p = 0.504
Handgelenk	Pre Post	3.20 ± 0.48 2.77 ± 0.25	p = 0.005**
Nacken	Pre Post	3.33 ± 1.14 2.75 ± 0.90	p = 0.196
Rumpf	Pre Post	1.99 ± 0.69 1.95 ± 0.40	p = 0.394
Gesamt-Score	Pre Post	4.87 ± 1.13 3.67 ± 0.90	p = 0.017*

3. Diskussion

Die drei Studien, die sich mit der körperlichen Belastung am Arbeitsplatz und den Auswirkungen auf muskuloskelettale Beschwerden befassten, bieten unterschiedliche Perspektiven und Methoden zur Analyse von ergonomischen Risiken und Interventionen. Eine Stärke der ersten beschriebenen Studie ist die Kombination objektiver Messmethoden (3D-Stereophotogrammetrie und Motion Capture) zur Erfassung der Körperhaltung sowie die detaillierte Untersuchung von Haltungsabweichungen in verschiedenen Ebenen bei Büro- als auch Produktionsmitarbeitern im Gruppenvergleich. Limitierend muss angemerkt werden, dass die abgebildeten Arbeitsprozesse zwar möglichst breitgefächert über Büro- und Produktionsbereiche hinweg ausgeführt wurden, jedoch nur einen Bruchteil der monate- bis jahrelangen Belastungen der Mitarbeitenden in ihrem Berufsfeld abbilden. Die dritte beschriebene Studie unterstreicht die Bedeutung ergonomischer Schulungen in der Ausbildung zahnmedizinischer Assistenzkräfte (Simon, Laurendi et al. 2024). Ein geplantes Folgeprojekt soll darauf abzielen, die Anwendbarkeit und Effektivität zweier Messtechnologien – der 2D-Human-Pose-Detection (Jo & Kim 2022; Votel & Li 2021) und des MoCaps mit IMUs (Maurer-Grubinger et al. 2021; Vignais et al. 2013) – im Kontext ergonomischer Interventionen in der Zahnmedizin zu vergleichen. Ziel ist es, praktikable, kosteneffiziente Alternativen zu eruieren, die die Ergonomie am Arbeitsplatz nachhaltig verbessern können. An der experimentellen Studie sollen mindestens 40 zahnmedizinische Assistenzschüler*innen teilnehmen.

4. Literatur

Bonfiglioli, R., Caraballo-Arias, Y., & Salmen-Navarro, A. (2022). Epidemiology of work-related musculoskeletal disorders. Current Opinion in Epidemiology and Public Health, 1(1), 18-24.

Dable, R. A., Wasnik, P. B., Yeshwante, B. J., Musani, S. I., Patil, A. K., & Nagmode, S. N. (2014). Postural Assessment of Students Evaluating the Need of Ergonomic Seat and Magnification in Dentistry. J Indian Prosthodont Soc, 14(Suppl 1), 51-58. https://doi.org/10.1007/s13191-014-0364-0

Hayes, M. J., Cockrell, D., & Smith, D. R. (2009). A systematic review of musculoskeletal disorders among dental professionals. International journal of dental hygiene, 7(3), 159-165.

Holzgreve, F., Weis, T., Grams, I., Germann, U., & Wanke, E. M. (2022). Prävalenz von Muskel-Skelett-Erkrankungen in der Zahnmedizin. Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 72(3), 140-146.

Jo, B., & Kim, S. (2022). Comparative analysis of OpenPose, PoseNet, and MoveNet models for pose estimation in mobile devices. Traitement du Signal, 39(1), 119.

Kee, D. (2022). Systematic comparison of OWAS, RULA, and REBA based on a literature review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(1), 595.

Lietz, J., Ulusoy, N., & Nienhaus, A. (2020). Prevention of musculoskeletal diseases and pain among dental professionals through ergonomic interventions: a systematic literature review. International journal of environmental research and public health, 17(10), 3482.

Lim, S., & D'Souza, C. (2020). A narrative review on contemporary and emerging uses of inertial sensing in occupational ergonomics. International journal of industrial ergonomics, 76, 102937.

Liu, Y., Xiao, L., Zhou, H., Xie, C., & Huang, L. (2019). An analysis of work-related musculoskeletal disorders and ergonomic loads in male welders in shipbuilding industry. Zhonghua lao Dong wei Sheng zhi ye Bing za zhi= Zhonghua Laodong Weisheng Zhiyebing Zazhi= Chinese Journal of Industrial Hygiene and Occupational Diseases, 37(3), 201-206.

Lobo, D., Anuarbe, P., López-Higuera, J. M., Viera, J., Castillo, N., & Megía, R. (2019). Estimation of surgeons' ergonomic dynamics with a structured light system during endoscopic surgery. International Forum of Allergy & Rhinology.

Maltry, L., Holzgreve, F., Maurer, C., Wanke, E., & Ohlendorf, D. (2020). Improved ergonomic risk assessment through the combination of inertial sensors and observational methods exemplified by RULA. Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 70, 236-239.

Maman, Z. S., Yazdi, M. A. A., Cavuoto, L. A., & Megahed, F. M. (2017). A data-driven approach to modeling physical fatigue in the workplace using wearable sensors. Applied ergonomics, 65, 515-529.

Maulik, S., Iqbal, R., De, A., & Chandra, A. M. (2014). Evaluation of the working posture and prevalence of musculoskeletal symptoms among medical laboratory technicians. Journal of back and musculoskeletal rehabilitation, 27(4), 453-461.

Maurer-Grubinger, C., Holzgreve, F., Fraeulin, L., Betz, W., Erbe, C., Brueggmann, D.,…Ohlendorf, D. (2021). Combining ergonomic risk assessment (RULA) with inertial motion capture technology in dentistry—Using the benefits from two worlds. Sensors, 21(12), 4077.

Ohlendorf, D., Naser, A., Haas, Y., Haenel, J., Fraeulin, L., Holzgreve, F.,…Brueggmann, D. (2020). Prevalence of musculoskeletal disorders among dentists and dental students in Germany. International journal of environmental research and public health, 17(23), 8740.

Simon, S., Dully, J., Dindorf, C., Bartaguiz, E., Becker, S., & Fröhlich, M. (2024). Impact of Fatigue on Ergonomic Risk Scores and Foot Kinetics: A Field Study Employing Inertial and In-Shoe Plantar Pressure Measurement Devices. Sensors, 24(4), 1175.

Simon, S., Dully, J., Dindorf, C., Bartaguiz, E., Walle, O., Roschlock-Sachs, I., & Fröhlich, M. (2024). Inertial Motion Capturing in Ergonomic Workplace Analysis: Assessing the Correlation between RULA, Upper-Body Posture Deviations and Musculoskeletal Discomfort. Safety, 10(1), 16.

Simon, S., Laurendi, L., Meining, J., Dully, J., Dindorf, C., Maurer, L., & Fröhlich, M. (2024). Measuring the Effect of an Ergonomic Lecture on the Rapid Upper Limb Assessment Scores of Dental Assistant Students Using Inertial Sensor-Based Motion Capture—A Randomized Controlled Study. Healthcare.

Teufl, W., Lorenz, M., Miezal, M., Taetz, B., Fröhlich, M., & Bleser, G. (2018). Towards inertial sensor based mobile gait analysis: Event-detection and spatio-temporal parameters. Sensors, 19(1), 38.

Vignais, N., Miezal, M., Bleser, G., Mura, K., Gorecky, D., & Marin, F. (2013). Innovative system for real-time ergonomic feedback in industrial manufacturing. Applied ergonomics, 44(4), 566-574.

Votel, R., & Li, N. (2021). Next-generation pose detection with movenet and tensorflow. js. TensorFlow Blog, 4, 4.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt Prof. Dr. Michael Fröhlich für die Unterstützung und meinem Kollegen Jonas Dully für die Hingabe im Auswerteprozess der Sensorik-Daten.

Arbeitsgestaltung in der Produktion: Grundlagen und Handlungsempfehlungen für die Einführung einer mobilen und zeitflexiblen Arbeitsgestaltung in der zerspanenden Fertigung

Jakob WEBER[1], Marc-André WEBER[2], Sascha STOWASSER[3]

[1] KIT – Karlsruher Institut für Technologie,
Kaiserstraße 12, D-76131 Karlsruhe
[2] Fachbereich Wirtschaft, Fachhochschule Kiel,
Sokratesplatz 2, D-24149 Kiel
[3] ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft,
Uerdinger Straße 56, D-40474 Düsseldorf

Kurzfassung: Die Diskussion über neue Arbeitsmodelle und die Vorteile mobiler, zeitflexibler Arbeit konzentriert sich oft auf administrative Tätigkeiten, während Beschäftigte in der Produktion oder in produktionsnahen Bereichen selten solche Möglichkeiten haben. Um ein Ungleichgewicht zu vermeiden und die Attraktivität der Produktionstätigkeiten zu erhalten, müssen Unternehmen Lösungen entwickeln, die mobiles und zeitflexibles Arbeiten auch in der Produktion ermöglichen. Diese Arbeit präsentiert die Ergebnisse einer empirischen Studie, die die Perspektiven von Beschäftigten und Führungskräften in der zerspanenden Fertigung untersucht. Ziel der Studie war es, das Potenzial für mobile und zeitflexible Arbeitsgestaltung in der Produktion zu analysieren.
Die Studie wurde im Mixed-Methods-Design durchgeführt, bestehend aus einer Online-Befragung von 61 Beschäftigten und Interviews mit elf Führungskräften aus zerspanenden Unternehmen in Schleswig-Holstein und Niedersachsen. Die Ergebnisse zeigen, dass unter anderem durch die Automatisierung und Digitalisierung von Produktionsprozessen Beschäftigte in der Lage sind, bestimmte Aufgaben mobil und zeitflexibel auszuführen, während die Werkzeugmaschine autonom Werkstücke fertigt. Auf Basis dieser Erkenntnisse wird ein Modell für die Implementierung mobiler und zeitflexibler Arbeit in der zerspanenden Fertigung entwickelt.
Zukünftig wird die fortschreitende Digitalisierung verstärkt zur Etablierung solcher Arbeitsmodelle in der zerspanenden Fertigung beitragen.

Schlüsselwörter: Arbeitsgestaltung, Mobile Arbeit, Zeitflexibilität, Produktion, Digitalisierung

1. Einleitung

Unternehmen befinden sich in einem kontinuierlichen Wandel, der durch technologische Entwicklungen, Digitalisierung und einen sich verschärfenden Fachkräftemangel geprägt ist. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, rückt die Gestaltung attraktiver Arbeitsbedingungen zunehmend in den Fokus. Hierbei spielen mobile und zeitflexible Arbeitsmodelle eine entscheidende Rolle.

Seit der COVID-19-Pandemie haben solche Modelle, wie das Arbeiten von zu Hause, erheblich an Bedeutung gewonnen und gelten inzwischen als Voraussetzung

für die Gewinnung und Bindung von Beschäftigten (Widuckel & Bellmann 2023). Während solche Arbeitsmodelle in administrativen Bereichen wie Büro- und Wissensarbeit bereits weit verbreitet sind, fehlt es in der Produktion und in produktionsnahen Bereichen an vergleichbaren Ansätzen (Peschl et al. 2023).

Besonders in der zerspanenden Fertigung, einer zentralen Säule der industriellen Produktion in Deutschland, sind innovative Arbeitsmodelle bislang kaum verbreitet. Ihre Relevanz zeigt sich in der Metall- und Elektroindustrie, die mit 25.500 Unternehmen, über 3,9 Millionen Beschäftigten und einem Jahresumsatz von mehr als 1,3 Billionen Euro einen zentralen Beitrag zur Wertschöpfung in Deutschland leistet (Biereigel et al. 2023). Mit über 610.000 Beschäftigten in Berufen der Metallbearbeitung, darunter Zerspanungsmechaniker und Maschinenführer, spielt die Zerspanung auch eine Schlüsselrolle auf dem Arbeitsmarkt. Sie ist unverzichtbar für die industrielle Produktion und die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands (Bundesagentur für Arbeit 2024).

Technologische Fortschritte im Kontext von Industrie 4.0 eröffnen neue Perspektiven für die Arbeitsgestaltung in der zerspanenden Fertigung. Prozesse wie die Überwachung und Steuerung von Maschinen lassen sich zunehmend remote durchführen, während die physische Präsenz der Beschäftigten auf sicherheitskritische oder manuelle Tätigkeiten beschränkt werden kann. Gleichzeitig bieten zeitflexible Arbeitszeitmodelle Möglichkeiten, die Flexibilität für Mitarbeitende zu erhöhen, ohne die Effizienz der Produktion und die Präzision der Werkstücke innerhalb der zerspanenden Fertigung zu gefährden.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Potenziale mobiler und zeitflexibler Arbeitsgestaltung in der zerspanenden Fertigung zu untersuchen. Auf Basis des Mensch-Technik-Organisations-Modells (MTO-Modell) werden diese Voraussetzungen analysiert, um praxisnahe Handlungsempfehlungen für eine zukunftsfähige Arbeitsorganisation zu entwickeln. Dabei wird der Fokus auf die Vereinbarkeit von Flexibilität, Produktivität und den spezifischen Anforderungen der zerspanenden Fertigung gelegt.

2. Methodik und Ergebnisse der empirischen Vorstudie in der zerspanenden Fertigung

Zur Untersuchung der Machbarkeit mobiler und zeitflexibler Arbeitsmodelle in der zerspanenden Fertigung wurde eine empirische Vorstudie im Mixed-Methods-Ansatz durchgeführt. Ziel war es, durch die Kombination von quantitativen und qualitativen Methoden, das Potenzial für eine mobile und zeitflexible Arbeitsgestaltung in der zerspanenden Fertigung zu analysieren und fundierte Erkenntnisse zu gewinnen. Die zentrale Forschungsfrage lautete: *Inwieweit ist eine mobile, zeitflexible Arbeitsgestaltung für Beschäftigte in der zerspanenden Fertigung umsetzbar?*

Die Kombination der Methoden ermöglichte eine umfassende Bewertung der Machbarkeit mobiler und zeitflexibler Arbeitsmodelle. Die quantitative Studie bot eine breite Perspektive auf die Einstellungen der Beschäftigten, während die qualitative Untersuchung tiefergehende Einblicke in die strategischen Überlegungen von Führungskräften lieferte.

Im quantitativen Forschungsstrang der Studie nahmen 61 Beschäftigte aus 6 Unternehmen mit einer zerspanenden Fertigung im Zeitraum von März bis Mai 2023 an einer Online-Befragung teil. 56 % der Teilnehmenden waren zwischen 27 und 42 Jahre alt, und 66 % arbeiteten direkt an Maschinen, von denen 80 % mit automatisierten Fertigungsprozessen ausgestattet waren.

Ein zentrales Thema der Umfrage war die Akzeptanz von mobiler Arbeit in Form von Homeoffice. Während 92 % der Teilnehmenden angaben, dass Mitarbeitende in anderen Bereichen ihrer Unternehmen Homeoffice nutzen könnten, hatten 79 % der Beschäftigten in der zerspanenden Fertigung keine Möglichkeit dazu. Auf die Frage, ob sie sich Homeoffice wünschen würden, stimmten 28 % stark oder teilweise zu (13 % stark, 15 % teilweise), während 44 % dem ablehnend gegenüberstanden (18 % stark, 26 % teilweise). Weitere 28 % äußerten eine neutrale Haltung. Darüber hinaus sahen 42 der Befragten keine Möglichkeit, Tätigkeiten in ihrem aktuellen Arbeitsbereich zu finden, welche mobil erledigt werden könnten. Dahingegen berichteten 19 von einer Veränderung der Aufgaben durch Digitalisierung und Automatisierung.

Der qualitative Forschungsstrang umfasste Interviews im Zeitraum von März bis Mai 2023 mit 11 Führungskräften aus 10 Unternehmen mit einer zerspanenden Fertigung, darunter 5 Geschäftsführer. Die weiteren Interviewten waren Produktionsleiter oder Leiter der Arbeitsvorbereitung in ihren Unternehmen. Die Interviews analysierten verschiedene Aspekte wie Arbeitszeitmodelle, den Fachkräftemangel und Gestaltungsmöglichkeiten für mobiles Arbeiten.

Die Führungskräfte betonten die Bedeutung der zunehmenden Digitalisierung, die eine Bearbeitung von Aufgaben wie die Programmierung von Maschinen, Prozessplanung und Dokumentation mobil ermöglicht. Dabei äußerten 51 % der Befragten, dass die Möglichkeit von Homeoffice die Attraktivität des Berufs steigern könnte. Zwei Führungskräfte sahen jedoch keinen direkten Beitrag zur Attraktivitätssteigerung, da der Beruf durch handwerkliche und technische Herausforderungen geprägt sei, die ortsgebunden bleiben.

Die Ergebnisse zeigen, dass Digitalisierung und Automatisierung als Schlüssel für die Umsetzung mobiler und zeitflexibler Arbeitsmodelle in der zerspanenden Fertigung dienen können. Tätigkeiten wie Prozessüberwachung, Planung und Dokumentation könnten zunehmend remote durchgeführt werden, was die Attraktivität des Berufs steigern und zur Fachkräftesicherung beitragen könnte. Gleichzeitig erfordert dies jedoch Investitionen in Schulungen, IT-Infrastruktur und standardisierte Rahmenbedingungen, um sowohl die technischen als auch die organisatorischen Herausforderungen zu bewältigen.

3. Methodik zur Erarbeitung eines umfangreichen Modells

Auf Basis der Vorstudie wird ein umfangreiches Modell entwickelt, welches Möglichkeiten und Handlungsempfehlungen aufzeigt. Das methodische Vorgehen dieser Arbeit basiert auf einer strukturierten Kombination aus theoretischer Analyse, empirischer Forschung und praktischer Validierung, um ein fundiertes Modell für die mobile und zeitflexible Arbeitsgestaltung in der zerspanenden Fertigung zu entwickeln. Diese Methodik umfasst mehrere aufeinander abgestimmte Schritte, die sowohl den aktuellen Stand der Forschung als auch praktische Erkenntnisse berücksichtigen.

Zu Beginn erfolgt eine systematische Literaturanalyse, welche als qualitativer Forschungsstrang eines Mixed-Methods-Ansatz ausgelegt ist. Die Literaturanalyse folgt einem klar strukturierten Prozess, der auf den Grundsätzen von Randolph basiert (Randolph 2009). Durch die Festlegung relevanter Datenbanken, präziser Suchbegriffe und eines mehrstufigen Filterverfahrens wurde eine methodische Identifizierung, Bewertung und Auswahl wissenschaftlicher Artikel gewährleistet, um relevante und qualitativ hochwertige Studien für die Analyse heranzuziehen. Ein Teil des Such-Strings und die Anzahl der Ergebnisse sind in Abbildung 1 zu dargestellt.

Besondere Aufmerksamkeit wurde aktuellen Publikationen gewidmet, da in diesem Themenfeld bisher kein etabliertes Standardwerk existiert. Die Ergebnisse der Literaturanalyse tragen sowohl zur theoretischen Fundierung des Modells als auch zur Ableitung praxisorientierter Handlungsempfehlungen bei.

Ergänzend zur Literaturanalyse wird eine empirische Befragungsstudie als quantitativer Forschungsstrang durchgeführt. Diese dient dazu, die Perspektiven von Führungskräften und Planungsabteilungen, wie der Arbeitsvorbereitung, in der zerspanenden Fertigung zu erfassen. Ziel ist es, praxisrelevante Einblicke in die Herausforderungen und Möglichkeiten mobiler und zeitflexibler Arbeitsmodelle zu gewinnen. Die Befragung erfolgt als Online-Befragung mit einer geplanten Stichprobengröße von 150 Teilnehmenden aus 100 Unternehmen.

Zur Ergänzung der erhobenen empirischen Ergebnisse erfolgt eine Sekundärdatenauswertung, bei der Daten von Institutionen wie der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) sowie dem Statistischen Bundesamt (Destatis) ausgewertet werden. Diese Sekundärdaten erweitern die Erkenntnisse der Befragungsstudie und ermöglichen eine fundierte Analyse branchenspezifischer Entwicklungen. Hierzu zählen Aussagen über den Wunsch der Flexibilisierung und in welchem Umfang dieser besteht. Durch die Kombination von Primär- und Sekundärdaten wird eine umfassende Datenbasis geschaffen, die sowohl wissenschaftliche als auch praxisorientierte Perspektiven berücksichtigt.

Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse wird ein Modell für die mobile und zeitflexible Arbeitsgestaltung entwickelt. Dieses Modell basiert auf dem Mensch-Technik-Organisation-Ansatz (MTO), um technische, organisatorische und soziale Aspekte gleichermaßen zu integrieren. Es zielt darauf ab, technische Innovationen wie Fernüberwachung und Automatisierung mit organisatorischen Anpassungen, etwa flexiblen Arbeitszeitmodellen und Schulungsmaßnahmen, zu verknüpfen. Zudem berücksichtigt das Modell die Bedürfnisse der Mitarbeitenden, insbesondere hinsichtlich der Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben. Das Ziel ist die Entwicklung eines praxisnahen und anwendbaren Modells, das Unternehmen dabei unterstützt, die Arbeit zukunftsfähig zu gestalten.

Das entwickelte Modell wird anschließend in einer Evaluationsstudie validiert. Dabei werden zentrale Kriterien wie Nützlichkeit, Durchführbarkeit, Fairness und Genauigkeit berücksichtigt, um die Anwendbarkeit und Wirksamkeit des Modells zu überprüfen. Die Evaluation erfolgt anhand einer strukturierten Analyse innerhalb einer Fokusgruppendiskussion. Diese Validierung dient dazu, die Eignung des Modells zu verifizieren und mögliche Optimierungspotenziale aufzuzeigen.

Abschließend wird das validierte Modell im Rahmen einer Fallstudie in einem Unternehmen mit einer zerspanenden Fertigung angewandt. Die Fallstudie untersucht die praktische Umsetzung des Modells unter realen Bedingungen und evaluiert dessen Auswirkungen auf die Produktionsprozesse, die Arbeitszufriedenheit der Beschäftigten sowie die organisatorischen Rahmenbedingungen. Die Fallstudie verfolgt einen multimethodalen Ansatz, der Beobachtungen, qualitative Interviews und die Analyse von Produktionskennzahlen kombiniert. Ziel ist es, die Praxistauglichkeit des Modells zu bewerten, auftretende Herausforderungen zu identifizieren und Anpassungen für eine breitere Implementierung vorzunehmen.

Dieses methodische Vorgehen gewährleistet eine fundierte und praxisorientierte Untersuchung, die sowohl den wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn als auch die praktische Anwendbarkeit des entwickelten Modells sicherstellt. Damit leistet die Arbeit einen wichtigen Beitrag zur Gestaltung mobiler und flexibler Arbeitsformen in der

zerspanenden Fertigung und trägt zur Bewältigung der Herausforderungen in diesem zentralen Bereich der industriellen Produktion bei. Abbildung 1 visualisiert den beschriebenen Ansatz.

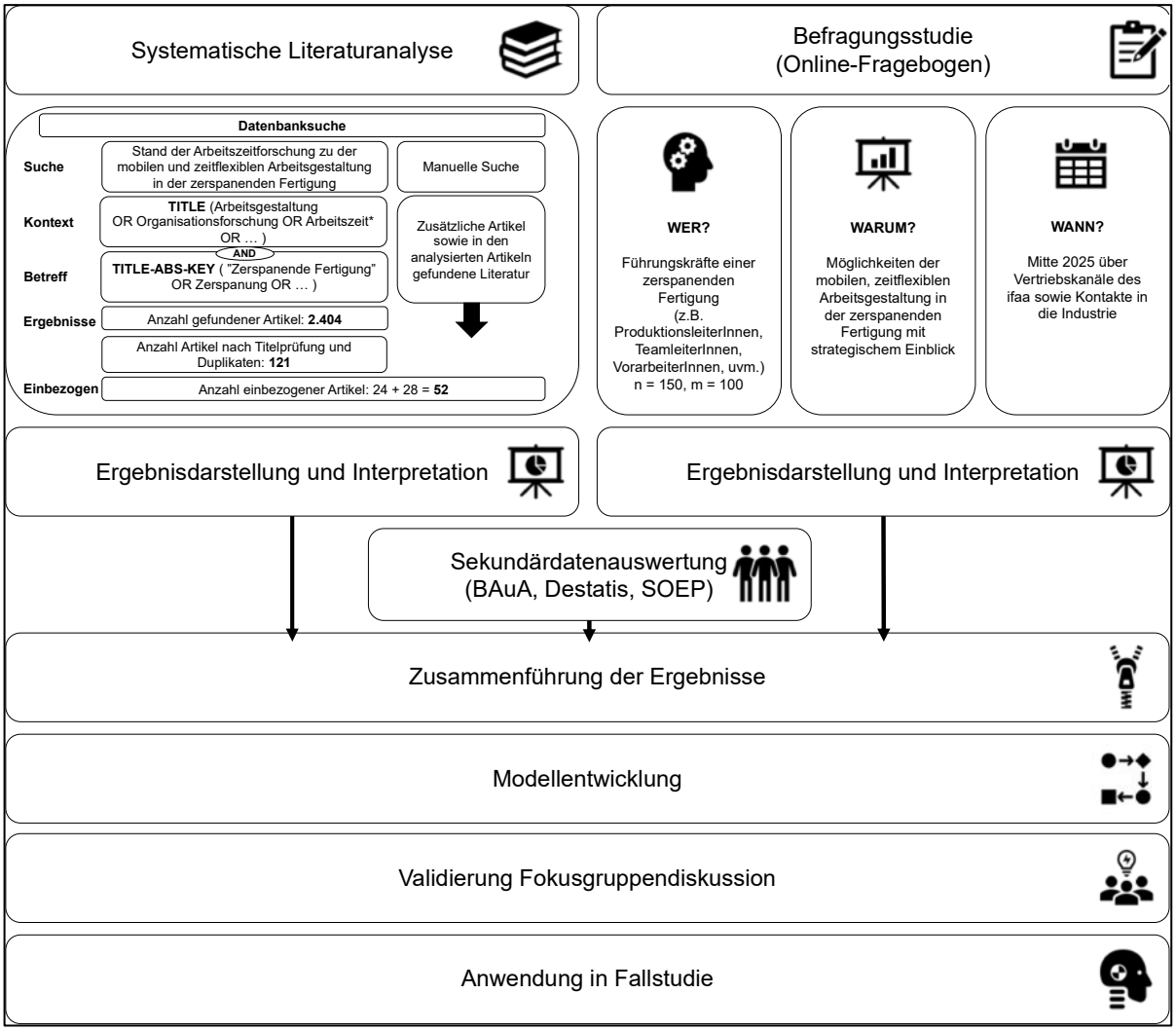


***Abbildung 1**: Methodisches Vorgehen zur Erarbeitung eines Modells für die mobile und zeitflexible Arbeitsgestaltung in der zerspanenden Fertigung*

4. Diskussion und Zusammenfassung

Die Untersuchung mobiler und zeitflexibler Arbeitsmodelle in der zerspanenden Fertigung zeigt, dass Digitalisierung und Automatisierung erhebliche Potenziale zur Transformation traditioneller Arbeitsprozesse bieten. Im Rahmen der Vorstudie wurde die Machbarkeit solcher Modelle aus der Perspektive von Beschäftigten und Führungskräften untersucht. Die Ergebnisse betonen, dass technologische Innovationen die Grundlage für eine flexiblere Arbeitsorganisation schaffen können. Gleichzeitig verdeutlicht das Paper die Notwendigkeit, diese Erkenntnisse in einem strukturierten und methodisch fundierten Modell zu bündeln und praktisch umzusetzen.

Die Ergebnisse der quantitativen Befragung haben gezeigt, dass 79 % der Befragten in der zerspanenden Fertigung derzeit keine Möglichkeit haben, mobil zu arbeiten,

obwohl 92 % angaben, dass Homeoffice in anderen Unternehmensbereichen verfügbar sei. Gleichzeitig äußerten 28 % den Wunsch, flexible Arbeitsmöglichkeiten zu nutzen, wobei die Mehrheit der Befragten keine direkten Ansätze für die Umsetzung in ihrer aktuellen Tätigkeit sah. Diese Diskrepanz unterstreicht die Notwendigkeit eines Modells, das digitale Technologien, wie die Fernüberwachung von Prozessen oder die digitale Dokumentation, stärker integriert.

Die qualitative Analyse hat gezeigt, dass Führungskräfte die Bedeutung der Digitalisierung als Schlüssel zur Umsetzung mobiler Arbeitsmodelle erkennen. Tätigkeiten wie die Prozessüberwachung, Maschinenprogrammierung oder Dokumentation könnten durch technologische Fortschritte zunehmend remote ausgeführt werden. Gleichzeitig wurde deutlich, dass dies umfangreiche Investitionen in die IT-Infrastruktur, Schulungen und organisatorische Anpassungen erfordert.

Das in Kapitel 3 beschriebene Modellentwicklungsvorhaben stellt sicher, dass diese Aspekte systematisch berücksichtigt werden. Die geplante Validierung innerhalb einer Fokusgruppendiskussionen dient dazu, Schwächen im Modell zu identifizieren und Optimierungspotenziale zu erschließen. Insbesondere die vorgesehene Anwendung des Modells in einer Fallstudie innerhalb eines Unternehmens bietet eine praxisorientierte Perspektive, um die tatsächliche Umsetzbarkeit und Wirkung solcher Arbeitsmodelle zu bewerten.

Die Kombination aus empirischen Erkenntnissen und einer strukturierten Modellentwicklung bietet nicht nur die Möglichkeit, bestehende Herausforderungen zu adressieren, sondern auch neue Wege zur Fachkräftesicherung in der zerspanenden Fertigung aufzuzeigen. Besonders relevant ist hierbei, dass das Modell auf die spezifischen Anforderungen der Fertigungsbranche zugeschnitten ist, etwa die Sicherstellung von Präzision und Prozesssicherheit.

Zusammenfassend zeigt die Arbeit, dass eine mobile und zeitflexible Arbeitsgestaltung in der zerspanenden Fertigung zwar mit Herausforderungen verbunden ist, jedoch durch technologische Fortschritte realisierbar wird. Die vorgestellte Methodik, die von einer systematischen Literaturanalyse über empirische Studien bis hin zur praktischen Validierung reicht, gewährleistet einen fundierten und praxisnahen Ansatz. Mit der geplanten Fallstudie wird das Modell unter realen Bedingungen getestet, um dessen Praxistauglichkeit zu überprüfen und Handlungsempfehlungen abzuleiten.

5. Literatur

Biereigel AK, Kroemer L, Franz N (2023) Die Metall- und Elektro-Industrie in der Bundesrepublik Deutschland in Zahlen. Berlin, Gesamtmetall.

Bundesagentur für Arbeit (2022) Arbeits- und Fachkräftemangel trotz Arbeitslosigkeit. Nürnberg, Bundesagentur für Arbeit.

Bundesagentur für Arbeit (2024) Berufe auf einen Blick. Accessed Sept 13, 2012. https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Statistiken/Interaktive-Statistiken/Berufe-auf-einen-Blick/Berufe-auf-einen-Blick-Anwendung-Nav.html?Thema%3Dbeschaeftigung%26DR_Bereich%3Dinsg%26DR_Region%3Dd%26DR_Berufe%3D245.

Peschl A, Conrad RW, Altun U, Pape K, Monsing J (2023) Instrumente und Systeme zur Gestaltung sowie Umsetzung mobiler, zeitflexibler Arbeit im produktionsnahen und direkten Produktionsbereich. In: Digitalisierung der Arbeitswelt im Mittelstand 3: Ergebnisse und Best Practice des BMBF Forschungsschwerpunkts „Zukunft der Arbeit: Mittelstand – innovativ und sozial“. Berlin, Springer Vieweg, S. 35–66.

Widuckel W, Bellmann L (2023) Homeoffice: Perspektiven, Herausforderungen, Lösungsansätze. In: Wisskirchen G (Hrsg.) Die Zukunft der Arbeit, Wiesbaden. Springer Fachmedien, S. 49–56.

Randolph JJ (2009) A guide to writing the dissertation review. Practical Assessment, Research & Evaluation 14 (13): 1–13.

Überarbeitung des „Kompaktverfahren Psychische Belastung“ – KPB für die Gefährdungsbeurteilung

Stephan SANDROCK, Catharina STAHN

ifaa - Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V.,
Uerdinger Str. 56, D-40474 Düsseldorf

Kurzfassung: Das Arbeitsschutzgesetz verpflichtet Unternehmen in Deutschland, eine Beurteilung der Arbeitsplätze hinsichtlich möglicher Gefährdungen für die Beschäftigten durchzuführen. Im Rahmen dieser Gefährdungsbeurteilung sind seit dem Jahr 2013 auch Gefährdungen durch psychische Belastungsfaktoren zu berücksichtigen, wobei der Gesetzgeber dem Arbeitgeber keine expliziten Methoden vorschreibt. Für die betriebliche Vorgehensweise existieren daher unterschiedliche Möglichkeiten mit den jeweils methodenabhängigen Vor- und Nachteilen. Mit dem Kompaktverfahren Psychische Belastung (KPB) steht ein bedingungs- und tätigkeitsbezogenes Instrument zur Verfügung, das es vor allem betrieblichen Anwendern erlaubt, psychische Belastungsfaktoren am Arbeitsplatz zu erheben, die daraus resultierende Gefährdungen beanspruchungsbezogen zu bewerten und entsprechende Maßnahmen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes abzuleiten. Das als Beobachtungsinterview konzipierte Vorgehen erlaubt dem Anwender mit Beispielen und Gestaltungshinweisen eine gestufte Vorgehensweise mit Priorisierungsmöglichkeiten der umzusetzenden Maßnahmen. Bei der Weiterentwicklung des KPB im Jahr 2024 wurden aktuelle Forschungsergebnisse sowie der in DIN EN ISO 10075-2:2023 beschriebene Stand der Technik berücksichtigt. Ferner gingen in die Überarbeitung auch Ergebnisse von Diskussionen mit betrieblichen Praktikern und Sozialpartnern ein. Konzeptuelle Erweiterungen wurden im arbeitspsychologischen Diskurs erstellt.

Schlüsselwörter: Arbeitsschutz, Psychische Belastung, Beobachtungsinterview, Arbeitsgestaltung, Gesundheit

1. Einleitung

Bereits im Jahr 2013 erfolgte eine Erweiterung des § 5 Arbeitsschutzgesetz. Demnach waren und sind auch sogenannte psychische Belastungen bei der Arbeit als Quelle möglicher Gefährdungen zu berücksichtigen. Wenngleich das Thema im eigentlichen Sinne auch im Gesetz- und Verordnungswerk nichts neues sein sollte (sic: Bildschirmarbeitsplatzverordnung von 1996), erfolgten seitdem Bestrebungen der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie (GDA) und weiterer interessierter Kreise, das Thema psychische Belastung auf unterschiedlichen Wegen in die Unternehmen zu tragen. Nach ISO 10075-1:2018 ist psychische Belastung konzeptuell als Gesamtheit der psychisch auf Menschen einwirkenden Einflüsse zu verstehen, die auch erfassbar sein müssen. Diese können sich ergeben aus der Arbeitstätigkeit selbst, den Arbeits- und Umgebungsbedingungen, sozialen und organisationalen und auch gesellschaftlichen Faktoren, wobei bei letzteren die Einflussmöglichkeit der Gestaltung auf Seiten des Arbeitgebers eher gering ausfallen dürften. Die unmittelbare Reaktion auf die Belastung wird als Beanspruchung bezeichnet und ist normativ –

ebenso wie die Belastung – als neutral zu verstehen. Die in Abhängigkeit individueller Eigenschaften entstehende Beanspruchung kann zu unterschiedlichen – positiven wie andererseits beeinträchtigenden – Folgen führen. Letztere sind durch eine adäquate und im besten Sinn vorausschauende Arbeitsgestaltung zu vermeiden. Normativ werden als kurzfristige beeinträchtigende Folgen die psychische Ermüdung und ermüdungsähnliche Zustände wie Monotonie und herabgesetzte Vigilanz genannt. Psychische Sättigung ist eher als eine beeinträchtigende Folge mit gesteigerter Aktiviertheit zu verstehen. Die Stressreaktion ist ebenfalls zu nennen. Grundsätzlich sind diese Folgen reversibel. Als langfristige Folge mit beeinträchtigendem Potenzial wird das Burnout gesehen, das in der aktuellen Version des ICD auch als arbeitsbezogene Folge mit den Dimensionen subjektiv erlebter emotionaler Erschöpfung, Depersonalisation – als Distanzierung bzw. Zynismus gegenüber der Arbeit – sowie reduzierter persönliche Leistungsfähigkeit bei der Arbeit klassifiziert wird. Positive Folgen psychischer Belastung und Beanspruchung auf der anderen Seite umfassen Erlebniszustände wie Aktiviertheit, Aufwärmeffekte, Übung und Lernen, langfristig kann zum Beispiel auch von Kompetenzentwicklung gesprochen werden. In der psychologischen Fachliteratur werden auch positive Auswirkungen auf Motivation und Arbeitszufriedenheit erwähnt, die allerdings aufgrund der hohen interindividuellen Variabilität bislang keinen Eingang in die Norm DIN EN ISO 10075-1:2018 gefunden haben.

Mit dem Kompaktverfahren Psychische Belastung (KPB) steht ein bedingungs- und tätigkeitsbezogenes Instrument zur Verfügung, das es vor allem betrieblichen Anwendern erlaubt, psychische Belastungsfaktoren am Arbeitsplatz zu erheben, die daraus resultierende Gefährdungen beanspruchungsbezogen zu bewerten und entsprechende Maßnahmen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes abzuleiten. Das als Beobachtungsinterview konzipierte Vorgehen erlaubt dem Anwender eine gestufte Vorgehensweise mit Priorisierungsmöglichkeiten der umzusetzenden Maßnahmen.

2. Methode

Um Unternehmen, bzw. betriebliche Praktiker bei der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung zu unterstützen, hat das ifaa - Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. bereits 2005 das Kurzverfahren Psychische Belastung (KPB) entwickelt (s. Sandrock 2018). Das KPB orientiert sich konzeptuell an den Begrifflichkeiten und Konzepten des Belastungs-Beanspruchungs-Konzepts von Rohmert (1984) und damit u. a. an der DIN EN ISO 10075 Reihe.

Das Konzept des Verfahrens besteht darin, Anwendern ein orientierendes Erhebungsverfahren zur Verfügung zu stellen, mit dem ohne vertiefende Spezialkenntnisse Gefährdungen durch psychische Belastung bei der Arbeit beurteilt werden können. Über die Anwendbarkeit und Verfahrensentwicklung wurde bereits in der Vergangenheit berichtet (vgl. Hofmann et al. 2018; Stahn & Sandrock 2018; Sandrock 2019). Das in der ursprünglichen Version von 2005 vorliegende Instrument wurde 2017 dahingehend überarbeitet, dass die ursprünglich verschiedenen Beanspruchungsfolgen zugeordneten Items nunmehr den Gestaltungsdimensionen bzw. Merkmalsbereichen zugeordnet worden waren, die sich vergleichbar z. B. in den in DIN EN ISO 10075:1-2018 dargestellten Facetten finden (Sandrock & Stahn, ifaa 2017).

Im Arbeitsprogramm Psyche der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie wurde bereits im Jahr 2015 eine Merkmalsliste mit kritischen Belastungsfaktoren veröffentlicht, die zunächst in einer Leitlinie für Aufsichtsbehörden und schließlich auch

in der bereits oben erwähnten Handlungshilfe Einzug hielten. Dabei handelte es sich um die fünf Bereiche:

- Arbeitsinhalt/Arbeitsaufgabe
- Arbeitsorganisation
- soziale Beziehungen
- Arbeitsumgebung
- (neue Arbeitsformen)

In der derzeit aktuellen Version dieser Handlungshilfe (GDA, Beck et al. 2022) gingen die „neuen Arbeitsformen“ in die übrigen Bereiche auf, da erstens die Verbreitung der neuen Arbeitsformen nicht mehr neu ist und zweitens auch bei diesen, zum Beispiel bei mobiler Arbeit, auf die Einhaltung arbeitswissenschaftlicher und arbeitsmedizinischer Kriterien zu achten ist, die bereits in diversen Regelwerken beschrieben sind. Während in der Version 2022 das Thema Arbeitszeit einen eigenen Gestaltungsbereich darstellt, wurde dies in der hier vorgestellten weiteren Anpassung des KPB nicht übernommen, da auch in DIN EN ISO 10075-2:2024 üblichen ergonomischen Konventionen die Arbeitszeit der Arbeitsorganisation zuzuordnen ist.

Nach Expertendiskussion und weiteren Rückmeldungen aus der betrieblichen Praxis wurden einige Items umformuliert bzw. nochmals anderen Dimensionen zugeordnet, um in der Anwendung für ein höheres Verständnis zu sorgen. Ferner wurden Items ergänzt, sodass derzeit 77 Items zu bewerten sind. Dies erfolgte im arbeitspsychologischen Diskurs mehrerer Expertinnen und Experten (vgl. dazu auch Niehues et al. 2024).

2.1 Vorgehensweise mit dem KPB

Bei der Anwendung des KPB ist ein prozessorientiertes gestuftes Vorgehen vorgesehen, welches sich in der betrieblichen Praxis als probat erwiesen hat (Sandrock 2018; Hofmann et al. 2018). Im Vorfeld der tätigkeitsbezogenen Beurteilung hat es sich bewährt, bereits im Betrieb vorhandene Daten zu sichten; diese können Hinweise auf Bereiche bzw. Unternehmenseinheiten geben, in denen von eher ungünstigen Belastungskonstellationen auszugehen ist (Sandrock 2018; GDA 2022). Dazu gehört die Dokumentation einer bereits durchgeführten „technischen“ Gefährdungsbeurteilung. Weitere Informationsquellen können beispielsweise sein: Fehlzeitenstatistiken, Fluktuation, Beschwerden und Hinweise seitens Beschäftigter oder deren Vertretung, Unfälle und Beinaheunfälle, Prozessstörungen, Qualitätsmängel. Sofern darüber bereits im Betrieb Informationen vorhanden sind, sollten diese abteilungs- oder bereichsspezifisch geclustert werden, um Problembereiche zu identifizieren. In diesen wird dann mit der Arbeitsplatz- bzw. tätigkeitsbezogenen Beurteilung begonnen.

Der nächste Schritt besteht entsprechend in der Festlegung der Tätigkeiten, wobei der Gesetzgeber vorsieht (vgl. ArbSchG §5, Satz 2), dass vergleichbare Arbeitsplätze, bzw. Tätigkeiten zusammengefasst werden können. Dazu kann es sich anbieten, Stellenbeschreibungen zu sichten und zu vergleichen. Wichtig ist hierbei, dass eine Zusammenfassung von Tätigkeiten plausibel, bzw. nachvollziehbar ist.

Die tätigkeitsbezogene Beurteilung erfolgt im Rahmen eines Beobachtungsinterviews mit Hilfe einer itembasierten Checkliste, die auf die entsprechenden Gestaltungsbereiche zielt.

Die Ergebnisse des Beobachtungsinterviews sind zu dokumentieren. Die Feststellung relevanter Faktoren kann basierend auf den Checklisten vorgenommen werden, die mit einer dichotomen Antwortskala zunächst erfassen, ob ein Merkmal zutrifft oder nicht. Die Auswertung erfolgt itembezogen, wobei auch die Anzahl der in eine Richtung

deutenden Items eine Rolle spielen.

Das KPB bietet pro Item Gestaltungshinweise an, die sich an Empfehlungen der GDA, DIN EN ISO 10075-2:2024 und sonstigen arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen und Hinweisen, z. B. auch der Unfallversicherungsträger, orientieren.

Ein wesentlicher Vorteil von Vor-Ort-Begehungen besteht darin, dass sich – falls erforderlich – Maßnahmen vielfach direkt ableiten lassen. Bei Unternehmen mit einem Arbeitsschutzausschuss bietet sich an, die festgestellten Gefährdungen durch psychische Belastung in diesem Gremium vorzustellen und zu besprechen.

2.2 Hinweise für die Praxis

In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Bildung eines paritätisch besetzten Beurteilungsteams sinnvoll sein kann, das entsprechende Kenntnisse von den Tätigkeiten und damit auch von der am Arbeitsplatz vorhandenen psychischen Belastung hat. In Ergänzung zur Beobachtung der Tätigkeit ist es vorgesehen, den Stelleninhabern, die Führungskraft oder auch Kollegen zu der Tätigkeit zu befragen, um beispielsweise Besonderheiten eines Arbeitssystems zu entdecken, die sich einer direkten Beobachtung nicht erschließen. Erfahrungsgemäß erhöht die Einbindung der Beschäftigten auch die Akzeptanz für die Gefährdungsbeurteilung (Hofmann et al. 2018).

3. Ausblick

Die Ergebnisse des Einsatzes in Unternehmen zeigen, dass die prozessorientierte Vorgehensweise von den Stakeholdern und Beschäftigten verstanden und akzeptiert wird. Der Fokus auf die Tätigkeit und auf den Arbeitsplatz hilft dabei weiter, das Thema „psychische Belastung“ zu entmystifizieren. Erfahrungen aus dem Dienstleistungssektor zeigen, dass das Instrument branchenübergreifend eingesetzt werden kann.

4. Literatur

Beck D, Taskan E, Elskamp E, Gold M, Gregersen S, Klamroth H, Mields J, Sandrock S. Schuller K, Thorein A, Tiedemann M, Willingstorfer B, Wittmann S (2022) Berücksichtigung psychischer Belastung in der Gefährdungsbeurteilung. Empfehlungen zur Umsetzung in der betrieblichen Praxis 4. Auflage. Berlin: Bundesministerium für Arbeit und Soziales 2022. Seiten 46, Projektnummer: F 2498, Papier, PDF-Datei.

Hofmann A, Sandrock S, Fastenrath T, Brunner W (2018) Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastung bei A. Mannesmann. Leistung & Entgelt (4):12–20.

DIN EN ISO 10075-1:2018 Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung - Teil 1: Allgemeines und Begriffe (ISO 10075-1:2017); Deutsche Fassung EN ISO 10075-1:2017. Berlin: Dinmedia.

DIN EN ISO 10075-2:2024, Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung- Teil 2: Gestaltungsgrundsätze (ISO 10075-2:2024); Deutsche Fassung EN ISO 10075-2:2024. Berlin: Dinmedia.

Niehues S, Shahinfar F, Harlacher M, Sandrock S (2024) Identification of Required Actions in the Process of Work Design – Developed Method for a Criteria-based Work System Analysis. In: Procedia Computer Science, Volume 232, 2024, Pages 513-522, ISSN 1877-0509, https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.05.

Rohmert W 1984, Das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 38*, 193-200.

Sandrock S (2018) Das KPB im betrieblichen Einsatz – von der Erhebung psychischer Belastung bis zur Ableitung von Maßnahmen. In: Trimpop R, Kampe J, Bald M, Seliger I, Effenberger G (Hrsg) Psychologie der Arbeitssicherheit und Gesundheit. Asanger Verlag, Kröning, S 53–56.

Sandrock S (2019) Psychische Belastung in der Gefährdungsbeurteilung – helfen Standards? Sicherheitsingenieur 50(2):12–15.

Sandrock S, Stahn C, Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (Hrsg) (2017) KPB – Kompaktverfahren Psychische Belastung. Werkzeug zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung. Springer, Berlin.

Sandrock S, Stahn C, Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (Hrsg) (2024) KPB – Kompaktverfahren Psychische Belastung. Werkzeug zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung. Springer, Berlin.

Stahn C, Sandrock S (2018) Das KPB – vom Kurz- zum Kompaktverfahren Psychische Belastung. Leistung & Entgelt (4):6–11.

Szenarien als neues Beteiligungsinstrument für Betriebsräte – Das Beispiel Medizintechnik

Norbert MALANOWSKI[1], Jürgen KLIPPERT[2], Simon BEESCH[1]

[1] VDI Technologiezentrum, VDI-Platz 1, D-40468 Düsseldorf
[2] IG Metall Vorstand, Wilhelm-Leuschner-Str. 79, D-60329 Frankfurt am Main

Kurzfassung: Eine zentrale Aufgabe von Betriebsräten (BR) ist Förderung und Sicherung der Beschäftigung im Betrieb. Dazu ist die Einschätzung der wirtschaftlichen Lage einzelner Betriebe vor dem Hintergrund allgemeiner Zukunftserwartungen der jeweiligen Branche nötig. Die Szenario-Methode kann BR dabei unterstützen, dieses Handlungsfeld zu bearbeiten. Im Rahmen einer Branchenanalyse wurden die Zukunftsperspektiven der Medizintechnikbranche ausgelotet. Zudem wurden gemeinsam mit BR Szenarien erarbeitet, um die Beteiligung von Beschäftigten zu fördern. Der Beitrag stellt zentrale Ergebnisse der Branchenanalyse dar und berichtet über Erfahrungen mit dem Praxistransfer der Szenario-Methode.

Schlüsselwörter: Betriebsräte, Szenarien, Medizintechnik, Internationalisierungsstrategien

1. Ausgangslage

Auf betrieblicher Ebene sind Betriebsräte (BR) eine zentrale Institution der Arbeitsbeziehungen mit vielfältigen Aufgaben, die im Betriebsverfassungsgesetz (BetrVG) formuliert sind. So ist eine zentrale Aufgabe Förderung und Sicherung der Beschäftigung im Betrieb. Dies erfordert u. a. die Einschätzung der wirtschaftlichen Situation des Betriebes sowie der Zukunftsaussichten vor dem Hintergrund allgemeiner Entwicklungen der jeweiligen Branche (Gerst 2020). Um Betriebsräte hier zu unterstützten initiiert die IG Metall regelmäßig Branchenanalysen durch renommierte Forschungsinstitute wie z. B. das VDI-Technologiezentrum.

Die Medizintechnikbranche und damit ebenso ihre Betriebsräte stehen gegenwärtig vor großen technologischen, regulatorischen, wirtschaftlichen und politischen Herausforderungen. Die Digitalisierung, besonders die Anwendung Künstlicher Intelligenz, treibt die Entwicklung neuer Produkte und Fertigungsprozesse mit hohem Tempo voran, während die Branche sich in einer Reorganisationsphase befindet, geprägt durch Internationalisierungsstrategien und der Bewältigung globaler Entwicklungen zur Schaffung resilienter Lieferketen, um z. B. der Halbleiterknappheit entgegenzuwirken (Mattsson et al. 2022). Zudem steht Deutschland, das in etwa ein Viertel des Umsatzes in Europa erzielt, vor zunehmender internationaler Konkurrenz vor allem aus den USA, China und Indien (Bundesverband Medizintechnologie 2024).

Am Beispiel der Branchenanalyse Medizintechnik stellen wir das wissenschaftliche Vorgehen, die zentralen Ergebnisse und den Transfer in die Praxis dar. Schwerpunkte bilden neue Mitbestimmungs- und Beteiligungsmöglichkeiten für die Beschäftigten und ihre Interessenvertretungen und Szenarien als sozialpartnerschaftliche ausgerichtete Innovationsinstrumente im Zuge von Internationalisierungsstrategien.

2. Methodik

Die Untersuchung basiert auf 12 Interviews mit Expert*innen aus Unternehmen, Verbänden, Betriebsräten und Vertretungen der Arbeitnehmer*innen in Aufsichtsräten. Die hier gewonnen Erkenntnisse bildeten die Grundlage für einen Szenarioprozess als Methode zur praxisorientierten Vertiefung der Erkenntnisse. In einem Szenarioworkshop sind zwei explorative Szenarien zum Umgang der Beschäftigten und ihren Interessenvertretungen mit internationalen Krisen erarbeitet worden. Die Workshopteilnehmer*innen setzten sich aus Betriebsräten und Gewerkschaftsvertreter*innen zusammen.

Szenarien sind Instrumente der Vorausschau, um ungewisse Zukünfte systematisch zu antizipieren, um (ungute) Überraschungen zu vermeiden und Ansatzpunkte für die Gestaltung der Zukunft zu identifizieren. Die im Rahmen einer Branchenanalyse erarbeiteten explorativen Szenarien dienen der Identifikation konkreter Handlungsfelder für die Beschäftigten und ihre Interessenvertretungen in der Medizintechnikbranche. Der Fokus liegt auf der Ableitung von Handlungsoptionen, die geeignet sind, Risiken und nicht intendierte Konsequenzen zu vermeiden und möglichst viele günstige Gelegenheiten zu nutzen und einer wünschenswerten Zukunft den Weg zu ebnen.

In einem strukturierten, explorativen Prozess wurden künftige Entwicklungspfade, Einflussfaktoren und Rahmenbedingungen in der Medizintechnik zusammengetragen und in kompakte Beschreibungen von Szenarien integriert. Es wurde dabei ein Zeithorizont von ca. fünf bis sieben Jahren angesetzt. Im Vorfeld wurden zwei Online-Befragungen der Teilnehmenden durchgeführt, in denen insgesamt 31 mögliche, wahrscheinliche und nach Bedeutung sowie Konsequenzen bewertete Einflussfaktoren gesammelt wurden. Diese decken wichtige Aspekte im Kontext internationaler Lieferketten ab, die künftig Rahmenbedingungen und Entwicklungen in der Medizintechnik prägen und formen.

Aus den gesammelten Einflussfaktoren sind Schlüsselfaktoren abgeleitet worden, die die angegebenen Wirkfaktoren, samt ihrer Einflussgröße und Wahrscheinlichkeit, zusammenfassen. Als Schlüsselfaktoren sind folgenden Aspekte festgehalten worden:

- internationale Krisen und politische Stabilität
- Rohstoffpreise und Abhängigkeit von Rohstoffländern
- lokale Markteinschränkungen
- Disruption von Lieferketten durch äußere Ereignisse

3. Zentrale Ergebnisse der Studie

Die Medizintechnikbranche in Deutschland ist exportintensiv. Die Branche sieht sich mit erhöhtem Bedarf an diagnostischen Geräten und globalen Logistikproblemen konfrontiert, was zu Lieferengpässen führt. Dies erfordert eine Diversifizierung der Lieferketten und Investitionen in digitale Lösungen zur Optimierung des Lieferkettenmanagements. Die Digitalisierung in der Medizintechnik ermöglicht zudem neue Ansätze in der Diagnostik sowie Behandlung und unterstützt die Entwicklung optimierter personalisierter Medizin. Insbesondere die Anwendung von Künstlicher Intelligenz (KI) und datengetriebenen Technologien hat die Medizintechnik verändert. KI-Systeme werden z. B. in der Diagnostik, bei der Entwicklung neuer Behandlungsmethoden und in der Patientenüberwachung eingesetzt.

Die Medizintechnikunternehmen in Deutschland stehen vor der Notwendigkeit, in enger Kooperation mit etablierten und neuen Partnern, wie innovations- und industriepolitischen Netzwerken, Gewerkschaften und Betriebsräten ihre Strategien anzupassen, um im internationalen Wettbewerb bestehen zu können. Besonders für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) sind die Anpassungen ohne kompetente Kooperationspartner schwierig, insbesondere an die Anforderungen an lokale Produktion und Schlüsselmärkte wie China und Indien. Parallel dazu spielen Bildung und Qualifizierung eine entscheidende Rolle, damit die Beschäftigten mit der Technologisierung Schritt halten können. Eine frühzeitige, enge Kooperation zwischen Unternehmen, den Beschäftigten, deren Interessenvertretungen und Gewerkschaften wird notwendig, wenn durch Innovationen der Medizintechnik- und Arbeitsstandort Deutschland seine Zukunftsfähigkeit resilient gestalten will (Werner et al. 2024).

Der vom Projektteam im September 2023 durchgeführte Szenario-Workshop hatte zum Ziel, Grobszenarien für die Zukunft von Wertschöpfung und Lieferketten der deutschen Medizintechnikbranche zu entwerfen und Gestaltungsoptionen für die Beschäftigten und ihre Interessenvertretungen abzuleiten. Die ausgearbeiteten Szenarien sollen es den Arbeitnehmervertreter*innen ermöglichen, die zukünftigen strategischen Unternehmensziele mitzugestalten.

3.1 Best-Case-Szenario

Das Best-Case-Szenario beinhaltet als Grundannahme eine globale Stabilität ohne wirtschaftliche oder politische Konflikte, die Auswirkungen auf die Resistenz und Beständigkeit internationaler Lieferketten haben. In dieser Annahme haben sich keine neuen gewaltsamen Konflikte in Ostasien, vor allem zwischen China und Taiwan, entwickelt und bestehende entweder aufgelöst oder nicht wesentlich ausgebreitet. Konflikte im Nahen Osten und in Osteuropa sind eingedämmt bzw. haben keine weiteren Einflüsse mehr auf bestehende Lieferketten.

Weiterhin verteuern sich Rohstoffe und Vorprodukte in einem jedoch unwesentlichen Maße im Zuge der weiterhin bestehenden Inflation, Abhängigkeiten von einzelnen Zulieferern oder Staaten bestehen nicht. Des Weiteren sind Importe und Exporte ohne weitere Restriktionen möglich, der Protektionismus einzelner Staaten wurde zurückgefahren.

Es bestehen keine hindernden Sanktionen gegenüber wichtigen Zuliefer- oder Verarbeitungsländern. Um weiter internationale Hürden abzubauen, werden verstärkt Abkommen zwischen Staaten und Verbünden geschlossen, um die Leistungsfähigkeit und die Produktions- sowie Logistikeffizienz von Kernbranchen wie der Medizintechnik über Ländergrenzen hinaus zu sichern. Standards in der Produktion und Forschung sind etabliert und geben hilfreiche Vorgaben von Produkt- und Prozessspezifika.

Die Transportwege sind weitestgehend physisch abgesichert. Trotz Voranschreitens der Klima- und Extremwetterveränderungen sind Vorkehrungen getroffen, die die Handelswege sichern und präventiv Unwetterereignissen entgegenwirken. Dürren, Überschwemmungen und Erdbeben haben einen geringer werdenden Einfluss auf die Lieferungen und Produktionsstätten. Die Folge sind besser planbare Transportprozesse, auch aufgrund technologischer Weiterentwicklungen, breiterer alternativer Möglichkeiten und resilienterer Zulieferpartner und Lageroptionen.

3.2 Worst-Case-Szenario

Das zweite, im Workshop entwickelte Szenario ist das Worst-Case-Szenario. Dessen Eintreten wurde als wahrscheinlicher eingeschätzt als das des Best-Case-Szenarios. Es ist gekennzeichnet durch eine permanente und sich zuspitzende politische Instabilität auf globalem Level.

Krisen wie der Krieg in der Ukraine sowie der Konflikt im Nahen Osten bestehen weiterhin und beeinflussen Energie- und Inflationsentwicklungen in negativem Maße. Zusätzliche neue Konfliktherde rund um globalpolitisch konservative Regierungen, beispielsweise in Frankreich, Italien oder den USA, und protektionistische Handelsstrategien erschweren die Instandhaltung resilienter Lieferketten.

Spannungen zwischen China und Taiwan intensivieren sich und führen zu einem möglichen weiteren Handelskrieg zwischen den USA und China. Nordafrikanische Staaten und weitere Schwellenländer befinden sich in einer politisch instabilen Lage und finden keinen Anschluss an internationale Marktprozesse und bieten keinen signifikanten Beitrag zur weltweiten Wertschöpfung in der Medizintechnik.

Rohstoffpreise ziehen drastisch an, und Rohstoffe sind in keinem zu-friedenstellenden Maße verfügbar. Alte Abhängigkeiten verstärken sich und neue tun sich auf. In besonders sensiblen Märkten sind Halbleiter und wichtige Metalle wie Titan und Lithium von deutlichen Lieferproblemen betroffen. Einfuhren und Ausfuhren finden nur unter schwierigen Bedingungen mit starken Verzögerungen statt. Auf den Import oder Export an-gewiesene Unternehmen und Teilbereiche der Medizintechnik sind vor enorme Herausforderungen gestellt.

Transportvorgänge sind aufgrund wenig geschützter Wege, Straßen und Lagerstätten mit einem signifikanten Grundrisiko verbunden, wodurch Zeit- und Kostenplanungen deutlich schwieriger werden. Die Folgen des Klimawandels sind häufiger und intensiver zu spüren. Sie haben dabei einen erheblichen Einfluss auf Unwetterereignisse, die zu neuen Herausforderungen in der Logistik, Lagerung und gesamten Lieferplanung führen.

4. Transfer in die Praxis und Diskussion

Interdisziplinäres Herangehen an Fragestellungen ist ein formulierter Anspruch der Arbeitswissenschaft. Um die Zusammenarbeit der Disziplinen zu ermöglichen von der Medizin über die Psychologie bis zu wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen sowie politikwissenschaftlichen Ansätzen, ist das System der arbeitswissenschaftlich Betrachtungsebenen (Luczak et al. 1987, 58 ff.) geschaffen worden. Dies ist ein System emergenter Ebenen, die hierarchisch geordnet sind, um das Zusammenwirken der theoretisch und methodisch recht unterschiedlichen Disziplinen zu ermöglichen. Szenarien zielen auf die oberste der insgesamt fünf Ebenen, die Sozialverträglichkeit von Arbeit, die insbesondere von der Soziologie und den Wirtschaftswissenschaften bearbeitet wird.

Aus Sicht von Gewerkschaften und BR ist diese Ebene bedeutend, weil auf dieser makroergonomischen Ebene u. a. Entscheidungen fallen, die über die weitere Existenz von Unternehmen entscheiden können. Damit sind immer auch Fragen der wirtschaftlichen Existenz von Beschäftigten berührt. BR verfügen nach Betriebsverfassungsgesetz (BetrVG) über Vorschlags- und Beratungsrechte zur Beschäftigungssicherung (§ 92a BetrVG). Um dieses Handlungsfeld ausfüllen zu können, muss ein BR

in der Lage sein, nicht nur kurz- sondern vor allem mittel- und langfristig, künftige Entwicklungen eigenständig abschätzen zu können, um entsprechende Maßnahmen zur Bewältigung wirtschaftlicher Herausforderungen vorschlagen zu können. Denkbare Maßnahmen nach § 92a BetrVG können z. B. neue Formen der Arbeitsorganisation sowie Qualifizierung oder die Forderung nach einem veränderten Produktions- und Investitionsprogramm sein. Darüber hinaus erwarten Beschäftigte, neben der Unterstützung bei persönlichen Belangen und der Weitergabe von Informationen über die Situation und Entwicklung des Betriebes, dass BR sich in Fragen des Managements von Betrieben einbringen (Wilkesmann et al. 2011, 215 ff.).

Die Nutzung von Szenarien kann dazu beitragen, dass betriebliche Interessenvertretungen Entscheidungen des Managements vor dem Hintergrund übergreifender globaler Entwicklungen beurteilen und eigene Vorschläge zur Strategie und Gestaltung im Sinne des § 92a BetrVG entwickeln können.

Damit die Szenarien in der Praxis Anwendung finden, müssen sie zuerst bei den Beschäftigten auf Zustimmung stoßen und zweitens von der betrieblichen Interessenvertretung als sinnvoll wahrgenommen werden. Unsere Transferaktivitäten zielten daher auf BR und gewerkschaftliche Vertrauensleute (VL) als Akteure der Interessenvertretung und auf Beschäftigte als Zielgruppe der Interessenvertretungsaktivitäten. Letztere wurden durch Vorträge auf Betriebsversammlungen angesprochen. Es liegen Erfahrungen aus Betriebsversammlungen in drei Großbetrieben der Medizintechnikbranche vor. Die Vorträge mit Folienprojektion wurden jeweils vor mehreren hundert Beschäftigten im Saal und parallel mit online teilnehmenden Beschäftigten präsentiert.

Anschließend fanden in der drei Betrieben noch Kurzworkshops mit gewerkschaftlichen Vertrauensleuten und BR statt, in denen die Möglichkeiten der Nutzung von Szenarien diskutiert wurden. Zudem liegen Erfahrungen von Branchenkonferenzen der IG Metall vor, auf denen vorrangig BR betriebliche Anwendungsmöglichkeiten der Szenariomethode reflektierten.

Die Beschäftigten in den Betriebsversammlungen meldeten spontan zurück, dass es bei ihnen gut ankommt, dass sich die IG Metall mit übergreifenden Themen beschäftigt und neben der Tarifpolitik auch wirtschaftspolitische Fragen im Blick hat. Die Erfahrungen der Kurzworkshops zeigen: BR und VL haben Schwierigkeiten beim Denken in Szenarien, sie neigen dazu, bestehende Entwicklungen linear in die Zukunft fortzuschreiben und sich dabei am Wort-Case-Szenario zu orientieren. Dies steht im Widerspruch zum Grundgedanken der Szenariotechnik, die gerade zum Denken in verschieden Zukunftsoptionen anregen soll. Dies erfordert, so unsere Vermutung, eine große Abstraktionsleistung, die vielen BR und VL schwerfällt, weil sie im Konkreten des betrieblichen Alltags denken. Zudem wurde auch artikuliert, dass die Szenariotechnik aus Sicht der Betriebspraktiker*innen als nicht praktikabel angesehen wird, weil sie das große Ganze im Blick hat und schwer auf die betrieblichen Belange zu übertragen sei.

5. Ausblick

Die Medizintechnik ist ein globaler Markt mit einem Markvolumen von über 500 Milliarden Dollar im Jahr 2023. Unternehmen aus aller Welt konkurrieren um Marktanteile. Als größte Wettbewerber für die deutsche Medizintechnikbranche gelten die USA, China und Indien. Um im globalen Wettbewerb bestehen zu können, müssen

Medizintechnikunternehmen am Standort Deutschland innovativ sein und sich frühzeitig auf neue Märkte ausrichten. In Deutschland gehört die Medizintechnik mit etwa 250.00 Beschäftigten zu den bedeutendsten Branchen.

Die Medizintechnikbranche wird sich zunehmend auf die Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen konzentrieren, die auf globale Gesundheitsherausforderungen reagieren, wie beispielsweise die Bewältigung von Pandemien oder die Versorgung alternder Bevölkerungsgruppen.

Für die Betriebsräte geht es darum zu klären, wie sie eine solche Ausrichtung bewältigen bzw. eine kohärente industrie- und arbeitspolitische Strategie anstoßen können damit die Transformation der Branche sowohl in ökonomischer Sicht sinnvoll als auch mitbestimmt und sozialpartnerschaftlich vorangebracht werden.

Die Szenariotechnik kann dies unterstützen, doch sie erfordert Unterstützung der BR und VL durch erfahrene Moderator*innen, wenn sie erfolgreich angewendet werden soll. Es wäre lohnend sich dieser Frage seitens der Forschung anzunehmen, weil Szenarien eine weitere Möglichkeit der demokratischen Beteiligung von Beschäftigten eröffnen können. Die Erwartungen von Beschäftigten an Gewerkschaften und Betriebsräte sollten detaillierter untersucht werden. Besonders die Resonanz von überbetrieblichen wirtschafts- und branchenpolitischen Aktivitäten der Gewerkschaften und von betrieblichen Interessenvertretungen sollten dabei in den Blick genommen werden.

Betriebsräte spielen eine überaus wichtige Rolle bei der Gestaltung von neuen Rahmenbedingungen für die zukünftige Medizintechnikbranche in Deutschland. Dies gilt insbesondere, um Resilienz und Zukunftsfähigkeit des Medizintechnik- und Arbeitsstandorts Deutschland in einem sich deutlich verändernden Umfeld zu sichern. Die Szenarienentwicklung wird für sie dabei ein zunehmend wichtigeres Gestaltungstool in ihrem Instrumentenkasten.

6. Literatur

Bundesverband Medizintechnologie (2024) Der Markt für Medizintechnik. Marktzahlen und Fakten Stand: November 2024. Accessed Jan 9, 2025. www.bvmed.de/download/charts-medtech-markt.pdf.

Gerst D (2020) Geschäftsmodelle mitentwickeln – ein neues Handlungsfeld der Betriebsräte. WSI Mitteilungen 74, 4/2020. 295-299.

Luczak H, Volpert W, Raeithel A, Schwier W (1987) Arbeitswissenschaft. Kerndefinition. Gegenstandskatalog, Forschungsgebiete. Eschborn: RKW.

Mattsson P, Beesch S, Roitzsch C (2022) Reorganisation von Forschung und Entwicklung in Medizintechnik-Unternehmen am Standort Deutschland. Auswirkungen von Entwicklungen in Boston und Shanghai. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.

Werner K, Beesch S, Hutapea L, Malanowski N, Schlüter J (2024) Branchenanalyse Medizintechnik. Ein Industriezwei im Zuge neuer internationaler Krisen und fortschreitender Digitalisierung. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.

Wilkesmann U, Virgillito A, Wilkesmann M (2011) Erwartungen an Interessenvertretungen. IndBez 18 (3). 205–233.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt Dr. Johannes Gabriel, Foresight Intelligence, für die anregende Zusammenarbeit bei der Konzeption und Durchführung des Szenario-Prozesses. Darüber hinaus möchten wir uns bei Dr. Karsten Werner, vom VDI Technologiezentrum herzlich bedanken, der das vorläufige Manuskript des vorliegenden Beitrags konstruktiv-kritisch kommentiert hat.

Entwicklung von Personas als Methode zur Stärkung der interdisziplinären Zusammenarbeit im Großforschungsverbund

Katharina Schäfer[1], Philipp Brauner[2], Martina Ziefle[2],
Johanna M. Werz[3], Alexander Mertens[1]
[1] Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen,
Eilfschornsteinstr. 18, D-52062 Aachen
[2] Lehrstuhl für Kommunikationswissenschaft, RWTH Aachen,
Campus-Boulevard 57, D-52074 Aachen
[3] Lehrstuhl für Informations-, Qualitäts- und Sensorsysteme in der Produktion,
RWTH Aachen, Campus-Boulevard 30, D-52074 Aachen

Kurzfassung: Im Exzellenzcluster „Internet of Production“ (IoP) arbeiten über 100 wissenschaftliche Mitarbeitende aus verschiedensten Disziplinen und Instituten. Um die kollaborative Zusammenarbeit und gleichzeitig ein Verständnis für die Spezifika der beteiligten Fachdisziplinen zu fördern, wurde 2024 im Rahmen eines Research Summits mit allen Mitarbeitenden ein "Persona-Workshop" durchgeführt. Das Ziel bestand darin, das Bewusstsein für die Methoden, Einstellungen, Herangehensweisen und Eigenheiten der Fachdisziplinen zu schärfen. Als Best Practice stellt dieser Beitrag eine Methode vor, die helfen kann, Kooperationshemmnisse in Großgruppen abzubauen und die Zusammenarbeit nachhaltig zu verbessern.

Schlüsselwörter: Personas, Internet of Production, Vernetzung, Mensch-Technik-Interaktion, Sensibilisierung, Interdisziplinarität

1. Einleitung

Digitalisierung, Dekarbonisierung und demographischer Wandel sind zentrale Herausforderungen des 21. Jahrhunderts, welche innovative Lösungen erfordern. Interdisziplinäre Forschung integriert Wissen aus verschiedenen Disziplinen und fördert so innovative Lösungen für komplexe Probleme (Li et al. 2024). Sie verbessert das Verständnis für unterschiedliche Fachgebiete und ermöglicht einen umfassenderen Ansatz zur Problemlösung. Wissenschaftler*innen werden jedoch oft nicht ausreichend auf interdisziplinäre Zusammenarbeit vorbereitet. Daher stehen Forschende oft vor Herausforderungen, wie unterschiedlichen disziplinären Fachsprachen und Forschungskulturen (Kelly et al. 2019).

Das Exzellenzcluster „Internet of Production“ (IoP) ist ein interdisziplinäres universitäres Großforschungsprojekt zur digitalen Transformation der Produktion in Hochlohnländern durch die effiziente Nutzung von Daten entlang der Planung, Herstellung und Nutzung von Materialien und Produkten (Brauner et al. 2022). Beteiligt sind über 100 Mitarbeitende aus 30 Instituten aus den Disziplinen Maschinenbau und Informatik, sowie den Material-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften, welche alle hochgradig kollaborativ und interdisziplinär an gemeinsamen Demonstratoren und Anwendungsfällen forschen. Die erfolgreiche Umsetzung der komplexen Zielsetzung erfordert eine solidarische und vertrauensvolle interdisziplinäre Zusammenarbeit. Eine Sensibilisierung für verschiedene disziplinäre Kulturen und eine Überwindung vorhandener dis-

ziplinärer Grenzen ist deshalb zentral für den Erfolg. Zur Stärkung der interdisziplinären Zusammenarbeit werden daher halbjährlich ganztägige Veranstaltungen („Research Summits“) mit den Mitarbeitenden aller Institute und Disziplinen durchgeführt. Im Jahr 2024 wurde dabei ein „Persona-Workshop“ durchgeführt, bei dem die Mitarbeitenden partizipativ erfahrungsbasierte Personas der beteiligten Fachdisziplinen zunächst entwickelt und schließlich gemeinsam diskutiert haben, um Mitarbeitende für unterschiedliche Fachsprachen und -kulturen zu sensibilisieren.

Ziel dieses Beitrags ist es, Research Summits als Best Practice Beispiele darzustellen und damit diese Methode auch für andere Wissenschaftler*innen und Praktiker*innen nutzbar zu manchen. Einerseits ermöglicht dies die Sensibilisierung der Mitarbeitenden, die Identifikation der Schnittstellen, Zielgruppen und etwaigen Kooperationshemmnissen, während zugleich disziplinspezifische Adressierungen realisiert werden. Auch der Abgleich gemeinsamer Forschungsfragen bei der Zusammenarbeit im IoP während der Erstellung wird ermöglicht. Andererseits besteht das Ziel in der exemplarischen Darstellung entwickelter Personas als Best Practice Beispiel beteiligter Disziplinen. Durch die Entwicklung und Diskussion der Personas kann die Arbeit in interdisziplinären und hochgradig heterogenen Teams gestärkt werden, da alle beteiligten Akteure ein besseres Verständnis für Gemeinsamkeiten und disziplinäre Unterschiede und Schnittstellen erhalten und zusätzlich die dort eingesetzten Methoden, Werkzeuge und Ziele leichter einordnen können.

2. Die Persona-Methodik

Ursprünglich von Cooper in den 1990er Jahren für die Entwicklung und Bewertung neuer Software konzipiert (Cooper 1999; Nunes et al. 2010; Rönkkö et al. 2004; Wobig 2012), stellen Personas prototypische Nutzergruppen dar (Blomquist & Arvola 2002; Grudin & Pruitt 2002; Miller & Williams 2006).[1] Durch die Integration und den Transport emotionaler Komponenten, Bedürfnisse und Hemmnisse bei der Entwicklung einer technischen Anwendung (Salminen et al. 2021) können Personas das Bewusstsein der an der Entwicklung beteiligten Akteure schärfen und sie auf die Eigenschaften sowie Fähigkeiten der Endnutzenden aufmerksam machen (DIN EN ISO 9241-210:2010). Im Entstehungsprozess von Personas sind Nachvollziehbarkeit, schlüssige Logik, Präzision und Spezifikation wichtige Merkmale (Cooper 1999; Konstan et al. 2012; Miaskiewicz & Kozar 2011). Adlin und Pruitt (2010) betonen Vorteile von Personas, wie die Reduzierung kognitiver Reibungsverluste, die Verbesserung der Genauigkeit bei der Nutzergruppendefinition sowie die Schaffung einer gemeinsamen Kommunikationsbasis zur Hinterfragung sozialer Annahmen über Nutzer*innen. Das Abstraktionsniveau von Personas ist niedrig, da sie individuelle Eigenschaften von Menschen widerspiegeln. Zum Beispiel fördern Fotos und Zitate ein präzises Bild der Personas. Bei der Erstellung auf Basis quantitativer und qualitativer Daten können zudem kulturelle und regionale Aspekte berücksichtigt werden (Cabrero et al. 2016; Nielsen 2013; Rönkkö et al. 2004). Die Entwicklung von Personas sensibilisiert bereits während des Entwicklungsprozesses für eigene sowie fremde Bedürfnisse und Bedarfe. Bei der partizipativen Entwicklung werden so u. a. der Austausch von Ideen und Erfahrungen der Mitarbeitenden gefördert, die Zusammenarbeit zwischen den Disziplinen gestärkt sowie Hemmnisse für potenzielle Kooperationen und für die Kommunikation identifiziert. Zudem hilft der partizipative Austausch dabei, eine gemeinsame

[1] Vorreiter der Persona-Ansätze werden bei Floyd (2008) diskutiert.

Kommunikationsbasis zu etablieren, welche letztlich zu effektiveren Lösungen und einer höheren Qualität der Ergebnisse beiträgt (Adlin & Pruitt 2010).

3. Vorgehen und Ergebnisse des Persona-Workshops

Der Workshop wurde im Rahmen eines Research Summits mit ca. 80 Mitarbeitenden durchgeführt und auf eine Dauer von drei Stunden ausgelegt. Der Fokus der Entwicklung der Personas lag auf dem thematischen Schwerpunkt „Viele Menschen, ein Cluster: Personas aus dem IoP“ mit der konkreten Aufgabe, Personas für die einzelnen beteiligten Fachdisziplinen zu erstellen. Dadurch sollte das Bewusstsein für fachspezifische Methoden, Verhaltensweisen, Einstellungen und emotionale Haltungen der beteiligten Disziplin geschärft sowie Vorurteile über Disziplinen identifiziert und transparent gemacht werden. Die Erarbeitung der Personas fand in zwei Phasen statt: Zunächst wurden Prototypen von Personas in disziplinär zusammengesetzten Kleingruppen für die eigene Disziplin erarbeitet und anschließend in Phase zwei in größeren disziplinären Gruppen synthetisiert (Selbstwahrnehmung). Im Anschluss wurden die in verschiedenen Disziplinen entwickelten Personas dem Plenum vorgestellt und gemeinsam diskutiert. Dieser Ansatz ermöglichte es den Teilnehmenden, ihre eigene disziplinäre Sicht kritisch zu reflektieren und ein Verständnis für die Perspektiven der anderen Disziplinen zu gewinnen (Fremdwahrnehmung).

Die fünf final entwickelten Personas bieten einen facettenreichen Einblick in die Herausforderungen und Perspektiven, die die Mitarbeitenden des IoP erleben. Sie zeigen, wie unterschiedliche berufliche Hintergründe und Erfahrungen variierende Ansätze im Umgang mit z.B. Technologie führen können. Die Bedeutung von Weiterbildung und Selbstentwicklung wird durch die Auseinandersetzung mit mehreren Personas deutlich, insbesondere im Hinblick auf technische Fähigkeiten und nachhaltige Praktiken. Zudem ist ersichtlich, dass der Umgang mit Daten und deren Relevanz für die jeweiligen Arbeitsfelder entscheidend ist. Insgesamt reflektieren diese Personas die Notwendigkeit eines ganzheitlichen Ansatzes zur Förderung von Innovation und Nachhaltigkeit in der Zusammenarbeit interdisziplinärer Teams und fördern darüber hinaus die kommunikative Reflektion von Vorurteilen (Abbildung 1).

4. Diskussion

Ein Persona-Workshop in einem Forschungsprojekt mit über 100 disziplinär und interdisziplinär arbeitenden wissenschaftlichen Mitarbeitenden bietet eine wertvolle Gelegenheit, unterschiedliche Perspektiven und Expertisen der Teammitglieder zu bündeln. Durch die Entwicklung von Personas wird ein gemeinsames Verständnis für die individuellen Bedürfnisse und Herausforderungen gefördert (LeRouge et al. 2013).

Die Evaluation des Workshops zeigte, dass die Methode von den Beteiligten positiv bewertet wurde und sie zur Reflektion der jeweiligen Fachdisziplin und den Fachdisziplinen der anderen beteiligten Disziplinen angeregt hatte. Es wurden jedoch vereinzelt sowohl fehlende fachliche Tiefe sowie fehlende wahrgenommene Relevanz für ihre tägliche Arbeit bemängelt. Insbesondere der letzte Punkt bestätigt die Herausforderung, die große Relevanz von „weichen“ Fragen der Zusammenarbeit und von Themen, die über fachliche Diskussionen hinausgehen, zu operationalisieren. Insofern ist eine Anregung, die ebenfalls geäußert wurde, die im Workshop entwickelten Inhalte weiter für alle Teilnehmende des Workshops verfügbar zu machen und regelmäßig zu

reflektieren. Dies sei relevant, um den Mehrwert der Personas über den Workshop hinaus zu nutzen. Maßnahmen könnten beispielsweise die Reflektion der Personas bei Einführungsveranstaltungen oder ihre Überarbeitung in fremd-disziplinären Gruppen sein. Außerdem können die Personas genutzt werden, um externe Beteiligte, die mit Beschäftigten des IoP zusammenarbeiten, für deren Belange zu sensibilisieren.

Der nachhaltige Mehrwert eines solchen erfahrungsbasierten Persona-Workshops liegt in der Förderung einer nutzendenzentrierten Struktur und zugehöriger Forschungsprozesse, die tiefere Einblicke in die Bedürfnisse, Motivationen und Verhaltensweisen von Nutzenden, in diesem Fall Mitarbeitenden des IoP, ermöglicht (Floyd et al. 2008). In interdisziplinären Kontexten unterstützen Personas den Austausch zwischen verschiedenen Fachbereichen und führen zu innovativen Lösungen, die unterschiedliche Perspektiven integrieren (Schäfer 2024). Zudem helfen sie, unbewusste Annahmen über verschiedene Disziplinen zu hinterfragen und fundierte Entscheidungen zu treffen. Die Entwicklung von Personas in einer Gruppe von der Größe des IoP ermöglicht eine stufenweise Verdichtung, die den Vorteil der Bündelung vielfältiger Perspektiven und Expertisen birgt und somit zu einer umfassenderen und realistischeren Darstellung der Nutzerbedürfnisse führt.

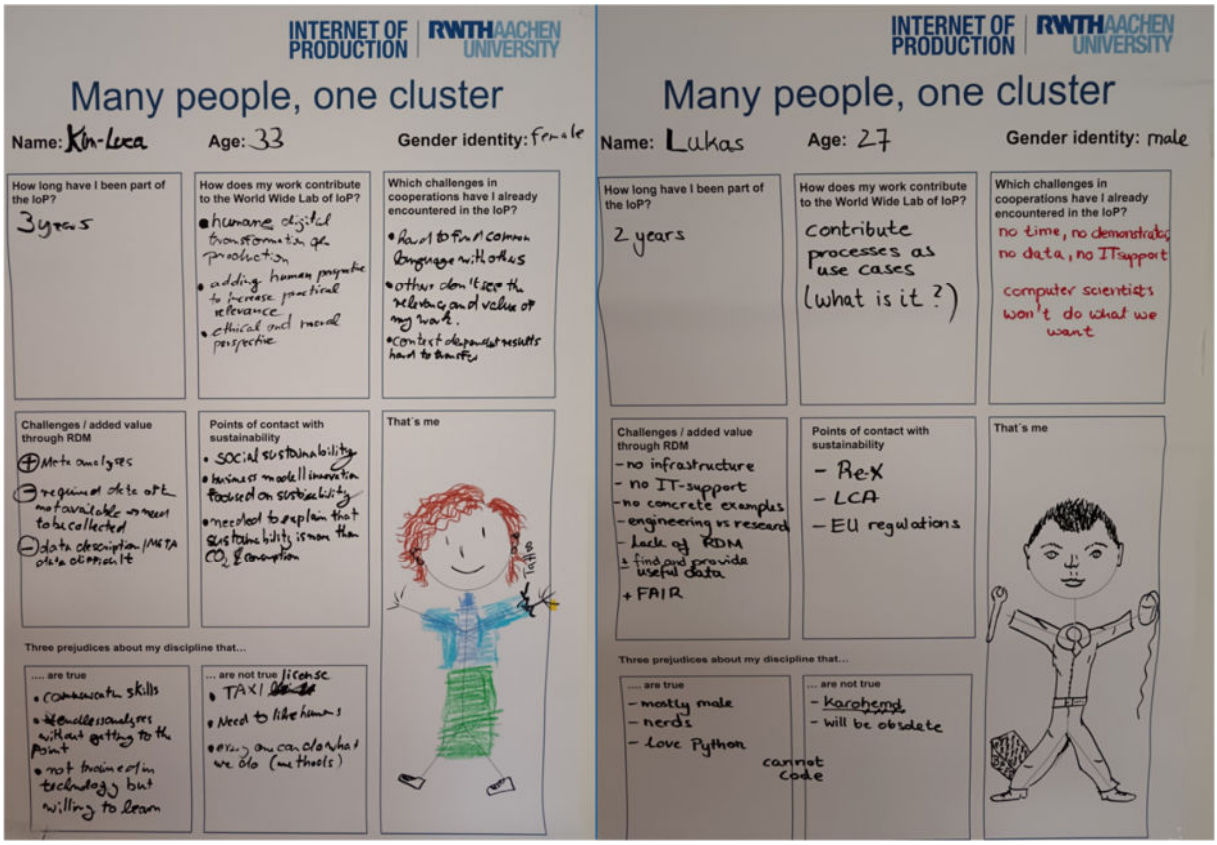


***Abbildung 1**: Exemplarische Darstellung von zwei der final entwickelten Personas*

5. Fazit

Der Persona-Workshop im Exzellenzcluster Internet of Production hat die Mitarbeitenden für die individuellen Herausforderungen interdisziplinärer Zusammenarbeit sensibilisiert und dadurch eine höhere Empathie und Effektivität in der Kollaboration gefördert. Hierfür wurden erfahrungsbasierte Personas entwickelt, die wertvolle Einblicke in spezifische Herausforderungen, Perspektiven und Bedürfnisse verschiedener Fachdisziplinen ermöglichten. Dies führte nicht nur zu einem besseren Verständnis innerhalb heterogener Teams, sondern erleichterte auch Außenstehenden das Nachvollziehen der Dynamiken. Durch die partizipative Entwicklung und Diskussion der Personas konnten Vorurteile identifiziert und gezielt in einem diskursiven Prozess adressiert werden, wodurch ein solidarisches Miteinander gefördert wird. Zudem zeigt sich, dass eine Sensibilisierung für disziplinäre Kulturen entscheidend ist, um gemeinsame Forschungsfragen zu definieren und Schnittstellen zwischen den Disziplinen zu erkennen. Die Erkenntnisse aus dem Workshop können nicht nur zur Verbesserung der interdisziplinären Kommunikation beitragen, sondern auch langfristig als Grundlage für zukünftige Kooperationen dienen. Insgesamt stärkt die Methode der Persona-Entwicklung das Bewusstsein für die Vielfalt innerhalb des IoP. Der Workshop leistete somit einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Förderung interdisziplinärer Zusammenarbeit in einem Großforschungsprojekt.

6. Literatur

Adlin, T. & Pruitt, J. (2010). The essential persona lifecycle: Your guide to building and using personas. Elsevier/Morgan Kaufmann. http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10408161

Blomquist, Å. & Arvola, M. (2002). Personas in Action: Ethnography in an Interaction Design Team. In O. W. Bertelsen (Hrsg.), Proceedings of the second Nordic conference on Human-computer interaction - NordiCHI '02 (S. 197–200). ACM Press. https://doi.org/10.1145/572020.572044.

Brauner, P., Dalibor, M., Jarke, M., Kunze, I., Koren, I., Lakemeyer, G., Liebenberg, M., Michael, J., Pennekamp, J., Quix, C., Rumpe, B., van der Aalst, W., Wehrle, K., Wortmann, A. & Ziefle, M. (2022). A Computer Science Perspective on Digital Transformation in Production. ACM Transactions on Internet of Things, 3(2), 1–32. https://doi.org/10.1145/3502265.

Cabrero, D. G., Winschiers-Theophilus, H., Abdelnour-Nocera, J. & Kapuire, G. K. (2016). A hermeneutic inquiry into user-created personas in different Namibian locales. In C. Bossen, R. C. Smith, A. M. Kanstrup, J. McDonnell, M. Teli & K. Bødker (Hrsg.), Proceedings of the 14th Participatory Design Conference: Full papers - Volume 1 (S. 101–110). ACM. https://doi.org/10.1145/2940299.-2940310.

Cooper, A. (1999). The inmates are running the asylum: [why high-tech products drive us crazy and how to restore the sanity] (6 [print.]. Sams.

DIN EN ISO 9241-210:2010. Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme (ISO 9241-210:2010), Deutsche Fassung).

Floyd, I. R., Twidale, M. B. & Jones, C. M. (2008). Resolving Incommensurable Debates: A Preliminary Identification of Persona Kinds, Attributes, and Characteristics. Journal of Design Practice, 2(1), 12–26.

Grudin, J. & Pruitt, J. (2002). Personas, participatory design and product development: An infrastructure for engagement. Proceedings of the Participatory Design, 144–152.

Kelly, R., Mackay, M., Nash, K. L., Cvitanovic, C., Allison, E. H., Armitage, D., Bonn, A., Cooke, S. J., Frusher, S., Fulton, E. A., Halpern, B. S., Lopes, P. F. M., Milner-Gulland, E. J., Peck, M. A., Pecl, G. T., Stephenson, R. L. & Werner, F. (2019). Ten tips for developing interdisciplinary socio-ecological researchers. Socio-Ecological Practice Research, 1(2), 149–161. https://doi.org/-10.1007/s42532-019-00018-2.

Konstan, J. A., Chi, E. H. & Höök, K. (Hrsg.) (2012). Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '12. ACM Press.

LeRouge, C., Ma, J., Sneha, S. & Tolle, K. (2013). User profiles and personas in the design and development of consumer health technologies. International journal of medical informatics, 82(11), e251-68. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2011.03.006.

Li, X., Cai, F., Bao, J., Jian, Y., Sun, Z. & Xie, X. (2024). Navigating interdisciplinary research: Historical progression and contemporary challenges. Journal of Data and Information Science, 9(3), 14–28. https://doi.org/10.2478/jdis-2024-0025.

Miaskiewicz, T. & Kozar, K. A. (2011). Personas and user-centered design: How can personas benefit product design processes? Design Studies, 32(5), 417–430. https://doi.org/10.1016/j.destud.-2011.03.003.

Miller, G. & Williams, L. (2006). Personas: Moving beyond role-based requirements engineering. Microsoft and North Carolina State University., North Carolina.

Nielsen, L. (Hrsg.). (2013). Personas - User Focused Design. Springer London.

Nunes, F., Silva, P. A. & Abrantes, F. (2010). Human-computer interaction and the older adult. In F. Makedon (Hrsg.), Proceedings of the 3rd International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments - PETRA '10 (S. 49–56). ACM Press. https://doi.org/10.1145/-1839294.1839353.

Rönkkö, K., Hellman, M., Kilander, B. & Dittrich, Y. (2004). Personas is not Applicable: Local Remedies Interpreted in a Wider Context. In A. Clement & P. van den Besselaar (Hrsg.), Proceedings of the eighth conference on Participatory design Artful integration: interweaving media, materials and practices - PDC 04 (S. 112–120). ACM Press. https://doi.org/10.1145/1011870.1011884.

Salminen, J., Jung, S., Chowdhury, S., Robillos, D. R. & Jansen, B. (2021). The ability of personas: An empirical evaluation of altering incorrect preconceptions about users. International Journal of Human-Computer Studies, 153, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2021.102645.

Schäfer, K. (2024). Theoretische Herleitung, Vorstellung und empirische Erprobung des Konzeptes der „prospektiven Personas“ am Beispiel plattformbasierter Arbeit im Rahmen eines system- und handlungstheoretischen Diskurses. Doctoral dissertation, Dissertation, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen.

Wobig, M. (2012). Benutzermodellierung mit Personas und Zielen. Leibniz Universität Hannover, Informatik. http://www.se.uni-hannover.de/pub/File/kurz-und-gut/ss2012-proseminar-inf-usabiliy/-Wobig2012.pdf.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt Frau Rebecca Küpper für die redaktionelle Überarbeitung des Beitrags.

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder – EXC-2023 Internet of Production – 390621612.

Entwicklung eines nutzendenspezifisch kompentenzbasierten Recommender-Systems zur menschzentrierten Adaption von Montagesystemparametern

Paul Hubert HAAS[1], Benedikt KELM[2], Lennard MARGIES[1], Rainer MÜLLER[2]

[1]Forschungsbereich Montagesysteme,
Zentrum für Mechatronik und Automatisierungstechnik (ZeMA) gGmbH,
Eschberger Weg 46, D-66121 Saarbrücken
[2] Lehrstuhl für Montagesysteme, Universität des Saarlandes,
Eschberger Weg 46, D-66121 Saarbrücken

Kurzfassung: Die menschliche Arbeitskraft wird aufgrund ihrer flexibel einsetzbaren kognitiven und motorischen Fähigkeiten auch zukünftig elementarer Bestandteil der industriellen Montage bleiben. Um sie dabei möglichst zielgerichtet und nachhaltig einsetzen zu können, sollten Montagesysteme so gestaltet und betrieben werden, dass Sie eine arbeitspersonenspezifische Adaption ermöglichen. Der vorliegende Beitrag stellt ein Softwaresystem vor, dass die arbeitspersonenspezifische Einstellung von Montagesystemparametern sowohl unterstützt als auch deren eigenständige Anpassung durch die Arbeitsperson auf der Basis einer ILUO-basierten Kompetenzstufeneinordnung erlaubt. Final wird die Gebrauchstauglichkeit des Systems mit Probandenversuchen validiert.

Schlüsselwörter: Menschzentrierte Montagesysteme, Partizipative Arbeitsplatzgestaltung, Kompetenzmanagement, Recommender-Systeme

1. Einleitung

Die Herausforderungen der modernen Produktion wie eine zunehmende Individualisierung von Produkten und kürzer werdende Produktlebenszyklen bedingen, dass Produktionssysteme einen hohen Grad an Anpassungsfähigkeit aufweisen müssen (Reinhart & Zühlke 2017). Dies betrifft insbesondere die Montage als finales Glied der Produktionskette, da hier alle vorangegangenen technischen und organisatorischen Komplexitätstreiber kulminieren (Müller 2021). Infolgedessen ist die menschliche Arbeitskraft trotz eines fortschreitenden Automatisierungsgrades aufgrund ihrer flexibel einsetzbaren kognitiven und motorischen Fähigkeiten sowie ihrer steilen Lernkurve im Rahmen der industriellen Montage nach wie vor von elementarer Bedeutung (Flores et al. 2020). In Diskrepanz dazu sind insbesondere hochindustrialisierte Länder wie Deutschland von einem wachsenden Fachkräfte-mangel sowie einer sich in Bezug auf Qualifikation und Erfahrung zunehmend heterogener darstellenden Belegschaft gekennzeichnet (Abele & Reinhart 2011). In diesem Spannungsfeld gewinnt der zielgerichtete und nachhaltige Einsatz der menschlichen Arbeitskraft bei der Gestaltung und dem Betrieb von Montagesystemen zunehmend an Relevanz. Zielsetzung in diesem Kontext ist die Realisierung menschzentrierter Montagesysteme, die sich entsprechend der individuellen Bedürfnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten der jeweilig an ihnen tätigen Arbeitspersonen einstellen lassen (May et al. 2015).

Im vorliegenden Beitrag wird ein Softwaresystem vorgestellt, dass eine solche arbeitspersonenspezifische Einstellung von Montagesystemen – konkret von Montageeinzelarbeitsplätzen – in Form eines Recommender-Systems unterstützt.

Ausgangspunkt dafür bildet die Definition von an Montageeinzelarbeitsplätzen im Rahmen des Menschzentrierungsgedankens als einstellbar zu gestaltendenden Parametern anhand des aktuellen Stands der Wissenschaft.

2. Grundlagen und Stand der Wissenschaft

Grundlage für die benannte Definition bildet die von Schlund et al. (2018) vorgestellte Synopsis von Individualisierbarkeitsmöglichkeiten an Montagearbeitsplätzen. Im Zuge dieser erfolgt eine Systematisierung der als einstellbar zu gestaltenden Montagesystemparameter in Form von sieben Individualisierbarkeitsdimensionen, die sich in Dimensionen mit Mitweltbezug und ohne Mitweltbezug differenzieren lassen. Da eine arbeitspersonenspezifische Einstellungsunterstützung von Dimensionen mit Mitweltbezug Informationen über die Produktionsumgebung erfordern würde, diese jedoch als nicht gegeben erachtet werden, lassen sich, orientiert an den Ausführungen von Haas et al. (2024), die in Tabelle 1 aufgeführten relevanten Montagesystemdimensionen und zugehörigen Parameter ableiten, die es im Kontext des Recommender-Systems zu betrachten gilt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass reale Montagearbeitsplätze zumeist lediglich in einem Teil der aufgeführten Dimensionen und Parameter anpassbar sind.

Tabelle 1: *Relevante Montagesystemdimensionen und -parameter im Kontext des Recommender-Systems (in Anlehnung an Schlund et al. (2018); Haas et al. (2024)).*

Dimension	Einstellbare Parameter
Arbeitshöhe	• Höhe der Arbeitsfläche
Blick- und Greifbereich, Händigkeit	• Höhe und Neigung von Materialbereitstellungsbereichen • Position von Ladungsträgern
Nutzung von Informations- und Assistenzsystemen	• Art und Medium der Assistenz • Einsatzumfang bzw. -häufigkeit • Grad der Informationstiefe und -granularität • Design und Konfiguration der Assistenz und User-Schnittstelle
Beleuchtung	• Beleuchtungswinkel (Orientierung der Beleuchtungselemente) • Lichtintensität • Lichtfarbe

3. Konzeption des menschzentrierten Recommender-Systems

3.1 Softwaretechnischer Grundaufbau

Die im vorangegangenen Kapitel definierten Montagesystemdimensionen und -parameter bilden die Grundlage für die konkrete softwaretechnische Realisierung des Recommender-Systems. Abbildung 1 stellt dessen Aufbau und Struktur dar. Die Funktionsweise der dargestellten Teilelemente des Frameworks wird im Folgenden lediglich grob skizziert, um einen allgemeinen Überblick zu vermitteln.

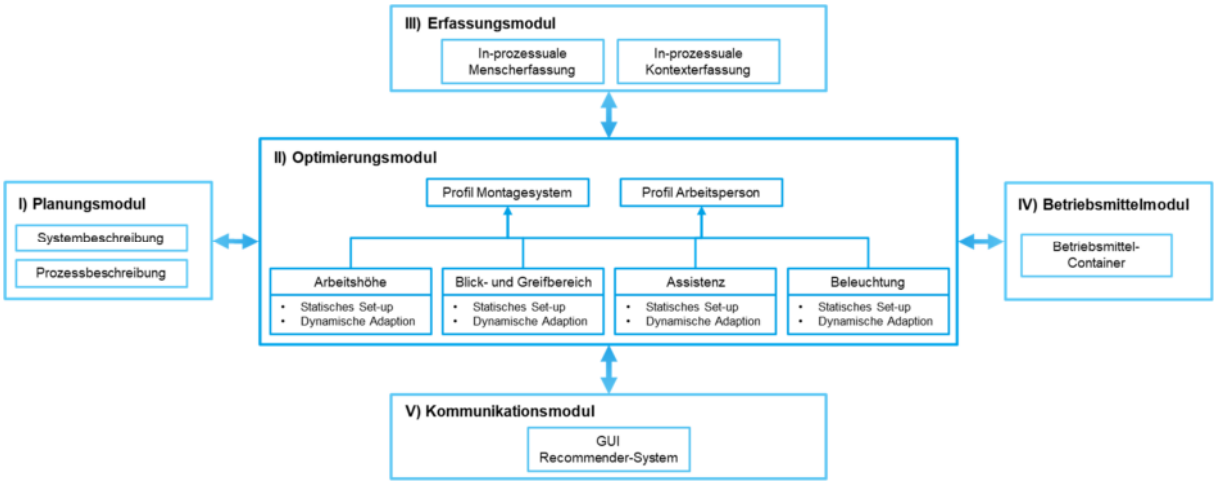


***Abbildung 1**: Grundlegender Aufbau des Software-Frameworks des Recommender-Systems.*

Das Software-Framework des Recommender-Systems setzt sich aus fünf Modulen zusammen (vgl. Abbildung 1). Dabei stellt das Optimierungsmodul (II) die Kernkomponente des Frameworks dar. In ihm erfolgt die Bestimmung der arbeitspersonenspezifisch optimalen Einstellung der am jeweiligen Montagesystem einstellbaren Parameter durch dimensionsspezifische Software-Container. Diese nutzen die Daten der Digitalen Zwillinge (= Profile) von Arbeitsperson und Montagesystem, um potenzielle Optimierungen an der Montagesystemkonfiguration vor (= Statisches Set-up) und während (= Dynamische Adaption) der Tätigkeit zu finden.

Die zur Realisierung der Digitalen Zwillinge notwendigen Prozessinformationen werden aus dem Planungs- (I) und dem Erfassungsmodul (III) gewonnen. Das Planungsmodul enthält die für das Montagesystemprofil notwendigen Definitionen der am Montagesystem einstellbaren Parameter sowie der an ihm stattfindenden Prozesse. Das Erfassungsmodul liefert Tätigkeits- und Haltungsdaten der Arbeitsperson sowie die aktuellen Werte veränderlicher System-/Kontextparameter.

Um dem Eindruck einer Bevormundung durch das Recommender-System und einer damit einhergehenden reduzierten Systemakzeptanz entgegenzuwirken, werden Optimierungen, wie in Haas et al. (2023) vorgestellt, vor Parameteranpassung stets an die Arbeitsperson kommuniziert und benötigen deren Bestätigung. Realisiert wird dies über das nachfolgend tiefergehend beschriebene Kommunikationsmodul (V). Ergänzt wird das Framework durch ein Betriebsmittelmodul (IV), das Software-Container zur Kontrolle der konkreten parameterzugehörigen Betriebsmittel wie bspw. der Hubsäulensteuerung eines Arbeitsplatzes beinhaltet.

3.2 Graphische Benutzeroberfläche

Die graphische Benutzeroberfläche (kurz: GUI) des Kommunikationsmoduls bildet die Schnittstelle zwischen Arbeitsperson und Software. Ihr Aufbau folgt, wie in Abbildung 2 dargestellt, einem standardisierten Schema, um Optimierungsvorschläge schnell und verständlich zu kommunizieren. Diese werden sowohl textbasiert vermittelt, indem der zu optimierende Parameter (4) und der vorgeschlagene Optimalwert (6) beschrieben werden, als auch visuell durch eine Animation (5) – in Abbildung 2 bspw. der eines herunterfahrenden Tisches. Zur Annahme oder Ablehnung von gegebenen Optimierungsempfehlungen ist die GUI mit interaktiv gestalteten Buttons (7/9) ausgestattet. Ein weiterer Button (8) ermöglicht den Zugriff auf tiefergehende arbeitswissenschaftliche Erläuterungen zu den Vorschlägen.



***Abbildung 2**: Darstellung des Aufbaus der GUI des Recommender-Systems am Beispiel einer Optimierungsempfehlung zur Anpassung der Höhe der Arbeitsfläche.*

Zusätzlich zu den optimierungsempfehlungsbezogenen Elementen enthält die GUI eine Spezifikation der Arbeitsperson (1) in Bezug auf ihre Stammdaten und ihre Kompetenzstufe. Des Weiteren umfasst die GUI Interaktionselemente zum Aufruf von Tabs zur selbstständigen Einstellung von arbeitsplatzparameterbezogenen (2) (vgl. Tabelle 1) und weiteren am Arbeitsplatz vorhandenen (3) Betriebsmitteln, wie bspw. Werkzeugen oder Messsystemen. Die Aufrufbarkeit dieser Tabs ist jedoch abhängig von der Kompetenzstufe der Arbeitsperson und wird, wie nachfolgend dargelegt, erst ab Erreichen einer bestimmten Stufe möglich.

3.3 ILUO-basierter Freigabe- und Empfehlungscharakter

Zur Einordnung von Arbeitspersonen in Kompetenzstufen bietet sich das industriell weit verbreitete ILUO-Modell an. Dieses ermöglicht eine Klassifizierung von Arbeitspersonen auf der Basis ihrer Arbeitsleistung und ihres Erfahrungsgrades in die Kompetenzstufen „Anfänger“ (I), „Könner“ (L), „Fortgeschrittener“ (U) und „Experte“ (O) (Teubner 2021; Kelm et al. 2024).

Bezüglich der Freischaltung der zuvor beschriebenen Tabs zur Einstellung von arbeitsplatzparameterbezogenen und weiteren Betriebsmitteln sollen die in Tabelle 2 aufgeführten Freigabedefinitionen bzw. -schwellen gelten.

***Tabelle 2:** ILUO-basierte Schwellwertdefinitionen zur Freigabe von Betriebsmitteln.*

Level	Freigabedefinition
I & L	• Keine freie Einstellbarkeit von Parametern
U	• Freischaltung der Einstellbarkeit von Parametern der Dimensionen Arbeitshöhe, Blick- und Greifbereich/Händigkeit und Beleuchtung
O	• Freischaltung der Einstellbarkeit von Parametern der Dimension Nutzung von Informations- und Assistenzsystemen • Freischaltung der Anpassbarkeit von sonstigen Betriebsmitteln

4. Anwendung des konzeptionierten Recommender-Systems

Um erste Erkenntnisse hinsichtlich der Akzeptanz sowie der Gebrauchstauglichkeit des Recommender-Systems zu erhalten, wurde dieses an einem Forschungsdemonstrator zur Montage von Brennstoffzellenstackkomponenten (vgl. Haas et al. 2024) implementiert und in einer Versuchsreihe mit 15 Probanden getestet.

Im Rahmen der Versuchsreihe wurde das Recommender-System sowohl zur Generierung von Optimierungsvorschlägen hinsichtlich des statischen Set-ups des Arbeitsplatzes als auch zur dynamischen Adaption der am Arbeitsplatz gegebenen Assistenz eingesetzt. Die Generierung von Optimierungsvorschlägen für das statische Set-up erfolgte zu Beginn der Versuchsreihe eines jeden neuen Probanden, sobald dieser sich mit seiner RFID-fähigen Mitarbeitendenkarte am Arbeitsplatz einloggte. Infolgedessen wurde die Körpergröße des jeweiligen Probanden aus einer Mitarbeitendendatenbank ausgelesen und auf Basis derer eine Empfehlung zur arbeitspersonenspezifisch optimalen Höhe der Arbeitsfläche ausgegeben. Ergänzt wurde das statische Set-Up durch eine Optimierungsempfehlung zur Anpassung der Beleuchtung auf 80% der maximalen Lichtintensität. Um die Anpassungen an der Arbeitsflächenhöhe und der Beleuchtungsintensität für die Probanden erlebbar zu machen, wurden beide Werte vor Versuchsbeginn auf ihren Maximalwert eingestellt.

Zur Abbildung dynamischer Optimierungen innerhalb der Versuchsreihe wurden im Laufe dieser Vorschläge zur Anpassung der Informationstiefe und des Einsatzes der am Arbeitsplatz genutzten Assistenzsysteme Beamer und Laser entsprechend der von Kelm et al. (2024) vorgestellten ebenfalls ILUO-basierten Adaptionslogik ausgegeben.

Um zu untersuchen, inwieweit die Probanden die durch das Recommender-System gegebenen Optimierungsempfehlungen als auch dessen im vorherigen Kapitel erläuterten ILUO-basierten Freigabecharakter für sinnvoll erachten, wurden am Ende der Versuchsreihe die in Tabelle 3 mitsamt erreichten Mittelwerten (MW) und Standardabweichungen (SD) dargestellten Fragen gestellt. Die Bewertung erfolgte via Likert-Skala mit Werten von 1 (= Überhaupt nicht sinnvoll) bis 5 (= Sehr sinnvoll).

Tabelle 3: *Fragestellungen am Ende der Versuchsreihe mit erreichten Ergebnissen.*

Fragestellung	MW ± SD
Wie empfanden Sie die Vorschläge, die Sie durch das Recommender-System zu Beginn ihrer Versuchsreihe erhalten haben? (Anpassung Arbeitshöhe, Lichtintensität)	4,47 ± 0,50
Inwiefern halten Sie es für sinnvoll, das zugrundeliegende ILUO-Kompetenzstufenmodell (Anpassung Assistenz) auch auf die Einstellbarkeit von Betriebsmitteln und des Montagesystems selbst anzuwenden?	3,73 ± 0,93
Halten Sie die Verwendung der Parameter Prozesszeit und Anzahl der Wiederholungen als Basis für die Hochstufung im ILUO-Modell in Bezug auf die Einstellbarkeit von Betriebsmitteln und des Montagesystems für sinnvoll?	4,00 ± 0,37

5. Diskussion und Ausblick

Die Resultate in Tabelle 3 zeigen, dass das Recommender-System von den Probanden überwiegend positiv bewertet wurde. Die Vorschläge zu Beginn der Montagetätigkeit wurden durch die Probanden intuitiv verstanden und als sinnvoll erachtet. Wie hier nicht weiter dargestellt, aber in Kelm et al. (2025) tiefergehend betrachtet, wurden

auch die Vorschläge zur dynamischen Adaption der eingesetzten Assistenzsysteme als sinnvoll und angemessen bewertet. Aus den Ergebnissen zur zweiten und dritten Fragestellung lässt sich zudem ableiten, dass die Nutzung einer ILUO-basierten Kompetenzeinordnung zur Freischaltung der Einstellbarkeit von Betriebsmitteln ebenfalls als sinnvoll erachtet wird. Dies betrifft sowohl die grundlegende Fragestellung, ob ein ILUO-basierter Ansatz in diesem Kontext zielführend ist, als auch die Frage, ob als Parameter zur Einstufung die Prozesszeit und die Anzahl an Aufgabenwiederholungen herangezogen werden sollten.

Im Rahmen weiterer Forschungsarbeit gilt es nun zu untersuchen, inwieweit auch die Granularität von Optimierungsempfehlungen ILUO-basiert angepasst werden kann. Außerdem gilt es, die Funktionalität des Recommender-Systems auf die in der Versuchsreihe nicht betrachteten Parameter aus Tabelle 1 zu erweitern.

6. Literatur

Abele E, Reinhart G (2011) Zukunft der Produktion: Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen. München: Hanser.

Flores E, Xu X, Lu Y (2020) Human Cyber-Physical Systems: A skill-based correlation between humans and machines. IEEE 16th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE): 1313–1318.

Haas PH, Margies L, Müller R (2023) Konzeption eines adaptionsfähigen menschzentrierten Montagesystems auf der Basis markerloser sensorischer Mitarbeitererfassung. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Nachhaltig Arbeiten und Lernen - Analyse und Gestaltung lernförderlicher und nachhaltiger Arbeitssysteme und Arbeits- und Lernprozesse. Sankt Augustin: GfA Press 2023, B.4.3.

Haas PH, Kelm B, Margies L, Müller R (2024) Development of an Adaptive Human-centered Work Station for Fuel Cell Stack Assembly. Procedia CIRP 127:32-37.

Kelm B, Haas PH, Margies L, Müller R (2024) Entwicklung eines Konzepts zur Nutzeradaptivität Kognitiver Assistenzsysteme am Beispiel der manuellen Montage von Brennstoffzellenstackkomponenten. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Arbeitswissenschaft in-the-loop – Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung. Sankt Augustin: GfA Press, D.2.3.

Kelm B, Haas PH, Margies L, Müller R (2025) Evaluierung eines Kompetenzstufenmodells zur Nutzeradaptivität Kognitiver Assistenzsysteme in der manuellen Montage. (im Druck) In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit.

May G, Taisch M, Bettoni A, Maghazei O, Matarazzo A, Stahl B (2015) A New Human-centric Factory Model. Procedia CIRP 26:103-108.

Müller R (2021) Montagegerecht. In: Bender B, Gericke K (Hrsg) Pahl/Beitz Konstruktionslehre. Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. Berlin: Springer Vieweg, 725–754.

Reinhart G, Zühlke D (2017) Von CIM zu Industrie 4.0. In: Reinhart G (Hrsg) Handbuch Industrie 4.0. Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. München: Hanser, XXXI–XL.

Schlund S, Mayrhofer W, Rupprecht P (2018) Möglichkeiten der Gestaltung individualisierbarer Montagearbeitsplätze vor dem Hintergrund aktueller technologischer Entwicklungen. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 72(4):276–286.

Teubner S (2021) Dynamisches und individuelles Werkerinfomationssystem für die manuelle Serienmontage. Dissertation. TU München.

Danksagung: Dieser Beitrag wurde gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Rahmen des Projektes „H2SkaProMo“ (03EN5014I) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Herausforderungen bei der Entwicklung eines intelligenten Systems zur Potenzialerkennung von Beschäftigten in Einfacharbeit

Fenja T. HESSELMANN[1], Yves KORTE-WAGNER[1], Hannah L. KRÜGER[2], Annelie LORBER[2], Julian DECIUS[2], Frank WALLHOFF[1]

[1] Institut für technische Assistenzsysteme, Jade Hochschule, Ofener Straße 16/19, D-26121 Oldenburg
[2] Organisationspsychologie, Universität Bremen, Enrique-Schmidt-Straße 1, D-28359 Bremen

Kurzfassung: Einfacharbeit, also Tätigkeiten, für die keine formale Qualifikationsvoraussetzungen notwendig sind, ist im Logistiksektor häufig vertreten. Gleichzeitig besteht in der Branche ein Fachkräftemangel. In einem Teilbereich des Projekts RessourcE soll untersucht werden, wie das Potenzial und die Kompetenzen von Beschäftigten in Einfacharbeit erkannt und gefördert werden können. Dazu soll eine Software entwickelt werden, welche die wichtigsten psychologischen Prädiktoren für die Potenzialerkennung von Beschäftigten in Einfacharbeit berücksichtigt und eine objektive Empfehlungsgrundlage für die Weiterqualifikation darstellt. Dieser Beitrag zeigt, welche Anforderungen und Herausforderungen für die Erstellung solch eines Datenpools und für die Implementierung einer Software zur Potenzialerkennung berücksichtigt werden müssen.

Schlüsselwörter: Potenzialerkennung, Intelligente Systeme, Anforderungen, Einfacharbeit, künstliche Intelligenz

1. Einleitung

Als Einfacharbeit werden Tätigkeiten bezeichnet, die keine formale Qualifikation oder Berufsausbildung voraussetzen. Diese Tätigkeiten können häufig nach kurzer Einarbeitungsphase durchgeführt werden (Hall & Sevindik 2020). Einfacharbeit findet vor allem im Dienstleistungssektor statt, wie der Logistik. In der Logistik ist das Verhältnis von Fachkräften zu Hilfskräften fast ausgeglichen (Arbeitnehmerkammer Bremen 2021). Dieses Verhältnis von Fach- zu Hilfskräften zeigt sich auch in aktuellen Statistiken zum zunehmenden Fachkräftemangel. Während 2009 unter zehn Prozent der Lagerei-Betriebe angegeben haben, von einem Fachkräftemangel betroffen zu sein, waren es 2024 47 % der befragten Lagerei-Unternehmen (KfW 2024).

Initiativen zur Qualifikation und Kompetenzentwicklung von Beschäftigten in Einfacharbeit können daher eine Möglichkeit sein, um dem steigenden Fachkräftemangel entgegenzuwirken (Schaper et al. 2023). Ein datengetriebenes Personalmanagement, welches die Fähigkeiten der Beschäftigten analysiert, kann dazu verwendet werden, die interne Personalsituation zu untersuchen und das Personal zu entwickeln (Vetter & Semenova 2020). Softwarelösungen, die den Personaleinsatz nicht nur auf Basis der Urlaubsplanung oder den Schichtrhythmen automatisch planen, sondern auch die Qualifikationen der Mitarbeitenden einbeziehen, werden vermehrt angeboten (Quintessence Optimization 2024). Diese Lösungen beachten jedoch nicht die Entwicklung

der vorhandenen Kompetenzen, sondern lediglich die bestmögliche Qualifikationsabdeckung (Decius & Schaper 2021).

Im Verbundprojekt „Ressourcen Entwicklung in Dienstleistungsarbeit“ (RessourcE) soll daher unter anderem eine Software, die wichtige Prädiktoren für die Potenzialerkennung von Beschäftigten berücksichtigt, entwickelt werden. Diese Software kann eine objektive Empfehlungsgrundlage für die Weiterqualifikation von Beschäftigten sein.

Eine Möglichkeit Mitarbeitende weiter zu qualifizieren und Fachkenntnisse zu vertiefen, ist die Methode der Job Rotation, bei der die Beschäftigten an wechselnden Arbeitsplätzen eingesetzt werden. Ein Ansatz einer agilen Personaleinsatzplanung wurde von Hauptvogel et al. vorgestellt, die auf Basis von individuellen Belastungszonen der Beschäftigten die Einsatzplanung anpassen. Dazu werden Umgebungsparameter, wie Schallpegel oder Temperatur, und die bereits durchgeführte Zeit während der jeweiligen Tätigkeit herangezogen (Hauptvogel et al. 2024). Die Einführung eines neuen Systems, z. B. zur Personaleinsatzplanung, ist abhängig von den aktuell im Unternehmen vorkommenden Verbesserungsmöglichkeiten und der Einstellung und Technikerfahrung der Mitarbeitenden (Gabriel et al. 2023). Um das Vertrauen in Systeme, u. a. für das Personalmanagement, zu stärken, ist es wichtig, die Mitarbeitenden mit in den Entwicklungs- und Entscheidungsprozess einzubeziehen (Sharmila et al. 2024).

Zur Untersuchung, welche Anforderungen und Herausforderungen für die Erstellung eines Programms zur Potenzialerkennung gelten, werden in diesem Beitrag zunächst die angewendeten Methoden beschrieben. Anschließend folgt die Beschreibung der Anforderungen und die daraus abgeleiteten Herausforderungen. Der Beitrag schließt mit einer Zusammenfassung.

2. Methoden

Das zu entwickelnde Programm wird in Zusammenarbeit mit zwei Logistik-Firmen in Bremen entwickelt. Die beiden Unternehmen unterscheiden sich sowohl in der Unternehmensgröße, als auch in den ausgewählten Pilotbereichen. Dennoch soll nach Möglichkeit ein Programm entwickelt werden, welches beide Unternehmen gleichermaßen anwenden können. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde ein gemeinsamer Workshop mit beiden Unternehmen durchgeführt, um Anwendungsfälle und Anforderungen herauszuarbeiten und Gemeinsamkeiten zwischen den Unternehmen festzustellen. Außerdem wurden Informationen in Bezug auf vorhandene Datenquellen gesammelt. Während des Workshops war es wichtig, dass Mitarbeitende aus beiden Unternehmen sich in Kleingruppen mischen und austauschen konnten.

Aufbauend auf diesen Informationen wurden außerdem Herausforderungen ausgearbeitet, die für die Erstellung eines gemeinsamen Datenpools und für die Implementierung einer Software zur Potenzialerkennung berücksichtigt werden müssen.

3. Anforderungen & Herausforderungen

Aus dem Workshop ergab sich, dass die Unternehmen die zu entwickelnde Software hauptsächlich zur Schichtplanung und zur Planung der Qualifikationen und Schulungen der Mitarbeitenden verwenden möchten. Diese Anwendungsfälle müssen bei der Entwicklung der Anwendung berücksichtigt werden. Die Einbeziehung, nicht

nur von Kenntnissen, sondern auch von Potenzialen der Mitarbeitenden in die Schichtplanung wurde als wichtiger Aspekt für die Zufriedenheit und Qualifizierung der Mitarbeitenden gesehen. Dies stimmt mit früheren Erkenntnissen aus Workshops und Befragungen mit Mitarbeitenden und Führungskräften aus nicht-forschungsintensiven Betrieben des verarbeitenden Gewerbes überein (Horvat et al. 2018).

Basierend auf diesen Anwendungsfällen ergeben sich Anforderungen, die bei der erfolgreichen Implementierung des Systems beachtet werden müssen. Diese Anforderungen lassen sich in zwei Kategorien aufteilen: den Anforderungen zur Akzeptanz des Systems und den Anforderungen zur Effektivität des Systems. Diese Anforderungen und die sich daraus ergebenden Herausforderungen sollen im Folgenden genauer beschrieben werden.

3.1 Anforderungen zur Akzeptanz

Die Akzeptanz des Systems ist entscheidend für eine erfolgreiche Implementierung des Systems in die Firmenstruktur. Der Workshop hat gezeigt, dass ein System, welches als Empfehlungsgrundlage für die Weiterqualifikation der Beschäftigten dient, die Ergebnisse transparent visualisieren muss. Dazu zählt eine Begründung der getroffenen Entscheidung sowie eine Übersicht über die ausgewählten relevanten Daten. Dennoch soll ein solches System nicht die finale Entscheidung geben, sondern lediglich Vorschläge machen, um den Anwendenden die Möglichkeit zu geben, fundierte Entscheidungen auf Basis der Vorschläge zu treffen – was die wahrgenommene Autonomie erhöht (Parker & Grote 2022). Dabei soll das System in der Einarbeitung und vor allem in der Anwendung keinen großen Mehraufwand bieten, sondern einfach zu benutzen sein (Decius & Schaper 2017).

Ein weiterer wichtiger Aspekt für die Akzeptanz ist die Fairness des Systems. So sollten alle Mitarbeitenden gleichbehandelt und Diskriminierung vermieden werden. Ein Beispiel kann die potenzielle Diskriminierung von Frauen sein, wenn das System auf Basis von Daten von männlichen Personen trainiert wurde und daher Frauen in der Auswertung möglicherweise nicht berücksichtigt werden. Dies gilt es zu vermeiden.

Zusätzlich ist die Sicherheit der persönlichen Daten der Beschäftigten von zentraler Bedeutung. Die Einhaltung der Datenschutzrichtlinien, insbesondere der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO), muss gewährleistet sein, um die Akzeptanz der Mitarbeitenden sicherzustellen.

3.2 Anforderungen zur Effektivität

Die Anforderungen zur Effektivität beschreiben Bedingungen, die erfüllt sein müssen, damit das System zufriedenstellende Ergebnisse liefern kann. Eine der wichtigsten Anforderungen ist Bereitstellung einer qualitativ hochwertigen und umfassenden Datenbasis, auf dessen Grundlage das System angelernt wird. Neben objektiven Kennzahlen, wie z. B. vorhandene Leistungskennzahlen oder absolvierte Weiterbildungen, können auch subjektive Aspekte, wie das Feedback von Vorgesetzten oder Kollegen, verwendet werden.

Auch das Wissen über Stress oder Belastung der Mitarbeitenden kann relevant für die Potenzialerkennung sein. Durch die Erkennung von Belastungsgrenzen können potenzielle Überforderungen vermieden werden, was zu einer optimalen Nutzung der Kompetenzen der Mitarbeitenden führt. Gleichzeitig kann aber auch die Erkennung eines positiven Umgangs mit Stress auf ein Entwicklungspotenzial hinweisen.

Neben den Umfang der Datenbasis ist auch die Aktualität essenziell, um verlässliche und differenzierte Potenzialanalysen zu ermöglichen. Werden Entscheidungen auf der Basis von veralteten Daten getroffen, kann es im Bereich der Potenzialerkennung zu Fehleinschätzungen kommen, z. B. weil Veränderungen in den Fähigkeiten einer Person nicht berücksichtigt werden. Um dies zu verhindern, müssen Daten regelmäßig aktualisiert werden, um dynamische Arbeitsumgebungen und sich verändernde Mitarbeiterqualifikationen zu berücksichtigen (Güth et al., 2017).

3.3 Herausforderungen

Die Entwicklung eines intelligenten Systems zur Potenzialerkennung der Mitarbeitenden führt außerdem zu Herausforderungen, die beachtet werden müssen. Diese betreffen neben der Datennutzung und -verarbeitung auch ethische Aspekte.

Eine der wichtigsten Herausforderungen ist die Datenqualität und der Zugang zu den Daten. Wie eingangs erwähnt soll das System mit zwei Praxispartnern entwickelt und getestet werden. Neben der unterschiedlichen Unternehmensgröße unterscheiden sich die Unternehmen auch in ihren Datenstrukturen und Kompetenzanforderungen. Zum Teil gibt es, bedingt durch die Unternehmensgröße, nur kleine Datensätze die verwendet werden können, zum Teil sind einige Daten nicht digital vorhanden oder werden nicht dokumentiert. Dennoch ist es wichtig, zuverlässige Algorithmen zu entwickeln, die mit den begrenzten Datenmengen eine aussagekräftige Potenzialanalyse durchführen.

Ein weiterer kritischer Punkt ist die Erhebung von sensitiven Stress- und Gesundheitsdaten, insbesondere Daten zur objektiven physiologischen Stressreaktion und subjektiven Stressbewertung der Mitarbeitenden. Hierbei muss sorgfältig darauf geachtet werden, den Datenschutz einzuhalten und die Mitarbeitenden umfassend zu informieren, damit deren Privatsphäre geschützt bleibt und gleichzeitig wertvolle Daten für die Potenzialerkennung erhoben werden können.

Um die Akzeptanz der Mitarbeitenden sicherzustellen, ist es wichtig, Vertrauen in die neue Technik zu schaffen. Viele Beschäftigte stehen derartigen Systemen mit Skepsis gegenüber, da sie eine Überwachung vermuten oder befürchten, dass das System sie unfair bewerten könnte. Diesen Ängsten muss mit einer klaren Kommunikation über die Ziele, Vorteile und Funktionsweise des Systems begegnet werden, um sicherzustellen, dass die Mitarbeitenden sich aktiv in den Prozess einbringen und die neuen Technologien als Hilfsmittel und nicht als Bedrohung wahrnehmen.

4. Zusammenfassung & Ausblick

In dieser Arbeit wurden die Anforderungen und Herausforderungen bei der Entwicklung eines Systems zur Potenzialerkennung von Beschäftigten in Einfacharbeit, vor allem im Logistiksektor, beschrieben. Die Anforderungen lassen sich in zwei Hauptkategorien unterteilen: Akzeptanz und Effektivität. Für eine hohe Akzeptanz des Systems sind Aspekte zur Transparenz, Fairness und Datenschutz entscheidend. Effektivität wird hingegen durch eine aktuelle und qualitativ hochwertige Datenbasis gewährleistet. Die Herausforderungen bestehen in der Sicherstellung einer ausreichenden Datenqualität und einer breiten Akzeptanz des Systems, die für dessen Erfolg unerlässlich sind.

Für die erfolgreiche Implementierung ist eine enge Zusammenarbeit mit den Praxispartnern notwendig, um das System an deren Anforderungen anzupassen und in den

betrieblichen Alltag zu implementieren. Die nächsten Schritte sind der Aufbau eines umfassenden Datenpools sowie die Implementierung der Potenzialerkennung. Für die Testphase des Systems ist es wichtig, relevante Indikatoren zur Bewertung des Systems festzulegen, wie z. B. die Qualität der Potenzialerkennung. Das System könnte letztendlich als Modell für andere Branchen, in denen Einfacharbeit verbreitet ist, dienen.

5. Literatur

Arbeitnehmerkammer Bremen (2021) Branchenreport Logistik. KammerKompakt A. Bremen.

Decius J, Schaper N (2017). The Competence Management Tool (CMT) – A new instrument to manage competences in small and medium-sized manufacturing enterprises. Procedia Manufacturing, 9, 376-383. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.041

Decius J, Schaper N (2021). Strategische Kompetenzentwicklung in gewerblichen Betrieben: Die Kompetenzmanagementtabelle (KMT). Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO), 52(2), 261-277. https://doi.org/10.1007/s11612-021-00566-w

Gabriel S, Bentler D, Bansmann M, Latos BA, Kühn A, Dumitrescu R (2023) Soziotechnische Gestaltung einer intelligenten Personaleinsatzplanung. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 64-68.

Güth S, Decius J, Horvat D, Schaper N, Virgillito A (2017). Strategisches Kompetenzmanagement von Produktionsbeschäftigen – Innovations- und Wachstumsimpulse in nicht-forschungsintensiven kleinen und mittleren Unternehmen. In D. Ahrens, & G. Molzberger (Hrsg.), Kompetenzentwicklung in analogen und digitalisierten Arbeitswelten. Kompetenzmanagement in Organisationen (S. 31-49). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54956-8_4

Hall A, Sevindik U (2020) Einfacharbeit in Deutschland – wer arbeitet was und unter welchen Bedingungen? Bonn: Verlag Barbara Budrich.

Hauptvogel M, Stürzebecher P, Warschewske F, Haase T (2024) Datenerfassung für den digitalen Zwilling der Mitarbeitenden zur flexiblen und belastungsoptimierten Personaleinsatzplanung in der Produktion. GfA Frühjahrstagung: „Arbeitswissenschaft in-the-loop: Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung“. Stuttgart.

Horvat D, Schaper N, Virgillito A, Decius J (2018). Gestaltung eines strategischen Kompetenzmanagements – Lösungsansätze und Instrumente für nichtforschungsintensive, mittelständische Unternehmen. Fraunhofer IRB.

KfW (2024) Anteil der Lagerei-Betriebe in Deutschland mit Mangel an Fachkräften vom 1. Quartal 2009 bis zum 4. Quartal 2024 (in Prozent) [Graph]. Abgerufen am 08. Januar 2025 von Statista: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1411744/umfrage/entwicklung-des-fachkraeftemangels-bei-unternehmen-im-bereich-lagerei/

Parker SK, Grote G (2022). Automation, Algorithms, and Beyond: Why Work Design Matters More Than Ever in a Digital World. Applied Psychology, 71(4), 1171–1204. https://doi.org/10.1111/apps.12241

Quintessence Optimization (2024) QPlaner [Software]. Abgerufen am 10. Januar 2025: https://www.qplaner.de/schichtplanung/

Schaper N, Decius J, Kauffeld S (2023). Formen und Bedingungen des arbeitsbezogenen Lernens in einer sich dynamisch wandelnden Arbeitswelt. Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO), 54(3), 281-287. https://doi.org/10.1007/s11612-023-00711-7

Sharmila R, Padmashree P, Sahana BS (2024) Role of Artificial Intelligence in Workforce Management: An Overview of its Benefits. IJFMR 6(2)

Vetter C, Semenova M (2020) Strategische Personalplanung & Qualitatives Skillmanagement. In C. Gärtner, Smart Human Resource Management (S. 133-146). Wiesbaden: Springer Gabler.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt allen Teilnehmenden unseres Workshops für die konstruktive Zusammenarbeit.
Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ (FKZ: 02L22C150–163) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

Führung im Wandel: Der Einfluss struktureller Führung auf Gesundheit und soziale Verantwortung

Adelisa MARTINOVIC, Andreas BLUME

hr&c – Human Resources und Change Management GmbH,
Alte Bahnhofstraße 56, D-44892 Bochum

Kurzfassung: Im Rahmen einer Sekundäranalyse der Daten von zehn Gefährdungsbeurteilungen psychischer Belastungen (*N* = 3481) wurden die Einflüsse von strukturellen und personalen Führungselementen auf die Gesundheit von Mitarbeitenden und Führungskräften untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Mitarbeitendengesundheit durch beide Führungselemente beeinflusst wird, während bei Führungskräften vor allem strukturelle Führung und organisationale Rahmenbedingungen relevant sind. Demnach sollten Organisationen neben Qualifikationsmöglichkeiten auch geeignete Rahmenbedingungen schaffen, um Führungskräfte in der Erfüllung ihrer Pflichten und Aufgaben zu unterstützen und so die Gesundheit von Mitarbeitenden und Führungskräften zu fördern.

Schlüsselwörter: strukturelle Führung, Gesundheit, Corporate Social Responsibility, Gefährdungsbeurteilung

1. Einleitung

Führungskräfte sind im Zuge von Megatrends und damit einhergehenden Veränderungen mit zunehmend mehr Anforderungen konfrontiert (Franken 2022). Dazu gehören auch Anforderungen in Verbindung mit der sozialen Verantwortung. Die neuen Anforderungen für Führungskräfte aus den Corporate Social Responsibility-, Nachhaltigkeits- und Lieferkettenverpflichtungen beziehen sich dabei nicht allein auf umwelt- und gesellschaftsrelevante Aspekte, sondern vornehmlich auch auf die soziale Verantwortung gegenüber den Mitarbeitenden. Über die Pflichtendelegation (z. B. § 13 ArbSchG) kann die Umsetzung von (sozialen) Verpflichtungen der Geschäftsleitung auf die Führungskräfte übertragen werden. Dazu zählen beispielsweise die Einführung eines Risikomanagements nach § 4 LkSG, die Durchführung von Risikoanalysen nach § 5 LkSG sowie Dokumentations- und Berichtspflichten nach § 10 LkSG und CSRD bzw. EU-Richtlinie 2022/2464. Diese kommen auf Führungskräfte zu den bereits gegebenen Verpflichtungen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes hinzu, zu denen auch die Gefährdungsbeurteilung (§ 5 ArbSchG) zählt. Bei der Erfüllung dieser Pflichten und weiterer Aufgaben sind die Führungskräfte von den strukturellen Gegebenheiten der Organisation abhängig. In diesem Handlungsrahmen wirken die Führungskräfte aktiv auf die Gesundheit ihrer Mitarbeitenden ein. Gleichzeitig können strukturelle Unzulänglichkeiten Überforderungen begünstigen, die die Führungskräftegesundheit beeinträchtigen (Bruch & Lee 2023). Um einen umfänglichen Eindruck über die Einflussfaktoren der Gesundheit zu gewinnen, ist es folglich ratsam, nicht nur die personale Führung zu beleuchten, sondern auch die strukturelle Führung inklusive ihrer Rahmenbedingungen.

2. Theoretischer Hintergrund

Zunächst werden die Konzepte der strukturellen und personalen Führung kontrastiert, bevor deren Zusammenhang zur Gesundheit erläutert wird.

2.1 Strukturelle und personale Führung

Von Rosenstiel und Nerdinger (2020) beschreiben Führung als eine zielbezogene Einflussnahme, welche sowohl durch Personen als auch durch Strukturen erfolgen kann. Führung durch Strukturen bedeutet für sie Strukturen zu schaffen, durch welche Aktivitäten der Mitarbeitenden koordiniert und auf die unternehmerischen Ziele ausgerichtet werden können, beispielsweise über Stellenbeschreibungen, Organigramme und Verfahrensvorgaben (von Rosenstiel & Nerdinger 2020). Strukturelle Führung, im Folgenden als SF abgekürzt, bedeutet also für die Führungskräfte die Arbeitsorganisation, inklusive Arbeitsausführung, Arbeitsmitteln, Regeln der Zusammenarbeit und Compliance sowie Personalentwicklung, zu gestalten und so ihren Mitarbeitenden gute Rahmenbedingungen für ihr Arbeiten zu bieten (Franken 2022). Demgegenüber steht die Führung durch Menschen (von Rosenstiel & Nerdinger 2020), häufig auch als personale Führung (Gregersen et al. 2020) bezeichnet, nachfolgend als PF abgekürzt. Bei dieser gilt es die einzelnen Mitarbeitenden mit ihren Bedürfnissen, Bedarfen sowie ihrer Gesundheit im Blick zu behalten. Im Fokus steht zumeist die Förderung der intrinsischen Motivation. Lob und positives Feedback, Sinnstiftung sowie Fairness sind hierbei Hebel (Fishbach et al. 2010; Bawa 2017; Sherf & Liu 2022). Dabei stehen SF und PF in einer engen Wechselwirkung: Die bestehenden Strukturen definieren maßgeblich den Handlungsspielraum, innerhalb dessen PF stattfinden kann.

Führung betrifft ebenso die Führungskräfte selbst. Auch sie erleben sowohl SF als auch PF. Letztere zeigt sich für Führungskräfte insbesondere in ihrem Verhältnis zu ihrer eigenen Führungskraft, die sie zu guter Arbeit motiviert und ihnen unterstützend zur Seite steht. SF wiederum schafft für Führungskräfte den notwendigen Rahmen, um ihre Aufgaben erfolgreich wahrnehmen zu können. Dazu gehören essenzielle Grundbedingungen wie Möglichkeiten zur Aufgabendelegation, zum Austausch mit den Beschäftigten sowie zur Gestaltung von Arbeitsbedingungen.

2.2 Führung und Gesundheit

Das Führungsverhalten stellt in Gefährdungsbeurteilungen einen der am häufigsten identifizierten Quellen für psychische Belastungen und Beanspruchungen von Beschäftigten dar (Blume et al. 2022). Dieser Einfluss von Führungskräften auf die Gesundheit der Mitarbeitenden spiegelt sich in der Forschung wider. So zeigen Übersichtsarbeiten wie die von Gregersen und Kollegen (2011) oder auch Kuoppala und Kollegen (2008), dass Führungskräfte über SF und PF sowohl einen positiven als auch einen negativen Einfluss auf die Gesundheit ihrer Geführten nehmen können. Ob Führungskräfte gesund führen können, hängt nicht nur von ihren Einstellungen zur Führung oder dem Verhalten ihrer eigenen Führungskraft ab, sondern auch von den ihnen zur Verfügung stehenden Strukturen und Rahmenbedingungen (Blume et al. 2022; Efimov et al. 2023). Im Vergleich zur PF, welche in den letzten Jahren ausgiebig untersucht wurde, fand die SF bislang weniger Beachtung. Gefährdungsbeurteilungen psychischer Belastungen stellen hier durch ihre detaillierte Analyse von Arbeits- und

Führungsbedingungen eine hilfreiche Datenquelle dar, um einen Beitrag zur Schließung dieser Forschungslücke zu leisten. Vor diesem Hintergrund zielte die Sekundäranalyse darauf ab, den Einfluss von SF und PF auf die Gesundheit der Mitarbeitenden und Führungskräfte zu analysieren und zu vergleichen. Abgeleitet aus der bisherigen Empirie wurden dabei folgende Hypothesen untersucht:

H1: PF hat einen signifikanten Einfluss auf die Mitarbeitendengesundheit.
H2: SF hat einen signifikanten Einfluss auf die Mitarbeitendengesundheit.
H3: PF hat einen signifikanten Einfluss auf die Führungskräftegesundheit.
H4: SF hat einen signifikanten Einfluss auf die Führungskräftegesundheit.
H5: Die Rahmenbedingungen der Führungstätigkeit haben einen signifikanten Einfluss auf die Führungskräftegesundheit.

3. Methode

Es wurde eine Sekundäranalyse der Befragungsdaten von zehn zweistufigen Gefährdungsbeurteilungen psychischer Belastungen aus den letzten fünf Jahren durchgeführt. Die Gesamtstichprobe betrug $N = 3481$ Beschäftigte, davon 670 Führungskräfte und 2811 Mitarbeitende. Als Befragungsinstrumente wurden der hr&c-BAAM® Flex und der hr&c-BAAM® Smart, eine Kurzversion, genutzt. Die nachfolgend erläuterten Konstrukte wurden aufgrund ihrer inhaltlichen und statistischen Passung über die Modulgrenzen hinaus zu Skalen zusammengestellt. Um eine Vergleichbarkeit zwischen der Lang- und Kurzversion zu gewährleisten, wurden für die Analyse nur Items herangezogen, die wortgleich in beiden Befragungsinstrumenten enthalten waren. Zur Messung der SF wurden 6 Items zur organisatorischen Abstimmung, zur Klarheit von Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortlichkeiten, zur Führungsstruktur sowie zur Qualifikation berücksichtigt. Die PF wurde über das Anerkennen guter Arbeit sowie das Verhalten bei Konflikten und Beurteilungen in 4 Items operationalisiert. Daneben wurden die Rahmenbedingungen der Führungstätigkeit, d. h. ausreichende Zeit für Führungsaufgaben, vorhandene Delegationsmöglichkeiten etc. in 10 Items einbezogen. Die Gesundheit der Mitarbeitenden und Führungskräfte wurde mittels drei Subdimensionen des hr&c-BAAM® Moduls B5 abgebildet: Körperliche Gesundheit (10 Items), psychische Gesundheit (7 Items) und Erholung (3 Items). Für die Analyse der Einflüsse wurden multiple und einfache lineare Regressionen mit z-standardisierten Werten durchgeführt.

4. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse, getrennt nach Mitarbeitendengesundheit und Führungskräftegesundheit, vorgestellt.

4.1 Einflüsse auf die Gesundheit der Mitarbeitenden

Für die Mitarbeitendengesundheit waren sowohl SF als auch PF signifikante Prädiktoren. Somit konnten die Hypothesen 1 und 2 angenommen werden. Dies war in allen drei Subdimensionen zu beobachten, wobei die SF durchweg einen höheren Einfluss als die PF zeigte und die psychische Gesundheit insgesamt am stärksten beeinflusst wurde. Eine Übersicht der Ergebnisse ist in Tabelle 1 abgetragen.

Tabelle 1: *Regressionskoeffizienten für Subdimensionen der Mitarbeitendengesundheit (N = 2811). Dargestellt sind die Regressionskoeffzienten (β) mit Standardfehler (SE). *** p < .001.*

Unabhängige Variable	Körperliche Gesundheit		Psychische Gesundheit		Erholung	
	β	*SE*	β	*SE*	β	*SE*
SF	.14***	.04	.34***	.03	.24***	.03
PF	.14***	.04	.14***	.03	.16***	.03

Zu H1: Hinsichtlich der PF erwies sich die Fairness durch die übergeordnete Führungskraft als stärkster Prädiktor für die Mitarbeitendengesundheit (körperliche Gesundheit: β = .152, $p < .001$, psychische Gesundheit: β = .286, $p < .001$, Erholung: β = .222, $p < .001$). Ein weiterer Einflussfaktor für alle drei Subskalen der Gesundheit war die Fairness der direkten Führungskraft (körperliche Gesundheit: β = .108, $p = .027$, psychische Gesundheit: β = .118, $p = .012$, Erholung: β = .143, $p = .002$). Die Anerkennung guter Arbeit durch die Führungskraft zeigte zwar nicht für die Erholung ($p > .05$), aber für die körperliche Gesundheit (β = .084, $p = .045$) und die psychische Gesundheit (β = .099, $p = .015$) signifikante Effekte.

Zu H2: Als struktureller Einflussfaktor für die Mitarbeitendengesundheit erwies sich für alle drei Subdimensionen die Klarheit von Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortlichkeiten (körperliche Gesundheit: β = .087, $p = .024$, psychische Gesundheit: β = .100, $p = .005$, Erholung: β = .072, $p = .047$). Darüber hinaus zeigten sich für die psychische Gesundheit und die Erholung Einflüsse durch Weiterbildungsmöglichkeiten (psychische Gesundheit: β = .133, $p < .001$, Erholung: β = .105, $p = .001$) sowie durch die Güte der organisatorischen Abstimmungen zwischen Arbeitsbereichen (psychische Gesundheit: β = .187, $p < .001$, Erholung: β = .162, $p < .001$). Die Güte der organisatorischen Abstimmungen innerhalb des Arbeitsbereiches war ein Prädiktor für die psychische Gesundheit (β = .087, $p = .032$).

4.2 Einflüsse auf die Gesundheit der Führungskräfte

Zu H3/H4: Für die Führungskräfte fungierte nur die Skala SF als signifikanter Prädiktor. Die vierte Hypothese, dass sich die SF der unmittelbaren Führungskraft auf die Führungskräftegesundheit auswirkt, konnte also angenommen werden. Der höchste Einfluss der SF fand sich auf die psychische Gesundheit (β = .417, $p < .001$), gefolgt von der Erholung (β = .389, $p < .001$) und der körperlichen Gesundheit (β = .370, $p < .001$). Als wichtige Facetten der SF erwiesen sich die Organisation von Abstimmungen zwischen Arbeitsbereichen mit signifikanten Regressionskoeffizienten für alle drei Subdimensionen (körperliche Gesundheit: β = .260, $p = .014$, psychische Gesundheit: β = .331, $p < .001$, Erholung: β = .311, $p = .002$) und die Personalentwicklung durch die unmittelbare Führungskraft für die psychische Gesundheit (β = .195, $p = .003$) und die Erholung (β = .189, $p = .005$). Die Skala PF erwies sich nicht als signifikanter Prädiktor für die betrachteten Subdimensionen der Gesundheit. Die dritte Hypothese eines Einflusses der PF durch die unmittelbare Führungskraft auf die Führungskräftegesundheit wurde entsprechend verworfen. Allerdings ergab eine Betrachtung der Einzelitems einen signifikanten Einfluss der Anerkennung guter Arbeit auf die Erholung (β = .200, $p = .032$) sowie einen signifikanten Einfluss der Fairness der unmmitelbaren Führungskraft auf alle drei Subdimensionen (körperliche Gesundheit: β = .240, $p = .011$, psychische Gesundheit: β = .395, $p < .001$, Erholung: β = .275, $p = .003$).

Zu H5: Für die Führungskräfte zeigten sich hinsichtlich der Rahmenbedingungen der Führung differenzierte Einflussfaktoren auf die Gesundheit. Die Möglichkeit, die Arbeit der Mitarbeitenden gesundheitsförderlich zu gestalten, erwies sich als Prädiktor für die körperliche Gesundheit (β = .225, *p* = .034) und Erholung (β = .227, *p* = .027). Darüber hinaus waren Möglichkeiten zur Qualifikation (β = .201, *p* = .034), Möglichkeiten zur Delegation an die Mitarbeitenden (β = .284, *p* = .005) Klarheit über die Erwartungen der Mitarbeitenden (β = -.288, *p* = .029) und die Gelegenheit zu Team- und Einzelgesprächen signifikante Prädiktoren der psychischen Gesundheit (β = .232, *p* = .020). Andere betrachtete Rahmenbedingungen wurden nicht signifikant, sodass Hypothese 5 nur in Teilen bestätigt wurde.

5. Diskussion

Nachfolgend werden die Ergebnisse zusammengefasst und diskutiert. Anschließend folgt ein Ausblick mit Handlungsempfehlungen für die Praxis.

5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass sich für die Gesundheit der Mitarbeitenden sowohl die PF als auch stärker die SF als relevante Einflussfaktoren erwiesen. Dies deckt sich mit den Befunden von Montano et al. (2017), die ebenfalls betonten, dass neben individuellen und sozialen Aspekten, die Teil der PF sind, insbesondere auch organisatorische Charakteristika, etwa in Bezug auf Arbeitsgestaltung, von Bedeutung für die Mitarbeitendengesundheit sind.

Für die Gesundheit der Führungskräfte spielten hingegen vor allem strukturelle Faktoren eine Rolle. SF und angemessene Rahmenbedingungen, wie Weiterbildungsmöglichkeiten und gesundheitsförderliche Gestaltungsspielräume, zeigten die stärksten positiven Effekte. Hingegen war die Klarheit der Erwartung der Mitarbeitenden ein negativer Einflussfaktor auf die Führungskräftegesundheit. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass aus der Klarheit der Erwartungen ein Gefühl des Drucks des Gerechtwerdens erwachsen kann, welches sich im Sinne eines interpersonalen Stressfaktors (Harms et al., 2017) negativ auf die Führungskräftegesundheit auswirkt.

Als personale Aspekte konnten Anerkennung und Fairness als signifikante Prädiktoren für die Führungskräftegesundheit identifiziert werden. Dass die Führungskräftegesundheit vornehmlich durch strukturelle Charakteristika beeinflusst wird, könnte, angelehnt an die Befunde von Thomson et al. (2020), damit zusammenhängen, dass Führungskräfte in ihrer Rolle stärker auf organisatorische Rahmenbedingungen angewiesen sind, die ihre Handlungsfähigkeit und Entscheidungsfreiheit sichern. Personale Führungselemente nehmen hingegen aufgrund ihres eigenen Handlungsspielraums und ihrer Selbstverantwortung eine geringere Rolle ein.

Generell zeigte sich, dass die SF und PF vor allem auf die psychische Gesundheit und die Erholung Einfluss nehmen. Letzteres steht im Einklang mit der bisherigen Forschung, welche Zusammenhänge von Führung zu psychischen Auswirkungen wie emotionaler Erschöpfung, Burnout und Stressempfinden und seltener Zusammenhänge mit der körperlichen Gesundheit nahelegt (Kuoppala et al. 2008; Gregersen et al. 2020).

5.2 Ausblick und Handlungsempfehlungen

Nimmt man die Perspektive ernst, dass über die Nachhaltigkeit und sozialen Erfordernisse aus der Corporate Social Responsibility und Lieferkettengesetzgebung die strukturellen und personalen Führungsaufgaben zunehmen werden, so ist es an der Zeit hier, auch präventiv, Maßnahmen zugunsten einer gesundheitsförderlichen, sozialverantwortlichen Führungsarbeit zu planen und umzusetzen. Gemäß der Ergebnisse dieser Sekundäranalyse geht es dabei nicht nur um Qualifizierungen, sondern auch um die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen, in welchen die Führungskräfte handlungsfähig gestalten können. Dazu gehört mit Blick auf die angesprochenen Verpflichtungen auch eine Umsetzung von Synergiepotenzialen auf der organisatorischen und strukturellen Ebene. Eine stärker synergetisch organisierte Zusammenarbeit bietet dabei das Potenzial die Aufwände der Führungskräfte zu reduzieren. Zusammen mit weiteren Maßnahmen kann so ein Beitrag zur Förderung und Erhaltung der Beschäftigtengesundheit geleistet werden. Hier fungiert die Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastungen als zentrales Instrument.

6. Literatur

Bawa MA (2017) Employee motivation and productivity: A review of literature and implications for management practice. Int J Econ Commerce Manage 12:662-673.

Blume A, Martinovic A, Paternoga M (2022) Verantwortung für den Arbeits- und Gesundheitsschutz übernehmen – CSR realisieren. In: Badura B, Ducki A, Meyer M, Schröder H (Hrsg.) Fehlzeiten-Report 2022. Berlin: Springer, 135-147. https://doi.org/10.1007/978-3-662-65598-6_8.

Bruch H, Lee P (2023) Die erschöpfte Führung. Was bedeutet Burnout auf Leitungsebene für die Arbeitswelt? Die Politische Meinung 580:72-76.

Efimov I, Harth V, Mache S (2023) Förderliche Rahmenbedingungen gesundheitsorientierter Führung in virtueller Zusammenarbeit – eine Mixed-Methods-Studie. Das Gesundheitswesen 85:812. https://doi.org/10.1055/s-0043-1770609.

Fishbach A, Eyal T, Finkelstein SR (2010) How positive and negative feedback motivate goal pursuit. Soc Personal Psychol Compass 4:517-530. https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2010.00285.x.

Franken S (2022) Führen in der Arbeitswelt der Zukunft. Instrumente, Techniken und Best-Practice-Beispiele, 2. vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-38372-5.

Gregersen S, Kuhnert S, Zimber A, Nienhaus A (2011) Führungsverhalten und Gesundheit – zum Stand der Forschung. Das Gesundheitswesen 73:3-12.

Gregersen S, Vincent-Höper S, Schambortski H, Nienhaus A (2020) Führung und Gesundheit der Beschäftigten. In: Kriwy P, Jungbauer-Gans M (Hrsg.) Handbuch Gesundheitssoziologie. Wiesbaden: Springer VS, 559-579. https://doi.org/10.1007/978-3-658-06392-4_19.

Harms PD, Credé M, Tynan M, Leon M, Jeung W (2017) Leadership and stress: A meta-analytic review. The Leadership Quarterly 28:178-194. https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2016.10.006.

Kuoppala J, Lamminpää A, Liira J, Vainio H (2008) Leadership, job well-being, and health effects – a systematic review and a meta-analysis. J Occup Environ Med 50:904-915.

Montano D, Reeske A, Franke F, Hüffmeier J (2017) Leadership, followers' mental health and job performance in organizations: A comprehensive meta-analysis from an occupational health perspective. J Organ Behav 38:327-350.

Sherf EN, Liu JT (2022) It's not only what you do, but why you do it: How managerial motives influence employees' fairness judgments. J Appl Psychol 107:581–603.

Thomson B, Steidelmüller C, Schröder T, Wittmers A, Pundt F, Weber C (2020) Der Zusammenhang organisationaler Rahmenbedingungen und Gesundheit bei Führungskräften und Beschäftigten. Projekt F2436 „Führung und Organisation im Wandel". ASU Z Med Prävention 55:1-44.

Von Rosenstiel L, Nerdinger FW (2020) Grundlagen der Führung. In: Von Rosenstiel L, Regnet E, Domsch ME (Hrsg.) Führung von Mitarbeitern. Handbuch für erfolgreiches Personalmanagement, 8. Auflage. Stuttgart: Schäffer Poeschel, 21-53.

Beurteilung thermischer Gefährdungen – Projekt zur erweiterten Bewertung militärspezifischer Aktivitäten, Bekleidung und individueller Einflüsse mit dem Klimaindex UTCI

Peter BRÖDE[1], Dusan FIALA[2], Rolf THIELE[3], Marcus HEROLD[3]

[1] Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo), Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund
[2] ErgonSim–Human Thermal Modelling, Robert-Bosch-Str. 20, D-72469 Meßstetten
[3] Dezernat V 8 Atmosphärenphysik, Zentrum für Geoinformationswesen der Bundeswehr, Kommerner Str. 188, D-53879 Euskirchen

Kurzfassung: Mit dem Klimawandel zunehmend auftretende extreme Wetterbedingungen stellen neue Anforderungen an die Werkzeuge zur Beurteilung von Gefährdungen, die durch Hitze und Kälte ausgehen, insbesondere bei Arbeiten im Freien. Dabei wird im Zuge der propagierten Zeitenwende dem militärischen Sektor eine erhöhte Aufmerksamkeit zuteil. Dieser Beitrag stellt ein kollaborativ durchgeführtes mehrjähriges Projekt zur Etablierung eines an militärspezifische Anforderungen angepassten Index zur Bewertung thermischer Gefährdungen vor, der auf der Grundlage des auf einem fortschrittlichen Simulationsmodell der menschlichen Thermoregulation basierenden Klimasummenmaßes UTCI entwickelt wird. Die Projektstruktur und der aktuelle Bearbeitungsstand mit derzeit mehr als 50 Millionen simulierten Expositionsszenarien werden beschrieben.

Schlüsselwörter: Klimawandel, Hitze, Kälte, Gefährdungsbeurteilung, Digitales Mensch-Modell, Index

1. Hintergrund

Mit der Zunahme extremer Wetterbedingungen im Zuge des Klimawandels gewinnt die Beurteilung der Gefährdungen durch Hitze und Kälte an Bedeutung, insbesondere bei Tätigkeiten im Freien (Gabriel & Bux 2024), wobei angesichts der propagierten Zeitenwende (Wikipedia 2025) neben dem zivilen auch der militärische Sektor wachsende Beachtung erfährt.

2. Ausgangspunkt des Projekts

Das Klimasummenmaß UTCI (Universal Thermal Climate Index) (Jendritzky et al. 2012) fußt auf einem fortschrittlichen Menschmodell der Thermoregulation (Fiala-Modell, FPC) (Fiala & Havenith 2016; Fiala et al. 2012), das mit einem die urbane Bevölkerung repräsentierenden Bekleidungsmodell gekoppelt wurde (Havenith et al. 2012). Als Klimaindex bewertet UTCI das Zusammenwirken von Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit und Wärmestrahlung auf den Menschen (Bröde et al. 2012) und hat sich national und international als Beurteilungsmaßstab thermischer

Einwirkungen auf Gesundheit, Leistung und Befinden etabliert (Bröde et al. 2013; Di Napoli et al. 2020; Havenith et al. 2024; VDI 3787-2 2022).

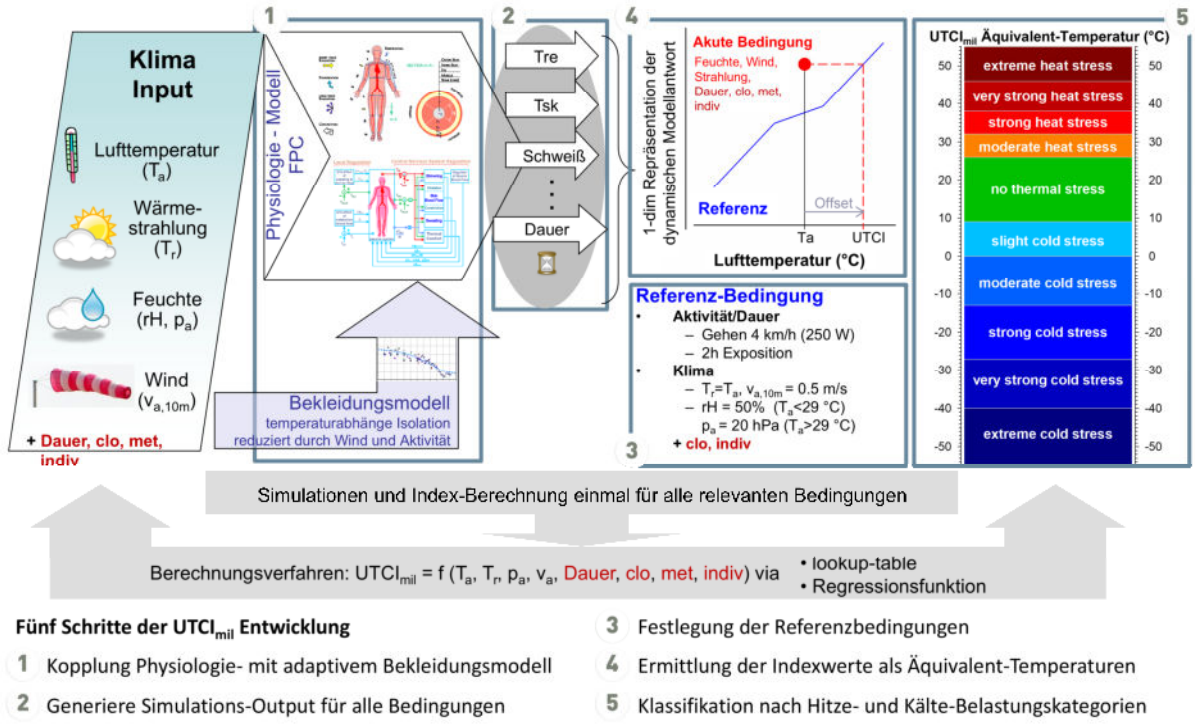


***Abbildung 1**: Struktur, Elemente und Entwicklungsschritte des Klimaindex $UTCI_{mil}$ zur erweiterten Bewertung militärspezifischer Aktivitäten (met), Bekleidung (clo), individueller Einflüsse (indiv) und Dauer der Exposition (Legende: FPC: Fiala Thermal Physiology and Comfort Model; T_a: Lufttemperatur; T_r: mittlere Strahlungstemperatur; rH: relative Luftfeuchte; p_a: Wasserdampfdruck, $v_{a,10m}$: Luftgeschwindigkeit 10 m über Grund; Tre: Rektaltemperatur; Tsk: Hauttemperatur).*

Im Rahmen des vom Zentrum für Geoinformationswesen der Bundeswehr (ZGeoBw) betriebenen Informationssystems „Biometeorologische Gefährdungslage“ wird UTCI zur belastungsbezogenen Analyse und Prognose der komplexen thermoregulatorischen Anpassungsreaktionen auf wechselnde Umwelt- und sonstige Einsatzbedingungen verwendet (Thiele 2020). Dabei ergaben sich Mängel hinsichtlich der Beurteilung häufig wechselnder Aktivitäten mit meist erhöhtem Metabolismus, der thermischen Eigenschaften militärspezifischer Bekleidung und Ausrüstung sowie anthropometrischer und weiterer personenbezogener Einflüsse, z. B. der körperlichen Leistungsfähigkeit.

3. Zielsetzung und Vorgehensweise

Mit dem Ziel, den aufgezählten Defiziten abzuhelfen, soll das hier vorgestellte Projekt durch ausgedehnte, an die Einsatzszenarien angepasste Simulationsrechnungen mit dem FPC-Modell den Anwendungsbereich des UTCI erweitern. Der nach der in Abbildung 1 dargestellten Vorgehensweise zu entwickelnde angepasste Index $UTCI_{mil}$ soll somit befähigt werden, die in Tabelle 1 aufgelisteten und in weiten Grenzen variierenden Bekleidungseigenschaften, Expositionsdauern, Aktivitäten und individuellen Einflüsse zusätzlich zu den Klimabedingungen adäquat abzubilden. Der Beitrag stellt

Hintergrund und Ziele des Projektes sowie den Bearbeitungsstand mit derzeit mehr als 50 Millionen simulierter Szenarien vor.

Tabelle 1: *Gegenüberstellung der vom Klimaindex UTCI und dem auf militärspezifische Anforderungen erweiterten Index $UTCI_{mil}$ berücksichtigten Bereiche der für die Beurteilung thermischer Gefährdungen relevanten Einflussfaktoren.*

Einflussfaktor	UTCI	$UTCI_{mil}$
1. Klimaparameter		
Lufttemperatur (T_a)	-50 bis +50 °C	-60 bis +60 °C
Wärmestrahlung $\Delta T_r = T_r - T_a$	-30 bis +70 K	-70 bis +70 K
Luftfeuchte Wasserdampfdruck (p_a)	0 bis 5 kPa	0 bis 6 kPa
Luftgeschwindigkeit 10 m über Grund	0.5 bis 30.3 m/s	0.5 bis 30.3 m/s
2. Expositionsdauer	2 h	0.5 bis 8 h
3. Arbeitsschwere/Aktivität		
Metabolische Wärmeproduktion	250 W	105 bis 1000 W
4. Bekleidung		
Wärmeisolation (intrinsisch) (1 clo = 0.155 m^2K/W)	fix (temperaturabhängig) 0.3 bis 2.8 clo	0.044 bis 0.746 m^2K/W 0.3 bis 4.8 clo
Wasserdampfwiderstand (intrinsisch)	gekoppelt an Wärmeisolation	4.19 bis 139.43 m^2Pa/W
5. Individuelle Faktoren		
Körperliche Leistungsfähigkeit (max. O_2-Aufnahme)	kA	20 bis 60 mL/min/kg
Körperfettanteil	14%	8 bis 35%
Körperhöhe	170 cm	158 bis 200 cm
Körpermasse	73.4 kg	47.4 bis 124 kg
Hitzeakklimatisationsgrad (0:nicht akkl., 1:völlig akkl.)	kA	0 (1 Tag) bis 1 (14 Tage)

T_r: mittlere Strahlungstemperatur (°C); O_2: Sauerstoff, kA: keine Angabe

4. Literatur

Bröde P, Blazejczyk K, Fiala D, Havenith G, Holmér I, Jendritzky G, Kuklane K, Kampmann B (2013) The Universal Thermal Climate Index UTCI Compared to Ergonomics Standards for Assessing the Thermal Environment. Industrial Health 51:16-24.

Bröde P, Fiala D, Blazejczyk K, Holmér I, Jendritzky G, Kampmann B, Tinz B, Havenith G (2012) Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). International Journal of Biometeorology 56:481-494.

Di Napoli C, Barnard C, Prudhomme C, Cloke HL, Pappenberger F (2020) ERA5-HEAT: A global gridded historical dataset of human thermal comfort indices from climate reanalysis. Geoscience Data Journal 8:2-10.

Fiala D, Havenith G (2016) Modelling Human Heat Transfer and Temperature Regulation. In: Gefen A, Epstein Y (Eds) The Mechanobiology and Mechanophysiology of Military-Related Injuries. Cham: Springer International Publishing, 265-302.

Fiala D, Havenith G, Bröde P, Kampmann B, Jendritzky G (2012) UTCI-Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation. International Journal of Biometeorology 56:429-441.

Gabriel K, Bux K (2024) Hitze als Risiko am Arbeitsplatz. In: Schneider S (Ed) Gesundheitsrisiko Klimawandel. Bern: Hogrefe Verlag, 291-300.

Havenith G, Fiala D, Blazejczyk K, Richards M, Bröde P, Holmér I, Rintamaki H, Ben Shabat Y, Jendritzky G (2012) The UTCI-clothing model. International Journal of Biometeorology 56:461-470.

Havenith G, Smallcombe JW, Hodder S, Jay O, Foster J (2024) Comparing the efficacy of different climate indices for prediction of labor loss, body temperatures, and thermal perception in a wide variety of warm and hot climates. Journal of Applied Physiology 137:312-328.

Jendritzky G, de Dear R, Havenith G (2012) UTCI - Why another thermal index? International Journal of Biometeorology 56:421-428.

Thiele R (2020) Biometeorologische Gefährdungslage –Das automatisierte Online-Informationssystem des GeoInfoDBw zu atmosphärischen Umweltbedingungen. GEOINFO Forum 1/2020:24-27, https://www.bundeswehr.de/resource/blob/5335942/5fbd135abd5dc3228fc96ec9740c7c22/geoinfo-forum-1-ausgabe-2020-data.pdf, letzter Zugriff 2025-01-29.

VDI 3787-2 (2022) Umweltmeteorologie - Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung der thermischen Komponente des Klimas [Environmental meteorology – Methods for human-biometeorological evaluation of the thermal component of the climate]. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure e.V.

Wikipedia (2025) Zeitenwende-Rede – Wikipedia, die freie Enzyklopädie. https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Zeitenwende-Rede&oldid=251914617, letzter Zugriff 2025-01-29.

Danksagung: Die Autoren bedanken sich für die Förderung des Vorhabens im Rahmen des ZGeoBw -Projekts FPe 5632 „Entwicklung eines mathematisch-arbeitsergonomischen Verfahrens zur methodischen Berechnung des auf den militärischen Anwendungsfall angepassten Universellen Thermischen Klimaindex (Universal Thermal Climate Index for the military use case, UTCI mil)“.

Gib mir den Rest! – Open Innovation durch 3D-Druck mit regionalen Reststoffen für eine nachhaltige Produktion im Reallabor SAMSax

Adelina BERKEMEIER[1,2], Marc SCHWARZKOPF[1],
Angelika C. BULLINGER-HOFFMANN[1]; Henning ZEIDLER[2]

[1] Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement, TU Chemnitz, Erfenschlager Straße 73, D-09125 Chemnitz
[2] Professur Additive Fertigung, TU Bergakademie Freiberg, Agricolastraße 1, D-09599 Freiberg

Kurzfassung: Im simul+ Reallabor „Sustainable Additive Manufacturing in Saxony“ (SAMSax) werden regional anfallende Reststoffe mittels 3D-Druck in nachhaltige Produkte überführt. Der iterative, offene Innovationsprozess ermöglicht die flexible Entwicklung und Umsetzung neuer Ideen in enger Zusammenarbeit von Forschung und Industrie. Ein Workshop mit der 6-Hüte-Methode führte zu fünf innovativen Konzepten, darunter Infill-Strukturen auf einer Leichtbauplatte für Campingtische aus Jeansfasern und restaurative Anwendungen aus Mörtel. Das Reallabor stärkt durch Upcycling die regionale Kreislaufwirtschaft, erhöht die Ressourceneffizienz und schafft praxisorientierte, nachhaltige Lösungen. Als Innovationstreiber bietet SAMSax zudem eine Plattform für Wissenstransfer und Zusammenarbeit mit KMU und steigert somit die regionale Wertschöpfung.

Schlüsselwörter: Reallabor, Innovation, Upcycling von Reststoffen, additive Fertigung, Nachhaltige Produktentwicklung, Kreislaufwirtschaft

1. Hintergrund

Die Nachhaltigkeit steht angesichts von Klimawandel, Ressourcenknappheit und Umweltbelastungen zunehmend im Fokus der Produktentwicklung (Barbier 2021; Kılkış 2016; Putra et al. 2024). Industrie und Verbraucher fordern innovative Ansätze, die sowohl ressourceneffiziente Herstellungsverfahren als auch umweltfreundliche Materialien ermöglichen (Colorado et al. 2020; Giunta et al. 2023; Putra et al. 2024). In diesem Kontext hat sich die additive Fertigung (Additive Manufacturing, AM) als Schlüsseltechnologie etabliert. Sie bietet die Möglichkeit, komplexe und individuell angepasste Produkte effizient herzustellen und gleichzeitig Produktionszeiten sowie Kosten erheblich zu reduzieren (Javaid et al. 2021; Jiang et al. 2024; Sauerwein et al. 2019). Die drängenden globalen Herausforderungen machen es erforderlich, Materialproduktion und -nutzung grundlegend zu überdenken. Nachhaltige Produktentwicklung verfolgt hierbei Strategien wie die Optimierung von Herstellungsprozessen, eine energiearme Nutzungsphase und recyclinggerechte Gestaltung (Islam et al. 2022; Pimenov et al. 2022; Sudheshwar et al. 2023). Einen entscheidenden Beitrag können hierbei Reallabore leisten, die als offene Innovationsplattformen verschiedene Beteiligte aus Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft zusammenbringen. Sie fördern praxisorientierte Entwicklungen und schaffen die Basis für wegweisende Lösungen im Sinne einer nachhaltigen Transformation (Bouwma et al. 2022; Hossain et al. 2019; Leminen & Westerlund 2019).

Das simul+ Reallabor SAMSax verfolgt einen interdisziplinären Ansatz zur Entwicklung nachhaltiger Fertigungsprozesse. Das Reallabor hat einen kollaborativen und experimentellen Raum geschaffen, in dem organische und anorganische Reststoffe aus Industrie und Landwirtschaft in neue industrielle Anwendungen für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) überführt werden. Dabei handelt es sich um pulver- oder staubförmige Materialien pflanzlichen Ursprungs wie Holz (z. B. Buchen- und Birkensägemehl), Gräser (z. B. Miscanthus) und Schalen oder Kerne (z. B. Haselnuss). Darüber hinaus zählen auch Rückstände aus Fertigungsprozessen, wie Glasschleifstaub, Textilfasern (z. B. recycelte Baumwolle und Jeansfaserstaub) sowie Mineral-Holz-Verbunde oder Zellulose-Sand-Gemische zu den relevanten Reststoffen.

SAMSax fungiert als Brücke zwischen wissenschaftlicher Forschung und praktischer Anwendung. Im Mittelpunkt von SAMSax stehen die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft, die darauf abzielen, den Materialverbrauch zu senken, Abfälle zu minimieren und die Recyclingfähigkeit sowie biologische Abbaubarkeit von Produkten zu verbessern (Berkemeier et al. 2024).

Das Reallabor ist dabei methodisch an einen offenen Innovationsprozess angelehnt, der durch die Einbindung aktueller und zukünftiger Stakeholder eine frühzeitige Abstimmung auf industrielle Anforderungen ermöglicht. Dieser Ansatz fördert den gezielten Wissensaustausch innerhalb und außerhalb von Organisationen, um Innovationsprozesse zu optimieren und externe Märkte zu erweitern (Chesbrough 2008). Dabei kombiniert das Konzept Ideen, die in Zusammenarbeit mit Stakeholdern entwickelt, bewertet und in Anwendungen überführt werden. Der Innovationsprozess bei SAMSax umfasst, angelehnt an Bullinger-Hoffmann (2009) und Herstatt & Verworn (2014), die Phasen Ideengenerierung, -bewertung, Konzepterstellung, Prototypentwicklung und Evaluation.

Ziel dieses Beitrages ist die Darstellung der Ergebnisse eines Workshops, bei dem die 6-Hüte-Methode nach Edward de Bono (De Bono 2016) genutzt wurde, um innovative Anwendungsszenarien für die additive Fertigung zu erarbeiten. Der Schwerpunkt liegt auf den Phasen Ideengenerierung und -bewertung, die die Grundlage für die weiteren Entwicklungs- und Umsetzungsphasen bilden.

2. Methode

Zur Entwicklung innovativer Produktideen und Anwendungen unter Nutzung additiver Fertigungsverfahren sowie deren prototypischer Umsetzung mit geeigneten Materialien im SAMSax Reallabor wurde ein Workshop mit dem Titel „Neue Lösungen für Ihre Produkte mittels additiver Fertigung“ speziell für Anwenderinnen und Anwender sächsischer KMU aus verschiedenen Branchen konzipiert.

Im Rahmen des Workshops wurden $N = 10$ Teilnehmende durch einen strukturierten Prozess in mehreren Schritten geleitet. Zu Beginn vermittelten einleitende Präsentationen grundlegendes Wissen zur additiven Fertigung, Kreislaufwirtschaft und Materialverarbeitung.

In der Ideenfindungsphase identifizierten die Teilnehmenden potenzielle Einsatzmöglichkeiten von 3D-Drucktechnologien in ihren Unternehmen. Die zentrale Frage lautete: Für welches Produkt wäre der 3D-Druck in Ihrem Unternehmen denkbar? Die Ideen der Teilnehmenden wurden von der Gruppe kategorisiert und für die Bearbeitungsphase aufbereitet.

Für die vertiefte Diskussion und Bewertung der Ideen kam die 6-Hüte-Methode nach De Bono (2016) zum Einsatz. Diese Methode dient der systematischen Strukturierung von Denkprozessen, indem sie verschiedene Perspektiven durch sechs farbige „Denkhüte“ symbolisiert. Die nachfolgende Tabelle 1 veranschaulicht die ursprünglichen Bedeutungen der Denkhüte nach Edward de Bono (De Bono 2016) sowie deren spezifische Anpassung im Rahmen des Workshops:

Tabelle 1: *Bedeutung der 6-Hüte-Methode und ihre spezifische Anpassung im Workshop.*

Hutfarbe und Bedeutung	Beschreibung (De Bono 2016)	Anpassung im Workshop
Weiß: Analytisches Denken	Fokus auf Fakten, Zahlen und objektive Informationen	Bewertung von Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit und Recycling
Rot: Emotionales Denken	Einbezug von positiven und negativen Gefühlen	Emotionale Einschätzungen der Teilnehmenden (positiv/negativ)
Schwarz: Kritisches Denken	Identifikation von Risiken und potenziellen Einwänden	Betrachtung von Risiken und Einwänden anhand objektiver Daten
Gelb: Optimistisches Denken	Analyse von Chancen und Vorteilen	Hervorhebung der Vorteile und Potenziale der Ideen
Grün: Kreatives Denken	Entwicklung innovativer Ideen und neuer Ansätze	Förderung kreativer und innovativer Lösungen
Blau: Strukturiertes Denken	Ordnung und Steuerung des Denkprozesses	Strukturierung der Ideen und Beibehaltung des Überblicks

Die Teilnehmenden diskutierten die Ideen in ihren Gruppen, wobei jede Perspektive der sechs Denkansätze berücksichtigt wurde. Für jede Idee wurden die Ergebnisse der Diskussion auf einem Antwortbogen dokumentiert. Diese Methode unterstützte die Teilnehmenden dabei, verschiedene Perspektiven einzunehmen, und förderte die Entwicklung strukturierter, kreativer und fundierter Ideen, die als Grundlage für die weiteren Phasen des Innovationsprozesses dienten (De Bono 2016).

3. Ergebnisse

Im Rahmen des Workshops wurden insgesamt fünf innovative Anwendungsideen entwickelt. Die Teilnehmenden bewerteten die Ideen als besonders vielversprechend und sahen großes Potenzial in ihrer praktischen Umsetzung. Jedes Szenario zeichnet sich durch spezifische Anwendungsbereiche aus und adressiert gleichzeitig wichtige Aspekte wie Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz und Wirtschaftlichkeit. In der Tabelle 2 werden die fünf entwickelten Ideen beschrieben:

Tabelle 2: *Übersicht der Anwendungsideen aus dem Workshop.*

Anwendungsidee	Kurzbeschreibung	Kernaspekte
Leichtbauplatten aus Jeansresten	Wiederverwertung von Textilabfällen für stabile, leichte Platten im Innenausbau/Möbelbau	Nachhaltig, kreislauffördernd, Material- und Strukturoptimierung erforderlich
Restaurative Anwendungen aus Mörtel	Nutzung von Mörtelresten für Bauteile im Denkmalschutz	Individuelle Lösungen, Erhaltung von Kulturerbe
Individuelle Kunstwerke ohne Produkthaftung	Additiv gefertigte Kunst- und Designobjekte	Hohe Flexibilität, rechtliche Unsicherheiten bei Produkthaftung
Temporäre Fußbodenplatten	Modulare, umweltfreundliche Bodenplatten für Messen/Events	Wiederverwendbar, individuell anpassbar, Belastbarkeit als Herausforderung
Fertigungshilfsmittel für industrielle Prozesse	Individuelle Werkzeuge zur Produktionsoptimierung	Effizienzsteigerung, spezialisierte Lösungen je nach Branche notwendig

Im Reallabor wurden bereits erste Prototypen der im Workshop entwickelten Ideen, darunter die Leichtbauplatten aus Jeansresten und die restaurativen Anwendungen aus Mörtel, erfolgreich umgesetzt.

Die Leichtbauplatte wurde in Zusammenarbeit mit zwei sächsischen KMU für einen möglichen Einsatz in Campingtischen weiterentwickelt. Mithilfe des Materialextrusionsverfahrens wurden Infill-Strukturen, also interne Strukturen zur Gewichtsreduktion und Stabilitätsoptimierung, aus anfallenden Jeansfasern (siehe Abbildung 1, links) auf einer Platte aus recycelten Jeansfasern gedruckt. Die Ergebnisse zeigen Potenzial für den Einsatz in der Möbelindustrie und könnten zukünftig auch auf andere Anwendungsbereiche übertragen werden.

Im Bereich der restaurativen Anwendungen wurden zwei exemplarische Projekte aus Natur- und Sandsteinrestauriermörtel umgesetzt, die mithilfe des Binder Jetting-Verfahrens gedruckt wurden. Das Binder Jetting ist ein additives Fertigungsverfahren, bei dem pulverförmiges Material schichtweise aufgetragen und selektiv mit einem flüssigen Bindemittel verbunden wird, um ein dreidimensionales Objekt zu erzeugen (Holland et al. 2018). Die Büste von Abraham Gottlob Werner (siehe Abbildung 1, Mitte) wurde digitalisiert, nachbearbeitet und präzise reproduziert.



Abbildung 1: *Links: gedrucktes Infill auf der Faserplatte. Mitte: Werner-Büste. Rechts: Wasserspeier.*

Dieses Projekt dient als Inspiration für Restauratoren, da es zeigt, wie moderne Technologien die Arbeit im Denkmalschutz bereichern können. Ein weiteres Beispiel ist die Fertigung eines Wasserspeiers (siehe Abbildung 1, rechts), der ebenfalls die Möglichkeiten moderner 3D-Druckverfahren für die Restaurierung historischer Objekte aufzeigt.

4. Diskussion und Ausblick

Die erfolgreiche prototypische Umsetzung zweier innovativer Ideen im SAMSax Reallabor aus dem durchgeführten Workshop zeigt auf, wie der offene Innovationsprozess in Kombination mit einem iterativen und kollaborativen Vorgehen dazu beiträgt, Konzepte aus der Theorie in die Praxis zu überführen. Das Reallabor hat aufgezeigt, dass es nicht nur die Entwicklung nachhaltiger Produkte fördert, sondern auch konkrete Anwendungen schafft, die für Unternehmen und Gesellschaft gleichermaßen wertvoll sind. Der enge Austausch zwischen Forschungseinrichtungen, Unternehmen und Pilotanwenderinnen und -anwendern ermöglicht eine kontinuierliche Anpassung der entwickelten Lösungen an technologische Fortschritte sowie spezifische Anforderungen.

Im Rahmen der Weiterentwicklung des Reallabors SAMSax wurde ein großformatiger Binder Jetting-Drucker integriert, der nun in Kombination mit einer kleineren experimentellen Einheit arbeitet. Dieses duale System bietet erweiterte Möglichkeiten für Forschung und Entwicklung im Bereich der additiven Fertigung, insbesondere bei der Verarbeitung von biobasierten Materialien und industriellen Reststoffen. Die experimentelle Einheit dient dabei als Plattform für Laborversuche, um grundlegende Prozessparameter zu ermitteln, die direkt auf die großformatige Produktionsanlage übertragen werden können. Mit einem Bauraum von einem Kubikmeter ist das System nun in der Lage, größere und komplexere Anwendungen zu realisieren, wodurch sich das Anwendungsfeld der additiven Fertigung im Reallabor deutlich erweitert.

Trotz dieser Fortschritte ergeben sich weiterhin Herausforderungen, die den Erfolg des offenen Innovationsprozesses und der technologischen Entwicklung beeinflussen. Dazu zählen unter anderem die Optimierung der Materialeigenschaften, um eine gleichbleibende Qualität und Stabilität der Produkte sicherzustellen, sowie die Entwicklung effizienter Verfahren zur Verarbeitung von industriellen Reststoffen. Darüber hinaus stellt die Skalierung von Laborergebnissen auf großformatige Anwendungen eine komplexe Aufgabe dar, die präzise Abstimmung und kontinuierliche Anpassung erfordert. Auch die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit der entwickelten Lösungen, insbesondere im Vergleich zu konventionellen Verfahren, bleibt ein wichtiger Aspekt, der berücksichtigt werden muss.

Der offene Innovationsprozess im SAMSax Reallabor bietet jedoch die notwendige Flexibilität, um auf diese Herausforderungen einzugehen. Durch den intensiven Austausch mit den Beteiligten und die kontinuierliche Erweiterung der technologischen Infrastruktur wird das Reallabor zukünftig in der Lage sein, weitere innovative Anwendungen zu erforschen und erfolgreich in die Praxis zu überführen.

5. Literatur

Barbier, E. B. (2021). The Evolution of Economic Views on Natural Resource Scarcity. Review of Environmental Economics and Policy, 15(1), 24–44. https://doi.org/10.1086/712926.

Berkemeier, A., Kühnel, L., Dürigen, D., Hoffmann, H., Zeidler, H., Bullinger, A. C., & Wagenführ, A. (2024). SAMSax—An Innovative Living Lab for the Advancement of a Circular Economy through Additive Manufacturing Technologies. Sustainability, 16(2), 823. https://doi.org/10.3390/su16020823

Bouwma, I., Wigboldus, S., Potters, J., Selnes, T., Van Rooij, S., & Westerink, J. (2022). Sustainability Transitions and the Contribution of Living Labs: A Framework to Assess Collective Capabilities and Contextual Performance. Sustainability, 14(23), 15628. https://doi.org/10.3390/su142315628.

Bullinger-Hoffmann, A. C. (Hrsg.). (2009). Innovation and Ontologies: Structuring the Early Stages of Innovation Management. Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-9920-7.

Chesbrough, H. (Hrsg.). (2008). Open innovation: Researching a new paradigm (1. publ. in paperback). Oxford Univ. Press.

Colorado, H. A., Velásquez, E. I. G., & Monteiro, S. N. (2020). Sustainability of additive manufacturing: The circular economy of materials and environmental perspectives. Journal of Materials Research and Technology, 9(4), 8221–8234. https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.04.062.

De Bono, E. (2016). Six thinking hats (Revised and updated). Penguin Life, an imprint of Penguin books.

Giunta, L., Hicks, B., Snider, C., & Gopsill, J. (2023). A Living Lab Platform for Testing Additive Manufacturing Agent-Based Manufacturing Strategies. Procedia CIRP, 119, 656–661. https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.03.118.

Herstatt, C., & Verworn, B. (2014). Management der frühen Innovationsphasen: Grundlagen - Methoden - Neue Ansätze (2nd ed). Gabler Verlag.

Holland, S., Tuck, C., & Foster, T. (2018). Selective recrystallization of cellulose composite powders and microstructure creation through 3D binder jetting. Carbohydrate Polymers, 200, 229–238. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.07.064.

Hossain, M., Leminen, S., & Westerlund, M. (2019). A systematic review of living lab literature. Journal of Cleaner Production, 213, 976–988. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.257.

Islam, M. T., Iyer-Raniga, U., & Trewick, S. (2022). Recycling Perspectives of Circular Business Models: A Review. Recycling, 7(5), 79. https://doi.org/10.3390/recycling7050079.

Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Suman, R., & Rab, S. (2021). Role of additive manufacturing applications towards environmental sustainability. Advanced Industrial and Engineering Polymer Research, 4(4), 312–322. https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2021.07.005.

Jiang, H., Yang, X., & Wang, H. (2024). Preparation and characterization of starch-based binders for binder jetting. RSC Advances, 14(44), 32506–32516. https://doi.org/10.1039/D4RA05411C.

Kılkış, Ş. (2016). Sustainable development of energy, water and environment systems index for Southeast European cities. Journal of Cleaner Production, 130, 222–234. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.121.

Leminen, S., & Westerlund, M. (2019). Living labs: From scattered initiatives to a global movement. Creativity and Innovation Management, 28(2), 250–264. https://doi.org/10.1111/caim.12310.

Pimenov, D. Y., Mia, M., Gupta, M. K., Machado, Á. R., Pintaude, G., Unune, D. R., Khanna, N., Khan, A. M., Tomaz, Í., Wojciechowski, S., & Kuntoğlu, M. (2022). Resource saving by optimization and machining environments for sustainable manufacturing: A review and future prospects. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 166, 112660. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112660.

Putra, N. E., Zhou, J., & Zadpoor, A. A. (2024). Sustainable Sources of Raw Materials for Additive Manufacturing of Bone-Substituting Biomaterials. Advanced Healthcare Materials, 13(1), 2301837. https://doi.org/10.1002/adhm.202301837.

Sauerwein, M., Doubrovski, E., Balkenende, R., & Bakker, C. (2019). Exploring the potential of additive manufacturing for product design in a circular economy. Journal of Cleaner Production, 226, 1138–1149. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.108.

Sudheshwar, A., Malinverno, N., Hischier, R., Nowack, B., & Som, C. (2023). The need for design-for-recycling of paper-based printed electronics – a prospective comparison with printed circuit boards. Resources, Conservation and Recycling, 189, 106757. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106757.

Danksagung: Diese Maßnahme wird mitfinanziert mit Steuermitteln auf Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes. Das Sächsische Staatsministerium für Infrastruktur und Landesentwicklung (SMIL) unterstützt das Projekt im Rahmen des simul+InnovationHubs.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Beanspruchungsvorhersage mittels digitaler Menschmodellierung beim Arbeiten mit einem Power-Tool

Rebecca RACK[1]

[1] Technical University of Munich, Germany; TUM School of Engineering and Design, Department of Mechanical Engineering, Chair of Ergonomics, Boltzmannstraße 15, D-85748 Garching bei München

Kurzfassung: Das Dissertationsvorhaben untersucht die Integration digitaler Menschmodelle in die nutzerzentrierte Produktentwicklung zur Reduktion biomechanischer Beanspruchungen bei der Arbeit mit Power-Tools. Ziel ist es, eine Methode zu entwickeln, die Beanspruchungen vorhersagt und eine fundierte Bewertung des Risikos von Muskel-Skelett-Erkrankungen bei der Nutzung von Power-Tools ermöglicht. Digitale Menschmodelle, ergänzt durch probabilistische Haltungsmodelle, sollen realistische Mensch-Maschine-Interaktionen abbilden und frühzeitig im Entwicklungsprozess genutzt werden. Dadurch können arbeitsbedingte Beanspruchungen besser bewertet und gezielt reduziert werden. Die Forschung leistet einen Beitrag zur ergonomischen Gestaltung von Power-Tools und unterstützt die Entwicklung effizienter, nutzerzentrierter Ansätze.

Schlüsselwörter: Digitale Menschmodelle (DHM), Ergonomie, Nutzerzentrierte Produktentwicklung, Power-Tool

1. Einleitung und Motivation

Ungünstige Körperhaltungen, Vibrationen und lange Haltearbeit beim Arbeiten mit handgehaltenen Werkzeugen belasten das Muskel-Skelett-System (Kuok 2022). Während der menschliche Körper kurzfristige Belastungen kompensieren kann, führt deren regelmäßige Wiederholung zu einer schnellen Zunahme der Beanspruchung und erhöht das Risiko für Überlastung (Daub et al. 2018). Besonders betroffen sind handwerkliche und montagegeprägte Berufsgruppen, die sich häufig aufgrund muskuloskelettaler Erkrankungen arbeitsunfähig melden (Springer 2022).

Personen in körperlich fordernden Berufen sind somit einem erhöhten Risiko ausgesetzt. Um arbeitsbedingte Krankheitsausfälle zu reduzieren, ist eine fähigkeitsgerechte Arbeitsgestaltung, sowie eine ergonomisch-nutzerzentrierte Auslegung der Arbeitsumgebung notwendig. Dies umfasst nicht nur die Anpassung bestehender Arbeitsplätze, sondern auch das Einbeziehen menschlicher Anforderungen in die frühe Phase der Produktentwicklung (DIN EN ISO 6385).

In der Produktentwicklung elektrischer Handwerkzeuge liegt der Fokus oft auf technischer Innovation, während die Bedürfnisse der Nutzer*innen vernachlässigt werden (Vink & Hallbeck 2012). Dabei könnte eine nutzerzentrierte Gestaltung von Arbeitsgeräten, die in direktem Kontakt mit dem Arbeitenden stehen, wesentlich zur Verringerung von Überlastungserscheinungen des Muskel-Skelett-Systems beitragen.

Die Analyse von Haltungen und wirkenden Kräften bei der Interaktion zwischen Mensch und Maschine erfolgt meist in aufwendigen Messaufbauten mit Prototypen

und Probanden. Dieser Ansatz ist zeit- und kostenintensiv und führt zu einer eingeschränkten Stichprobengröße, dass die Validität der Ergebnisse beeinträchtigen kann (Bullinger-Hoffmann & Mühlstedt 2016).

In den letzten Jahren wurden digitale Methoden zur biomechanischen Untersuchung eingeführt. Digitale Menschmodelle, basierend auf anthropometrischen Daten und validiert durch Kadaverstudien, ermöglichen die Simulation interner Kräfte, Momente und Muskelaktivierungen. Sie erweitern die Möglichkeiten der Beanspruchungsanalyse und erlauben die Modellierung von Interaktionen zwischen Mensch und Maschine. Durch ihre Einbindung in den Produktentwicklungsprozess könnten zeit- und kostenintensive Anwenderstudien reduziert werden (Rasmussen et al. 2012).

Obwohl digitale Menschmodelle vielversprechende Ansätze bieten, fehlen spezifische Modelle, die für handgehaltene Werkzeuge entwickelt und validiert wurden. Darüber hinaus ist die Einordnung der erfassten biomechanischen Daten in einen ergonomischen Kontext bislang wenig beleuchtet.

2. Stand der Technik

2.1 Biomechanische Modellierung

Die biomechanische Modellierung und Simulation erweitert die Analysemöglichkeiten menschlicher Bewegungen und Belastungen. Während äußere Größen wie Gelenkwinkel und teilweise Muskelaktivitäten durch Messverfahren erfasst werden können, bleiben Informationen über interne Kräfte, Spannungen und Belastungen schwer direkt messbar. Hier bieten modellgestützte Simulationen in validierten muskuloskelettalen Mehrkörpersystemen wertvolle Erkenntnisse.

Zur Modellierung der Belastungsvorgänge werden häufig Methoden der Vorwärts- und Inversdynamik genutzt. Die Vorwärtsdynamik simuliert Bewegungen durch die Ansteuerung muskuloskelettaler Systeme, während die Inversdynamik auf der Analyse gemessener Kinematikdaten basiert, um Gelenkkräfte und -momente rückzurechnen. In beiden Ansätzen ermöglichen optimierte Bewegungsalgorithmen die Bestimmung interner Belastungsgrößen wie Muskelaktivität, Gelenkkompressionskräfte oder Strukturbelastungen (Schwameder 2022).

Biomechanische Simulationen basieren auf validierten Menschmodellen, deren Parameter häufig durch anthropometrische Daten und Kadaverstudien definiert werden. Modelle wie OpenSim (Simbios, Stanford University, USA), AnyBody (AnyBodyTechnology, Dänemark) oder RAMSIS (Human Solutions GmbH, Deutschland) werden in der Bewegungsanalyse, Produktentwicklung, Sportwissenschaft, Rehabilitation und Ergonomie eingesetzt. So ermöglicht beispielsweise RAMSIS die ergonomische Optimierung von Arbeitsplätzen in Fahrzeugcockpits, während AnyBody und OpenSim zur Evaluation von Handwerkzeugen oder orthopädischen Geräten verwendet werden (Bullinger-Hoffmann & Mühlstedt 2016).

Biomechanische Simulationen sind ein unverzichtbares Werkzeug in der menschzentrierten Produktentwicklung. Sie ermöglichen die Analyse komplexer Belastungsmechanismen und liefern entscheidende Beiträge zur ergonomischen Gestaltung von Arbeitsplätzen und Produkten.

2.2 Haltungsvorhersage

Ergänzend zur biomechanischen Simulation spielt die Haltungsvorhersage eine wesentliche Rolle bei der präzisen und kosteneffizienten Modellierung menschlicher Interaktionen mit Werkzeugen und Arbeitsumgebungen.

Aktuelle Ansätze in der Haltungsvorhersage setzen auf probabilistische Modelle, die Bewegungsabläufe, sowie die Gelenkpositionen basierend auf Körperhaltung, Aufgabenstellung und Umweltbedingungen berechnen. Dies ermöglicht eine genauere Anpassung an individuelle Szenarien. Ein prominentes Beispiel ist das RAMSIS-Modell, das für die präzise Vorhersage von Körperhaltungen in verschiedenen Interaktionen entwickelt wurde (Bullinger-Hoffmann & Mühlstedt 2016). Es basiert auf umfangreichen Messdaten und statistischen Wahrscheinlichkeitsverteilungen und ermöglicht so eine detaillierte Modellierung der Körperhaltung in unterschiedlichen Arbeitskontexten. Weitere Modelle kombinieren Bewegungsdaten mit maschinellem Lernen, um präzisere und adaptivere Haltungsvorhersagen zu treffen, die auf individuelle Variationen und dynamische Veränderungen der Körperhaltung reagieren können (Palipana et al. 2019).

Haltungsvorhersagen können den Bedarf an aufwendigen Messungen reduzieren. Durch Zugriff auf bestehende Datensätze können Haltungen vorhergesagt werden, ohne neue Messungen durchführen zu müssen. Dies ermöglicht eine effizientere und leicht skalierbare Anwendung der biomechanischen Simulation. Die Kombination von Haltungsvorhersage und biomechanischer Simulation zur Co-Simulation stellt daher eine vielversprechende Erweiterung bestehender Modelle dar, die den Aufwand für manuelle Erhebungen minimiert. In der Praxis könnte dies zu einer erheblichen Reduktion der Kosten und des Zeitaufwands bei der Bewertung ergonomischer Anforderungen in frühen Phasen der Produktentwicklung führen.

3. Zielsetzung und Fragestellung

Das Ziel des Dissertationsvorhabens ist es, die Anwendung digitaler Menschmodelle in der menschzentrierten Produktentwicklung zu untersuchen. Anhand der Bohrhammer-Anwendung, welche als ein Beispiel für Power Tools fungiert, wird analysiert, wie digitale Menschmodelle potenzielle Risiken für Muskel-Skelett-Erkrankungen identifizieren und minimieren können. Hierzu wird ein aufgabenspezifisches Haltungsmodell für Arbeiten mit handgehaltenen Werkzeugen entwickelt, das unter bestimmten Randbedingungen Haltungen vorhersagen kann. Diese Haltungen dienen als kinematische Grundlage für ein biomechanisches Ganzkörpermodell.

Im biomechanischen Modell wird die Mensch-Maschine-Interaktion durch ein Interaktionskraftmodell abgebildet, um die Beanspruchungen detailliert zu bewerten. Auf Basis der biomechanischen Ausgangsgrößen wird eine ganzheitliche Beanspruchungsbewertung vorgenommen, die darauf abzielt, das Risiko von Muskel-Skelett-Erkrankungen zu minimieren. Langfristiges Ziel ist die Integration dieser Methode in die menschzentrierte Produktentwicklung, um bereits in frühen Entwicklungsphasen Beanspruchungen vorherzusagen. Die Forschungsfragen gliedern sich in die Bereiche: Beanspruchungsvorhersage, Beanspruchungserfassung und Beanspruchungsbewertung. Diese werden in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

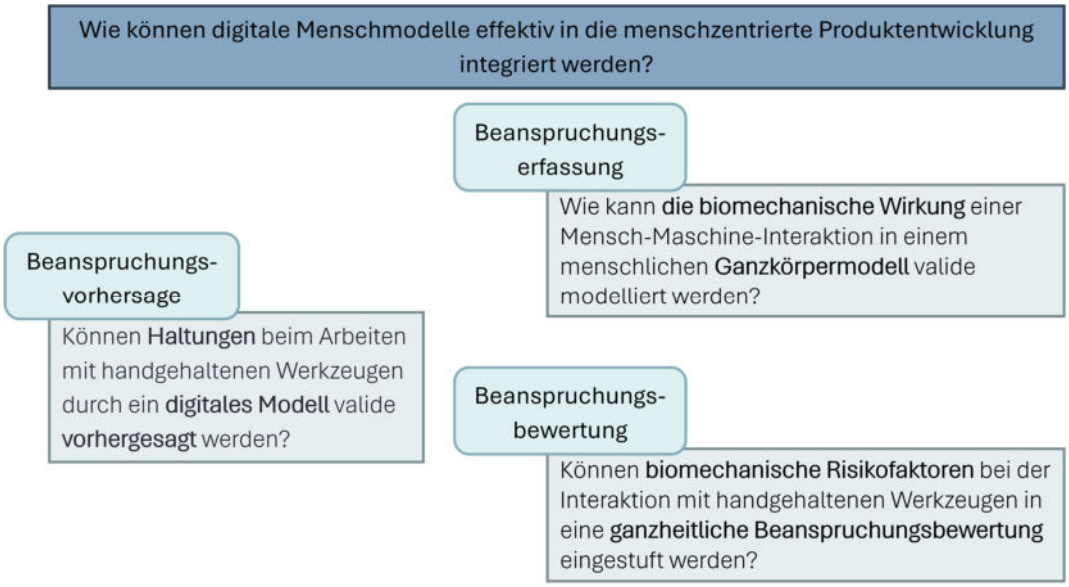


***Abbildung 1**: Übersicht der Forschungsfragen zum Dissertationsvorhaben, untergliedert in die drei Bereiche Beanspruchungsvorhersage, Beanspruchungserfassung und Beanspruchungsbewertung im Kontext der Bohrhammer-Anwendung.*

4. Methodisches Vorgehen

Das Forschungsvorhaben untersucht die Vorhersage, Erfassung und Bewertung biomechanischer Beanspruchungen bei der Nutzung von Power-Tools mithilfe digitaler Menschmodelle am Beispiel einer Bohrhammer-Anwendung. Ziel ist es, die Mensch-Maschine-Interaktion realitätsnah zu analysieren und die Belastungen während des Bohrens detailliert abzubilden. Das Vorgehen gliedert sich in drei zentrale Arbeitsschwerpunkte, deren Zusammenhänge und Arbeitsschritte in Abbildung 2 dargestellt sind.

4.1. Beanspruchungsbewertung

Die Beanspruchungsbewertung transformiert erfasste Belastungsdaten in praxisrelevante Kriterien wie Belastungsverteilung, Haltungsoptimierung und Muskelaktivität. Zunächst werden Bewertungskriterien definiert, die auf Metriken wie Schulter-, Handgelenks- und Ellenbogenpositionen sowie Muskelaktivitätsdaten basieren. Ergänzend werden kritische Parameter wie Griffabstand, Handhaltungswinkel und Werkzeuggewicht untersucht.

Zur Validierung der entwickelten Bewertungsmatrix werden Prüfstandsmessungen mit Probanden durchgeführt. Dabei werden sowohl objektive Belastungsindikatoren als auch subjektive Belastungsempfindungen erfasst. Zur Erweiterung der biomechanischen Beanspruchungsparameter sollen die Haltungsdaten der Prüfstandmessungen in eine biomechanische Simulation überführt werden.

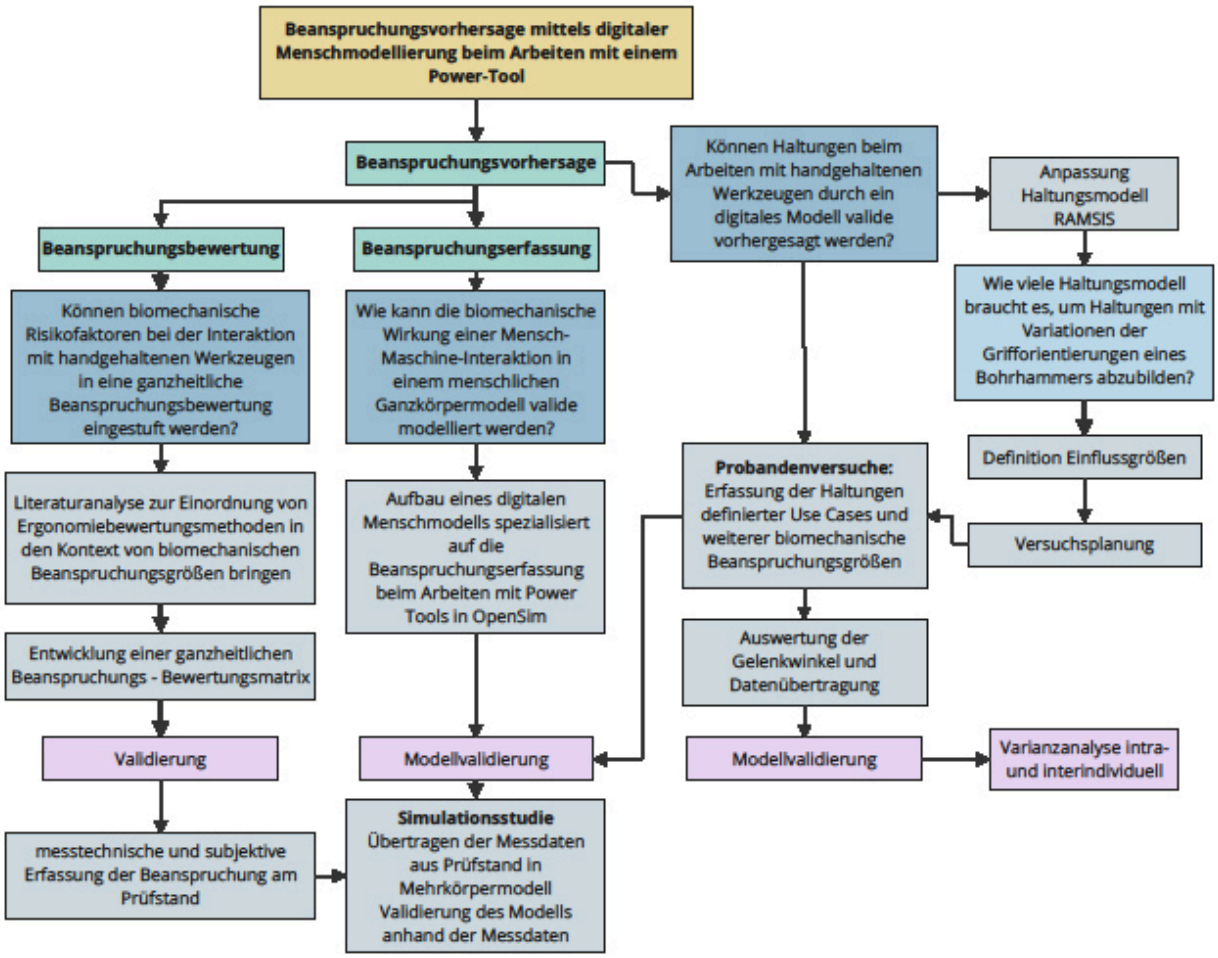


***Abbildung 2**: Methodisches Vorgehen zur Beantwortung der Forschungsfragen aus den Bereichen Beanspruchungsvorhersage, -erfassung und -bewertung.*

4.2. Beanspruchungserfassung

Der Fokus liegt auf der digitalen Erhebung biomechanischer Beanspruchungsgrößen, um aufwendige und kostenintensive Nutzerstudien zu reduzieren. Hierbei wird das digitale Muskel-Skelett-Modell OpenSim eingesetzt, welches speziell für handgehaltene Werkzeuge angepasst und validiert werden soll.

Ein wesentlicher Bestandteil ist die Integration eines Interaktionskraftmodells zur präzisen Abbildung der Mensch-Maschine-Interaktion. Die Validierung erfolgt durch iterative Anpassung der Modellparameter, basierend auf experimentell erhobenen Daten wie Gelenkwinkeln, Muskelaktivitäten sowie externen Eingangsgrößen, wie z. B. Werkzeuggewicht, aufgebrachte Andruckkräfte und Bohrpositionen.

4.3. Beanspruchungsvorhersage

In der Beanspruchungsvorhersage werden die Erkenntnisse zu einer umfassenden Methode zusammengeführt. Ein Fokus liegt auf der Weiterentwicklung des bestehenden Haltungsmodells RAMSIS, das auf einer probabilistischen Grundlage basiert und auf umfangreichen Probandenmessungen beruht.

Zur Erweiterung des Haltungsmodells werden Gelenkwinkel für spezifische Anwendungsfälle mit Bohrhammern in Probandenstudien erfasst. Diese Daten fließen in

die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Modells ein, wobei die notwendige Anzahl an Haltungsmodellen ermittelt wird. Die Validierung erfolgt durch eine intra- und interindividuelle Varianzanalyse.

Für die abschließende Beanspruchungsvorhersage wird eine Schnittstelle zum biomechanischen Modell geschaffen, um die Übertragung der vorhergesagten Körperhaltungen zu ermöglichen. Dieses Modell dient als kinematische Grundlage für die Simulation. Mithilfe der zuvor entwickelten Bewertungsmatrix können die simulierten Beanspruchungen bewertet werden, und in Handlungsempfehlungen zur ergonomischen Optimierung von Power-Tools einfließen.

5. Ausblick

Die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens könnten einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der ergonomischen Gestaltung handgehaltener Werkzeuge leisten. Die effiziente Erhebung von Beanspruchungsdaten und die Integration in den Entwicklungsprozess haben zum Ziel, arbeitsbedingte Überlastungserscheinungen zu reduzieren und die Arbeitsbedingungen in körperlich belastenden Berufen zu verbessern.

Darüber hinaus stellt die Forschung einen wichtigen Schritt in Richtung einer ganzheitlich nutzerzentrierten Produktentwicklung dar, die sowohl technische als auch menschliche Anforderungen berücksichtigt.

6. Literatur

Bullinger-Hoffmann AC, Mühlstedt J (Hg.) (2016) Homo Sapiens Digitalis – Virtuelle Ergonomie und digitale Menschmodelle. Wiesbaden, Heidelberg: Springer Vieweg.

Daub U, Gawlick, S; Blab, F (2018) Ergonomic Workplace Design IPA 2018.

DIN EN ISO 6385 (2016) Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen.

Palipana D, Pizzolato C (2019) Neuromusculoskeletal Modeling-Based Prostheses for Recovery After Spinal Cord Injury. Frontiers in Neurorobotics. 13. 10.3389/fnbot.2019.00097.

Schwameder H (2022) Modellierung und Belastungsanalysen. In: Arne Güllich, Michael Krüger, Hermann Schwameder, Alfred O. Effenberg, Gerd Schmitz, Holger Gabriel und Michael.

Springer A (2022) Arbeitsunfähigkeit - Berufe mit hohen Fehlzeiten | Statista. Online verfügbar unter https://de.statista.com/statistik/daten/studie/492294/umfrage/au-tage-von-aok-mitgliedern-nach-berufsgruppen-mit-hohen-fehlzeiten/, zuletzt geprüft am 28.01.2025.

Kuok Ho DT (2022) The Prevalence, Causes and Prevention of Occupational Musculoskeletal Disorders. Global Journal of Medical Sciences. 4. 56-68. 10.36348/gajms.2022.v04i02.004.

Vink P, Hallbeck S (2012) Editorial: comfort and discomfort studies demonstrate the need for a new model. In: Applied Ergonomics 43 (2), S. 271–276. DOI: 10.1016/j.apergo.2011.06.001.

Evaluierung eines Kompetenzstufenmodells zur Nutzeradaptivität Kognitiver Assistenzsysteme in der manuellen Montage

Benedikt KELM[1], Paul Hubert HAAS[2], Lennard MARGIES[2], Rainer MÜLLER[1,2]

[1]Lehrstuhl für Montagesysteme, Universität des Saarlandes,
Eschberger Weg 46, D-66121 Saarbrücken
[2]Forschungsbereich Montagesysteme,
Zentrum für Mechatronik und Automatisierungstechnik (ZeMA) gGmbH,
Eschberger Weg 46, D-66121 Saarbrücken

Kurzfassung: Kürzer werdende Produktlebenszyklen und eine steigende Variantenvielfalt erfordern selbst in hoch automatisierten Industrienationen manuelle Montageprozesse. Gleichzeitig wächst die Herausforderung, dem Fachkräftemangel und der zunehmenden Heterogenität in der Belegschaft zu begegnen. Nutzeradaptive Kognitive Assistenzsysteme wirken dem entgegen, indem sie Über- und Unterforderung in der manuellen Montage vermeiden. Dieser Beitrag untersucht die Wirksamkeit eines vierstufigen Kompetenzstufenmodells zur individuellen Anpassung der Unterstützungstiefe durch ein Kognitives Assistenzsystem. In einer Probandenstudie werden die Schwellwerte für Stufenwechsel evaluiert und die Auswirkungen der Unterstützung auf die kognitive Beanspruchung und Gebrauchstauglichkeit analysiert.

Schlüsselwörter: Kognitive Assistenzsysteme, Nutzeradaptivität, Kompetenzstufenmodell, Kognitive Beanspruchung, Probandenstudie

1. Einleitung

Verkürzte Produktlebenszyklen und eine steigende Variantenvielfalt (Reinhart & Zühlke 2017) führen dazu, dass die manuelle Montage trotz zunehmender Automatisierung ein zentraler Bestandteil der industriellen Produktion bleibt. Der Mensch ist aufgrund seiner kognitiven und motorischen Fähigkeiten automatisierten Systemen in Bezug auf Flexibilität und Anpassungsfähigkeit überlegen (Zaeh et al. 2009). Die steigende Produktvielfalt und häufige Änderungen in den Arbeitsabläufen erhöhen jedoch die Komplexität der Prozesse und die kognitive Belastung, wodurch das Fehlerrisiko steigt (Reinhart & Zaeh 2014). Kognitive Assistenzsysteme (KAS) unterstützen die Ausführung manueller Tätigkeiten, erleichtern die Entscheidungsfindung und sichern die geforderte Qualität (Fast-Berglund et al. 2013). Auf dem Arbeitsmarkt führt der demografische Wandel gleichzeitig zu einem Fachkräftemangel und einer zunehmenden Heterogenität der Belegschaft hinsichtlich Alter, Qualifikation und Erfahrung (Abele & Reinhart 2011).

Diesen Kontext berücksichtigen am Markt verfügbare KAS oft nur unzureichend. Sie sind in der Regel statisch und folgen einem „one-fits-all“-Ansatz, ohne individuelle Unterschiede der Nutzer zu berücksichtigen, was zu einer ineffizienten Informationsbereitstellung und mangelnder Akzeptanz führen kann (Kelm et al. 2024). Um dem entgegenzuwirken, wurde an unserem Lehrstuhl ein vierstufiges Kompetenzstufenmodell entwickelt, das die bereitgestellten Informationen Kognitiver Assistenzsysteme an

die individuelle Kompetenz der Nutzer anpasst, somit Über- und Unterforderung vermeidet und die Akzeptanz erhöhen soll (Kelm et al. 2024). In diesem Beitrag wird das Modell in einer Probandenstudie evaluiert. Dabei werden Prozesszeiten und die subjektive Beanspruchung systematisch erfasst. Ziel ist es, die Schwellwerte für den Stufenwechsel zu evaluieren und die Auswirkungen der nutzerangepassten Unterstützung auf die Arbeitsleistung und Nutzerzufriedenheit zu analysieren.

2. Grundlagen und Hintergrund des Kompetenzstufenmodells zur Nutzeradaptivität

Die manuelle Montage ist eine sensumotorische Tätigkeit, bei der die Lernkurve den zeitlichen Verlauf des menschlichen Kompetenzerwerbs beschreibt. Sie zeigt den Zusammenhang zwischen der Abnahme der Ausführungszeit und der Anzahl der Wiederholungen (Schlick et al. 2018). Hierbei nähert sich der degressive Verlauf asymptotisch einem Grenzwert an. Wiederholte Ausführungen verändern das wahrgenommene Anforderungsniveau, weshalb es bei KAS sinnvoll ist, die Tiefe der Montageanweisungen an die individuelle Kompetenz anzupassen (Dander et al. 2021).

Jeske et al. (2014) zeigen in diesem Zusammenhang, dass die Erstausführungsdauer einer Montageaufgabe mit abnehmendem Abstraktionsgrad bzw. zunehmender Informationstiefe der Anweisungen sinkt. Darüber hinaus hängt der Lernfortschritt von der Art der Informationsbereitstellung ab. Während Text- und Bildanweisungen die Zuverlässigkeit erhöhen, führen animationsbasierte Anweisungen durch fehlleitende Salienz nach anfänglicher Fehlerreduktion zu einer späteren Fehlerzunahme. Diese Erkenntnisse bilden die Grundlage für das in Tabelle 1 dargestellte ILUO-Modell zur kompetenzgerechten Anpassung der Art und Tiefe von Montageanweisungen.

Tabelle 1: *Nutzeradaptives Informationsbereitstellungsmodell zur kompetenzgerechten Anpassung der Art und Tiefe von Montageanweisungen (Kelm et al. 2024).*

		Platzieren				Aufnehmen			
Kompetenz-stufe	**Schwellwert zu Erreichung der Komptenzstufe**	**Animation**	**Bild**	**Text**	**Laser-kontur**	**Text**	**Pick-by-Light**	**Warnung/ Hinweis**	**Aufgabe KAS**
I	Neues Produkt/Variante oder Produkt >1 Monat nicht mehr montiert und mindestens 3 Durchgänge pro Stufe	✓		✓	✓	✓	✓	✓	Tutoriell
L	t < 1,5 * MTM Vorgabezeit und mindestens 2 Durchgänge pro Stufe		✓	✓	✓		✓	✓	Festigung Lernprozess
U	t < 1,2 * MTM Vorgabezeit und mindestens 2 Durchgänge pro Stufe				✓		✓	☒	Aufbau Routine
O	t < 1,1 * MTM Vorgabezeit							☒	Stiller Begleiter

✓ = Standard ☒ = Fehlerhistorienabhängig t = gleitender Mittelwert letzte 3 Durchgänge

Das ILUO-Modell basiert auf individuellen Ausführungszeiten, um individuelle Lernkurven zu ermitteln und eine schwellwertbasierte Einstufung vorzunehmen. Die Einstufung wird über ein gamificationbasierters Recommender System (RS) dynamisch kommuniziert. Das Kompetenzstufenmodell ist für die Kombination von In-situ-Laser- und Beamer-Projektionen oder Bildschirmanzeigen konzipiert, um flexibel unterschiedliche Informationsoptionen abzudecken. Die Idee des Modells besteht in einer abnehmenden Informationstiefe der Montageanweisungen mit zunehmender Kompetenz des Werkers. Montageprozesse werden gemäß MTM-2 in Entnahme- und Platziervor-

gänge unterteilt. Platziervorgänge werden durch Animationen, Bilder und Laserkonturen visualisiert, wobei Fügepositionen und Schraubpunkte gezielt hervorgehoben werden. Entnahmevorgänge werden durch ein „Pick-by-Light-System“ unterstützt, das die entsprechenden Materialbereitstellungsbehälter markiert. Textanweisungen ergänzen alle Darstellungen und ermöglichen zusätzliche Warnhinweise und Fehlermeldungen.

3. Versuchsdesign und Methodik

Zur Evaluierung des entwickelten Kompetenzstufenmodells wurde eine Probandenstudie unter Laborbedingungen durchgeführt. An der Studie nahmen 15 Probanden teil, die am Zentrum für Mechatronik und Automatisierungstechnik sowie an der Universität des Saarlandes beschäftigt sind. Das mittlere Alter (Median) der Probanden betrug 29 Jahre (min. 22, max. 67 Jahre), mit einem Durchschnittsalter von 32±10,01 Jahren. Davon waren 13 Männer (87%) und 2 Frauen (13%). Nach Selbsteinschätzung verfügten die Probanden überwiegend über geringe bis mittlere Erfahrung in der Ausübung manueller Montageprozesse.

3.1 Versuchsaufbau und -aufgabe

Die Versuchsreihe wurde an einer manuellen Montagestation für Baugruppen eines Brennstoffzellen-Stacks durchgeführt. Die Station verfügt über zwei fest installierte Montagehilfen, die rechts und links auf einem 2,5 m breiten und 0,4 m tiefen Arbeitstisch angebracht sind. Hinter dem Tisch befinden sich Regale zur Materialbereitstellung, die in zwei Ebenen angeordnet sind. Das vertikal über dem Arbeitstisch integrierte KAS umfasst einen Beamer (NEC-PA803U) mit einem Mirror-Head MH10-L, einem steuerbaren Spiegel (Dynamic Projection Institute GmbH) für flexible In-situ-Projektionen, sowie zwei Laserprojektoren (LAP GmbH Laser Applikationen).

Die Montageaufgabe umfasste zehn sukzessive durchzuführende Prozesse zur Montage einer Basisbaugruppe eines Brennstoffzellen-Stacks. Die Prozesse, wie Ein- und Ausspannen, Scannen eines Bauteils, Verschrauben mit Drehmoment- und herkömmlichem Schraubendreher sowie das Auflegen und Einlegen von Bauteilen, wurden repräsentativ für die manuelle Montage ausgewählt. Die Vorgabezeiten basieren auf einer MTM-UAS-Analyse. In den Kompetenzstufen I und L wurden diese Zeiten in Anlehnung an Hold (2020) um 4,86 Sekunden pro Prozess ergänzt, um die Betrachtungszeit der Montageanweisungen zu berücksichtigen.

3.2 Versuchsablauf und Evaluationsmethoden

Zur Gewährleistung eines einheitlichen Versuchsablaufs wurden die Probanden, die mit dem zu montierenden Produkt nicht vertraut waren, vor Beginn der Versuchsreihe umfassend informiert und mündlich in die Gegebenheiten der Montagestation und des KAS eingewiesen. Sie mussten die Basisbaugruppe bis zu neunmal montieren, wobei die Zeit pro Durchgang und die Anzahl der Montagefehler erfasst wurden. Das Weiterschalten des KAS zwischen den Montageanweisungen erfolgte nach dem Wizard-of-Oz-Prinzip, bei dem die Interaktionsfunktion lediglich prototypisch implementiert und technisch nicht funktionsfähig ist. Die Probanden wurden jedoch im Glauben gelassen, mit einem vollständig funktionsfähigen System zu interagieren, während ein Mensch (der "Wizard") die Interaktion im Hintergrund manuell simulierte (Weiss et

al. 2009).

Die Stufenwechsel wurden als Empfehlungen durch das RS über einen Touchscreen kommuniziert und mussten von den Probanden bestätigt werden. Nach dem ersten Durchgang sowie vor und nach jedem Stufenwechsel füllten die Probanden einen „NASA Raw Task Load Index“ (NASA-RTLX) Fragebogen aus, um die kognitive Beanspruchung an den Schwellen zu erfassen. Der NASA-RTLX Fragebogen ist ein Bewertungsinstrument zur Messung der Arbeitsbelastung. Es erfasst mentale, physische und temporäre Beanspruchung sowie Leistungsfähigkeit, Aufwand und Frustrationslevel einer Aufgabe (Hart 2006).

Zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit des KAS wurde der System Usability Scale (SUS) verwendet, ein bewährtes Instrument zur Bewertung der Nutzerfreundlichkeit im industriellen Kontext (Brooke 1996). Ergänzend diente das Technology Acceptance Model (TAM) zur Analyse der Akzeptanz des KAS und des Kompetenzstufenmodells (Davis 1989). Um neben quantitativen Daten auch qualitative Einblicke zu gewinnen, wurden geschlossene Fragen in die Fragebögen integriert und nach jeder Versuchsreihe unstrukturierte Kurzinterviews durchgeführt. Diese Ansätze ergänzen die quantitativen Methoden und lieferten zusätzliche Informationen zu den Erfahrungen der Probanden im Umgang mit dem KAS.

4. Ergebnisse und Diskussion

Die kognitive Beanspruchung, gemessen mit dem NASA-RTLX-Score, zeigt einen deutlichen Abwärtstrend über die verschiedenen Kompetenzstufen hinweg (vgl. Abbildung 1). Insbesondere nach dem ersten Durchgang in Stufe I ist die kognitive Beanspruchung noch vergleichsweise hoch, sinkt aber signifikant mit dem Wechsel in höhere Kompetenzstufen. Gleichzeitig nimmt die Streuung der Werte zwischen den Probanden mit steigender Kompetenzstufe deutlich ab, was auf eine konsistentere Wahrnehmung der Arbeitsanforderungen in den höheren Stufen hindeutet.

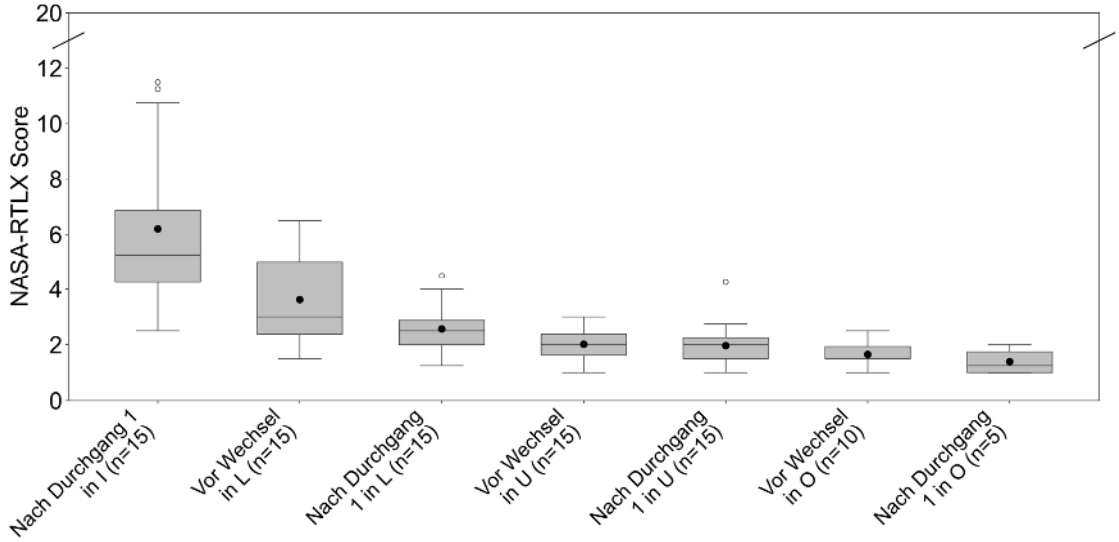


***Abbildung 1**: NASA-RTLX Scores zur kognitiven Beanspruchung vor und nach Stufenwechseln.*

Die Probanden verbrachten durchschnittlich 3,33 Durchgänge in Stufe I (vorgege-

benes Minimum 3), 2,13 Durchgänge in Stufe L (vorgegebenes Minimum 2) und 2,87 Durchgänge in Stufe U (vorgegebenes Minimum 2). Dies zeigt, dass das Kompetenzstufenmodell eine zielgerichtete Anpassung der Unterstützungstiefe bietet. Die schrittweise Reduktion der Unterstützungstiefe berücksichtigt den individuellen Lernfortschritt, ohne die Probanden zu überfordern, und bestätigt die Sinnhaftigkeit der definierten Schwellwerte sowie die gewählte Mindestanzahl an Durchgängen pro Stufe.

Die Ergebnisse der geschlossenen Fragen, die auf einer fünfstufigen Likert-Skala von 1 („überhaupt nicht sinnvoll“) bis 5 („sehr sinnvoll“) bewertet wurden, unterstützen diese Interpretation. Die Frage, wie passend die Vorschläge zur Hochstufung empfunden wurden, ergab einen Mittelwert (MW) von 3,93±0,68 und zeigt, dass die Vorschläge insgesamt als angemessen empfunden wurden. Die Zustimmung zur Sinnhaftigkeit von mindestens zwei Durchgängen pro Stufe war mit einem MW von 4,1±1,02 am höchsten, was darauf hindeutet, dass die Probanden den Schwellwertmechanismus als zielführend für Kompetenzzuwachs ansehen. Die geringere Zustimmung zur Möglichkeit, die Systemkonfiguration selbst anzupassen (MW: 2,87±1,09), spiegelt unterschiedliche Ansichten der Probanden wider und erschwert eine eindeutige Interpretation. In Kombination mit den sukzessiv abnehmenden NASA-RTLX-Werten zeigt sich, dass die Schwellwerte für die Kompetenzstufen passend gewählt sind.

Die unstrukturierten Interviews nach und die Beobachtungen während der Versuchsdurchführung ergeben, dass sich die Probanden eine klarere Kommunikation darüber wünschen, welche Änderungen das System bei einem Stufenwechsel vornimmt und welche Informationen entfallen. Die Laserprojektionen wurden als unterstützend und sicherheitsstiftend wahrgenommen und auch in höheren Stufen nicht als störend empfunden. Der Gamification-Ansatz des Systems wurde von den Probanden positiv bewertet und als motivierender Faktor hervorgehoben. Die über den Beamer projizierten Anweisungen wurden in den ersten Durchgängen intensiv genutzt, später jedoch überwiegend nur noch zur Rückversicherung.

Das Ergebnis des TAM in Hinblick auf die Technologieakzeptanz zeigt eine insgesamt sehr positive Bewertung des Systems durch die Probanden auf einer fünfstufigen Likert-Skala von 1 („stimme überhaupt nicht zu“) bis 5 („stimme voll zu“). Die wahrgenommene Nützlichkeit (Perceived Usefulness) wurde mit einem MW von 4,26±0,68 bewertet, was darauf hinweist, dass die Probanden das System als vorteilhaft für ihre Aufgaben einschätzen. Die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit (Perceived Ease of Use) erreicht mit einem MW von 4,41±0,49 die höchste Bewertung, was auf eine benutzerfreundliche Gestaltung hindeutet. Die Einstellung zur Nutzung des Systems (Attitude Toward Use) wird mit einem MW von 4,36±0,54 ebenfalls positiv bewertet. Die Verhaltensabsicht zur weiteren Nutzung (Behavioral Intention) weist mit einem MW von 4,32±0,67 ebenfalls eine hohe Zustimmung auf. Ergänzend erzielte der SUS einen MW von 87,83±4,17, was nach Bangor et al. (2009) in den Bereich „excellent“ fällt und die hohe Gebrauchstauglichkeit des KAS bestätigt.

5. Limitationen und Fazit

Die Versuchsreihe weist Limitationen auf, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen. Die Teilnehmeranzahl ist mit 15 Probanden relativ gering und hinsichtlich der Geschlechterteilung unausgewogen, was den deskriptiven Charakter der Untersuchung unterstreicht und statistische Signifikanztests einschränkt. Die Erfassung der kognitiven Beanspruchung beruht ausschließlich auf

Selbstauskunft durch den NASA-RTLX-Fragebogen. Die Einbindung objektiver Messmethoden wie Vitalparameter (z. B. Herzrate und Herzratenvariabilität) könnte zusätzliche Erkenntnisse liefern. Es wurden keine Industriearbeiter, sondern Personal des Instituts und des Lehrstuhls als Probanden rekrutiert, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die industrielle Praxis limitiert.

Für die Weiterentwicklung des Systems ergeben sich mehrere Ansatzpunkte. Ab Kompetenzstufe O sollte die Möglichkeit geschaffen werden, das System individuell zu konfigurieren. So sollten z. B. die Laserprojektionen auch in höheren Stufen weiterhin optional nutzbar bleiben, bei Bedarf aber abgeschaltet werden können. Darüber hinaus sollte das RS transparenter kommunizieren, welche Änderungen bei einem Stufenwechsel vorgenommen werden und welche Informationen entfallen. Diese Anpassungen könnten die Nutzerakzeptanz weiter erhöhen und das System noch besser an individuelle Bedürfnisse anpassen.

6. Literatur

Abele E, Reinhart G (2011) Zukunft der Produktion. Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen. München: Hanser.

Bangor A, Kortum P, Miller J (2009) Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale, Journal of Usability Studies 4:114–123.

Brooke J (1996) SUS: A ‘quick and dirty’ usability scale. In Jordan, P. W., Thomas, B., Weerdmeester, BA, McClelland, IL (Hrsg.) Usability evaluation in industry. Bristol: Taylor & Francis, 189–194.

Dander H, Adler P, Witt G (2021) Soziotechnisches Lernsystem am Arbeitsplatz - Förderung der Kompetenz von Mitarbeitenden durch soziotechnische Assistenzsysteme zum flexiblen Einsatz am Arbeitsplatz. Industrie 4.0 Management 6:47–51.

Davis FD (1989) Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. MIS Quarterly 13:319-340.

Fast-Berglund Å, Fässberg T, Hellman F, Davidsson A, Stahre J (2013) Relations between complexity, quality and cognitive automation in mixed-model assembly. Journal of Manufacturing Systems 32:449–455.

Hart, SG (2006) Nasa-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 50:904-908.

Hold, P (2020) Vorgehensmodell zur Planung und Evaluierung digitaler Assistenzsysteme in der Montage. Dissertation, TU Wien.

Jeske T, Meyer F, Schlick CM (2014) Einfluss der Gestaltung von Arbeitsplänen auf die Anlernzeit sensumotorischer Tätigkeiten. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 68:1–6.

Kelm B, Haas PH, Margies L, Müller R (2024) Entwicklung eines Konzepts zur Nutzeradaptivität Kognitiver Assistenzsysteme am Beispiel der manuellen Montage von Brennstoffzellenstackkomponenten. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.) Arbeitswissenschaft in-the-loop – Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung. Sankt Augustin: GfA Press, D.2.3.

Reinhart G, Zaeh MF (2014) Assistenzsysteme in der Produktion, wt (Werkstattstechnik online), 104:516.

Reinhart G, Zühlke D (2017) Von CIM zu Industrie 4.0. In: Reinhart G (Hrsg) Handbuch Industrie 4.0. Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. München: Hanser, XXXI–XL.

Schlick C, Bruder R, Luczak H (2018) Arbeitswissenschaft. Berlin, Heidelberg: Springer.

Weiss A, Bernhaupt R, Schwaiger D, Altmaninger M, Buchner R, Tscheligi M (2009) User experience evaluation with a Wizard of Oz approach: Technical and methodological considerations, Humanoids 9th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots. Paris: IEEE 303–308.

Zaeh MF, Wiesbeck M, Stork S, Schubö A (2009) A multi-dimensional measure for determining the complexity of manual assembly operations, Production Engineering 3:489–496.

Danksagung: Dieser Beitrag wurde gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Rahmen des Projektes „H2SkaProMo“ (03EN5014I) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Agilität zwischen menschenzentrierter Arbeitsgestaltung und managerialer Steuerungsfiktion

Stefan SAUER, Carolin HIRSCH

Fakultät Soziales und Gesundheit,
Hochschule für angewandte Wissenschaften Kempten,
Bahnhofstraße 6, D-87435 Kempten

Kurzfassung: Seit dem Agilen Manifest (2001) ist Agilität – ausgehend von den USA und dem IT-Sektor – zunehmend in aller Munde, populär sind insbesondere agile Projektmanagementframeworks wie Scrum (Komus 2021). Studien zeigen, dass die Anwendung dieser Ansätze jedoch höchst heterogen ist und menschzentrierte Arbeitsgestaltung zwar durchaus ein Ergebnis sein kann, aber keineswegs muss, die Forschungsergebnisse zum Themenbereich beziehen sich hierbei überwiegend auf den IT-Sektor und beinahe ausschließlich auf technische Forschungs- und Entwicklungsbereiche.
Wir wollen dagegen der Heterogenität der Einsatzgebiete agiler Frameworks gerecht werden und fragen auf Grundlage von vier Fallstudien im Bankwesen, in der stationären Sozialarbeit, in der Telekommunikation und im Maschinenbau sowie ergänzenden Expert*innen-Interviews und Sekundäranalysen nach dem Beitrag agiler Ansätze wie Scrum und Kanban zur menschgerechten Arbeitsgestaltung in all diesen Bereichen. Im Fokus stehen hierbei die Möglichkeiten der (Projekt-)Teams zur Selbstorganisation (gelebte vs. lediglich formale Selbstorganisation), die methodische wie ressourcenseitige Ausstattung der Teams, ihre organisationale Rahmung und die Unterstützung durch Betriebs- und Personalräte.
Ergänzend hierzu haben wir in einer auf dem DGB-Index „Gute Arbeit“ aufbauenden Onlinebefragung mit über 1.500 Teilnehmenden eruiert, inwieweit agile Beschäftigte ihre Arbeit tatsächlich selbst gestalten können, ob sie durch agile Prozesse entlastet werden und ob sie sich hierdurch in ihrer Tätigkeit wertgeschätzt fühlen. Zugespitzt zusammengefasst oszilliert Agilität zwischen einer gelebten menschzentrierten Arbeitsgestaltung einerseits und managerialen Steuerungsfiktionen, welche von Mitgliedern agiler Teams lediglich unterstützt werden sollen andererseits. Dies werden wir anhand der skizzierten Kriterien aufzeigen und good practice Beispiele für agile Arbeit 5.0 skizzieren.

Schlüsselwörter: Agilität, Selbstorganisation, Gute Arbeit, Arbeit 5.0, Soziale Nachhaltigkeit

1. Einleitung

„Arbeit 5.0“ soll für eine Hinwendung zu einer humanzentrierten Arbeitswelt stehen, die einen Wandel der Arbeitsorganisation hin zu Partizipation und Selbstorganisation sowie sozial nachhaltiges Zusammendenken von Mensch und Technik fokussiert. Von Seiten der Arbeitssoziologie ist ein solches Credo – allen hehren Zielen zum Trotz –

jedoch kritisch zu betrachten. Zu vertraut sind die Vokabeln und deren einseitig positive Konnotation doch aus den Diskursen der New Work (Bergmann 2017) und zu wenig beachtet werden hierbei Fallstricke der Subjektivierung von Arbeit sowie der indirekten Steuerung (Hornung et al. 2021; Voß 1998). In unserem Beitrag wollen wir Versprechungen und Stand der empirischen Realität am Beispiel (der Organisation) agiler Arbeit miteinander vergleichen.

In unserem von der Hans-Böckler-Stiftung finanzierten Forschungsprojekt „Leistungssteuerung agiler Arbeit“ haben wir unter dem Gesichtspunkt „Gute Arbeit“ (DGB-Index) mit agilen Beschäftigten aus verschiedenen Branchen und Sektoren über ihre Erwerbsarbeit und den Einfluss agiler Organisation gesprochen. Laut IG Metall handelt es sich bei Arbeit um Gute Arbeit, wenn Beschäftigte mitbestimmen können, gerecht entlohnt werden und sozial sicher, nachhaltig geschützt und diskriminierungsfrei arbeiten können (IG Metall).

Aus der Datenanalyse geht hervor, dass Agilität ein zukunftsfähiges und menschenzentriertes Organisationskonzept von projekt- bzw. teambasierter Arbeit sein kann, aber nicht muss. Je nach Umsetzung in den jeweils untersuchten Institutionen (im privaten wie im öffentlichen Sektor) ist Agilität entweder ein Instrument sozial nachhaltiger und somit menschenzentrierter Arbeitsgestaltung oder ein manageriales Steuerungsinstrument im Sinne der indirekten Steuerung, die den Beschäftigten wenig Raum für Mitgestaltung, Arbeits- und Ressourcenplanung gibt. Im Folgenden stellen wir zunächst unsere theoretisch-konzeptionellen Grundannahmen dar (Kapitel 2), anschließend unser methodisches Vorgehen (Kapitel 3) sowie Schlaglichter auf unsere empirischen Ergebnisse (Kapitel 4), ehe wir ein kurzes Zwischenfazit (Kapitel 5) ziehen.

2. Theorie

Partizipation und Selbstorganisation sind zentrale Versprechen des Arbeit 5.0 und des Agilitäts-Diskurses. Kritische Fragen hieran beziehen sich auf die Bedeutung von Selbstorganisation in (fremdorganisierter) Erwerbsarbeit und die konkrete Umsetzung von Selbstorganisation (Böhle & Stadelbacher 2016). Nach Pongratz und Voß (1997) ist Selbstorganisation im Rahmen erwerbsweltlicher Organisationen aus drei Gründen notwendig selbstorganisiert: (a) Selbstorganisation wird nicht von denen, die sich selbst organisieren sollen, sondern von anderen, zumeist hierarchisch höher stehenden Beschäftigten, initialisiert, (b) Selbstorganisation findet immer lediglich mit (mehr oder weniger) großen Einschränkungen beispielsweise bei der Ressourcenverfügung statt und (c) widersprüchliche Anforderungen an unterschiedliche organisationale Ebenen müssen im Arbeitshandeln ausbalanciert werden. Noch etwas grundsätzlicher stellen Clegg et al. (2002) fest, dass die Organisation von Arbeit im Kapitalismus notwendig paradox ist und stets zwischen (starren) Strukturen und (flexiblem) Agieren der Beschäftigten changiert. Als Resultat der beiden Einwände können wir davon ausgehen, dass die Frage nicht lautet, ob nun Selbstorganisation stattfindet, sondern bis zu welchem Grad sie reicht und ob sie formal anerkannt ist oder informell stattfindet. Hieran knüpfen eigene empirische Arbeiten und unsere Literaturstudie an: Agilität kann zu einem Mehr an Selbstorganisation und Autonomie führen, aber auch zu einem Mehr an Frustration und widersprüchlichen Arbeitsanforderungen (Boes et al. 2021; Muetze-Niewöhner et al. 2021; Pfeiffer et al. 2021; Porschen-Hueck et al. 2020). Die Umsetzung agiler Frameworks ist hierbei durchgängig sehr heterogen und reicht von

einer Ausgestaltung nach Lehrbuch bis hin zu einem ausschließlichen Fokus auf teambasierte Kommunikationsprozesse (Sauer & Pfeiffer 2012). Um diese heterogenen Vorgehensweisen besser verstehen zu können, schlagen wir eine Trennung zwischen vordergründiger und gelebter Selbstorganisation vor (Albert & Sauer 2024). Als vordergründig verstehen wir Selbstorganisation im Rahmen agilen Vorgehens, wenn sie sich ausschließlich auf die Teamebene bezieht, hierunter fallen die Aufteilung von Arbeitsaufgaben im Team, die Planung von teaminternen Meetings, teaminterne Abstimmung zu Arbeits- und Urlaubszeiten etc. Als gelebt verstehen wir Selbstorganisation im Rahmen agilen Vorgehens, wenn agile Teams – wie von agilen Frameworks vorgesehen – in einem gewissen Rahmen Ressourcenhoheit haben, in Bezug auf den Umgang mit Deadlines, die Teamzusammensetzung, die Arbeits- und Aufgabenplanung etc. Im Folgenden wollen wir – ausgehend von der Erläuterung unseres methodischen Vorgehens – quantitative Ergebnisse zur Verbreitung vordergründiger bzw. gelebter Selbstorganisation und qualitative Einblicke in deren konkrete Ausgestaltung geben.

3. Methodologie und empirische Grundlage

Wir verwenden in unserem Forschungsprojekt „Leistungssteuerung agiler Arbeit“ sowohl qualitative als auch quantitative Methoden, um die Verbreitung und die konkrete Ausgestaltung agiler Arbeit und ihrer (Selbst-)Organisation zu analysieren. Quantitativ werten wir eine onlinebasierte Fragebogenstudie, die im Rahmen des BMBF-geförderten Projekts „MoSyS-Menschorientierte Gestaltung komplexer System of Systems“ von Januar bis März 2022 erhoben wurde, sekundär aus. Im Rahmen der Studie wurden 3.190 Fragebögen in Engineering Abteilungen deutscher Maschinenbauunternehmen mit einer Beschäftigtenzahl von 4.000 bis 400.000 verteilt, bei einer Rücklaufquote von 41,6 % konnten n=1.512 Fragebögen ausgewertet werden. Bei unserer Differenzierung von gelebter und vordergründiger Selbstorganisation handelt es sich um latente Konstrukte, die aus jeweils fünf mit Likertskala abgefragten Items gebildet worden sind.

Qualitativ führen wir seit Herbst 2023 insgesamt vier Fallstudien durch, von denen zwei bereits abgeschlossen sind. Je Fallstudie führen wir rund zehn Expert*inneninterviews, wobei wir Beschäftigte als Expert*innen der eigenen Arbeit begreifen (Bogner et al. 2014). Ergänzend führen wir Expert*inneninterviews mit agilen Berater*innen, Wissenschaftler*innen und weiteren agilen Praktiker*innen durch. Ausgewertet werden unsere Interviews mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring 2016, Schreier 2014), die Auswahl der Fälle erfolgte nach dem Credo maximaler Kontrastierung. Für die folgende Analyse haben wir uns bewusst für ein heterogenes Sample mit Fallstudien aus der stationären Kinder- und Jugendarbeit (KiJu) und dem Maschinenbau (MaBa) entschieden. Während die stationäre Kinder- und Jugendhilfe mittlerweile komplett agil organisiert ist, sind nur die Entwicklungsteams des Maschinenbaukonzerns agil organisiert.

4. Empirische Ergebnisse

4.1 Verbreitung (agiler) Selbstorganisation im Engineering

Um einen Anhaltspunkt für die Verbreitung von vordergründiger und gelebter Selbstorganisation zu bekommen, haben wir eine – teils von uns selbst miterhobene – Fragebogenstudie aus dem Jahr 2022 ausgewertet. Insgesamt 1.512 Beschäftigte

aus Engineering-Abteilungen deutscher Maschinenbauunternehmen haben uns hierbei Rückmeldungen gegeben, vordergründige und gelebte Selbstorganisation setzten sich als latente Konstrukte (Falter 1977) aus je fünf Items zusammen. Vordergründige Selbstorganisation setzt sich zusammen aus Abwesenheiten organisieren, Arbeitsaufgaben festlegen und terminieren, selbstständig Meetingtermine festlegen, Entwicklungsergebnisse freigeben und Änderungen selbstständig anpassen. Gelebte Selbstorganisation bezieht Ressourcenverantwortung (in einem gewissen Rahmen) mit ein und umfasst finanzielle Ausgaben, Personalressourcen festlegen, Zeit für Weiterbildung, Zeitressourcen/Deadlines und Teamzusammenstellung. Hieraus ergaben sich die Möglichkeiten, dass Beschäftigte nicht selbstorganisiert, (lediglich) vordergründig selbstorganisiert oder gelebt selbstorganisiert. Die theoretische Möglichkeit, dass Beschäftigte gelebt, aber nicht vordergründig selbstorganisiert sind, kam empirisch – wenig überraschend – nicht vor. Kontrollvariablen waren agile vs. nicht agile Projektarbeit, (kein) Hochschulabschluss sowie Geschlecht. Als ein Ergebnis kann festgehalten werden, dass agil Beschäftigte mehr vordergründige und vor allem auch mehr gelebte Selbstorganisation aufweisen als nicht agil Projektbeschäftigte, die Prozentsätze aber insbesondere der gelebten Selbstorganisation aber sehr niedrig sind. Auffallend ist auch, dass mehr als jede*r vierte nicht-agile und mehr als jede*r fünfte agile Projektbeschäftigte keine oder nur sehr wenig Selbstorganisation aufweist (Albert/Sauer 2024).

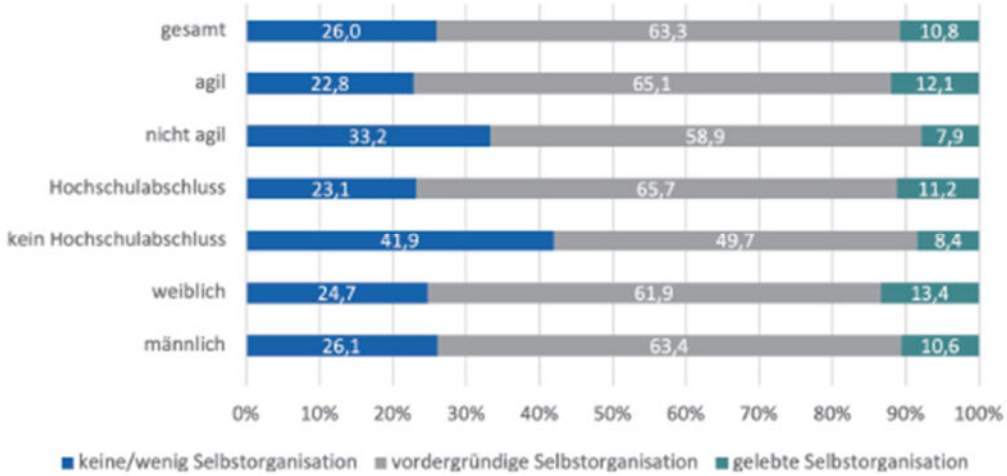


Abbildung 1: Grade der Selbstorganisation im Gruppenvergleich (Albert/Sauer 2024, 82).

4.2 Schlaglichter auf agile Praxen der Selbstorganisation in der Sozialen Arbeit und dem Maschinenbau

Das Kanban Framework ist der gemeinsame Nenner unserer Schlaglichter aus der Sozialen Arbeit und dem Maschinenbau. Dabei verstehen wir das Kanban-Board als zentrale Teaminfrastruktur, die Arbeitsinhalte, Zeitrahmen und unternehmerische Leitplanken visualisiert und somit zur Disposition stellt. Dabei kann ein Dienstplan als Kanban-Board interpretiert werden und auf Kanban festgehaltene Projekt-Deadlines als visualisierte unternehmerische Leitplanken, die die Selbstorganisation der agilen Praktiker*innen indirekt steuert.

Eine Teamleitung der KiJu hat uns ausgeführt, dass die Einführung von Agilität und des Kanban-Frameworks einen Diskurs eröffnet hat, in dem bislang normalisierte Praktiken in Bezug auf Grenzsetzungen zugute eines nachhaltigeren Schutzes der Gesundheit und der Arbeit der Beschäftigten hinterfragt worden sind:

„Da haben wir auch angefangen […], den Dienstplan mit Lücken zu schreiben. Wir können gar nicht voll besetzen und ich plane Leute nicht mehr mit Überstunden. Machen wir sonst so. Ich habe dann Dienstpläne abgeschickt, wo sechs Tagdienste und fünf Nächte nicht besetzt waren. Und das ging. Aber es hat gedauert. Dieser Effekt: Das darf ich. Das kann ich machen“ (Teamleitung, 20.11.2023).

Dem lückenhaften Dienstplan ging teamintern die gemeinsam getroffene Entscheidung voraus, dass die Teammitglieder trotz Unterbesetzung nicht mehr krank zur Arbeit kommen sollen. Durch die Verweigerung von Mehrarbeit und Überstunden wird die Unterbesetzung und somit Überlastung der Beschäftigten hervorgehoben. Durch agile, ressourcenorientierte Führung schafft diese Teamleitung einen Schutzraum für die Beschäftigten und fordert die hierarchisch übergeordnete Ebene auf zu handeln. Dem ganzen Voraus geht die Fähigkeit der Belegschaft *nein* zu sagen und somit Grenzen zu setzen. Ein Mitglied des Agile Transition Team des MaBa hat uns im Interview erläutert, dass es für die Projektteammitglieder eine Herausforderung ist *nein* zu sagen und dass Agilität Mut braucht. Als Grundvoraussetzung für funktionierende agile Arbeitsorganisation wird das Konzept einer "Agilen Vertrauenskultur" innerhalb des Unternehmens umrissen, um Raum zur Selbstorganisation und Entscheidungsfindung innerhalb der Projektteams zu schaffen. Ebenso sollen diese Aushandlungsprozesse auf Augenhöhe zwischen allen Beteiligten, unabhängig der Unternehmenshierarchie, möglich sein. Das unternehmensinterne Agile Transition Team besteht aus Beschäftigten, die bereits als Teamleitungen o.ä. dem Betrieb angehörten und im Zuge der Agilisierung die Arbeit von Entwicklungsteams coachen und Leitplanken setzen, um unternehmerische Zielsetzung mit projektteaminterner Produktentwicklung in Einklang zu bringen. Dabei bezieht sich unsere Interviewe auf Kanban Boards, und stellt heraus, dass darauf Abläufe, Prozesse und Zielsetzungen formuliert, abgeglichen und gegebenenfalls angepasst werden können. Jedoch nur in einem bestimmten, unternehmerisch festgesetzten Rahmen:

„Wir versuchen, nach zwei Jahren so ein Projekt abzuschließen. Diesen Rahmen müssen wir irgendwie halten. Nur haben wir in den letzten Jahren viele Einflussnahmen. Also Lieferzeiten wurden lang. Trotzdem musste nach zwei Jahren dieses Projekt fertig sein. Die Kosten sind gestiegen. Trotzdem haben wir ein Budget einzuhalten. Ich weiß nicht, ob die alte Vorgehensweise, ein Projekt zu planen, mit festem Budget, mit festen Zeiten. Ob das noch übereinstimmen kann mit der agilen Arbeitsweise“ (Agile Transition Coach, 14.11.2023).

Die Rahmenbedingungen des Unternehmens, das in mehreren Interviews als *traditionelles Familienunternehmen* beschrieben wurde, gibt (noch?) nicht genügend Raum für selbst organisierte agile Arbeit frei. Der unternehmerisch gesetzte zeitliche und finanzielle Rahmen passt sich nicht an die sich verändernden Bedingungen an. Das schlägt sich für die Teams unter anderem in Form von künstlich produziertem Zeitdruck nieder. Von Seiten der Teams haben mehrere Agile Transition Team Mitglieder über Entwicklungsteams gesprochen, in denen die Mitglieder regelmäßige Teamtermine nicht wahrnehmen. Als ein Grund dahinter wurde uns das nicht erfüllen des Arbeitspensums genannt, unter anderem aus Angst/Scham dieses *Leistungsdefizit* vor bzw. mit dem Team zu besprechen.

Durch den Dienstplan wurde von einem Team ein Stopp gesetzt und neue Handlungsspielräume geschaffen, inklusive einer Ressourcenhoheit des Teams, die es erlaubt, bei unerfüllbaren Anforderungen *nein* zu sagen. Wenn sich die unternehmerischen Leitplanken für agile Entwicklungsprojekte (Personal, Zeitraum, Budget, Zulieferung) an die tatsächlichen Gegebenheiten anpassen, können Zeitdruck und somit verstärkte Arbeitslast tatsächlich selbstorganisiert von den Teammitgliedern vermie-

den werden. Bislang scheint es, als sei die Agilität unter anderem ein Steuerungsinstrument, um Prozesse und Arbeitsabläufe so weit zu optimieren, dass Unternehmensziele unabhängig äußerer Faktoren eingehalten werden können.

5. Zwischenfazit

Jegliche Ressource ist endlich, so auch die menschliche Arbeitszeit und -kraft. Der Entzug von verfügbarer Arbeitskraft, mitunter die Verweigerung von Überstunden, um auf strukturelle Missstände aufmerksam zu machen ist ein Akt der Selbstermächtigung und Grenzsetzung der Belegschaft. Das Konzept der Agilität kann hier einen Schutzraum schaffen, in dem die Belegschaft selbst organisiert Grenzen aushandelt und unternehmerische Leitplanken hinterfragt. Um die Potentiale der agilen Arbeitsorganisation in Bezug auf soziale Nachhaltigkeit, menschenzentriert und zukunftsfähige Erwerbsarbeit auszuschöpfen, bedarf es nicht nur der Umstrukturierung einzelner Teams (agile Inseln), sondern einen ganzheitlicheren Ansatz – unsere quantitativen Erhebungen zeigen jedoch, dass es dahin noch ein weiter Weg ist.

6. Literatur

Albert B., Sauer S. (2024): Arbeit: Projektbasiert, selbstorganisiert, wertgeschätzt? in: Arbeit, 33(3),67-90.

Bergmann F. (2017): Neue Arbeit, neue Kultur. Arbor.

Boes A., Gül K., Kampf T., Lühr T. (Hrsg.) (2021): Empowerment in der agilen Arbeitswelt. Analysen, Handlungsorientierungen und Erfolgsfaktoren. Freiburg.

Böhle F., Stadelbacher S. (2016): Soziale Ordnung durch Selbstorganisation und Grenzen der Rationalisierung des Handelns – Zur Notwendigkeit und Möglichkeit einer Erweiterung kognitiver Handlungsorientierungen in der reflexiven Moderne; in: Böhle F., Schneider W. (Hrsg.): Subjekt – Handeln – Institution. Vergesellschaftung und Subjekt in der Reflexiven Moderne. Weilerswist, 349–387.

Clegg R. S., da Cunha J. V., Pina e Cunha M. (2002): Management paradoxes. A relational view; in: Human Relations, 55, 483–509.

Falter J. W. (1977): Zur Validierung theoretischer Konstrukte. Wissenschaftstheoretische Aspekte des Validierungskonzepts: On the validation of theoretical constructs; in: Zeitschrift für Soziologie, 6, 4, 370–385.

Hornung S., Weigl M., Glaser J., Herbig B. (2021): Dimensionen der Subjektivierung von Arbeit: Intensivierung, Internationalisierung und Individualisierung. In: GfA Frühjahrskongress 2021, Beitrag B.15.1.

IG Metall: Was heisst Gute Arbeit? Wir fragen nach und setzen um. Abgerufen am 27.01.2025, https://www.igmetall.de/im-betrieb/wir-fragen-nach-und-setzen-um.

Mütze-Niewöhner S., Hacker W., Hardwig T., Kauffeld S., Latniak E., Nicklich M., Pietrzyk U. (2021): Projekt- und Teamarbeit in der digitalisierten Arbeitswelt. Herausforderungen und Empfehlungen für die Arbeitsgestaltung. Berlin, Heidelberg.

Pfeiffer S., Nicklich M, Sauer S. (Hsgg.) (2021): The Agile Imperative. Teams, Organizations and Society under Reconstruction?. Cham.

Pongratz H.-J., Voß G. G. (1997): Fremdorganisierte Selbstorganisation. Eine soziologische Diskussion aktueller Managementkonzepte; in: Zeitschrift für Personalforschung, 11, 1, 30–53.

Porschen-Hueck,S., Jungtäubl M., Weihrich M. (Hrsg.) (2020): Agilität? Herausforderungen neuer Konzepte der Selbstorganisation. Augsburg, München.

Sauer S., Pfeiffer S. (2012): (Erfahrungs-)Wissen als Planungsressource: Neue Formen der Wissens(ver-?)nutzung im Unternehmen am Beispiel agiler Entwicklungsmethoden; in: G. Koch, J. Warneken (Hg.): Wissensarbeit und Arbeitswissen. Frankfurt am Main, New York, 195–210.

Voß G. G. (1998): Die Entgrenzung von Arbeit und Arbeitskraft. Eine subjektorientierte Interpretation des Wandels von Arbeit. In: Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, 31(3), 473-483.

Diversität berücksichtigende Partizipation als Instrument der Technikakzeptanz in der öffentlichen Verwaltung

Anja SENG, JanTIETMEYER
Institut für Public Management, FOM Hochschule für Oekonomie & Management, Leimkugelstr. 6, D-45141 Essen

Kurzfassung: Digitalisierung besitzt in der öffentlichen Verwaltung eine hohe Bedeutung. Insbesondere im Öffentlichen Gesundheitsdienst sind hier während der Corona-Pandemie große Herausforderungen aufgetreten. Das Projekt „DigiSkills“ befasst sich im Rahmen des Pakts für den Öffentlichen Gesundheitsdienst mit der Dimension der Mitarbeitenden im Reifegradmodell für den Öffentlichen Gesundheitsdienst. Im Rahmen einer Aktions- und Handlungsforschung wurden Interventionen im Bereich der Sensibilisierung für Digitalisierung im Allgemeinen und Prozessen im Besonderen umgesetzt worden. Der Beitrag fokussiert das Learning des Diversitätsverständnisses für den Umgang mit Digitalisierung bzw. die Technikakzeptanz. Als zentrale Dimension wurde die Digitalisierungsaffinität herausgearbeitet, die in Bezug auf die Kommunikation im Prozess der Digitalisierung zur Förderung der Technikakzeptanz bei den Beschäftigten genutzt werden kann.

Schlüsselwörter: Public Management, Digitalisierung, Partizipation, Technikakzeptanz, Aktions- und Handlungsforschung, öffentlicher Gesundheitsdienst

1. Das Projekt „DigiSkills“

Diverse Hochwasserkatastrophen oder die Auswirkungen des Kriegs in der Ukraine und insbesondere auch die Corona-Pandemie haben die öffentliche Verwaltung in Deutschland in den vergangenen Jahren stark gefordert. Auch einige Gesetzesänderungen und ihre Herausforderungen konnten kaum bewältigt werden. Die Probleme verdichten sich dabei im Bereich der Digitalisierung, wie beispielsweise dem Onlinezugangsgesetz (Seng et al 2024). Auch im öffentlichen Gesundheitswesen hat sich vor allem in der Corona-Pandemie gezeigt, dass die Digitalisierung hier starke Defizite aufweist – mit gesamtgesellschaftlicher Relevanz (Hildebrandt 2021; Schreyögg 2020). Daher haben Bundesregierung und Bundeländer gemeinsam den Pakt für den Öffentlichen Gesundheitsdienst geschlossen, in dem insbesondere der Digitalisierung eine besondere Rolle zukommt (Bundesministerium für Gesundheit 2024).

In diesem Rahmen fand das Forschungsprojekt „DigiSkills“ innerhalb des Förderaufrufs Digitales Gesundheitsamt 2025 statt, es wurde von der Europäischen Union (Next Generation EU) gefördert. Basis dieses Pakts für den Öffentlichen Gesundheitsdienst ist im Bereich der Digitalisierung das Reifegradmodell für den Öffentlichen Gesundheitsdienst nach Eymann et al. (2023). Es zielt auf die Entwicklung der digitalen Reife, die anhand des mit Hilfe des Modells gemessen und entwickelt werden soll. Reifegradmodelle entstammen dabei eigentlich dem Bereich der Führungsforschung, werden aber in der Zwischenzeit vielfach verwendet, bspw. in der Produktentwicklung oder der Prozessbewertung (Grande 2014). Neben der reinen Feststellung der jeweiligen Reife des zu untersuchenden Gegenstandsbereichs kann in einem

Reifegradmodell auch jeweils abgeleitet werden, welche Handlungsschritte vor dem Hintergrund der jeweiligen Situation sinnvoll sind (Bartscher & Nissen 2018).

Somit zielt das Reifegradmodell für den Öffentlichen Gesundheitsdienst neben einer Situationsfeststellung auch darauf ab, konkrete Anleitungen dahingehend zu geben, welche nächsten Schritte Gesundheitsämter gehen sollen, um ihre digitale Reife erhöhen zu können. Übergeordnet wird dabei das Ziel formuliert, zukünftigen Herausforderungen besser begegnen zu können. Das Reifegradmodell umfasst insgesamt 8 Dimensionen, die jeweils wieder mit weiteren Subdimensionen untergliedert sind. Für jede Subdimension erfolgt dann eine konkrete Einstufung auf 5 Abstufungen des jeweiligen Reifegrads. Damit besteht nicht nur die Möglichkeit, die digitale Reife von Gesundheitsämtern zu erfassen. Vielmehr können Digitalisierungsprojekte geplant und umgesetzt werden, die Entwicklungen innerhalb der jeweiligen Subdimensionen ansteuern und somit zu einem höheren Reifegrad führen.

Der Fokus des Projekts „DigiSkills“ liegt auf einer Dimension des Reifegradmodells und zwar auf der der Mitarbeitenden. Hier wird dem Rechnung getragen, dass eine erfolgreiche Digitalisierung in der öffentlichen Verwaltung zwar ein technologisch verankerter Prozess ist, der jedoch nur gemeinsam mit den Mitarbeitenden und auf Basis einer grundlegenden Technikakzeptanz erfolgen kann (Beile et al. 2019). In diesem Kontext werden die drei Subdimensionen der Sensibilisierung, der Partizipation und der Schulung verwendet.

Für eine Weiterentwicklung innerhalb des Reifegradmodells soll mit dem Projekt „DigiSkills“ ein wissenschaftlich begründetes Schulungskonzept entwickelt werden, das die Bedarfe einer diversen Belegschaft berücksichtigt. Übergreifende Zielsetzung ist es, die Beschäftigten für die Notwendigkeit der Digitalisierung ihres Arbeitsumfelds zu sensibilisieren, sie dabei einzubinden und ihre digitalen Kompetenzen zu fördern. Im vorliegenden Beitrag werden ausgewählte Ergebnisse mit Blick auf die begleitenden Kommunikationsprozesse in der Organisation gezeigt.

2. Methodisches Vorgehen

Methodisch orientierte sich das Vorgehen an der Aktions- und Handlungsforschung nach Richenhagen & Dick (2019). Ziel der Methode ist die Anwendung einer aktivierenden Sozialforschung. Es sollen durch die Forschung Veränderungen im beforschten Feld ausgelöst werden. Dabei wurde ein phasiertes Vorgehen gewählt (Tietmeyer & Seng 2024a), das sich in die folgenden Schritte unterteilt hat:

(1) Bestandsanalyse
(2) Intervention
(3) Evaluation
(4) Learnings

Auf der Grundlage der gemeinsam mit der Leitung des Gesundheitsamts Essen durchgeführten Bestandsanalyse konnten drei Interventionsschritte entwickelt werden: (1) Workshops im Rahmen der Auftaktveranstaltung (29 Teilnahmen); (2) Sensibilisierungsworkshops zur Digitalisierung (198 Teilnahmen) und (3) Sensibilisierungsworkshops zum Prozessverständnis (200 Teilnahmen).

Die Interventionen wurden jeweils evaluiert, und zwar durch die systematische Anwendung empirischer Forschungsmethoden (Rossi et al. 2019) und orientiert an den Funktionen der Evaluation (Stockmann 2022). Die Datengrundlage der Evaluation bildeten diverse Daten, insbesondere Beobachtungsprotokolle und Postskripta, und auch zusätzliche Workshop-Ergebnisse (Dokumentationen von Flip-Charts, Klebepunkten bei Selbsteinschätzungen etc.). Die Datenauswertung erfolgte ebenfalls mit

einem Methoden-Mix (Bortz & Döring 2016), insbesondere der Kodiersystematik der Grounded Theory Methodologie (Glaser & Strauß 1967, Bryant & Charmaz 2010) und der quantitativen und qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring 2022).

3. Ergebnisse

Im Rahmen dieses Beitrags werden die Ergebnisse in Bezug auf die Thematik der Berücksichtigung der Diversität gelegt. Im Rahmen des Projekts sind weitere Ergebnisse gewonnen worden, die an anderer Stelle bereits publiziert worden sind (Tietmeyer & Seng 2024b)

Die Datenauswertung innerhalb der Grounded Theory wird üblicherweise in drei Schritten umgesetzt,und zwar dem freien, dem axialen und dem selektiven Codieren. Im Rahmen von „DigiSkills“ wurde das Vorgehen leicht abgewandelt. Denn das selektive Codieren wird üblicherweise für jedes zu bewertende Forschungsobjekt einzeln durchgeführt. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde auf der Grundlage des Datenmaterials, das vornehmlich in Gruppensettings gewonnen wurden, von diesem schrittweisen Vorgehen abstrahiert. Das Kodierparadigma als Ergebnis des axialen Codierens wurde vielmehr von Intervention zu Intervention weiterentwickelt, indem das neu gewonnene Datenmaterial integriert wurde. Die Erkenntnisse aus den Workshops in Bezug auf die Ausgestaltung der weiteren Interventionen lassen sich in den fünf Feldern des Kodierparadigmas der Grounded Theory zusammenfassen, die sich gegenseitig bedingen und aufeinander wirken. Im Mittelpunkt steht die Digitalisierungsaffinität der Beschäftigten, denen ursächliche Bedingungen zugrunde liegen. Daraus lassen sich Ableitungen für eine weitere Handlungsstrategie in Bezug auf die zu entwickelnden Schulungen treffen, die wiederum zu erwartenden Konsequenzen im praktischen Bezug auf die Entwicklung der Dimension der Mitarbeitenden im Reifegradmodell führen. Sie werden beeinflusst von und beeinflussen Kontext- und intervenierenden Bedingungen.

Das Ergebnis war in Bezug auf das Gesundheitsamt der Stadt Essen theoretisch gesättigt.

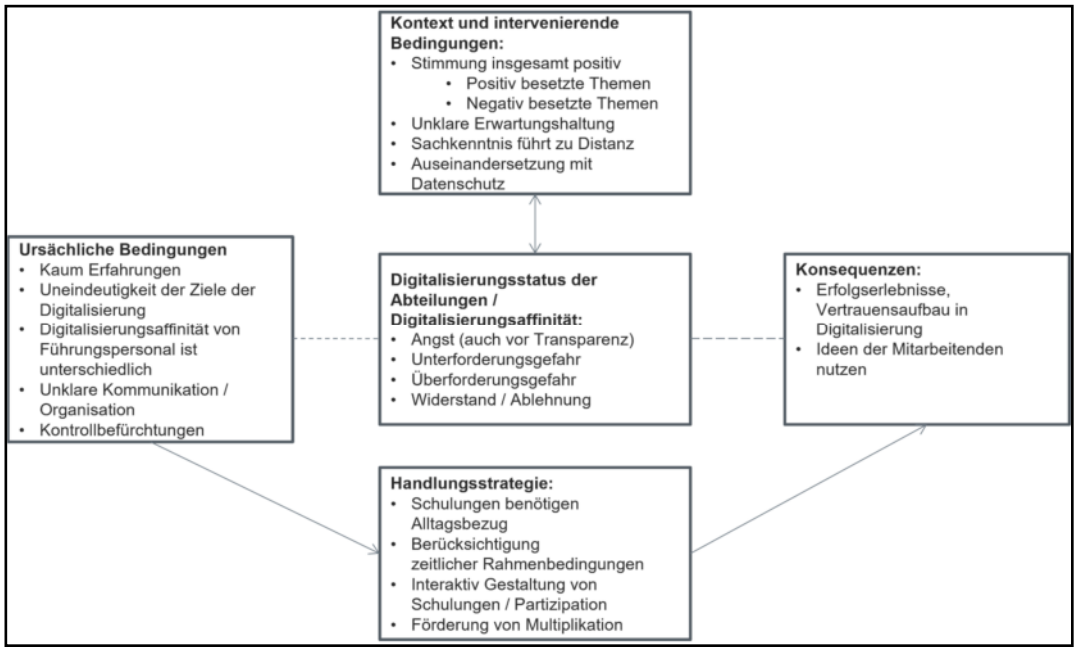


***Abbildung 1**: Anwendung des Kodierparadigmas der Grounded Theory Methodologie.*

4. Diskussion relevanter Learnings in Bezug auf Diversität

Aus den Ergebnissen ließen sich verschiedene Learnings ableiten, und unter anderem auch in Bezug auf die Bedeutung der Diversität in Form von Digitalisierungsaffinität und deren Relevanz für die weitere Umsetzung innerhalb der Organisation.

Dabei ist anzumerken, dass der Begriff der Diversität von Beginn an im Projekt „DigiSkills“ diskutiert wurde, sich sein Verständnis im Verlauf aber stark verändert hat. Zunächst bestand die Annahme der Gültigkeit klassischer Diversitätsmerkmale, wie sie im „Rad der Diversitätskriterien“ (Charta der Vielfalt 2024) dargestellt werden. Diese Einschätzung ist insbesondere durch das Gesundheitsamt der Stadt Essen vorgenommen worden. Der Wechsel zu einer Betrachtung der Digitalisierungsaffinität als Kriterium für Diversität in Bezug auf die Förderung der Digitalisierung durch die Entwicklung von einer Technikakzeptanz ist im Kodierprozess entstanden, genauer in der axialen Codierung. Seinen Ausgangspunkt hat dieser Wandel demzufolge in den zu Grunde liegenden Daten. In den verwendeten Beobachtungsprotokollen und den Vorüberlegungen zu den Postskripta waren Hinweise hinterlegt, dass Ausprägungen der klassischen Diversitätsmerkmale dokumentiert werden sollten, was bereits in Bezug auf sichtbare Kriterien schon nur im Ansatz möglich war. In der Auswertung hat sich dann gezeigt, dass für diese Kriterien jeweils keine Bedeutung in Bezug auf die Technikakzeptanz und den weiteren Digitalisierungsprozess nachgewiesen werden konnte, stattdessen zeigt sich der zentrale Unterschied in der Ausprägung der individuellen Digitalisierungsaffinität, also dem Interesse und der Bereitschaft, sich mit Digitalisierung zu beschäftigen.

Mithilfe der Betrachtung der Digitalisierungsaffinität lassen sich Schlussfolgerungen unter anderem in Bezug auf die Kommunikation der Digitalisierungsbemühungen ziehen, die die weitere Sensibilisierung, Partizipation und Schulung der Beschäftigten unterstützen und somit zu einer Entwicklung des Reifegrads führen können:

(1) Die Kommunikationskanäle und -arten sollten mehr vom Empfänger her gedacht werden: Die Mitarbeitenden fühlten sich nicht informiert oder es wurden unterschiedliche und teilweise auch widersprüchliche Informationen wahrgenommen – und das obwohl faktisch eine Kommunikation seitens der Leitung erfolgt ist. Somit bestand die Problematik, dass die jeweilige Kommunikation bei den Zielempfängern nicht oder nicht korrekt angekommen ist. Die Akzeptanz der Veränderungsprozesse war somit gering. Dies lässt sich theoretisch bspw. mit dem Sender-Empfänger Modell von Shannon & Weaver (1963) erklären. Demzufolge wäre hier eine Partizipation von Beschäftigten mit hoher Digitalisierungsaffinität zu empfehlen, da davon auszugehen ist, dass diese Personen eine hohe intrinsische Motivation und gleichzeitig eine Expertise in den Strukturen der eigenen Organisation in Bezug auf die operative Umsetzung von Digitalisierung besitzen. Um wiederum eine bestmögliche Einbindung der verschiedenen Personen und somit eine höhere Akzeptanz zu erreichen, können agile Methoden zum Einsatz kommen (Tiemeyer & Seng 2024a).

(2) Die Kommunikation sollte sich vor allem auf Beschäftigte mit hoher Digitalisierungsaffinität konzentrieren, bzw. es sollte eine Überbetonung der Beschäftigten mit Angst in Bezug auf die Digitalisierung vermieden werden. Im Rahmen von „DigiSkills“ wurde an vielen Stellen beobachtet, dass die Personen mit Angst in Bezug auf Digitalisierung häufig direkt adressiert worden sind, sowohl auf der Ebene der Leitung wie auch im kollegialen Rahmen. Gleichzeitig wurde in den Beobachtungen wahrgenommen, dass dieser Personenkreis insgesamt eher klein zu sein schien und dass die Stimmung in Bezug auf die anstehende Digitalisierung innerhalb der Belegschaft insgesamt eher positiv war. Diese große und wiederholte Bedeutungs-

zuschreibung für diejenigen Personen aus der Belegschaft, die die Digitalisierung des Gesundheitsamts der Stadtverwaltung Essen ablehnen, führt tendenziell dazu, dass dieser Gruppe in ihrer Größe und Bedeutung für den Gesamtprozesse überschätzt werden kann, wodurch wiederum der eigentlich eher kleine, die Digitalisierung ablehnende Belegschaftsteil eine verhältnismäßig große Bedeutung erfährt und somit in der Entscheidungsfindung, Kommunikation und Stimmung die Digitalisierung überproportional gefährden kann. Diese „Nachzügler" in der Veränderung (Rogers 2003) werden sich ohnehin erst dann anschließen, wenn es keine alternativen Möglichkeiten mehr gibt. Ähnliche Prozesse sind sozialpsychologisch erforscht (Gause 2020) und entsprechen auch den grundlegenden Modellen des Change Managements (Rogers 2003). Damit ist nicht gemeint, dass der ablehnende Personenkreis unberücksichtigt bleiben sollte. Vielmehr kann eine zielgruppenspezifische Ansprache vor dem Hintergrund der unterschiedlich ausgeprägten Digitalisierungsaffinität mit entsprechenden Angeboten erfolgen und somit die generelle Akzeptanz von z.B. neuen Tools erhöhen.

(3) Die Kommunikation kann durch den Einsatz von Multiplikationsmodellen gefördert werden, hierbei sollten Freiwillige mit hoher Digitalisierungsaffinität eingebunden werden. Im Kontext von Multiplikationsmodellen sollen Multiplikatorinnen und Multiplikatoren, die üblicherweise aus der Belegschaft stammen, in einer besonders intensiven Weise ausgebildet werden. Neben dem individuellen Lernen steht hier das soziale Lernen nach dem Konzept eines „Train-the-Trainer-Ansatzes" (Graf et al. 2017) im Fokus; es entwickeln also nicht nur einzelne eine (neue) Methodenkompetenz, sondern sie wird im sozialen Austausch kollaborativ erprobt (Foelsing & Schmitz 2021), um gemeinsam möglichen Widerständen seitens der Organisation bzw. einzelner Individuen besser begegnen zu können (Kühl 2023). Von Bedeutung ist die Freiwilligkeit der Multiplikatorinnen und Multiplikatoren, ihre entsprechenden Rollen einzunehmen, ansonsten können die positiven Wirkungen eines solchen Modells u.U. nicht zur Entfaltung finden. Die Wirksamkeit solcher Ansätze ist bereits im Bereich der öffentlichen Verwaltung belegt (Nienaber et al 2023).

5. Literatur

Bartscher T, Nissen R (2018) Theorie des Reifegrads. https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/theorie-des-reifegrades-51221/version-274420. Zugriff am 05.06.2024.

Beile J, Rieke C, Schöneberg K, Gabriel S (2019) Führung in der digitalisierten öffentlichen Verwaltung. Ein Handlungsleitfaden. wmp consult: Hamburg.

Bryant A, Charmaz K (2012) Grounded theory and psychological research. In Cooper H, Camic PA, Long DL, Panter AT, Rindskopf D, Sher KJ (Eds) APA handbook of research methods in psychology, Vol. 2. Research designs: Quantitative, qualitative, neuropsychological, and biological: 39–56, American Psychological Association. https://doi.org/10.1037/13620-003.

Bundesministerium für Gesundheit (2024). https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/gesundheitswesen/pakt-fuer-den-oegd. Zugriff am 05.06.2024.

Charta der Vielfalt (2024). Vielfaltsdimensionen. Die sieben Dimensionen von Vielfalt. https://www.charta-der-vielfalt.de/fuer-organisationen/vielfaltsdimensionen/.Zugriff am 12.06.2024.

Eymann T, Fürstenau D, Gersch M, Kauffmann AL, Neubauer M, Schick D, Schlömer N, Schulte-Althoff M, Stark J, von Welczek J (2023) Das Reifegradmodell für den Öffentlichen Gesundheitsdienst – Ein Instrument zur Erfassung und Verbesserung des digitalen Reifegrades von deutschen Gesundheitsämtern, Bundesgesundheitsblatt 2023 66: 136–142. https://doi.org/10.1007/s00103-022-03643-7. Zugriff am 26.07.2024.

Foelsing J, Schmitz A (2021) New Work braucht New Learning. Eine Perspektivreise durch die Transformation unserer Organisations- und Lernwelten. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 65–74.

Gause L (2020) Revealing Issue Salience via Costly Protest: How Legislative Behavior Following Protest Advantages Low-Resource Groups. In: British Journal of Political Science , Vol 52 , Issue 1, January 2022 , 259–279 DOI: https://doi.org/10.1017/S0007123420000423. Zugriff am 20.06.2024.

Glaser A, Strauss B (1967) The Discovery of Grounded Theory. Strategies for Qualitative Research, Aldine Publishing Company: Chicago 1967.

Graf N, Gramß D, Edelkraut F (2017) Agiles Lernen. Neue Rolle, Kompetenzen und Methoden im Unternehmenskontext. Freiburg: Haufe Lexware.

Grande M (2014) 100 Minuten für Anforderungsmanagement, DOI 10.1007/978-3-658-06435-8_16, Springer Fachmedien Wiesbaden 2014.

Hildebrandt U (2021) Gesundheitsämter im Dornröschenschlaf. Aus Corona lernen: 39–43 Springer, Heidelberg.

Kühl S (2023) Der ganz formale Wahnsinn. 111 Einsichten in die Welt der Organisationen. München: Vahlen.

Mayring P (2022) Qualitative Inhaltsanalyse, Weinheim 2022.

Nienaber A, Woodcock R, Soares A, Searle R, Tietmeyer J (2023) The role of women as change agents in a male-dominated context: Empirical findings from the transport and mobility industry, in: Work: A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation, Jg. 2023, Nr. 76: 1-13, Amsterdam.

Richenhagen G, Dick A (2019) Aktions- und Handlungsforschung in den Arbeitswissenschaften, Beitrag zum 65. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft „Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten“, Beitrag C.8.7.Rogers, E. M. (2003). Diffusion of innovations (5. Aufl.). New York: Free Press.

Rossi PH, Lipsey MW, Henry GT (2019) Evaluation: A Systematic Approach. New York: SAGE Publications, Inc.

Schreyögg J (2020) Corona-Krise trifft auf Strukturprobleme im Gesundheitswesen. Wirtschaftsdienst 100: 226–227. https://www.econstor.eu/bitstream/10419/221964/1/10-1007-s10273-020-2617-3.pdf. Zugriff am 05.06.2024.

Seng A, Tietmeyer J, Höffner C (2024) Agilität im Public Management. In: ifpm Schriftenreihe, Band 5. Essen: MA Verlag.

Shannon C, Weaver W (1963) The mathematical Theory of Communication. The University of Illinoius Press. Urbana.

Stockmann R (2022) Handbuch zur Evaluation. Eine praktische Handlungsanleitung, Band 16, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Münster: Waxmann.

Tietmeyer J, Seng A (2024a) Change Management in der öffentlichen Verwaltung: empirische Befunde aus einem Reallabor zu agilen Arbeitsweisen, in: Verwaltung & Management: Zeitschrift für moderne Verwaltung, Jg. 2024, Nr. 2: 76-84, Nomos, Baden-Baden.

Tietmeyer J, Seng A (2024b) Digitalisierung im Öffentlichen Gesundheitsdienst: Learnings aus dem Projekt. In: A. Seng (Hrsg.), ifpm Schriftenreihe, Band 7. Essen: MA Verlag. http://hdl.handle.net/10419/248722.

Gefährdungsbeurteilung für das Einsatzgeschehen bei der Feuerwehr: Sekundärnutzung von Fernsehdokumentationen

Carsten SCHIFFER, Yathursan MAHENDRAN, Andre PRINZ, Alexander MERTENS, Verena NITSCH

Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen, Eilfschornsteinstraße 18, D-52062 Aachen

Kurzfassung: Der vorausschauenden Gefährdungsbeurteilung fällt bei der Feuerwehr eine besondere Bedeutung zu. Um Gefährdungsbeurteilungen umfänglich durchzuführen, existieren zahlreiche Bausteine wie Meldesysteme für Beinaheunfälle (CIRS-Systeme), Unfalluntersuchungen oder Feuerwehrbedarfsplanungen. Videoaufnahmen sind ebenfalls geeignet, um feuerwehrtypische einsatztätigkeitsbezogene Gefährdungen zu identifizieren und zu beschreiben. Zu diesem Zweck wurde eine systematische, qualitative Auswertung von Videoaufnahmen aus Fernsehdokumentationen durchgeführt. Dieses Wissen kann zur Unfallverhütung sowie bei der Aus- und Weiterbildung aufgegriffen werden.

Schlüsselwörter: Feuerwehr, Unfallverhütung, Arbeitssicherheit, Gefährdungsbeurteilung, Einsatzorganisationen, Beobachtungsstudie

1. Hintergrund

Die Einsatzkräfte der Feuerwehr sind bei ihrer Arbeit besonderen Gefahren ausgesetzt. Im Unterschied zu anderen gefährlichen Branchen hat die Feuerwehr jedoch wenig und zu Beginn der Einsätze oft unzureichende Kontrolle über Arbeitssituationen (sogenannte Chaosphase (Kaufmann 2020)). Den personenbezogenen Maßnahmen kommt daher eine besondere Bedeutung zu (Starke 2020); hierunter fallen vor allem der Umgang mit Persönlicher Schutzausrüstung (PSA) und der reflektierte und vorsichtige Umgang der Einsatzkräfte mit nicht oder nur unvollständig isolierbaren Gefahren.

Da die räumlichen Begebenheiten im Einsatzgeschehen meist unbekannt sind, fokussiert die Beurteilung von Gefährdungen i. d. R. ausgeführte Tätigkeiten und genutzte Einsatzmittel (Zimmermann 2019). Um einsatztypische Gefährdungen zu erkennen und den Umgang der Einsatzkräfte mit den Gefährdungen aufzudecken, können Videos aus einsatzbegleitenden Aufzeichnungen genutzt werden. Das Anfertigen und Nutzen von Videomaterial in den eigenen Feuerwehren ist jedoch technisch wie betriebsorganisatorisch herausfordernd. In diesem Artikel wird daher beleuchtet, inwiefern die Sekundärnutzung von Videomaterial aus Fernsehdokumentationen bei Feuerwehren für die Identifizierung und Bewertung von Gefährdungen unterstützend eingesetzt werden kann.

2. Methode

In der vorliegenden Studie wurde auf das öffentlich ausgestrahlte Videomaterial der Fernsehserie „Feuer & Flamme des Westdeutschen Rundfunks unter Nutzung der Mediathek der Arbeitsgemeinschaft der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten der Bundesrepublik Deutschland zurückgegriffen (Westdeutscher Rundfunk [WDR] 2024; Arbeitsgemeinschaft der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten der Bundesrepublik Deutschland [ARD] 2024). Gesichtet und ausgewertet wurden die insgesamt 51 Folgen der Staffeln 1 bis 7. In diesen Staffeln wurden die Berufsfeuerwehren Gelsenkirchen (Staffel 1 und 2) und Bochum (Staffeln 3 bis 7) bei ihren Einsätzen begleitet. Das Videomaterial ist in der redaktionellen Auswahl des gesendeten Materials ungewöhnlich detailreich und nur geringfügig nachbearbeitet (z. B. wurden unbeteiligte Passanten oder nackte Patienten des Rettungsdienstes verpixelt). Das Feuerwehrwesen wird inklusive Fehleinsätze sowie Übungs- und Wachbetrieb umfangreich vorgestellt. Die Serie Feuer & Flamme wurde bereits für feuerwehrtaktische Analysen durch Fachjournale aufgegriffen (z. B. FEUERWEHRLEBEN 2021a, 2021b) und wird regelmäßig in den sozialen Medien unter Feuerwehrangehörigen diskutiert.

In Anlehnung an das Konzept der Qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring 1994, 2019) wurde das Material zunächst grob gesichtet und anschließend ein Klassifizierungscluster für Beinaheunfälle entwickelt, um gefährliche Ereignisse für die Einsatzkräfte bzw. Beinaheunfälle nach Ursache und Folge einzuordnen. Darauf aufbauend wurden alle Folgen sorgfältig gesichtet, gefährliche Ereignisse und die zugehörigen Einflussfaktoren identifiziert und unter Erhebung von Metadaten katalogisiert. Dabei wurde eine Einschätzung zur Gefährdung in der konkreten Situation des Beinaheunfalls, aber auch zum potenziell gefährlichsten Ausgang (Worst-Case-Szenario) abgegeben. So gewonnenes Wissen um Ursachen von gefährlichen Ereignissen kann anschließend zur Verbesserung der Arbeitssicherheit, insbesondere durch Weiterentwicklung von Ausbildung und Weiterbildungen genutzt werden.

Zur Beschreibung des Gefahrenbereichs wurden in Anlehnung an die Feuerwehrdienstvorschrift 3 „Einheiten im Lösch- und Hilfeleistungseinsatz“ (FwDV 3 2008) Abschnitte an der Einsatzstelle definiert, in denen Gefahrenmomente auftreten (siehe Tabelle 1). Entsprechend der Schwerpunktlegung in der FwDV 3 wurden für die Klassifizierung Brandeinsätze zugrunde gelegt, bei denen die Mehrheit der Unfälle bei der Feuerwehr auftreten (Schiffer et al., 2024).

Tabelle 1: *Definition der Gefährdungsbereiche.*

Gefährdungsbereiche		Definition
1	Einsatzfahrzeug	Ereignis findet im Einsatzfahrzeug statt
2	Wasserversorgung	Ereignis ereignet sich zwischen Wasserquelle und Einsatzfahrzeug
3	bis Verteiler	Ereignis ereignet sich zwischen Einsatzfahrzeug und Verteiler
4	ab Verteiler	Ereignis ereignet sich zwischen Verteiler und Gefahrenstelle
5	Gefahrenstelle	Ereignis in unmittelbarer Nähe zum Schadensort
6	Unfallort	Ereignis im Tätigkeitsbereich des Rettungsdienstes

Die Klassifizierung der wirkenden Gefährdungen erfolgte nach dem Klassifizierungsschema der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) (siehe Tabelle 2). Das kompakte Klassifizierungsschema der BG RCI ist gut geeignet, um nach einer kurzen Einarbeitung praxistaugliche Gefährdungsbeurteilungen durchzuführen.

3. Ergebnisse

Insgesamt wurden 217 gefährliche Ereignisse und Beinaheunfälle unter Nennung von Staffel, Folge, Zeitstempel, Kurzbeschreibung der Situation, betroffene Einheit, Faktor der BG RCI, ermittelten Gefahrenbereich und potentiellem Worst-Case-Szenario erfasst und katalogisiert (Prinz et al. 2024). Da bei den 217 erfassten Ereignisse teilweise mehrere Gefährdungen gleichzeitig vorlagen, wurden insgesamt 241 Eintragungen vorgenommen (siehe Tabelle 2).

Unfälle mit schwerwiegenden Folgen wurden – wie in Sendungen des öffentlich-rechtlichen Fernsehens erwartbar – nicht beobachtet. Beobachtbar sind jedoch Ereignisse, die zu keinen (Beinaheunfall) oder geringfügigen Verletzungen (Bagatellunfall) geführt haben, die aber unter anderen Umständen schwere Folgen hätten haben können. Einige dieser Ergebnisse beruhen auf unglücklichen Verkettungen oder Unachtsamkeit, andere auf das Einschleichen von schlechten Angewohnheiten und stehen im Widerspruch zu Ausbildungsinhalten und Vorschriften.

Neben im Feuerwehreinsatz erwartbaren Gefährdungen durch Brände und Explosionen (Faktor 7) entfällt der größte Teil der Ereignisse auf Gefährdungen durch die Arbeitsplatzgestaltung (Faktor 2). Die Feuerwehr hat im Einsatz kaum Einfluss auf die Gestaltung der Räumlichkeiten, die zu einer Einsatzstelle geworden sind. Sie hat aber die Hoheit über den Aufbau der Einsatzstelle (Fahrzeugaufstellung, Löschwasserversorgung, etc.). Mit Ausnahme von biologischen Gefährdungen (Faktor 8) wurden zu allen Gefährdungen Beispiele identifiziert. Bei der Einordnung als biologischen Gefährdung wurden die COVID-19-induzierten Risiken des Rettungsdienstes aufgrund der Sonderlage der Coronapandemie ausgenommen. Etwa ein Drittel der Gefährdungen kann keinem Faktor des Schemas eindeutig zugeordnet werden (Faktor 11) (Prinz & Mahendran 2024).

Nachfolgend werden zur Illustration exemplarisch zwei Praxisbeispiele vorgestellt, bei denen aufgrund der Arbeitsplatzgestaltung (Faktor 2) das Gefährdungspotential erhöht war.

Tabelle 2: *Faktoren für die Gefährdungsbeurteilung (Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemischen Industrie [BG RCI], 2023) sowie Anzahl und Anteile der Beinaheunfälle.*

Faktor	Gefährdung	Anzahl	Anteil [%]
1	Grundlegende organisatorische Faktoren	19	7,9
2	Gefährdung durch Arbeitsplatzgestaltung	41	17,0
3	Gefährdung durch ergonomische Faktoren	5	2,1
4	Mechanische Gefährdung	21	8,7
5	Elektrische Gefährdung	2	0,8
6	Gefährdung durch Stoffe	12	5,0
7	Gefährdung durch Brände / Explosionen	29	12,0
8	Biologische Gefährdung	0	0,0
9	Gefährdung durch spezielle physikalische Einwirkungen	9	3,7
10	Gefährdung durch Psychische Belastung	18	7,5
11	Sonstige Gefährdungs- und Belastungsfaktoren	85	35,3

3.1 Praxisbeispiel: Verfangen in elektrischen Leitungen

Zu einem Kellerbrand in einem Wohnkomplex wurden zwei Züge der Feuerwehr sowie Einheiten des Rettungsdienstes alarmiert. Während einige Einheiten der Feuerwehr die Bewohnerinnen und Bewohnern aus ihren Wohnungen evakuierten, gingen mehrere andere Einheiten zur Brandbekämpfung unter Atemschutz über verschiedene

Zugänge in den Keller vor. Im verwinkelten Keller herrschte schlechte Sicht, es war dunkel und verraucht. Elektrische Leitungen und Armaturen waren auf Putz verlegt. Eine Einsatzkraft (männlich, ca. 45 Jahre, ca. 1,80 m) verfing sich an der Gefahrenstelle mit dem Atemschutzgerät in herabhängenden Elektrokabeln, deren Isolation verschmort war und die teilweise blank lagen. Die Einsatzkraft wurde von ihren Kameraden befreit. Der Strom im Gebäude war durch Auslösen der Hausanschlusssicherung bereits abgeschaltet, worüber die Feuerwehr jedoch keine gesicherte Kenntnis hatte (WDR 2019).

3.2 Praxisbeispiel: Stolpern infolge von übermäßiger Eile

Nach einem Blitzschlag in das Dach eines Mehrparteienhauses und Löschversuchen der Bewohnenden rückte die Feuerwehr in Zugstärke zur Brandschau aus. Die TOJ-Einheit (Training-on-the-Job, Ausbildungseinheit der Feuerwehr Bochum) war ebenfalls alarmiert. Vor Ort wurde ein Entstehungsbrand in der Dachkonstruktion festgestellt. Um die Brandstelle zugänglich zu machen, wurde die Dachisolierung von innen aus dem Dachstuhl entfernt. Die TOJ-Einheit traf als letztes Fahrzeug an der Einsatzstelle ein; die Auszubildenden wurden zur Unterstützung bei der Entfernung der Dachisolation in das Gebäude befohlen. Eine Auszubildende (weiblich, 29 Jahre, ca. 1,65 m) eilte mit angelegtem Doppelflaschen-Pressluftatemgerät ihrem vorauseilenden Truppführer folgend rennend auf das brennende Gebäude zu. Dabei stolperte sie auf regennasser Fahrbahn zwischen Fahrzeug und Verteiler über eine Bordsteinkante und dem daran entlanggeführten Feuerwehrschlauch. Die Einsatzkraft verletzte sich nicht und konnte den Einsatz fortsetzen (WDR 2023).



Abbildung 1: In Elektrokabeln verfangene Einsatzkraft (WDR 2019).



Abbildung 2: Stolpernde Einsatzkraft (WDR 2023).

4. Diskussion

Videomaterial aus Einsätzen kann helfen, um den bewussten, systematischen und kritischen Umgang mit Fehlern im Sinne eines zukunfts- und lösungsorientierten Fehlermanagements (Feuerwehr Gelsenkirchen, o.D.; Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung [DGUV] 2022) zu fördern und die bisherige Praxis der Gefährdungsbeurteilungen bei der Feuerwehr zu ergänzen.

Von Vorteil ist die einfache Verfügbarkeit des Videomaterials in öffentlich zugänglichen Mediatheken. Das Material kann im Gegensatz zu klassischen Begehungen bzw. Beobachtungsstudien mehrfach, aus verschiedenen Perspektiven und damit be-

sonders gründlich gesichtet werden. Kameratechnik, vor allem Bodycams für den Einsatz innerhalb des Gefahrenbereichs, muss nicht extra angeschafft werden. Die Beobachtung einer fremden, im Aufgabenspektrum verwandten Einheit verringert das Risiko von Stigmatisierung von Kameradinnen und Kameraden bei Ungeschicklichkeit oder Fehlverhalten in der eigenen Einheit und kann die Akzeptanz der Ergebnisse steigern.

Nachteilig ist, dass das Videomaterial redaktionell bearbeitet wurde. Die ausgestrahlten Einsätze sind nur eine Minderzahl der während der Dreharbeiten begleiteten Einsätze; das Material wurde gekürzt und geschnitten und dadurch verfälscht. Mitunter muss geprüft werden, ob und wie die ermittelten Erkenntnisse aus der Beobachtung einer anderen Organisation auf die eigene Organisation übertragen werden können.

Die Auswertung von Fernsehdokumentationen kann daher ein Baustein sein, um das Arbeitssicherheitsmanagement in Ergänzung zu anderen, etablierten Methoden zu verbessern (z. B. klassischer Gefährdungsbeurteilung (DGUV 2024), Erfassungssystem für Beinaheunfälle der Feuerwehr FUK-CIRS (Niehues et al. 2017; Niehues et al. 2018) oder die Feuerwehrbedarfsplanung (Lindemann 2021)).

Zusätzlich können im Rahmen der Aus- und Weiterbildung bei der Feuerwehr Videosequenzen gezeigt und diskutiert werden. Mit Beispielen aus fremden Feuerwehren können auf empathische Weise und ohne Bloßstellung der eigenen Kameradinnen und Kameraden typische, aber gefährliche Nachlässigkeiten und Strategien zur Unfallfallverhütung vorgestellt werden. Indem das Videomaterial außerhalb der Extremsituation des Einsatzgeschehens gesichtet, ausgewählt, ausgewertet und besprochen wird, gibt es Raum zur offenen Reflexion des Verhaltens der eigenen Einheit. Darüber hinaus können die einzelnen Einsatzkräfte ihr eigenes Verhalten im Einsatz reflektieren.

Das Konzept ist auf andere Einsatzorganisationen (z. B. Rettungsdienst, Polizei) übertragbar, sofern entsprechendes Videomaterial aus Fernsehaufzeichnungen o. Ä. zur Verfügung steht oder explizit für die Gefährdungsbeurteilung angefertigt wird. Beim Anfertigen von eigenen Aufzeichnungen müssen ethische, legale und soziale Aspekte berücksichtigt und die Einsatzkräfte unbedingt eingebunden werden und deren Zustimmung vorliegen (Brandl et al. 2020). Gerade für kleinere Feuerwehren bietet sich daher an, auf bestehende, öffentlich zugängliche Aufzeichnungen zurückzugreifen.

5. Literatur

Arbeitsgemeinschaft der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten der Bundesrepublik Deutschland (ARD). (2024). ARD-Mediathek. https://www.ardmediathek.de/ *30.01.2025.

Feuerwehrdienstvorschrift 3 - Einheiten im Lösch- und Hilfeleistungseinsatz (FwDV 3 (2008).

Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemischen Industrie. (2023). Merkblatt A 017: Gefährdungsbeurteilung. Gefährdungskatalog.

Brandl, C., Wille, M., Nelles, J., Rasche, P., Schäfer, K., Flemisch, F. O., Frenz, M., Nitsch, V. & Mertens, A. (2020). AMICAI: A Method Based on Risk Analysis to Integrate Responsible Research and Innovation into the Work of Research and Innovation Practitioners. Science and engineering ethics, 26(2), 667–689.

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. (2022). Fehlerkultur: Mit Fehlern sicher und gesund umgehen (DGUV Information 206-044).

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. (2024). Auswahl von persönlicher Schutzausrüstung für Einsätze bei der Feuerwehr: Basierend auf einer Gefährdungsbeurteilung (DGUV-Information DGUV 205-014). Berlin.

Feuerwehr Gelsenkirchen. (o.D.). Forschungsvorhaben „Analyse Taktisch-operativer Handlungsabweichungen (Fehler) im Einsatzgeschehen von Behörden und Organisationen „mit Sicherheitsaufgaben: Teilvorhaben „Optimierung der Fehlerkultur beim stabsmäßigen Führen in der Gefahrenabwehr“. Abschlussbericht.

FEUERWEHRLEBEN. (2021). Taktikanalyse: Großbrand in Bochum (Feuer und Flamme, Staffel 4, Folge 1, Feuerwehr Reaction) 1/2. https://www.youtube.com/watch?v=yAmjoewgXt8&ab_channel=FEUERWEHRLEBEN *30.01.2025.

FEUERWEHRLEBEN. (2021b). Taktikanalyse: Großbrand in Bochum (Feuer und Flamme, Staffel 4, Folge 1, Feuerwehr Reaction) 2/2. https://www.youtube.com/watch?v=9BmVgcyZUZc&ab_channel=FEUERWEHRLEBEN *30.01.2025.

Kaufmann, F. von. (2020). Die Überwindung der Chaosphase bei Spontanlagen. In E.-M. Kern (Hrsg.), Einsatzorganisationen: Erfolgreiches Handeln in Hochrisikosituationen (S. 249–263).

Lindemann, T. (2021). Feuerwehrbedarfsplanung.

Mayring, P. (1994). Qualitative Inhaltsanalyse. In A. Boehm (Hrsg.), Schriften zur Informationswissenschaft: Bd. 14. Texte verstehen: Konzepte, Methoden, Werkzeuge (S. 159–175).

Mayring, P. (2019). Qualitative Inhaltsanalyse – Abgrenzungen, Spielarten, Weiterentwicklungen. Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research, 20(3), Artikel 16 (Forum Qualitative Sozialforschung, Vol 20, No 3 (2019): Qualitative Content Analysis I).

Niehues, C., Heinz, C., Kalweit, J., Reich, R., Rixen, D., Seidel, F., Köpfer, J. & Tobschall, D. (2018). Risikomanagement- und Fehlermeldesysteme: Lernen aus kritischen Ereignissen mit einer CIRS-Plattform. DGUV-Forum, 2018(Heft 1-2), 38–41.

Niehues, C., Kalweit, J., Reich, R., Rixen, D., Seidel, F., Köpfer, J., Tobschall, D. & Heinz, C. (2017). Lernen aus kritischen Ereignissen bei der Feuerwehr: Erfahrungen mit dem anonymen Berichtssytem FUK-CIRS. BRANDSchutz, 71(2), 90–96.

Prinz, A. & Mahendran, Y. (2024). Arbeitssicherheit und Arbeitssicherheitsmanagement bei der Feuerwehr in aktuellen Medien. Projektarbeit. unveröffentlicht.

Prinz, A., Mahendran, Y. & Schiffer, C. (2024). Katalog der gefährlichen Ereignisse und Beinaheunfälle in den Staffeln 1 bis 7 der Fernsehdokumentation „Feuer & Flamme“ des Westdeutschen Rundfunks. unveröffentlicht.

Schiffer, C., Mertens, A., Heesemann, R., Kühn, J. & Nitsch, V. (2024). Gleicher Einsatz, ungleiches Risiko: Geschlechtergerechtigkeit, Unfälle und Schutzbekleidung bei den Freiwilligen Feuerwehren. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Arbeitswissenschaft in-the-loop: Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung. 70. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. G.2.3.

Starke, D. (2020). Einsatzstellenhygiene. Die Roten Hefte: Bd. 105.

Westdeutscher Rundfunk (WDR). (2019). Feuer & Flamme, Staffel 2, Folge 2. https://wdrmedien-a.akamaihd.net/medp/ondemand/de/fsk0/182/1823873/1823873_47262671.mp4 *30.01.2025.

Westdeutscher Rundfunk (WDR). (2023). Brand nach Blitzeinschlag. Feuer & Flamme, Staffel 6, Folge 2. https://wdrmedien-a.akamaihd.net/medp/ondemand/de/fsk0/285/2853312/2853312_49733140.mp4 *30.01.2025.

Westdeutscher Rundfunk (WDR). (2024). Feuer & Flamme: Homepage. https://www1.wdr.de/fernsehen/feuer-und-flamme *30.01.2025.

Zimmermann, U. (2019). Gefährdungsbeurteilungen: Vorlagen für Feuerwehr und den Rettungsdienst.

Menschzentrierte Einführung digitaler Technologien zur Förderung von Sicherheit, Gesundheit, Kompetenz, Zufriedenheit und Produktivität – Erkenntnisse aus dem regionalen Kompetenzzentrum AKzentE4.0

Louisa M. DAUER, Vera B. RICK, Lilith H. POLLEROS, Verena NITSCH

Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen University,
Eilfschornsteinstr. 18, D-52062 Aachen

Kurzfassung: Im Rahmen des Projekts AKzentE4.0 wurden wahrgenommene Veränderungen durch Technologieeinführungen bei der Arbeit hinsichtlich Produktivität, Sicherheit, Gesundheit, Zufriedenheit und Kompetenzen mithilfe eines Fragebogens (*N* = 131) in neun Unternehmen aus dem produzierenden Gewerbe und dem Handwerk untersucht. Teilnehmende, die eine Technologieeinführung erfuhren, schätzten ihre Sicherheit, Kompetenz und Gesundheit als eher zunehmend ein. Keine signifikanten Unterschiede zeigten sich bzgl. der wahrgenommenen Produktivität und Zufriedenheit. Die Ergebnisse verdeutlichen die Notwendigkeit der integrierten Betrachtung aller Ebenen der humanorientierten Arbeitsgestaltung bei Digitalisierungsmaßnahmen und den entsprechenden Bedarf an praxisnahen Ansätzen.

Schlüsselwörter: Sicherheit, Gesundheit, Kompetenz, Zufriedenheit, Produktivität, Technologieeinführung

1. Einleitung

Innovativer, effizienter, vernetzter – die digitale Transformation ist zu einem unverzichtbaren Bestandteil der Arbeitswelt geworden, der sich rapide ausweitet und entwickelt. Zukünftig wird sogar angestrebt, noch verstärkter in Technologien zu investieren (Scholz 2024). Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sollen bis 2030 vermehrt digitaler agieren (European Commission o. D.). Doch die Verbreitung digitaler Technologien birgt nicht nur Chancen, sondern auch Herausforderungen (Rothe et al. 2019). Während die Digitalisierung beispielsweise mit einer höheren Arbeitsproduktivität und einer höheren Arbeitszufriedenheit assoziiert wird (Bolli & Pusterla 2022), kann sie unter anderem auch mit wahrgenommener Arbeitsplatzunsicherheit (Palumbo & Cavallone 2024) und Stress (Bregenzer & Jimenez 2021) in Verbindung gebracht werden. Die Einbeziehung der Mitarbeitenden im Sinne eines menschzentrierten Ansatzes, der die Beteiligung der Mitarbeitenden und das menschliche Wohlbefinden bei der Technologieeinführung und -nutzung in den Vordergrund stellt, ist entscheidend um negative Auswirkungen abzumildern (Kadir & Broberg 2021). Allerdings stehen häufig die technischen Systeme im Zentrum von Digitalisierungsmaßnahmen. Um Mitarbeitende durch diese Maßnahmen nicht zusätzlich zu belasten, sondern vielmehr zu entlasten, sollten Beschäftigte durch eine menschzentrierte Technologieeinführung in den Mittelpunkt der Betrachtung gerückt werden (Nitsch et al. 2024).

Mit dem Projekt „Arbeitswissenschaftliches Kompetenzzentrum für Erwerbsarbeit in der Industrie 4.0“ (AKzentE4.0) sollen KMU aus der Region Aachen, die im Handwerk und in produzierenden Unternehmen tätig sind, bei der menschengerechten Einführung von digitalen Systemen sowie Automatisierungstechniken unterstützt werden (AKzentE4.0 2024). Die in partizipativen Konsortialprojekten implementierten Digitalisierungsmaßnahmen (z. B. Microsoft Teams, Roboterarm, Tablets, Zeiterfassungssystem, Verdratungstisch) werden hinsichtlich ihrer (selbsteingeschätzten) Auswirkungen auf die Beschäftigten und deren Arbeit evaluiert, um evidenzbasierte Handlungsempfehlungen für die betriebliche Praxis abzuleiten. Für die erste von mehreren geplanten unternehmensübergreifenden Evaluationen wurden die Auswirkungen der Einführung neuer Technologien (vs. keine Einführung) anhand von fünf Kategorien untersucht: Produktivität, Sicherheit, Gesundheit, Zufriedenheit und Kompetenz, welche an die vier Bewertungsebenen in der Arbeitswissenschaft zur menschengerechten Arbeitsgestaltung (Kirchner 1972, Rohmert 1983, zitiert nach Schlick et al. 2018) angelehnt sind.

2. Methode

2.1 Stichprobe und Prozedere

Die fragebogenbasierte Studie, welche innerhalb von drei Monaten (November 2023 bis Januar 2024) administriert wurde, nahm etwa 15 bis 20 Minuten in Anspruch. Sie beinhaltete eine Einverständniserklärung, Abfragen zu demografischen Daten sowie neun Themencluster (z. B. Motivation, Kommunikation, physische Belastung), die sich auf die Abfrage der Kategorien Sicherheit, Gesundheit, Kompetenz, Zufriedenheit und Produktivität bezogen. Insgesamt konnten 263 (N = 263) Antworten registriert werden, welche nach Vollständigkeit, Antwortzeit sowie dem eigenständigen Arbeiten mit Technologien gefiltert wurden, sodass eine Stichprobe von 131 Befragten (N = 131) aus insgesamt neun Unternehmen genutzt werden konnte. Es identifizierten sich 13.74 % der Teilnehmenden als weiblich, 82.44 % als männlich und 3.82 % machten keine Angabe zu ihrem Geschlecht. Das Alter lag zwischen 18 und 64 Jahren (M = 39.91; SD = 13.55). Während 55.73 % der Befragten angaben, dass innerhalb des letzten Jahres eine neue Technologie eingeführt wurde, gaben 44.27 % an, dass es in diesem Zeitraum zu keiner neuen Technologieeinführung kam.

2.2 Messinstrumente

Zur Zusammenstellung des Fragebogens wurden Subskalen aus diversen Fragebögen (z. B. EPOS, WDQ, COPSOQ, AKSU, VGB, TA-EG, OMG Check Arbeit 4.0, Innovationsbarometer 2019, Kurzskala Technikbereitschaft) herangezogen und teilweise dem Kontext entsprechend modifiziert. Die wichtigsten, für diesen Artikel verwendeten Skalen, werden im Folgenden kurz beschrieben. Die Kategorien Produktivität, Sicherheit, Gesundheit und Zufriedenheit wurden mit jeweils einem Element („Die Sicherheit bei meiner Arbeit …“/„Meine Gesundheit…“/„Die Zufriedenheit bei der Arbeit“/ „Meine Produktivität bei der Arbeit“) auf einer dreistufigen Likert Skala von „hat/haben abgenommen“ (1), „ist/sind gleichgeblieben“ (2) zu „hat/haben zugenommen“ (3) bewertet. Zusätzlich wurde die allgemein empfundene Technikkompetenz durch eine reliable (α = .71) Kurzskala mit drei Elementen („Den Umgang mit neuer Technik finde ich schwierig, ich kann das meistens einfach nicht“ (invertiert)/„Ich

kenne die meisten Funktionen der neuen Technik, die ich besitze“/„Es fällt mir leicht die Bedienung einer neuen Technik zu lernen“) auf einer vierstufigen Likert Skala von „ich stimme überhaupt nicht zu“ (1) bis „ich stimme voll zu“ (4) erfasst. Zur detaillierten Erfassung der wahrgenommenen Kompetenz und Gesundheit wurden weitere Subkonstrukte auf der gleichen Skala erfasst. Dazu zählten die Elemente „Ich kann bei meiner Arbeit Neues dazulernen“, „Die meisten Probleme kann ich aus eigener Kraft gut meistern“, „Auch anstrengende und komplizierte Aufgaben kann ich in der Regel gut lösen“, sowie die zuverlässige Erfassung (α = .81) der wahrgenommenen Ergonomie des Arbeitsplatzes („Die ergonomische Gestaltung meines Arbeitsplatzes ist angemessen (z. B. ausreichend Sitzgelegenheiten, Unterstützung einer gesunden Körperhaltung)“/„Mein Arbeitsplatz lässt sich an meine persönlichen Bedürfnisse (z. B. Körpergröße) anpassen“). Die Einschätzung von Chancen und Risiken von Technologien stütze sich auf den „Check Arbeit 4.0 (OM_Praxis A-3.5)“ (Offensive Mittelstand 2022), welcher auf einer fünfstufigen Likert Skala von „nein“ (1) zu „ja“ (5) bewertet wurde.

2.3 Statistische Analyse

Die statistischen Analysen wurden mittels der Software SPSS (Version 29.0.0.0 (241)) durchgeführt. Antworttrends wurden in Form von Frequenzen, Mittelwerten und Standardabweichungen kenntlich gemacht. Zusätzlich wurden Gruppenvergleiche (Einführung neuer Technologie vs. keine Einführung), zweiseitige T-Tests für unabhängige Stichproben durchgeführt.

3. Ergebnisse

3.1 Produktivität

Hinsichtlich der empfundenen Produktivität der Befragten konnte kein signifikanter Unterschied ($t(129) = 0.27$, $p = .788$) zwischen Personen, die eine neu eingeführte Technologie verwendeten ($M = 2.32$, $SD = 0.62$) und Personen, die keine neue Technologie nutzten ($M = 2.34$, $SD = 0.64$) gefunden werden.

3.2 Sicherheit

Das Sicherheitsempfinden der Mitarbeitenden, bei denen kürzlich eine neue Technologie eingeführt wurde ($M = 2.30$, $SD = 0.46$), nahm im Vergleich zu Mitarbeitenden, bei denen keine neue Technologie eingeführt wurde ($M = 2.10$, $SD = 0.45$), signifikant zu ($t(124.08) = -2.48$, $p = .014$). Ebenso konnten Mitarbeitende, bei denen eine Technologie eingeführt wurde ($M = 3.64$, $SD = 0.81$), im Gegensatz zu Mitarbeitenden ohne Technologieeinführung ($M = 3.21$, $SD = 0.96$), die Chancen und Risiken neuer Technologien signifikant besser einschätzen ($t(124) = -2.74$, $p = .007$).

3.3 Gesundheit

Der allgemeine Gesundheitszustand wurde von Mitarbeitenden als weitgehend gleichgeblieben bewertet. Jedoch berichteten Personen, die mit einer neuen Technologie arbeiteten ($M = 1.92$, $SD = 0.46$), eine signifikante Verbesserung ($t(120.56) = -3.16$, $p = .002$) ihres Gesundheitszustandes im Vergleich zu Personen,

bei denen keine neue Technologie eingeführt wurde (M = 1.66, SD = 0.48). Insbesondere die Wahrnehmung des Arbeitsplatzes als ergonomisch (z. B. Unterstützung einer gesunden Körperhaltung und Anpassung an persönliche Bedürfnisse), wurde von Beschäftigten, welche die untersuchten neu eingeführten Technologien (M = 2.86, SD = 0.91) nutzten, besser bewertet (t(129) = -2.51, p = .013) als von Beschäftigten, die keine neuen Technologien nutzten (M = 2.44, SD = 0.99).

3.4 Zufriedenheit

Es konnte kein signifikanter Zusammenhang ((t(129) = -1.56, p = .122) zwischen Mitarbeitenden mit neuer Technologieeinführung (M = 2.11, SD = 0.64) und ohne neuer Technologieeinführung (M = 1.93, SD = 0.67) in Bezug auf die Zufriedenheit der Mitarbeitenden festgestellt werden.

3.5 Kompetenz

Mitarbeitende, welche die untersuchten neu eingeführten Technologien (M = 3.30, SD = 0.50) verwendeten bewerteten ihre Technikkompetenz signifikant höher (t(129) = -2.45, p = .016) als Personen, die keine neue Technologie verwendeten (M = 3.07, SD = 0.55). Zusätzlich fühlten sich Personen mit Technologieeinführung eher in der Lage, Neues dazuzulernen (M = 3.36, SD = 0.67 vs. keine neue Technologieeinführung M = 3.07, SD = 0.81; t(129) = -2.21, p = .029), Probleme aus eigener Kraft zu meistern (M = 3.44, SD = 0.53 vs. keine neue Technologieeinführung M = 3.21, SD = 0.52; t(122.89) = -2.51, p = .013) sowie anstrengende und komplizierte Aufgaben gut lösen zu können (M = 3.42, SD = 0.50 vs. keine neue Technologieeinführung M = 3.07, SD = 0.65; t(129) = -3.56, p < .001).

4. Diskussion

Einführungen neuer Technologien finden in Unternehmen häufig technikzentriert statt (Nitsch et al. 2024), wodurch damit einhergehende mögliche negative Konsequenzen (Tamers et al. 2020) für Mitarbeitende oftmals nicht ausreichend Beachtung finden. Im Verbundprojekt AKzentE4.0 werden Digitalisierungsmaßnahmen humanzentriert und partizipativ umgesetzt und ihre Auswirkungen auf die Beschäftigten begleitend wissenschaftlich evaluiert.

4.1 Implikationen

Die Evaluation deutet daraufhin, dass es im Kontext von Industrie und Handwerk einen positiven Zusammenhang zwischen der Einführung der neuen Technologien und wahrgenommener Sicherheit, Gesundheit sowie verschiedenen Kompetenzaspekten gibt. Im Gegensatz dazu konnte kein Zusammenhang zwischen der Technologieeinführungen und der wahrgenommenen Produktivität oder Zufriedenheit festgestellt werden. Diese Erkenntnisse verdeutlichen die Notwendigkeit der Betrachtung aller Ebenen in Bezug auf die menschengerechte Arbeitsgestaltung. Der nicht signifikante Zusammenhang zwischen der Technologieeinführung und den Konstrukten Produktivität sowie Zufriedenheit steht im Widerspruch zu früheren Befunden, welche ein positives Verhältnis der beiden Konstrukte hinsichtlich der Digitalisierung feststellten (Bolli & Pusterla 2022). Eine Erklärung für dieses Phänomen kann das Pro-

duktivitätsparadoxon liefern, welches postuliert, dass die Implementierung neuer Technologien, entgegen der allgemeinen Erwartungen, nicht unmittelbar zu einer Steigerung der Produktivität führt (Solow 1987, zitiert nach Carlaw & Oxley 2008). Derzeit wird eine längsschnittliche Studie durchgeführt, die potenzielle Erkenntnisse zu diesem Thema liefern könnte. Weiterhin handelte es sich bei den in AKzentE4.0 eingeführten Technologien größtenteils um gesundheitsförderliche Maßnahmen (z. B. Verdratungstisch für eine verbesserte Körperhaltung), wodurch sich die in den Ergebnissen nicht gezeigte Produktivitätssteigerung erklären lassen könnte.

4.2 Limitationen und zukünftige Ausrichtungen

Bei der Einordnung der Ergebnisse müssen einige Limitationen betrachtet werden. Durch die Tendenz, sich als wertvoll darzustellen (Grimm 2010) und keine beruflichen Nachteile zu riskieren, beantworteten einige Teilnehmende den Selbstauskunftsbogen möglicherweise nicht wahrheitsgemäß. Um diese Limitation zu verringern, könnten in zukünftigen Studien objektive Messungen (z. B. Fehltage) in einen gesamtheitlichen Ansatz integriert werden.

Des Weiteren ist es fraglich, ob die Ergebnisse dieser Studie generalisierbar sind, da der Erfolg bei der Einführung neuer Technologien mit diversen unternehmensspezifischen Faktoren zusammenhängen kann, beispielsweise der grundsätzlichen Einführungsstrategie (Sukathong et al. 2021). Die vorliege Analyse schließt neun Unternehmen ein, zukünftig sollte die Forschung durch die Befragung weiterer Unternehmen repliziert werden.

Zusätzlich handelt es sich bei der vorliegenden Studie um einen querschnittlichen Vergleich, in welchem die Heterogenität der untersuchten Technologien die Generalisierbarkeit limitiert. Eine längsschnittliche Erhebung wird zurzeit administriert.

5. Fazit

Durch die Einführung neuer, innovativer Technologien wird die digitale Transformation in der Arbeitswelt vorangetrieben. Da diese Einführungen in Unternehmen jedoch immer noch häufig technikzentriert ablaufen (Nitsch et al. 2024), können negative Konsequenzen wie beispielsweise Burnout oder wahrgenommener Kompetenzverlust (Tamers et al. 2020) für die Mitarbeitenden entstehen. Um den Menschen und dessen Wohlbefinden wieder in den Vordergrund zu rücken, wurde in dem Projekt AKzentE4.0 ein menschzentrierter Ansatz bei der Einbringung digitaler Systeme in den Arbeitsalltag verfolgt sowie dessen Auswirkungen analysiert. Zusammenfassend verdeutlichen die Ergebnisse des vorliegenden Artikels, dass sich die Technologieeinführung und -nutzung in vielerlei Hinsicht positiv auf das Befinden der Beschäftigten auswirken kann, wenn der Fokus bei der Einführung neuer Technologien von Anfang an auf sie gerichtet wird. Ein partizipativer, menschzentrierter Einführungsprozess sollte auf unterschiedlichen Ebenen ansetzen: auf Unternehmensebene (z. B. Arbeitssicherheit) wie auch auf individueller Ebene (z. B. Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten), was ein hohes Maß an Fachwissen und die Freistellung entsprechender personeller und zeitlicher Ressourcen erfordert (Mütze-Niewöhner & Nitsch 2020). Die Befähigung von Unternehmen, insbesondere KMU, neue Technologien menschzentriert einzuführen und umzusetzen stellt somit weiterhin eine große Herausforderung dar, für die arbeitswissenschaftlich fundierte, aber praxisnahe Lösungen gefragt sind.

6. Literatur

AKzentE4.0 (2024) AKzentE4.0 für die Zukunft setzen! https://www.akzente40.de/.

Bolli T, Pusterla, F (2022) Decomposing the effects of digitalization on workers' job satisfaction. International Review of Economics, 69(2), 263-300. https://doi.org/10.1007/s12232-022-00392-6.

Bregenzer A, Jimenez P (2021) Risk factors and leadership in a digitalized working world and their effects on employees' stress and resources: Web-based questionnaire study. Journal of medical Internet research, 23(3), e24906. https://doi.org/10.2196/24906.

Carlaw K I, Oxley L (2008) Resolving the productivity paradox. Mathematics and Computers in Simulation, 78(2-3), 313-318. https://doi.org/10.1016/j.matcom.2008.01.029.

European Commission (o. D.) Digital Businesses - Part of 2030 digital compass: your digital decade. https://futurium.ec.europa.eu/en/digital-compass/digital-businesses.

Grimm P (2010) Social desirability bias. Wiley International Encyclopedia of Marketing. https://zhangjianzhang.gitee.io/management_research_methodology/files/readings/sdb_intro.pdf

Kadir BA, Broberg O (2021) Human-centered design of work systems in the transition to industry 4.0. Applied Ergonomics, 92, 103334. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103334.

Mütze-Niewöhner S, Nitsch V (2020) Arbeitswelt 4.0. In: Frenz, W. (eds) Handbuch Industrie 4.0: Recht, Technik, Gesellschaft. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58474-3_61.

Nitsch V, Rick V, Kluge A, Wilkens U (2024) Human-centered approaches to AI-assisted work: the future of work?. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 78, 261-267. https://doi.org/10.1007/s41449-024-00437-2.

Offensive Mittelstand (2022) Check „Arbeit 4.0" (OM-Praxis A-3.5). https://www.check-arbeit40.de/check-arbeit40/daten/mittelstand/pdf/check_arbeit_40_A_3_5_web.pdf.

Palumbo R, Cavallone M (2024) Is work digitalization without risk? Unveiling the psycho-social hazards of digitalization in the education and healthcare workplace. Technology Analysis & Strategic Management, 36(6), 1136-1149. https://doi.org/10.1080/09537325.2022.2075338.

Rothe I, Wischniewski S, Tegtmeier P, Tisch A (2019) Arbeiten in der digitalen Transformation–Chancen und Risiken für die menschengerechte Arbeitsgestaltung. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 73, 246-251. https://doi.org/10.1007/s41449-019-00162-1.

Schlick C, Bruder R, Luczak H (2018) Arbeitswissenschaft (4. Auflage). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56037-2.

Scholz O (2024) Rede des Kanzlers beim Digital-Gipfel 2024 [Rede]. Die Bundesregierung. https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/digital-gipfel-2024-2316708.

Sukathong S, Suksawang P, Naenna T (2021) Analyzing the importance of critical success factors for the adoption of advanced manufacturing technologies. International Journal of Engineering Business Management, 13, 1-16. https://doi.org/10.1177/18479790211055057.

Tamers SL, Streit J, Pana-Cryan R, Ray T, Syron L, Flynn MA, Castillo D, Roth G, Geraci C, Guerin R, Schulte P, Henn S, Chang C, Felknor S, Howard J (2020) Envisioning the future of work to safeguard the safety, health, and well-being of the workforce: A perspective from the CDC's National Institute for Occupational Safety and Health. American journal of industrial medicine, 63(12), 1065-1084. https://doi.org/10.1002/ajim.23183.

Danksagung: Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Projekts „Arbeitswissenschaftliche Kompetenzzentrum für Erwerbsarbeit in der Industrie 4.0" (AKzentE4.0; FKZ: 02L19C400). Das Kompetenzzentrum wird durch den Projektträger Karlsruhe betreut und innerhalb des Förderschwerpunkts „Zukunft der Arbeit: Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung" durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Algorithmisches Management in der Kommissionierung: Entwicklung von Szenarien für die Untersuchung menschengerechter Arbeitsgestaltungslösungen im Reallabor

Andreas MÜLLER[1], Carsten RÖTTGEN[1], Yannick METZLER[2], Veronika KRETSCHMER[3], Linda Maria WINGS[3]

[1] Institut für Psychologie, Arbeits- und Organisationspsychologie, Universität Duisburg-Essen, Universitätsstraße 2, D-45141 Essen
[2] IfADo - Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund, Department für Ergonomie, Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund,
[3] Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4, D-44227 Dortmund

Kurzfassung: Die Logistikbranche in Deutschland steht vor erheblichen Herausforderungen durch Digitalisierung, demografischen Wandel und Arbeitskräftemangel. In der Kommissionierung sind einfache, körperlich belastende Tätigkeiten und folglich hohe Fehlzeiten aufgrund gesundheitlicher Probleme verbreitet. Innovative Technologien wie algorithmisches Management (AM) bieten Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung und zur Verbesserung der Ergonomie. Dieser Beitrag zielt darauf ab, Szenarien für die Arbeitsteilung zwischen Mensch und AM in der Kommissionierung zu entwickeln und deren Auswirkungen auf die Arbeitsgestaltung sowie das psychische Wohlbefinden zu evaluieren. Vier prototypische Szenarien werden im Reallabor untersucht: ein manuelles, ein gering-algorithmisiertes, ein mittelgradig-algorithmisiertes und ein vollständig-algorithmisiertes Szenario. Die Analyse fokussiert zentrale Merkmale der Arbeitsgestaltung, der psychischen Beanspruchung und der Leistung. Die Ergebnisse sollen aufzeigen, wie AM die Qualität der Arbeit im Logistiksektor beeinflusst und welche Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen erforderlich sind.

Schlüsselwörter: Logistik, Kommissionierung, Digitalisierung, Algorithmisches Management, Gesundheit, Arbeitsgestaltung

1. Die Rolle von Mensch und Technik in der Kommissionierung

Die Logistikbranche stellt absolut betrachtet das größte Betätigungsfeld für Einfacharbeitende in Deutschland dar und steht vor Herausforderungen durch u. a. Digitalisierung, Klimawandel, demografischen Wandel und Arbeitskräftemangel. Diese multiplen Krisen und damit einhergehenden Entwicklungsdynamiken in den Feldern der Einfacharbeit führen zu Engpässen, insbesondere in operativen Bereichen. Berufe in der Lagerwirtschaft sind häufig körperlich belastend und unfallträchtig, was sich in hohen Fehlzeiten, z. B. durch Muskel- und Skelett-Erkrankungen, äußert (Meyer et al. 2023). Während die Mitarbeitenden unter den gesundheitlichen Folgen leiden, entstehen den Unternehmen Kosten durch Produktivitätsverluste und die Fluktuation erfahrener Mitarbeitenden.

Vor dem Hintergrund der genannten Herausforderungen, regulatorischer Neuerungen (z. B. Europäische Kommission 2006) und arbeitsschutzrelevanter Risikofaktoren in der Logistik kommen Unternehmen zunehmend ihren Fürsorgepflichten nach, ihre Mitarbeitenden gesund und sicher im Arbeitsprozess zu integrieren und geeignete Präventivmaßnahmen zu gewährleisten. Neben dem hohen Substituierungspotenzial der Einfacharbeit in der Logistik, d. h. die Automatisierung von Logistikdienstleistungen und damit die Ersetzung monotoner, einseitig belastender und beanspruchender Arbeiten, ist eine zunehmende digitale Optimierung mit neuen Steuerungsmechanismen in der Logistik zu erkennen. In den letzten Jahren hat hierbei der Einsatz von Algorithmischem Management (AM) zugenommen. AM automatisiert mit Algorithmen klassische Führungsaufgaben wie Zuweisung und Planung von Aufgaben, Überwachung der Aufgabenausführung sowie Feedback und Leistungsbewertung (Benlian et al. 2022; Parent-Rocheleau & Parker 2022).

2. Ziele des Vorhabens

Es ist zu klären, welche Auswirkungen AM auf die Mitarbeitenden im Logistiksektor hat. Der Beitrag präsentiert ein Studienkonzept zur Entwicklung von Szenarien für die Untersuchung und Bewertung menschengerechter Arbeitsgestaltungslösungen beim AM-Einsatz in der Kommissionierung im Reallabor. Initial wird der Einsatz von AM exemplarisch im Prozess der Kommissionierung analysiert. Dafür werden typische Prozessschritte identifiziert und mögliche Aufgabenverteilungen zwischen Mensch und AM differenziert. Die Aufgabenverteilungen werden anhand eines handlungs-theoretischen AM-Modells nach Röttgen et al. (2024) klassifiziert und vor dem Hintergrund prozessualer, effizienz- als auch mitarbeitendenorientierter Eigenschaften von AM bewertet. Daraus werden unterschiedliche Szenarien der Arbeitsteilung zwischen Führungskraft, Mitarbeitende/r und AM-System abgeleitet und von Personen mit Logistikexpertise hinsichtlich ihrer ökologischen Validität bewertet.

3. Theoretische Grundlage

2.1 Fallbeispiel zum Einsatz von AM im Kommissionierprozess

Der Einsatz von AM ist, neben der sogenannten Plattformarbeit, im Logistiksektor am prominentesten ausgeprägt (Wood 2021). Intralogistische Prozesse wie die Kommissionierung werden beispielsweise durch den Einsatz von Sensorik, Aktorik sowie Verwaltungs- und Steuerungssoftware unterstützt (Rani et al. 2024). Warehouse Management Systeme (WMS) sind etablierte Softwaresysteme mit integrierter Algorithmik und sind an mehr als 80 % der Lagerstandorte in der DACH-Region im Einsatz (Wings et al. 2021).

Abbildung 1 stellt ein mittelgradig-algorithmisiertes Fallbeispiel eines Kommissionierprozesses dar (Szenario 3, siehe Tabelle 1). Ziel der Kommissionierung ist die Zusammenstellung von Artikeln aus einem Sortiment basierend auf Aufträgen (VDI 3590), in diesem Fallbeispiel ausgeführt in einem Person-zur-Ware-Kommissioniersetting und Single-Order-Picking ohne Batchbildung (Franke et al. 2019). Neben der prozessualen Beschreibung werden die Entscheidungsfindung und -ausführung zwischen Mensch (Führungskraft oder Mitarbeitende/r) und Technik (hier: WMS) hervorgehoben. Auftragsinformationen werden systemisch erfasst und zur Bearbeitung

geplant (Schritt 1). Algorithmen berechnen datenbasiert optimale Bearbeitungsreihenfolgen und Laufwege, ergänzt durch die Führungskraft mit Erfahrungswissen oder Planungsänderungen. Die Zuordnung von Aufträgen auf Mitarbeitende (Schritt 2) erfolgt systemisch anhand von Abgleichen der Qualifikationen und Verfügbarkeiten. Mitarbeitende starten eigenständig den nächsten Auftrag, unterstützt durch Handlungsanweisungen auf mobilen Geräten (Schritt 3). Sie kommissionieren den Auftrag (Schritt 4), während Algorithmen den Laufweg vorgeben und Ergebnisse verarbeiten. Abschließend prüft das System die Vollständigkeit des Auftrags und aktualisiert die Daten im WMS (Schritt 5). Zusammenfassend übernimmt das System vordergründig die Konsolidierung, die Informationsdarstellung und datenbasierte Optimierungen, wohingegen Mitarbeitende über die Detailplanung und -ausführung entscheiden.

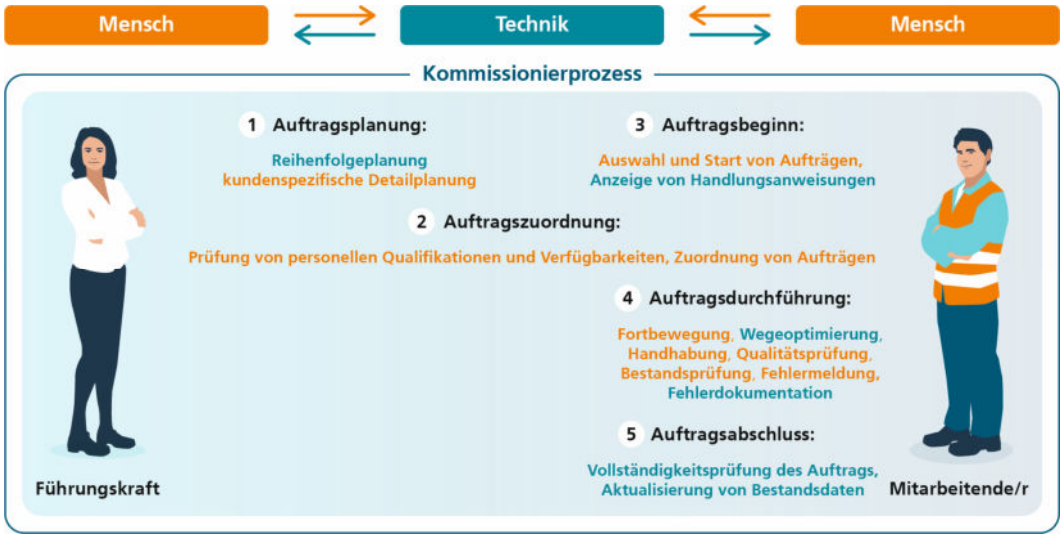


***Abbildung 1**: Mensch-Technik-Interaktion am Beispiel des Kommissionierprozesses.*

2.2 Vermutete Effekte von AM auf Arbeitsgestaltung und Wohlbefinden

Wir gehen davon aus, dass soziomaterielle Systeme wie AM tiefgreifende Auswirkungen auf die Qualität der Gestaltung von Arbeitsaufgaben haben, mit Folgen für das psychische Wohlbefinden der Mitarbeitenden. Diese Auswirkungen können durch die Brille der Handlungsregulationstheorie (HRT) verstanden werden, die die menschliche Handlungsregulation als zentral für Arbeitsprozesse betrachtet.

Die HRT fokussiert menschliches Handeln aus zwei Perspektiven (Hacker 2003): Erstens als zyklische Abfolge von Phasen wie Zielentwicklung, Planung, Ausführung, Kontrolle und Feedback. Zweitens unterscheidet sie drei kognitive Regulationsebenen: die sensumotorische Ebene (automatisierte Handlungen, z. B. Fahrradfahren), die wissensbasierte Ebene (eingeübte, situationsangepasste Handlungen, z. B. Navigieren des Rades auf bekanntem Weg) und die intellektuelle Ebene (bewusste Zielentwicklung und Planung komplexer Handlungen). Aus der HRT-Perspektive kann AM potenziell die Kontrolle der Mitarbeitenden über den Handlungsprozess und damit auch die intellektuellen Regulationsanforderungen beeinflussen. Es ist anzunehmen, dass durch AM, Ressourcen, die für die Handlungsregulierung förderlich sind (z. B. Tätigkeitsspielräume), sowie die intellektuellen Anforderungen (z. B. Aufgabenkomplexität) verringert. Darüber hinaus kann AM widersprüchliche Auswirkungen auf Regulationsprobleme haben. AM kann zur Verstärkung von Regulationsüberforderungen (z. B. zeitliche Überforderung) beitragen; zugleich können Regulationshindernisse

(z. B. Unterbrechungen) vermindert werden. Diese potenziellen Risiken gilt es bei der Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Technik im Kommissionierungsprozess zu berücksichtigen.

2.3 Kompetenzen als Ressourcen der Handlungsregulation

Wie dargestellt besteht im Falle systemautomatisierter Kontrolle durch AM in Verbindung mit unzureichender Arbeitsgestaltung die Gefahr, dass der Mensch vorwiegend prozessual gesteuerte Arbeitsschritte mit geringer Autonomie ausführt (Metzler et al. 2023). Reif et al. (2022) haben als Gegenentwurf dazu eine menschenzentrierte Prozessgestaltung entlang des Konzeptes der Salutogenese vorgeschlagen, die die Mitarbeitenden als aktive Empfänger und nicht nur als bloße Ausführende betrachtet. Die Dimensionen manageability, comprehensibility und meaningfulness des ursprünglich von Antonovksy formulierten sense of coherence werden im Rahmen des SOK-Modells als Ressourcen zur Verbesserung der Handlungsregulation der Beschäftigten konzipiert (Baltes & Baltes 1990). Im Rahmen eines auf diese Weise erhöhten person-process fits (De Cooman & Vleugels 2022) können so die effizienz-orientierten ökonomischen Eigenschaften von AM mit humaner Arbeitsgestaltung vereint werden. Die genannten Dimensionen beziehen sich dabei auf die subjektive Re-Interpretation der Mitarbeitenden z. B. hinsichtlich Erwartungen seitens der Führung und das Ausmaß an erfahrener Unterstützung, Klarheit und Umsetzbarkeit von Vorgaben oder Flexibilität, Nutzerfreundlichkeit und Handlungsspielraum im Prozess. Diese Charakteristika korrespondieren mit Faktoren der Arbeitsgestaltung im AM (Parker & Grote 2022) und bilden Schlüsselkompetenzen von Beschäftigten zur Handlungsregulation. Im Rahmen des bereits dargestellten SOK-Modells sind diese Kompetenzen als Ressourcen zur Optimierung zur Selbststeuerung, Resilienz und Handlungsfähigkeit zu verstehen. Eine Analyse der Auswirkungen dieser Ressourcen im Zusammenspiel von AM, Arbeitsgestaltung und Leistungskennzahlen ergänzt den Forschungsansatz um eine personenzentrierte Perspektive. Die gezielte Förderung dieser Ressourcen kann die Arbeitszufriedenheit, Motivation und das Wohlbefinden der Mitarbeitenden sowie die Effizienz der Arbeitsprozesse steigern.

2.4 Szenarien der Arbeitsteilung zwischen Mensch und AM und deren Überprüfung

Zur systematischen Bewertung des Einflusses von AM auf die Qualität der Logistikarbeit aus der o. g. theoretischen Perspektive sollen vier verschiedene Szenarien untersucht werden, die aus Sicht der HRT differenzielle Effekte auf die Belastung und Beanspruchung von Mitarbeitenden in der Kommissionierung haben sollten (Tabelle 1). Zentrale Messgrößen sind Merkmale der Arbeitsgestaltung (v. a. Tätigkeitspielräume, zeitliche und intellektuelle Anforderungen und Regulationsprobleme, z. B. TAA, Glaser et al. 2020) und Merkmale der psychischen Beanspruchung (Stresserleben, Monotonie, Ermüdung, Sättigung, z. B. BMS, Debitz et al. 2016). Zudem werden prozessuale Kennzahlen zur Operationalisierung von Leistungsmerkmalen erhoben (z. B. Kommissionierleistung, Kommissionierzeit, Fehlerrate, Gudehus 2010). Die Kompetenzaspekte manageability, comprehensibility und meaningfulness können aus Sicht der Mitarbeitenden und der Führungskraft durch Befragungen erhoben werden. Es ist zu vermuten, dass sich von Szenario 2 zu 4 sowohl die Tätigkeits–spielräume als auch die intellektuellen Anforderungen verringern.

Tabelle 1: *Arbeitsteilung zwischen Mensch und AM bei der Auftragszuordnung in der Kommissionierung.*

Szenario	Auftragszuordnung	Auftragsbeginn	Auftragsdurchführung
(1) Manuelles Szenario	Führungskraft entscheidet	Mitarbeitende/r entscheidet	Mitarbeitende/r entscheidet
(2) Gering-algorithmisiertes Szenario	AM entscheidet	Mitarbeitende/r entscheidet	Mitarbeitende/r entscheidet
(3) Mittelgradig-algorithmisiertes Szenario	AM entscheidet	Mitarbeitende/r entscheidet	AM entscheidet
(4) Vollständig-algorithmisiertes Szenario	AM entscheidet	AM entscheidet	AM entscheidet

Entsprechend sollte Szenario 2 im Vergleich zu 3 und 4 zwar initial mit höherem Stresserleben und höherer Fehlerrate einhergehen, im Verlauf aber mit geringerem Monotonieerleben, geringerer Sättigung und höherem Kompetenzerleben. Im Vergleich zwischen Szenario 1 und 2 sind Tätigkeitspielräume und kognitive Anforderungen identisch. Mitarbeitende haben durch Informationsaustausch mit der Führungskraft die Möglichkeit, auftretende Regulationsprobleme zu beseitigen.

Die Szenarien werden in einem Reallabor-Setting abgebildet (Picking Lab, Kretschmer et al. 2023). In einer Pilotierung erfolgt eine Testung der Versuchsdurchführung, der Untersuchungsinstrumente sowie der Versuchsbedingungen (Manipulation-Check). Hierfür werden insgesamt 20 Teilnehmende den vier Bedingungen randomisiert zugewiesen. Bei Bedarf wird das Untersuchungsdesign angepasst.

4. Diskussion und Ausblick

Unternehmen setzen verstärkt auf innovative Technologien, um Logistikprozesse effizient, nachhaltig und zukunftssicher zu gestalten. Trotz der zunehmenden Digitalisierung und Automatisierung bleibt der Mensch eine zentrale Ressource, die angesichts des demografischen Wandels und des Arbeitskräftemangels erhalten werden muss. Fortschritte durch Schlüsseltechnologien ermöglichen es, große Datenmengen zu analysieren und in die Logistikprozesse zu integrieren. Dadurch können Unternehmen ihre Logistikprozesse in Zukunft effizienter, flexibler, zuverlässiger und menschenzentrierter gestalten. Hinsichtlich einer sicheren und vertrauensvollen Zusammenarbeit zwischen Menschen und neuen Technologien in der Logistik wird besonderes Augenmerk auf Ansätze zur Ressourcenplanung und -steuerung gelegt. Dabei werden menschliche Leistungsvoraussetzungen und Bedürfnisse als planbare Variable in Planungs- und Steuerungssoftwaresysteme integriert, um automatisierte und zugleich menschenzentrierte Echtzeitanpassungen und -steuerungen zu ermöglichen. Die vorgestellten Szenarien der Arbeitsteilung zwischen Mensch und AM erlauben eine differenzielle und valide Bewertung verschiedener Typologien von Arbeitsgestaltungslösungen in der Kommissionierung und dienen als konzeptionelle Grundlage für vertiefende Forschung.

5. Literatur

Baltes PB, Baltes MM (1990) Psychological perspectives on successful aging: The model of selective optimization with compensation. In: Baltes PB, Baltes MM (Hrsg) Successful Aging: Perspectives from the Behavioral Sciences. European Network on Longitudinal Studies on Individual Development, 1–34. https://doi.org/10.1017/CBO9780511665684.003.

Benlian A, Wiener M, Cram WA et al. (2022) Algorithmic Management. Business & Information Systems Engineering 64:825–839. https://doi.org/10.1007/s12599-022-00764-w.

De Cooman R, Vleugels W (2022) Person–Environment Fit: Theoretical Perspectives, Conceptualizations, and Outcomes. Oxford Research Encyclopedia of Business and Management. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190224851.013.377.

Debitz U, Plath HE, Richter P (2016) BMS Beanspruchungs-Mess-Skalen: Verfahren zur Erfassung erlebter Beanspruchungsfolgen: psychische Ermüdung - Monotonie - psychische Sättigung - Stress; Manual. Göttingen: Hogrefe.

Europäische Kommission. (2006). Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG. Amtsblatt der Europäischen Union. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32006L0042.

Franke S, Niemann F, Reining C (2019) Kommissioniersysteme. In: Furmans K, Henke M, Tempelmeier H, Hompel M ten, Schmidt T (Hrsg) Handbuch Logistik. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1–39.

Glaser J, Hornung S, Höge T et al. (2020) Das Tätigkeits- und Arbeitsanalyseverfahren (TAA). Screening psychischer Belastungen in der Arbeit. Innsbruck: Innsbruck University Press.

Gudehus T (2010) Logistik: Grundlagen - Strategien - Anwendungen, 4. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-89389-9.

Hacker W (2003) Action Regulation Theory: A practical tool for the design of modern work processes? European Journal of Work and Organizational Psychology 12:105–130. https://doi.org/10.1080/13594320344000075.

Kretschmer V, Wings L, Kinne S (2023) Das Picking Lab – Technologie, Transfer und Training für die Kommissionierung. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Nachhaltig Arbeiten und Lernen - Analyse und Gestaltung lernförderlicher und nachhaltiger Arbeitssysteme und Arbeits- und Lernprozesse. Dortmund: GfA-Press.

Metzler Y, Renker J, Zickerick B et al. (2023) KI-koordinierte Kollaboration zwischen Mensch und Roboter: Implikationen für Arbeitsgestaltung und Einführung in Organisationen. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 118:682–687. https://doi.org/10.1515/zwf-2023-1127.

Meyer M, Meinicke M, Schenkel A (2023) Krankheitsbedingte Fehlzeiten in der deutschen Wirtschaft im Jahr 2022. In: Badura B, Ducki A, Baumgardt J, Meyer M, Schröder H (Hrsg) Fehlzeiten-Report 2023. Fehlzeiten-Report, vol 2023. Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-67514-4_29.

Parent-Rocheleau X, Parker SK (2022) Algorithms as work designers: How algorithmic management influences the design of jobs. Human Resource Management Review 32:100838. https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2021.100838.

Parker SK, Grote G (2022) Automation, Algorithms, and Beyond: Why Work Design Matters More Than Ever in a Digital World. Applied Psychology 71:1171–1204. https://doi.org/10.1111/apps.12241.

Rani U, Pesole A, Vázquez IG (2024) Algorithmic management practices in regular workplaces. Case studies in logistics and healthcare. Luxembourg: Publications Office of the European Union (JRC, 136063).

Reif JAM, Kugler KG, Stockkamp MT, Richter SS, Benning VM, Muschaweck LA, Brodbeck FC (2022) An employee-centered perspective on business processes: measuring “healthy business processes” and their relationships with people and performance outcomes. Business Process Management Journal 28:398–418. https://doi.org/10.1108/BPMJ-06-2021-0375.

Röttgen C, Herbig B, Weinmann T, Müller A (2024) Algorithmic management and human-centered task design: a conceptual synthesis from the perspective of action regulation and sociomaterial systems theory. Front. Artif. Intell. 7:1441497. https://doi.org/10.3389/frai.2024.1441497.

Wings LM et al. (2021) RPS-Studie - Softwaregestützte Planung personeller Ressourcen im Lager. Dortmund: Fraunhofer IML. https://doi.org/10.24406/iml-n-642366.

Wood AJ (2021) Algorithmic Management: Consequences for Work Organisation and Working Conditions. European Commission, JRC124874.

Risk assessment of interaction-related stressors – development of a risk assessment tool using a mixed-methods-instrument-development-design

Jonas WEHRMANN[1], Dir. and Prof. Dr. Armin WINDEL[1], Prof. Dr. Oliver STRÄTER[2]

[1] Federal Institute for Occupational Safety and Health, Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund, Germany
[2] University of Kassel, Department of Work and Organisational Psychology, Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel

Abstract: The importance of interactive work as a form of employment has increased significantly in recent decades. At the same time, it has become apparent that existing methods for assessing mental stress do not fully reflect the specific demands of interactive work. The inadequate consideration of interaction-related stressors makes it necessary to integrate them more strongly into the risk assessment process in the future. In the present study, a mixed-methods-instrument-development-design was used to develop and validate an item pool for the further development of a risk assessment tool for interactive work. The items were constructed on the basis of a qualitative study with 106 partially standardised interviews in six occupational groups.

Keywords: interactive service work, mental stress, difficult customers, violence, risk assessment of mental stressors, humane and health-promoting design

1. Introduction

The increasing relevance of interactive work in a changing world of work makes it essential to address specific stressors of interactive work in the context of occupational health and safety measures (Wehrmann 2023). As one of the most effective tools in occupational health and safety, risk assessment is particularly important to design interactive work in a humane and health-promoting way (BAuA 2014). Despite the increasing relevance of interactive work, specific requirements are often not sufficiently taken into account when analysing, evaluating and designing working conditions (Thorein 2017). The lack of consideration of interaction-specific stressors highlights the need to integrate these factors into the risk assessment process in the future (Thorein 2017). This requires both the further development of existing approaches and the conceptualisation of new design concepts and tools specifically tailored to the needs of interactive work. The aim of this article is to develop a risk assessment tool that holistically captures the specific stressors of interactive work. The developed instrument should not only serve as a diagnostic tool, but also as a basis for deriving practical design measures.

2. Research design and methodology

2.1 Mixed-Methods-Instrument-Development-Design

A mixed-methods-instrument-development design (MMID design) was chosen for the development of the risk assessment tool. In the MMID design, items and scales of a questionnaire are developed on the basis of a qualitative study, which are then tested for their psychometric quality in a subsequent validation phase (Creswell 1999; Onwuegbuzie et al. 2010). The advantage of this methodological approach is that the evidence of relevant content for item construction can be ensured through a preceding qualitative study (Creswell 1999). By actively involving the future target group in the construction process, practical instruments can be developed that are tailored to their specific needs. Creswell et al. (2004 p.11) emphasise that "the intent of this model is to develop an instrument that is grounded in the views of the participants [...] rather than using an off-the-shelf instrument that may not reflect their views". Qualitative exploration of the research area also provides valuable insights into the “language and lifeworld” of the target group, which can provide important information for item construction (Pentzek et al. 2012).

Mixed-methods-designs can be useful not only in the development of target group-specific items, but also in the validation of instruments. While existing methodological discussions often assume that instrument validation is primarily a quantitative process that takes place after item construction, Zhou (2019) emphasises that validation should ideally take place at the beginning of item development and accompany the entire process.

When designing measurement instruments, the main quality criteria are objectivity, reliability and validity (Döring & Bortz 2016). The quality criterion of validity can be further subdivided into content, criterion and construct validity. High content validity is ensured by the fact that the items are a representative sample of the construct being measured (Pentzek et al. 2012). In contrast to criterion and construct validity, which can be empirically tested using clearly definable parameters, the determination of content validity is less standardised. Bortz and Döring (2002 p. 470) emphasise: "Content validation is not empirical-statistical, but primarily content-theoretical. It does not lead to the calculation and evaluation of validity coefficients. Rather, recourse to theories [...] and assessments by experts in the field are decisive. It should be noted that the importance of content validation is traditionally underestimated and should be given greater consideration". Qualitative approaches such as expert interviews are considered in the literature to be particularly suitable for assessing the content validity of instruments (Moosbrugger & Kelava 2020). Expert workshops provide an informed assessment of the thematic accuracy and representativeness of constructed items for the construct being measured.

2.2 Process for the development and validation of a risk assessment tool for interaction-specific stressors

Based on existing MMID design approaches, a modified process for instrument development and validation was designed (Figure 1). The process was designed with the specific aim of developing a practical risk assessment tool for interaction-specific stressors. Validation by expert judgement plays a particularly important role in the developed process.

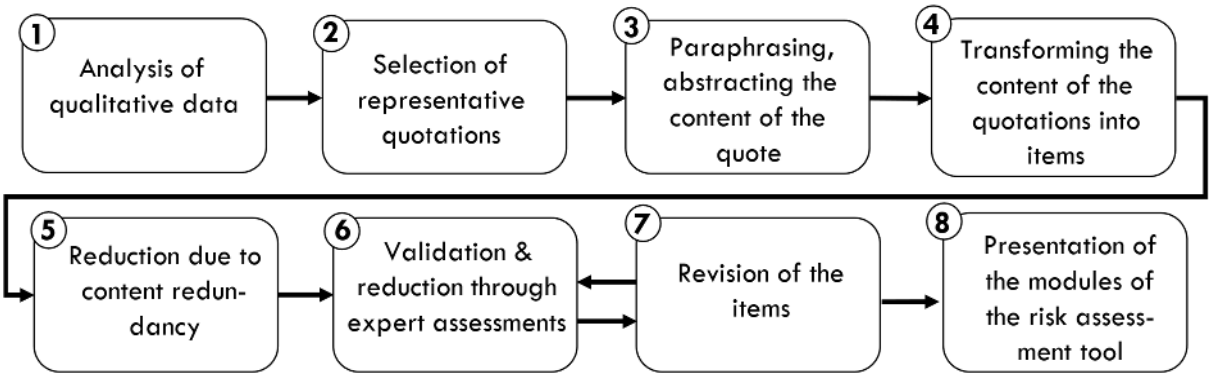


Figure 1: *Process flow of the MMID design (Wehrmann 2025 p. 269).*

Step 1: *Analysis of qualitative data***.** The aim of the qualitative study was to use an inductively guided approach to identify relevant interaction-specific stressors and to draw conclusions about design-relevant factors of interactive work. The insights gained from the qualitative data served as a basis for the development of scales and items for the risk assessment tool. A total of 106 semi-standardised interviews were conducted with six groups of employees: employees in geriatric care, service staff in catering trade, retail employees, management consultants, case managers at job centre, police officers. In order to gain a deeper insight into the organisational framework of interactive work, nine participant observations were carried out. For data analysis, the methodological approach of inductive categorisation of qualitative content analysis according to Mayring (2015) was used. The category system provided the empirical basis for the construction of the risk assessment tool.

Step 2: *Selection of representative quotations.* In a second step, quotations were selected that were characteristic and represented the individual subcategories of the category system. The selected quotes served as the basis for the subsequent formulation of items. In the selection process, quotes were chosen that both representted different facets of the categories and highlighted the impact of individual risk factors on the health and wellbeing of employees. The selection of representative quotes was based on employee ratings. This ensured participatory inclusion by asking employees in interviews which factors they considered relevant for a risk assessment tool for interactive work. The number of quotes selected was based on the aim of covering the facets of the main and sub-categories as fully as possible.

Step 3: *Paraphrasing & abstracting the content of the quote.* On this basis, the selected quotations were analysed in depth in order to extract the content. The most significant passages of the quotations were first paraphrased and then abstracted (see Table 1). This procedure followed the summarising content analysis according to Mayring (2015). The aim was to reduce the quotations to their essential content and to remove irrelevant text components (e.g. reduction of redundant or embellishing passages). The text passages were then standardised in terms of language and grammar. The abstraction and generalisation were carried out with the aim of formulating items that are transferable to as many groups of employees performing interactive work as possible.

Table 1: *Item construction process using the example of the subscale "physical aggression"*

Subcategory	Quote	Paraphrasing, abstraction & generalisation of citation content	Item
Physical aggression	We have actually had the situation of very heavily intoxicated people who then PRAY in the guest area because it takes them too long or something similar. Then they might actually go berserk and things escalate to the point **where customers become violent towards staff**. We've already had that.	1) Customers who become violent	In my work, I have to deal with customers who become violent.
	The guests throw things at you too. I had a burger thrown at my face. The guest was angry because he ordered something that wasn't right.	1) Customers who throw objects at you	In my work, I have to deal with customers who throw objects at me.

Step 4: *Transforming the content of the quotations into items.* Based on the abstracted and generalised content, specific items were developed for the risk assessment tool. The focus was on constructing content-valid items that both reflected the content of the quotes and took into account the language use of the target group. Moosbrugger and Brandt (2020 p. 69) point out that items have high content validity if they "represent the full range of the characteristic of interest so that the characteristic can be adequately mapped". Inadequate care in item development cannot be compensated for in later phases of questionnaire construction (Moosbrugger & Brandt 2020). The item formulation was based on the existing rules of item construction according to Moosbrugger and Brandt (2020).

Step 5: *Reduction due to content redundancy.* As the inductive development resulted in some content overlap between items, these were reviewed as part of an internal revision process. Two researchers first independently assessed the redundancy of the items. In a subsequent step, the researchers discussed the results together and decided which items should be removed from the pool. In addition, the internal review checked the linguistic comprehensibility, clarity and scale allocation of the items using the think-aloud method (Morell & Tan 2009). The aim of the internal review was to reduce the item pool to a manageable number of items that could then be reviewed for quality by subject matter experts.

Step 6: *Validation & reduction through expert assessments.* Following the internal review, the item pool was evaluated by various groups of experts. Both qualitative and quantitative methods were used to ensure a well-founded assessment of the quality of the item pool. In the first phase of validation, a quantitative survey was carried out in which employees from operational practice were asked to rate the relevance and comprehensibility of the items developed. The aim of this survey was to check the face validity of the item pool. On the basis of the results obtained, an expert workshop was then held with members of the scientific community to analyse the content validity of the item pool (Berk 1990).

Step 7: *Revision of the items.* The items were revised based on the results of the qualitative validation of the expert ratings. During the revision of the item pool, redundant items were deleted or condensed and the scale allocation of individual items was adjusted. Items that were judged to be insufficiently understandable were reworded. In

addition, the suitability of the items for different groups of employees performing interactive work was checked. The order of the items was rearranged so that, within a scale, general questions were asked first, followed by more specific questions.

3. Results: Illustration of the modular structure of the item pool

A modular design of the questionnaire was chosen because the variety of occupations and activities in which interactive work plays a central role entails different stressors. The development of a modular questionnaire may be helpful in addressing these specific stressors (Sträter et al. 2022). This design allows it to be “both broadly applicable and specific enough to provide direct stimulus for action relevant to an area of application, or to offer concrete decision guidance” (Kallus 2016, p. 102). An item pool with a total of 149 items was developed for the risk assessment tool. The modular structure of this item pool takes into account both risk factors at the interaction level and design factors at the work organisation level. Seven main modules have been defined at the interaction level, while the work organisation level is divided into five main modules. Both levels can be further subdivided into specific sub-modules.

The main risks at the interaction level include, e.g. dealing with negative, personal and work-related behaviour of customers, confrontation with traumatic experiences, stressors caused by emotional and sentimental work, the unpredictability of interactive work and high interaction intensity. At the level of work organisation, five main modules were identified, covering design factors from work task, work organisation, work environment, leadership, colleagues and organisation culture. In addition, specific measures were developed for dealing with difficult customer situations.

The modular structure of the questionnaire gives the user the flexibility to adapt the instrument to the requirements of a specific work context and the individual circumstances of an organisation. This provides the basis for a detailed analysis and assessment of interaction-specific stressors. The overall aim is to organise interactive work in a humane and health-promoting way.

4. Discussion and conclusion

MMID approaches provide a valuable basis for the development of context- and target-group-specific tools that specifically address the needs and circumstances of the user group (Creswell & Clark 2018). Particularly in the area of risk assessment, it is crucial to develop tools that accurately capture the specific stressors of the target group. An MMID design can ensure that relevant risk factors are considered in an evidence-based manner (Creswell 1999). As part of the MMID design, the future target group is actively involved in the development process. This not only increases the practicality of the instrument, but also its acceptability. As the existing literature provides only limited concrete instructions for item construction in MMID approaches, an eight-step process was developed on the basis of existing research (Younas et al. 2020), which systematises the design and validation of such instruments.

The process developed is characterised by the targeted selection of representative quotes from the qualitative studies, which allows items to be formulated in a way that is closely aligned with the language and expressions of the respondents. The process therefore follows a clearly structured procedure, drawing on the expertise of a number

of different groups of people. It should be emphasised that the process outlined is not to be understood as a universal standard procedure. Rather, it provides a flexible conceptual framework that allows qualitative and quantitative methods to be combined in a meaningful way to develop target-group-specific instruments.

5. Literature

Berk RA (1990) Importance of expert judgment in content-related validity evidence. Western Journal of Nursing Research 12:659–671.

Bortz J, Döring N (2002) Forschungsmethoden und Evaluation. Springer.

Creswell JW (1999) Mixed-method research. In: Gregory J (Ed) Handbook of educational policy. Elsevier, 455-472.

Creswell JW, Fetters MD, Ivankova NV (2004) Designing a mixed methods study in primary care. The Annals of Family Medicine 2:7-12.

Creswell JW, Clark V (2018) Designing and conducting mixed methods research. Sage.

Döring N, Bortz J (2016) Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Springer.

Kallus KW (2016) Erstellung von Fragebogen, Volume 4465, Facultas.

Mayring P (2015) Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Beltz.

Moosbrugger H, Kelava A. (2020) Qualitätsanforderungen an Tests und Fragebogen („Gütekriterien“). In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), Testtheorie und Fragebogenkonstruktion (3:13–38). Springer.

Pentzek M, Wollny A, Herber OR, Porst R, Icks A, Abholz HH, Wilm S (2012) Itemkonstruktion in sequenziellen Mixed-Methods-Studien: Methodenbeschreibung anhand eines Beispielprojekts. Zeitschrift für Allgemeinmedizin 88:520–527.

Sträter, O., Wehrmann, J., Unger, M. & Englisch, F. (2022). Modulare Analyse der Belastungsfaktoren in Organisationen (MABO) – ein ganzheitliches, adaptives und praxisnahes Instrument zur psychischen Gefährdungsbeurteilung (Teil 1 von 2). Ein ganzheitliches, adaptives und praxisnahes Instrument zur psychischen Gefährdungsbeurteilung. sicher ist sicher, 2:82–89. https://doi.org/10.37307/j.2199-7349.2022.02.09.

Thorein A (2017) Dienstleistungsarbeit ist Interaktionsarbeit. Konkretisierung der Gefährdungsbeurteilung psychisch wirkender Belastungen. http://www.xn--verdi-gefhrdungsbeurteilung-jkc.de/upload/pdf/Gefaehrdungsbeurteilung_bei_Interaktionsarbeit.pdf (Accessed August 11, 2024).

Wehrmann J (2023) Interaktionsbezogene Stressoren und Ressourcen – Entwicklung einer Taxonomie zur menschengerechten Gestaltung von Interaktionsarbeit. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 77:188–217.

Wehrmann J (2025) Stressoren und Ressourcen in der Interaktionsarbeit – Berücksichtigung spezifischer Belastungsfaktoren in der Gefährdungsbeurteilung. Schriftenreihe Arbeits- und Organisationspsychologie. Universität Kassel (in press).

Younas A, Rasheed SP, Zeb H, Inayat S (2020) Data integration using the building technique in mixed-methods instrument development: Methodological discussion. Journal of Advanced Nursing 76:1–10.

Zhou Y (2019) A mixed methods model of scale development and validation analysis. Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives 17:38–47.

Note: This article is a summary of Jonas Wehrmann's doctoral thesis (Wehrmann 2025). We would like to thank Dr. Nadja Dörflinger and Jamila Janitzky for their helpful editing of the article and their valuable comments.

Berufliche Resilienz und emotionale Irritation: Wechselwirkungen und Implikationen für die mentaler Gesundheit

Jens KNISPEL[1], Veneta SLAVCHOVA[1], Fee KAHLHOFER[2], Viktoria ARLING[1]

[1]Institut für Psychologie (Lehr- und Forschungsgebiet Gesundheitspsychologie), RWTH Aachen, Jägerstraße 17-19, D-52066 Aachen
[2] Arling Slavchova Knispel Consulting GmbH, Oppenhoffallee 143, D-52066 Aachen

Kurzfassung: Anhaltender Stress gefährdet die mentale Gesundheit und kann zu Burnout führen, wobei emotionale Irritation ein frühes Warnsignal darstellt. Resilienz, als psychische Widerstandskraft mit sieben Facetten, wirkt schützend. Diese Studie untersucht über vier Wochen (t1-t2) die wechselseitige Beziehung zwischen Resilienz und emotionaler Irritation bei 110 Berufstätigen. Die Ergebnisse zeigen, dass Akzeptanz, Selbstfürsorge, Netzwerkorientierung und Verantwortungsübernahme die Irritation im zeitlichen Verlauf verringern, während eine hohe Irritation die Resilienzfacetten Optimismus, Selbstfürsorge und Netzwerkorientierung mindert. Dies unterstreicht die Bedeutung der Resilienzförderung und Vermeidung von Irritation für gesunde Arbeitsumgebungen.

Schlüsselwörter: berufliche Resilienz, Belastung, Beanspruchung, emotionale Irritation, mentale Gesundheit

1. Hintergrund und Ziel

In der heutigen Arbeitswelt sind Beschäftigte oft hohem Druck ausgesetzt, der ihre Leistung und geistige Gesundheit erheblich beeinträchtigen kann. Der zunehmende Wettbewerbsdruck, steigende Arbeitsanforderungen und ständige Erreichbarkeit tragen dazu bei, dass viele Berufstätige anhaltendem Stress ausgesetzt sind. Dauerhafter Stress kann nicht nur die individuelle Lebensqualität und Gesundheit massiv beeinträchtigen, sondern auch zu ernsthaften psychischen Erkrankungen wie Burnout führen. Burnout ist dabei nicht nur ein individuelles Problem, sondern hat auch weitreichende Folgen für Unternehmen, darunter steigende Fehlzeiten, reduzierte Produktivität und hohe Fluktuationsraten. Letztlich gefährdet dieser Kreislauf aus Belastung und Erschöpfung nicht nur die berufliche Teilhabe der Betroffenen, sondern auch die Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit von Organisationen.

Emotionale Irritation ist in diesem Rahmen ein frühes Zeichen für Burnout, weil sie häufig auf starke emotionale Belastung und Erschöpfung hinweist (Maslach & Leiter 2016). Studien zeigen, dass emotionale Irritation oft mit langfristigem Stress und Frustration zusammenhängt, die wiederum wesentliche Merkmale von Burnout sind (Schaufeli & Taris 2014).

Zur Vorbeugung von Irritation bzw. Burnout ist Resilienz als psychische Widerstandskraft und Anpassungsfähigkeit ein wichtiger Schutzfaktor. Resilienz hilft, die mentale Gesundheit von Beschäftigten zu bewahren (vgl. Hu et al. 2015). Resilienz ist im Berufsleben durch verschiedene Ressourcen charakterisiert. Knispel et al. (2024, 2025) haben speziell für den Berufskontext ein 7-Säulen-Modell entwickelt, das sieben

Bereiche der beruflichen Resilienz abdeckt: Optimismus, Akzeptanz, Lösungsorientierung, Selbstfürsorge, Netzwerkorientierung, Verantwortungsübernahme und Zukunftsplanung.

Während unidirektionale Analysen nur Ursache-Wirkungs-Effekte in eine Richtung betrachten, erlaubt die Längsschnittmethode, dynamische Wechselwirkungen über die Zeit zu erfassen. Dies ist wichtig, da Resilienz nicht nur emotionale Irritation beeinflussen kann, sondern auch selbst durch emotionale Irritation beeinträchtigt werden könnte. Ziel dieses Beitrages ist es vor diesem Hintergrund, das Zusammenspiel von beruflicher Resilienz und emotionaler Irritation in einer Längsschnittstudie in einem Intervall von 4 Wochen (t1-t2) zu untersuchen. Auf dieser Basis leiteten sich zwei zentrale Fragestellungen ab:

Fragestellung 1: Schützen stark ausgeprägte Facetten der beruflichen Resilienz zu t1 gegen emotionale Irritation nach vier Wochen (t2)?

Fragestellung 2: Beeinträchtigt ein hohes Ausmaß an emotionaler Irritation zu t1 die Verfügbarkeit der Resilienzfacetten nach vier Wochen (t2)?

2. Methoden

An der Online-Befragung zu Zeitpunkt t1 und Zeitpunkt t2 (vier Wochen nach t1) nahmen 110 berufstätige Personen teil (Geschlecht: 65 Frauen, 45 Männer; durchschnittliches Alter: 47.8 Jahre, SD = 13.5 Jahre). 39.1% der Befragten hatten eine Führungsposition.

Zur Erfassung der sieben Facetten der beruflichen Resilienz (s.o.) wurde die RB-7-30 verwendet (Knispel et al., 2024). Die emotionale Irritation wurde mit einer 8-Item-Skala von Mohr und Rigotti (2003) erfasst. Bzgl. der getroffenen Selbsteinschätzungen lässt sich festhalten, dass die Teilnehmer:innen sich hinsichtlich ihrer beruflichen Resilienz recht hoch einschätzten und die emotionale Irritation im niedriegen bis mittleren Bereich lag. In Tabelle 1 sind Skalierungen, Beispielitems, Reliabilitäten und Deskriptionen der eingesetzten Fragebögen dargestellt.

Zur Untersuchung der Fragestellungen 1 und 2 wurde die Interaktion jeder Resilienzfacette mit emotionaler Irritation jeweils mittels eines Cross Lagged Panel Modells (CLPM) im zeitlichen Verlauf von t1 zu t2 berechnet. Bei CLPM handelt es sich um eine statistische Methode, die in Längsschnittstudien verwendet wird, um wechselseitige, zeitlich verzögerte Zusammenhänge zwischen zwei oder mehr Variablen zu untersuchen. In diesem Fall wurde die Interaktion zwischen jeder Resilienzfacette und emotionaler Irritation analysiert, um herauszufinden, wie sich Veränderungen in einer Variable (die sieben Resilienzfacetten) zu einem Zeitpunkt (t1) auf die andere Variable (emotionale Irritation) zu einem späteren Zeitpunkt (t2) auswirken und vice versa.

Tabelle 1: *Eingesetzte Fragebögen, Beispielitems, deskriptive Statistiken und Reliabilitäten.*

Fragebogen	**Beispielitem**	***AM* (*SD*)**		**Cronbachs α**	
		T1	**T2**	**T1**	**T2**
Berufliche Resilienz (RB-7-30; Knispel et al., 2024 Skalierung von 1 = ‚stimme überhaupt nicht zu' bis 6 = ‚stimme voll und ganz zu')					
Optimismus	Ich weiß, dass bei beruflichen Problemen am Ende alles gut wird.	4.62 (0.63)	4.57 (0.69)	.72	.82
Akzeptanz	Es fällt mir leicht, im Berufsleben zu akzeptieren, was sich nicht verändern lässt.	4.32 (0.90)	4.25 (0.99)	.82	.82
Lösungsorientierung	Passieren hinderliche Dinge im Beruf, so finde ich schnell die beste Lösung.	4.80 (0.63)	4.66 (0.67)	.78	.86
Selbstfürsorge	Wenn ich nach Hause komme, kann ich schnell von der Arbeit abschalten.	4.17 (1.05)	4.16 (1.03)	.89	.91
Netzwerkorientierung	Ich habe Kollegen, die ich bei beruflichen Problemen um Hilfe bitten kann.	4.71 (0.87)	4.76 (0.81)	.74	.79
Verantwortungsübernahme	Ich lerne aus beruflichen Fehlern, um es in Zukunft besser zu machen.	5.34 (0.49)	5.21 (0.51)	.79	.79
Zukunftsplanung	Ich habe eine Idee, wo ich in fünf Jahren beruflich stehen möchte.	4.32 (1.07)	4.31 (0.98)	.90	.90
Irritation (Subskala Emotionale Irritation; Mohr & Rigotti, 2003 Skalierung von 1 = „trifft überhaupt nicht zu" bis 7 = „trifft fast völlig zu")					
Emotionale Irritation	Ich reagiere gereizt, obwohl ich es gar nicht will.	3.27 (1.12)	3.08 (1.17)	.85	.88

3. Ergebnisse

In Bezug auf die Ergebnisse zeigt sich für Fragestellung 1 folgendes Bild in der längsschnittlichen Betrachtung: Eine höhere Akzeptanz, Selbstfürsorge, Netzwerkorientierung und Verantwortungsübernahme zu t1 verringerten die emotionale Irritation zu t2 (vier Wochen nach t1) signifikant. Keine Relevanz hatten Optimismus, Lösungsorientierung und Zukunftsplanung zu t1 für die Ausprägung der emotionalen Irritation zu t2.

Hinsichtlich Fragestellung 2 lässt sich Folgendes festhalten: Eine höhere emotionale Irritation zu t1 hatte einen bedeutsamen negativen Effekt auf Optimismus, Selbstfürsorge und Netzwerkorientierung zu t2 (vier Wochen nach t1; Fragestellung 2). Keinen Effekt hatte emotionale Irritation zu t1 auf die Akzeptanz, die Lösungsorientierung, Verantwortungsübernahme und Zukunftsplanung.

***Tabelle 2**: Interaktion zwischen den sieben Facetten der beruflichen Resilienz und emotionaler Irritation über vier Wochen hinweg (T1-T2).*

AV	**Irritation (T2)**						
Prädik-toren	Optimis-mus (T1)	Akzep-tanz (T1)	Lösungs-orientierung (T1)	Selbst-fürsorge (T1)	Netzwerk-orientierung (T1)	Verantwor-tungs-übernahme (T1)	Zukunfts-planung (T1)
β	-.131	-.252**	-.057	-.283**	-.292**	-.304**	-.104
(*SE*)	(0.106)	(0.071)	(0.107)	(0.073)	(0.072)	(0.133)	(0.062)
AV	Optimis-mus (T2)	Akzep-tanz (T2)	Lösungs-orientierung (T2)	Selbst-fürsorge (T2)	Netzwerk-orientierung (T2)	Verantwor-tungs-übernahme (T2)	Zukunfts-planung (T2)
Prädiktor	**Irritation (T1)**						
β	-.106*	-.013	-.037	-.155*	-.123*	-.034	-.019
(*SE*)	(0.042)	(0.071)	(0.040)	(0.049)	(0.048)	(0.028)	(0.053)

4. Schlussfolgerung und Diskussion

Mit der vorliegenden Studie konnte in einem Beobachtungszeitraum von vier Wochen gezeigt werden, dass berufliche Resilienz und emotionale Irritation als zentrale Faktoren im Kontext von Burnout-Prävention in einer wechselseitigen Beziehung stehen. Berufliche Resilienz fungiert dabei als Schutzschild gegen emotionale Irritation, indem sie psychische Widerstandskraft aufbaut und Belastungen besser bewältigbar macht. Gleichzeitig zeigt sich, dass eine hohe emotionale Irritation die Resilienz schwächt, da sie wichtige Ressourcen wie Optimismus, Selbstfürsorge und Netzwerkorientierung beeinträchtigt. Diese Abwärtsspirale kann langfristig dazu führen, dass die mentale Gesundheit und berufliche Teilhabe der Betroffenen gefährdet werden, wodurch sowohl Individuen als auch Organisationen erheblich beeinträchtigt werden. Hieraus ergeben sich zentrale Implikationen für eine ganzheitliche betriebliche Prävention, die sowohl die Verhaltens- als auch die Verhältnisprävention umfasst.

Auf Ebene der Verhaltensprävention ist es entscheidend, gezielt die berufliche Resilienz von Beschäftigten zu stärken. Dabei sollten die Resilienzfacetten Akzeptanz, Selbstfürsorge, Netzwerkorientierung und Verantwortungsübernahme durch Trainingsprogramme, Coachings oder Seminare gefördert werden. Solche Maßnahmen helfen den Mitarbeitenden, emotionale Irritationen besser zu bewältigen und sich gegen die negativen Folgen anhaltender Belastung zu wappnen.

Auf Ebene der Verhältnisprävention ist die Gestaltung einer Arbeitsumgebung von zentraler Bedeutung, die Überforderungen reduziert und emotionale Irritationen minimiert. Dies umfasst beispielsweise die Vermeidung unrealistischer Zielvorgaben, die Förderung eines wertschätzenden Betriebsklimas sowie die Implementierung von Maßnahmen, die psychische Belastungen frühzeitig identifizieren und adressieren.

Eine fundierte Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastungen bietet hier eine wichtige Grundlage, um potenzielle Belastungsfaktoren systematisch zu erkennen und geeignete Gegenmaßnahmen zu ergreifen.

Die vorliegende Studie liefert inhaltlich relevante Erkenntnisse zur wechselseitigen Beziehung zwischen beruflicher Resilienz und emotionaler Irritation, jedoch sollten einige methodische Limitationen beachtet werden, die in Folgestudien adressiert werden können. Der Zeitraum von vier Wochen ist relativ kurz, um langfristige Wechselwirkungen und kausale Zusammenhänge umfassend zu analysieren. Längere Beobachtungszeiträume könnten daher weitergehende Informationen über die Stabilität und Entwicklung der Variablen liefern. Darüber hinaus könnte es lohnenswert sein, auch weitere Facetten der psychischen Beanspruchung (kognitive, physische, soziale und zeitliche Beanspruchung, Stresserleben) und der mentalen Gesundheit (z. B. Wohlbefinden, Depressivität) im längsschnittlichen Verlauf untersuchen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten: Berufliche Resilienz und emotionale Irritation stehen in einer dynamischen Wechselwirkung, die die mentale Gesundheit beeinflusst. Eine nachhaltige betriebliche Prävention sollte daher beide Faktoren berücksichtigen, um gesunde Arbeitswelten zu schaffen und Burnout vorzubeugen.

5. Literatur

Hu T, Zhang D, Wang J (2015) A meta-analysis of the trait resilience and mental health. Personality and Individual Differences 76:18–27.

Knispel J, Brenner J, Slavchova V, Arling V (2025) Berufliche Resilienz: Der Schlüssel zu mentaler Gesundheit und Zufriedenheit von Führungskräften und Mitarbeitenden. Betriebliche Prävention, 01/25:13-18.

Knispel J, Slavchova V, Kahlhofer F, Arling V (2024) Entwicklung und dimensionale Validierung einer 7-Säulen-Resilienzskala für den Berufskontext (RB-30). Rehabilitionswissenschaftliches Kolloquium 2024 in Bremen.

Maslach C, Leiter MP (2016) Burnout: A Multidimensional Perspective. In Stress: Concepts, Cognition, Emotion, and Behavior *(*pp. 103-111). Academic Press.

Mohr G, Rigotti T (2003): Irritation (Gereiztheit). Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen (ZIS).

Schaufeli WB, Taris TW (2014) A Meta-Analysis of the Relationship between Burnout and Depression. Journal of Applied Psychology 99(3):453-471.

Berufliche Resilienz: Stellt sie einen Schutzfaktor gegen Stresserleben und Burnout-Symptomatik dar?

Viktoria ARLING[1], Veneta SLAVCHOVA[1], Fee KAHLHOFER[2], Jens KNISPEL[1]

[1] Institut für Psychologie (Lehr- und Gesundheitspsychologie), RWTH Aachen, Jägerstraße 17-19, D-52066 Aachen
[2] Arling Slavchova Knispel Consulting GmbH, Oppenhoffallee 143, D-52066 Aachen

Kurzfassung: Chronischer Stress in der Arbeitswelt kann zu Burnout führen und sowohl Mitarbeitenden als auch Unternehmen schaden. Diese Studie untersucht, wie die sieben Dimensionen eines 7-Säulen-Modells der beruflicher Resilienz (Optimismus, Akzeptanz, Lösungsorientierung, Selbstfürsorge, Netzwerkorientierung, Verantwortungsübernahme, Zukunftsplanung) mit dem Stresserleben und Burnout-Symptomen zusammenhängen. Im Rahmen einer Online-Befragung von 235 Berufstätigen konnte gezeigt werden, dass höhere Resilienz mit geringerem Stress und weniger Burnout-Symptomen assoziiert ist. Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung von Resilienzförderung und gesundheitsfördernden Arbeitsbedingungen zur Prävention psychischer Belastungen am Arbeitsplatz.

Schlüsselwörter: berufliche Resilienz, Stresserleben, Burnout-Symptomatik, mentale Gesundheit, gesunde Arbeitswelt

1. Hintergrund und Ziel

In der heutigen Arbeitswelt stellt anhaltender Stress eine der größten Herausforderungen für die psychische Gesundheit dar. Die zunehmenden Anforderungen, der Zeitdruck sowie die Unsicherheiten durch globale und technologische Veränderungen erhöhen das Risiko von Belastungsstörungen und Burnout erheblich. Diese Entwicklungen betreffen nicht nur die individuelle Gesundheit der Beschäftigten, sondern führen auch zu Produktivitätsverlusten, Fehlzeiten und höheren Kosten für Unternehmen.

Resilienz, verstanden als die Fähigkeit, sich flexibel an Herausforderungen und Belastungen anzupassen (Liu et al. 2020), hat sich als zentraler Schutzfaktor gegen Stress und Burnout etabliert. Besonders im beruflichen Kontext kommt der Resilienz eine entscheidende Rolle zu, da sie Mitarbeitenden nicht nur hilft, Stresssituationen besser zu bewältigen, sondern auch langfristig ihre mentale Gesundheit zu bewahren (vgl. Meta-Analyse von Hu et al. 2015). Bestehende Resilienz-Konzepte berücksichtigen dabei nicht hinreichend, dass Resilienz bereichsspezifisch zum Tragen kommen muss (d.h. privater vs. beruflicher Bereich). Darüber hinaus basiert die Betrachtung von Resilienz in der Literatur oftmals auf einem globalen Verständnis und nicht differenziert nach unterschiedlichen Dimensionen.

Vor diesem Hintergrund wurde von Knispel et al. (2024, 2025) aufbauend auf einem 7-Säulen-Modell beruflicher Resilienz ein zugehöriger Fragebogen entwickelt (RB-7-30). Das Modell beschreibt sieben Dimensionen der mentalen Widerstandskraft am Arbeitsplatz:

1. Beruflicher Optimismus: die positive Erwartungshaltung gegenüber zukünftigen Entwicklungen und die Fähigkeit, Chancen in Herausforderungen zu erkennen
2. Berufliche Akzeptanz – die Bereitschaft, unveränderliche Situationen zu akzeptieren und sich auf das Kontrollierbare zu konzentrieren
3. Berufliche Lösungsorientierung – der Fokus auf pragmatische Ansätze zur Bewältigung von Problemen
4. Selbstfürsorge – das Bewusstsein für die eigenen Bedürfnisse und die Fähigkeit, aktiv für das eigene Wohlbefinden zu sorgen
5. Berufliche Netzwerkorientierung – die Fähigkeit, Unterstützung in sozialen Beziehungen zu suchen und zu nutzen
6. Berufliche Verantwortungsübernahme – die Bereitschaft, Verantwortung für eigene Handlungen und Entscheidungen zu tragen, insbesondere Fehlermanagement
7. Berufliche Zukunftsplanung – die Fähigkeit, realistische Ziele zu setzen und Strategien für deren Erreichung zu entwickeln

Die vorliegende Studie untersucht, inwiefern diese sieben Dimensionen des 7-Säulen-Modells das subjektive Stresserleben und die Symptome eines Burnouts beeinflussen. Dabei liegt der Fokus auf der Frage, welche Dimensionen besonders relevant sind, um Mitarbeitende vor den negativen Folgen von Stress zu schützen. Ziel ist es, praxisnahe Erkenntnisse zu gewinnen, die sowohl für die Personalentwicklung als auch für das betriebliche Gesundheitsmanagement von Bedeutung sind.

- **Fragestellung 1:** Wie hängen die Facetten beruflicher Resilienz mit Stresserleben und Burnout-Symptomatik zusammen? (Untersuchung von Zusammenhängen)

- **Fragestellung 2:** Welche Resilienz-Facetten sind besonders wichtig zur Erklärung von Stresserleben und Burnout-Symptomatik? (multiple Regression)

2. Methoden

Es nahmen 235 Berufstätige an einer querschnittlich angelegten Online-Umfrage teil (161 Frauen, 73 Männer; Durchschnittsalter: 33,8 Jahre). Die Studie wurde in verschiedenen sozialen Netzwerken beworben (z. B. Facebook, LinkedIn).

Die sieben Dimensionen der beruflichen Resilienz wurden mit der RB-7-30 (Knispel et al. 2024) erfasst. Das Stresserleben wurde durch das Stress- und Coping-Inventar (Satow 2013) sowie die Burnout-Symptomatik mithilfe des Burnout-Mobbing-Inventars (Satow 2013) erhoben.

In Tabelle 1 sind die verwendeten Fragebögen mitsamt Beispielitems und Reliabilitäten dargestellt. Hinsichtlich der internen Konsistenzen lässt sich festhalten, dass Cronbachs Alpha im guten bis sehr guten Bereich liegt.

***Tabelle 1*:** *Fragebögen, Beispielitems und Reliabilitäten der eingesetzten Instrumente.*

Fragebogen	Beispielitem	Cronbachs α
Berufliche Resilienz (RB-7-30; Knispel et al., 2024; Skalierung von 1 = ‚stimme überhaupt nicht zu' bis 6 = ‚stimme voll und ganz zu')		
Optimismus	Ich bin mir sicher, dass ich an beruflichen Krisen wachsen kann.	.83
Akzeptanz	Ich kann damit umgehen, dass ich nicht auf alles im Berufsleben einen Einfluss habe.	.86
Lösungsorientierung	Bei beruflichen Schwierigkeiten suche ich Lösungen aus mehreren Blickwinkeln.	.81
Selbstfürsorge	Ich höre auf meinen Körper und gönne ihm Ruhepausen vom Beruf.	.86
Netzwerkorientierung	Bei beruflichen Schwierigkeiten suche ich aktiv nach Unterstützung durch Kollegen.	.81
Verantwortungsübernahme	Wenn ich auf der Arbeit einen Fehler mache, übernehme ich dafür Verantwortung.	.85
Zukunftsorientierung	Ich habe klare berufliche Ziele, die ich verfolge.	.91
Stresserleben (Subskala Körperliche und psychische Stresssymptome vom Stress- und Coping-Inventar; Satow, 2012; Skalierung von 1 = „trifft nicht zu" bis 4 = „trifft genau zu")		
Stresssymptome	Ich schlafe schlecht.	.87
Burnout (Subskala Burnout vom Burnout-Mobbing-Inventar; Satow, 2013; Skalierung von 1 = „trifft nicht zu" bis 4 = „trifft genau zu")		
Burnout-Symptomatik	Ich fühle mich von meinen Aufgaben oft völlig überfordert und erschöpft.	.87

3. Ergebnisse

Übergeordnet weisen die Deskiptionen der erfassten Skalen darauf hin, dass die Stichprobe der Studie über eher hoch ausgeprägte berufliche Resilienz verfügte. Bzgl. Stresserleben und Burnout-Symptomatik gilt, dass diese im niedrigen bis mittleren Bereich zu verorten war.

Die Betrachtung der Zusammenhänge (Fragestellung 1, vgl. Tabelle 2) zeigt, dass das Stresserleben zu allen sieben Facetten der beruflichen Resilienz bedeutsame Zusammenhänge aufwies. Das bedeutet inhaltlich, dass je niedriger beruflicher Optimismus, Akzeptanz der Arbeitsbedingungen, Lösungsorientierug, Selbstfürsorge, Netzwerkorientierung, Verantwortungsübernahme und Zukunftsplanung ausgeprägt waren, desto mehr Stress erlebten die Befragten. Im Vergleich zu den anderen Facetten zeigten sich dabei besonders deutliche Zusammenhänge zwischen Selbstfürsorge, Optimismus und Stresserleben.

Ein weitgehend analoges Bild ließ sich für das Vorliegen von Burnout-Symptomen erkennen (mit Ausnahme der Zukunftsplanung, kein signifikanter Zusammenhang). Auch hier wiesen Selbstfürsorge und Optimismus die deutlichsten Korrelationen zu Burnout-Symptomatik auf.

Multiple Regressionsanalysen mit Vorwärtsselektion im Rahmen von Fragestellung 2 ergaben, dass Selbstfürsorge, Zukunftsplanung und Optimismus zusammen 19 % der Varianz im Stresserleben erklärten (Modell 1); Optimismus und Selbstfürsorge trugen zu 34 % zur Varianzaufklärung von Burnout bei (Modell 2).

Tabelle 2: *Deskriptive Statistiken und Korrelationen zwischen den Facetten der beruflichen Resilienz, Stresserleben und Burnout-Symptomatik.*

		Berufliche Resilienz (RB-7-30)						
	AM (SD)	Optimismus	Akzeptanz	Lösungsorientierung	Selbstfürsorge	Netzwerkorientierung	Verantwortungsübernahme	Zukunftsplanung
Stresserleben	2.07 (0.61)	-.315**	-.189*	-.175*	-.378**	-.116*	-.137*	-.231**
Burnout-Symptome	2.24 (0.65)	-.337**	-.231**	-.246**	-.537**	-.126*	-.125*	-.069
	AM (SD)	4.17 (0.86)	3.99 (0.99)	4.47 (0.73)	3.80 (1.03)	4.43 (1.00)	5.08 (0.64)	4.00 (1.16)

Anmerkungen: ** p < .001; * p < .05

4. Schlussfolgerung und Diskussion

Die Ergebnisse dieser Studie verdeutlichen, dass berufliche Resilienz eine zentrale Rolle bei der Bewältigung von Stress und der Prävention von Burnout spielt. Insbesondere die Dimensionen Selbstfürsorge, Optimismus und Zukunftsplanung haben sich als besonders einflussreich erwiesen, um die mentale Gesundheit von Beschäftigten zu schützen. Diese Erkenntnisse können in die Entwicklung wirksamer Maßnahmen zur Förderung der Resilienz und des Wohlbefindens am Arbeitsplatz einfließen. Als methodische Einschränkung sollte an dieser Stelle der querschnittliche Charakter der Studie nicht unerwähnt bleiben. Daher gilt es in Folgestudien, den schützenden Effekt von Resilienz auf Stresserleben und Burnout-Symptome in Form von längsschnittlich angelegten Untersuchungen zu verifizieren.

Ein zentraler Ansatzpunkt ist die gezielte Schulung und Förderung der Resilienzfähigkeiten von Mitarbeitenden. Resilienztrainings können dabei helfen, individuelle Kompetenzen wie Stressbewältigung, Lösungsorientierung und die Fähigkeit, schwierige Situationen positiv zu interpretieren, zu stärken. Solche Programme sollten idealerweise auf den sieben Dimensionen des 7-Säulen-Modells basieren, um eine umfassende und ganzheitliche Förderung der Resilienz zu gewährleisten. Entsprechende Angebote können sowohl auf Individual- als auch auf Teamebene umgesetzt werden.

Darüber hinaus bieten die Ergebnisse Ansatzpunkte für die Personalentwicklung und das betriebliche Gesundheitsmanagement. Resilienzförderung kann in bestehende Maßnahmen integriert oder als eigenständiges Programm implementiert werden. Führungskräfte sollten hierbei als Schlüsselpersonen betrachtet werden, da sie nicht nur selbst resilient sein, sondern auch ein Arbeitsumfeld schaffen sollten, dass die Resilienz ihrer Teams unterstützt. Dies umfasst den Aufbau einer offenen Feedbackkultur, die Förderung von sozialer Unterstützung und die Ermutigung zu selbstfürsorglichem Verhalten.

Gleichzeitig bleibt es entscheidend, den Fokus nicht nur auf die individuelle Resilienz (Verhaltensprävention) zu legen, sondern auch gesundheitsfördernde Arbeitsbedingungen (Verhältnisprävention) zu schaffen. Eine nachhaltige Förderung der

mentalen Gesundheit erfordert strukturelle Maßnahmen, wie die Anpassung von Arbeitsabläufen, realistische Zielvorgaben, transparente Kommunikation und eine wertschätzende Unternehmenskultur. Flexible Arbeitszeitmodelle, die Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben sowie eine klare Abgrenzung zwischen Arbeits- und Freizeit sind weitere wichtige Faktoren.

Indem Organisationen sowohl die Resilienz ihrer Mitarbeitenden stärken als auch gesundheitsförderliche Arbeitsbedingungen sicherstellen, können sie nicht nur die psychische Gesundheit ihrer Belegschaft schützen, sondern auch langfristig die Motivation, Produktivität und Zufriedenheit ihrer Teams steigern. Die Ergebnisse der Studie liefern somit nicht nur eine wissenschaftliche Grundlage für weitere Forschung, sondern auch konkrete Handlungsempfehlungen für die Praxis. Eine umfassende und integrative Strategie, die Verhalten und Verhältnisse gleichermaßen berücksichtigt, ist der Schlüssel zu einer resilienten und gesunden Arbeitskultur.

5. Literatur

Hu T, Zhang D, Wang J (2015) A meta-analysis of the trait resilience and mental health. Personality and Individual Differences 76:18–27.

Knispel J, Brenner J, Slavchova V, Arling V (2025) Berufliche Resilienz: Der Schlüssel zu mentaler Gesundheit und Zufriedenheit von Führungskräften und Mitarbeitenden. Betriebliche Prävention, 01/25:13-18.

Knispel J, Slavchova V, Kahlhofer F, Arling V (2024) Entwicklung und dimensionale Validierung einer 7-Säulen-Resilienzskala für den Berufskontext (RB-30). Rehabilitionswissenschaftliches Kolloquium 2024 in Bremen.

Liu JJW, Ein N, Gervasio J, Battaion M, Reed M (2020) Comprehensive meta-analysis of resilience interventions. Clinical Psychology Review, 82:1-12.

Satow, L. (2012): SCI - Stress- und Coping-Inventar. SCI. Stress- und Coping-Inventar. In Leibniz-Institut für Psychologie (ZPID) (Ed.) Open Test Archive. Trier: ZPID.

Satow, L. (2013): BMI. Burnout-Mobbing-Inventar. In Leibniz-Institut für Psychologie (ZPID) (Ed.) Open Test Archive. Trier: ZPID. https://doi.org/10.23668/psycharchives.4537.

Inklusion am Arbeitsplatz: Wirksamkeit eines Leitfadens zur Unterstützung psychisch erkrankter Mitarbeitendender

Veneta SLAVCHOVA, Julia BRENNER, Jens KNISPEL, Viktoria ARLING

Institut für Psychologie (Lehr- und Forschungsgebiet Gesundheitspsychologie), RWTH Aachen, Jägerstraße 17-19, D-52066 Aachen

Kurzfassung: Diese Studie untersucht die Wirkung eines Inklusionsleitfadens auf die Einstellungsbereitschaft gegenüber psychisch erkrankten Bewerbern. In einer experimentellen Erhebung erhielten Teilnehmende entweder den Leitfaden oder nicht, bevor sie eine Entscheidung über die Einstellung eines depressiven Bewerbers treffen sollten. Die Ergebnisse zeigen, dass der Leitfaden die Bereitschaft zur Integration psychisch erkrankter Menschen signifikant erhöhte. Der Inklusionsleitfaden erwies sich als effektives Instrument zur Förderung der Inklusion und bietet Arbeitgebern wertvolle Unterstützung im Umgang mit psychisch erkrankten Bewerbenden.

Schlüsselwörter: berufliche Teilhabe, Inklusion, psychische Erkrankung, Inklusionsleitfaden

1. Hintergrund und Ziel

Die berufliche Teilhabe psychisch erkrankter Menschen stellt auch heute noch eine erhebliche Herausforderung dar. Trotz zunehmender Sensibilisierung für psychische Gesundheit in der Arbeitswelt zeigen verschiedene Studien, dass viele Menschen nach wie vor über unzureichendes Wissen und eine Vielzahl von Vorurteilen gegenüber psychisch erkrankten Beschäftigten verfügen (Slavchova 2021). Häufig sind diese Vorbehalte von Ängsten und Unsicherheiten geprägt, insbesondere hinsichtlich der Fähigkeit von psychisch erkrankten Mitarbeitenden, ihre Arbeitsaufgaben zuverlässig zu erfüllen, oder der Befürchtung, die Arbeitsatmosphäre könnte negativ beeinflusst werden. Diese Bedenken führen oft dazu, dass psychisch erkrankte Bewerbende bei der Personalauswahl benachteiligt werden, was die berufliche Teilhabe dieser Personengruppe weiter erschwert.

Aus sozialpsychologischer Sicht können gezielte Informationsmaßnahmen helfen, solche Unsicherheiten und Wissenslücken zu überwinden. Studien zeigen, dass Informationsvermittlung in Form von Schulungen oder Leitfäden die Wahrnehmung von Vorurteilen reduzieren und die Einstellung gegenüber betroffenen Personen positiv beeinflussen kann (Stangor et al. 2001). Wenn Arbeitgeber*innen mehr über die tatsächlichen Fähigkeiten und Bedürfnisse von psychisch erkrankten Mitarbeitenden erfahren, können Ängste abgebaut und ein sicherer Umgang im Arbeitsalltag etabliert werden. Dies trägt dazu bei, Barrieren zu verringern und die Bereitschaft zur beruflichen Integration psychisch erkrankter Menschen zu erhöhen.

Ein vielversprechender Ansatz zur Informationsvermittlung stellt ein Inklusionsleitfaden dar, der gezielt auf die Bedürfnisse von Führungskräften und Personalverantwortlichen ausgerichtet ist. Basierend auf den Ergebnissen von fünf Studien sowie Erfahrungen aus dem Bereich der beruflichen Rehabilitation haben die Autor*innen des

vorliegenden Beitrags einen solchen Leitfaden entwickelt und erprobt.

Der Inklusionsleitfaden umfasst neben der Wissensvermittlung auch Reflexionsübungen und praktische Checklisten, die Führungskräfte in ihrer täglichen Arbeit mit psychisch erkrankten Mitarbeitenden unterstützen. Dazu gehören unter anderem Hinweise zur Führung von Mitarbeitergesprächen, zur Identifikation von Unterstützungsbedarfen und zur Förderung eines inklusiven Arbeitsumfeldes. Durch diese praxisorientierte Gestaltung soll der Leitfaden den Führungskräften nicht nur theoretische Grundlagen, sondern auch konkrete Handlungsmöglichkeiten an die Hand geben, um die Integration von psychisch erkrankten Beschäftigten zu erleichtern und den Arbeitsalltag für alle Beteiligten zu gestalten.

Das Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, die Wirksamkeit dieses Inklusionsleitfadens experimentell zu untersuchen. Es soll geprüft werden, inwiefern der Leitfaden die Bereitschaft von Menschen beeinflusst, psychisch erkrankte Personen in den Arbeitsmarkt zu integrieren.

2. Methoden

Die Studie wurde als experimentelle Online-Befragung mit einer Interventions- und einer Kontrollgruppe durchgeführt (IG: 152 Teilnehmende, KG: 155 Teilnehmende). Die Zuordnung der Teilnehmenden zu den Gruppen erfolgte zufällig. 71,4 % der Teilnehmenden waren weiblich, das Durchschnittsalter betrug 31 Jahre (SD = 13 Jahre).

Zu Beginn der Studie erhielten alle Teilnehmenden eine Vignette, in der sie sich vorstellen sollten, als Führungskraft eines mittelständischen Unternehmens mit 30 Mitarbeitenden tätig zu sein. Die Aufgabe bestand darin, eine Personalauswahl für eine Bürotätigkeit zwischen einem gesunden und einem depressiven Bewerber zu treffen, wobei beide Bewerber in Bezug auf ihre Qualifikationen als gleichwertig dargestellt wurden.

Die Interventionsgruppe erhielt vor ihrer Entscheidung den gesamten Inklusionsleitfaden. In der Kontrollgruppe (kein Leitfaden) trafen die Teilnehmenden sofort eine Entscheidung für oder gegen den depressiven Bewerber.

Der Leitfaden zielt darauf ab, praxisnahe Unterstützung zu bieten, indem er drei zentrale Themenkomplexe behandelt: „Haltung der Führungskraft“, „Kommunikation mit der betroffenen Person“ und „mögliche Unterstützungsangebote im Unternehmen“. Diese Themen sind so gewählt, dass sie den Führungskräften helfen, eine empathische und gleichzeitig pragmatische Haltung gegenüber psychisch erkrankten Mitarbeitenden einzunehmen, den Dialog mit betroffenen Personen offen und respektvoll zu führen und geeignete Unterstützungsmaßnahmen im Arbeitsumfeld zu identifizieren. Zum besseren Verständnis zeigt Abbildung 1 einen Abschnitt aus dem Bereich „Haltung der Führungskraft“, in Abbildung 2 ist ein Auszug aus dem Bereich „mögliche Unterstützungsangebote im Unternehmen“ dargestellt.

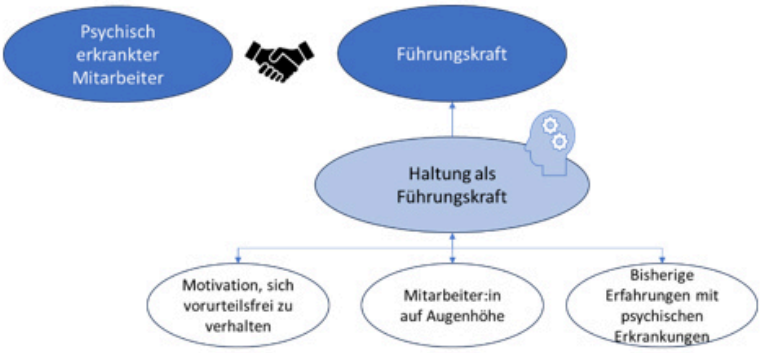
Neben der Entscheidung als solche wurde untersucht, ob der Inklusionsleitfaden die allgemeine Bereitschaft zur Inklusion in der Interventionsgruppe beeinflusste. Diese Bereitschaft wurde vor und nach dem Lesen des Leitfadens auf einer sechsstufigen Skala erfasst, die von „starker Tendenz, den gesunden Bewerber einzustellen“ (1) bis „starker Tendenz, den depressiven Bewerber einzustellen“ (6) reichte.

Wichtig ist es zu verstehen, dass sich die Erkrankung „Depression" sehr individuell bei den Betroffenen auswirken kann. Das heißt, dass die Arbeitsleistung in unterschiedlichem Ausmaß betroffen sein kann und dass sich die möglichen Unterstützungsbedarfe von Mensch zu Mensch unterscheiden.

Erfolgreiche Inklusion von gesundheitlich beeinträchtigten Menschen ist ganz grundlegend ein beidseitiger Prozess zwischen Ihnen als Führungskraft und der betroffenen Person.

Deshalb ist es wichtig, dass auch Sie als Führungskraft eine **aktive Rolle** im Prozess übernehmen.

Ihre **innere Haltung als Führungskraft** sollte darin bestehen, wertschätzend, ergebnisoffen und lösungsorientiert mit dem oder der depressiven Bewerber:innen über seine persönlichen Herausforderungen durch seine Erkrankung zu sprechen.



Manchmal begegnen Menschen anderen Menschen mit gewissen Vorbehalten, weil sie vielleicht in Vergangenheit schlechte Erfahrungen gemacht haben oder sie bestimmte Vorurteile haben. Ein Beispiel für ein solches Vorurteil wäre der Glaubenssatz „Depressive Menschen sind weniger leistungsstark als gesunde Menschen". Inwieweit das im Einzelfall konkret zutrifft, oder eben nicht, das müssen Sie gemeinsam mit dem depressiven Bewerber besprechen. Weil: Jeder Mensch ist anders!

***Abbildung 1**: Auszug aus dem Inklusionsleitfaden (Bereich „Haltung der Führungskraft").*

Lassen Sie sich nicht davon abschrecken, dass Ihnen möglicherweise nicht alle Unterstützungsangebote bekannt sind! Der Betriebsarzt hilft Ihnen dabei, die richtigen Maßnahmen zu identifizieren und umzusetzen.

Im Gespräch mit der betroffenen Person und dem Betriebsarzt können Sie herausfinden, welche Unterstützungsangebote hilfreich sind. Mögliche Optionen sind:

- **Im Betrieb:** Hilfe durch den Betriebsarzt, Unterstützung durch unser Betriebliches Gesundheits- und Eingliederungsmanagement, Trainingsmaßnahmen bzw. Workshops für eine erfolgreiche Inklusion (Zielgruppen: betroffene Person, Sie als Führungskraft, das Team)
- **Sozialleistungen:** Vor-Ort-Beratung durch geschulte Experten im Umgang mit psychisch erkrankten Beschäftigten (Integrationsfachdienst), Inanspruchnahme von finanziellen Hilfen zum Ausgleich von krankheitsbedingten Fehlzeiten und Weitervermittlung an ambulante Reha-Angebote zur Stabilisierung der betroffenen Person

***Abbildung 2**: Auszug aus dem Inklusionsleitfaden (Bereich „mögliche Unterstützungsangebote im Unternehmen").*

3. Ergebnisse

In der Kontrollgruppe wählten 33 Personen (21,9 %) den depressiven Bewerber, während in der Interventionsgruppe 68 Personen (46,3 %) für den depressiven Bewerber entschieden. Die Interventionsgruppe, die den Inklusionsleitfaden erhielt, entschied sich somit signifikant häufiger für den psychisch erkrankten Bewerber als die Kontrollgruppe, die den Leitfaden nicht hatte ($X^2(1) = 19.799$, $p < .001$, Cramers $V = .258$).

Darüber hinaus zeigte sich, dass die Inklusionsbereitschaft der Teilnehmenden in der Interventionsgruppe vor und nach dem Lesen des Inklusionsleitfadens signifikant anstieg. Die durchschnittliche Tendenz zur Inklusion stieg von 2,37 (SD = 1,14) auf 3,45 (SD = 1,25) ($t(146) = 10,96$, $p < .001$, $d = 0,904$).

Anhand von Freitextnennungen ließ sich erkennen, dass die Teilnehmenden der Interventionsgruppe den Inklusionsleitfaden hilfreich bei der Entscheidungsfindung für bzw. gegen den psychisch erkrankten Bewerber empfanden, insbesondere in Bezug auf mehr Handlungssicherheit und die Bereitstellung wertvoller Informationen.

4. Schlussfolgerung und Diskussion

Unwissenheit und Vorbehalte gegenüber psychischen Erkrankungen stellen nach wie vor ein großes Hindernis in der Arbeitswelt dar. Diese Herausforderungen können die Einstellung sowie die langfristige Integration von Menschen mit psychischen Erkrankungen erschweren. Viele Arbeitgeber und Führungskräfte verfügen noch immer über unzureichendes Wissen zu diesem Thema, was Ängste und Unsicherheiten hinsichtlich der Beschäftigung psychisch erkrankter Menschen schürt. Diese Unsicherheiten können dazu führen, dass psychisch erkrankte Bewerbende nicht die gleiche Chance auf eine Anstellung erhalten, obwohl sie die gleichen Qualifikationen wie andere Bewerbende mitbringen. Darüber hinaus hindern Vorurteile und Missverständnisse darüber, wie sich psychische Erkrankungen auf die Arbeitstätigkeit auswirken, viele Führungskräfte daran, betroffene Mitarbeitende erfolgreich zu integrieren und zu unterstützen.

Die vorliegende Studie zeigt, dass der Inklusionsleitfaden ein effektives Instrument sein kann, um diese Barrieren zu überwinden. Durch gezielte Information und praxisorientierte Unterstützung können Führungskräfte besser auf die Bedürfnisse von psychisch erkrankten Mitarbeitenden eingehen. Der Inklusionsleitfaden fördert nicht nur ein besseres Verständnis der psychischen Erkrankungen, sondern gibt auch konkrete Handlungsempfehlungen und Hilfestellungen, um eine offene Kommunikation mit betroffenen Mitarbeitenden zu ermöglichen. Indem der Inklusionsleitfaden Führungskräften mehr Sicherheit im Umgang mit psychisch erkrankten Bewerbenden und Mitarbeitenden gibt, trägt dieser dazu bei, Vorurteile abzubauen und eine inklusive Arbeitsumgebung zu schaffen. In der Studie wurde deutlich, dass der Leitfaden die Bereitschaft zur beruflichen Teilhabe psychisch erkrankter Menschen signifikant erhöhen kann, was seine Wirksamkeit als praktisches Werkzeug unterstreicht.

Angesichts des allgegenwärtigen Fachkräftemangels und der relevanten gesetzlichen Rahmenbedingungen, wie etwa dem Allgemeinen Gleichbehandlungsgesetz (AGG), ist es besonders wichtig, dass Arbeitgeber und Führungskräfte Unterstützung erhalten, um psychisch erkrankte Menschen in den Arbeitsmarkt zu integrieren. Der Inklusionsleitfaden kann hier eine wertvolle Hilfe darstellen, da er sowohl rechtliche als

auch praktische Aspekte der Inklusion adressiert. Er trägt dazu bei, dass Führungskräfte nicht nur gesetzliche Vorgaben einhalten, sondern auch eine menschenfreundlichere und inklusivere Unternehmenskultur etablieren können. Der Leitfaden sollte daher als wichtige Ressource für Personalverantwortliche und Führungskräfte betrachtet werden, um eine diversitätsbewusste und inklusive Einstellungspraxis zu fördern.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Inklusionsleitfaden zur Förderung der beruflichen Teilhabe psychisch erkrankter Beschäftigter eine äußerst wertvolle Empfehlung für Führungskräfte darstellt. Er unterstützt nicht nur dabei, psychische Erkrankungen besser zu verstehen, sondern vermittelt auch konkrete Handlungskompetenzen, um betroffene Mitarbeitende erfolgreich in den Arbeitsalltag zu integrieren. Führungskräfte, die den Inklusionsleitfaden nutzen, können somit nicht nur einen Beitrag zur Inklusion leisten, sondern auch langfristig von den Vorteilen einer diversifizierten und inklusiven Arbeitsumgebung profitieren. Der Inklusionsleitfaden kann bei den Autor*innen dieses Beitrages angefordert werden, um eine fundierte und praxisorientierte Unterstützung zu gewährleisten.

Der Inklusionsleitfaden zur Förderung der beruflichen Teilhabe psychisch erkrankter Beschäftigter ist ein empfehlenswertes Werkzeug für Führungskräfte, um Inklusion erfolgreich umzusetzen und eine offene Unternehmenskultur zu schaffen.

5. Literatur

Sechrist GB, Stangor C (2001) Perceived consensus influences intergroup behavior and stereotype accessibility. Journal of Personality and Social Psychology 80*(4)*:645–654.

Slavchova V (2021) Der schmale Grat zwischen Inklusion und Stigmatisierung von gesundheitlich beeinträchtigten Menschen bei ihrer beruflichen Teilhabe (Dissertation). Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen.

Open Collaboration in interdisziplinären Forschungsnetzwerken: Konzeptentwicklung und Erfolgsfaktoren für effektive Kooperation

Annika FELDHOFF, Selina PALIGE, Pia WEBER, Marc SCHWARZKOPF, Angelika C. BULLINGER-HOFFMANN

Technische Universität Chemnitz,
Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement,
D-09107 Chemnitz

Kurzfassung: Interdisziplinäre Forschungsnetzwerke haben großes Potenzial für Wirtschaft und Wissenschaft, da sie Fachwissen und Perspektiven aus verschiedenen Disziplinen vereinen, Synergien schaffen und Innovationsprozesse vorantreiben. Die Erschließung dieses Potenzials erfordert jedoch spezifische Ansätze in den Bereichen Kommunikation, Wissensmanagement und Projektorganisation.
In einem Projektverbund mit 19 Partnern aus Wissenschaft, Dienstleistung und Produktion wurde ein Open-Collaboration-Konzept entwickelt und evaluiert, das den Informationsaustausch und die Interaktion zwischen Akteuren erleichtert und den offenen Austausch sowie die gemeinsame Ideenfindung fördert.
Es wurden die organisatorischen und technischen Gelingensbedingungen der Kollaboration sowie zentrale Dimensionen der Zusammenarbeit, wie Vertrauen, Kooperationsstrukturen, Beziehungsqualität und Zufriedenheit der Projektpartner, systematisch evaluiert. Die Evaluationsergebnisse bildeten die Grundlage für die iterative Weiterentwicklung des Open-Collaboration-Konzepts und ermöglichten konkrete Handlungsempfehlungen zur Förderung einer intensiven, vertrauensvollen und produktiven Zusammenarbeit im Netzwerk.
Zusammenfassend bietet das vorgestellte Open-Collaboration-Konzept ein tragfähiges Modell für interdisziplinäre und innovative Zusammenarbeit.

Schlüsselwörter: Kooperation, Evaluation, interdisziplinäre Teams, Open Collaboration

1. Einleitung

Die steigende Komplexität globaler Herausforderungen in einer zunehmend vernetzten und digitalisierten Welt stellt sowohl Wissenschaft als auch Wirtschaft vor bislang ungekannte Anforderungen und erfordert die Integration von Fachwissen und Perspektiven aus unterschiedlichen Disziplinen und über institutionelle Grenzen hinweg. Interdisziplinäre Forschungsnetzwerke bieten hier vielversprechende Möglichkeiten, denn sie schaffen Synergien und fördern Innovationsprozesse. Gleichzeitig stehen traditionelle Formen der Kooperation vor Herausforderungen, wenn es darum geht, Vertrauen aufzubauen, produktive Interaktionen zu gestalten und einen kontinuierlichen, strukturierten Austausch zu ermöglichen (Brandstädter & Sonntag 2019).

Ein erfolgversprechender Ansatz, um diesen Herausforderungen zu begegnen, ist das Konzept der Open Collaboration. Dieses setzt auf Transparenz, partizipative Entscheidungsprozesse und eine offene Wissenskultur, um Zusammenarbeit effektiv und innovationsförderlich zu gestalten (Levine & Prietula 2014). Digitale Technologien wie kollaborative Plattformen und -Tools spielen dabei eine zentrale Rolle, indem sie Interaktion und Wissensaustausch erleichtern, unabhängig von geografischen oder organisatorischen Strukturen (Lehner 2021; Ghanbari et al. 2018). Trotz der zunehmenden Verbreitung solcher Ansätze fehlt es bislang an einem strukturierten Konzept, das praxisnah vermittelt, wie interdisziplinäre Netzwerke eine vertrauensvolle und produktive Zusammenarbeit entwickeln und iterativ verbessern können.

Im Rahmen eines interdisziplinären Projektnetzwerks mit 19 Partnern aus Wissenschaft, IT- und Prozessberatung sowie sechs produzierenden KMU wurde ein Open-Collaboration-Ansatz entwickelt und evaluiert. Ziel war es, die Zusammenarbeit innerhalb des Netzwerks gezielt zu fördern, den Wissensaustausch zu strukturieren und eine innovationsfreundliche Arbeitskultur zu etablieren. Besondere Herausforderungen ergaben sich aus der disziplinären und geografischen Vielfalt der Partner, wodurch die Entwicklung eines tragfähigen und anpassungsfähigen Kooperationsmodells erforderlich wurde.

Die qualitative Evaluation und iterative Entwicklung des Ansatzes stehen im Mittelpunkt dieses Beitrags. Dabei wird untersucht, wie ein Open-Collaboration-Konzept gestaltet sein muss, damit KMU vertrauensvoll miteinander kooperieren und innovative Lösungen entwickeln können. Die Analyse ordnet sich dabei in Mixed-Methods-Evaluationsdesign ein, das neben qualitativen Befragungen auch quantitative Befragungen umfasst. Während die Gesamtstudie zudem technische und organisatorische Gelingensbedingungen der Kollaboration betrachtet, konzentriert sich dieser Beitrag auf die qualitative Untersuchung der sozialen Dynamiken und Erfolgsfaktoren vertrauensvoller Zusammenarbeit.

Durch die systematische Analyse dieser Faktoren lassen sich praxisnahe Empfehlungen für die Gestaltung und iterative Verbesserung kollaborativer Innovationsprozesse ableiten. Der Beitrag leistet somit einen empirisch fundierten Beitrag zur Entwicklung nachhaltiger und zukunftsfähiger Kooperationsmodelle in interdisziplinären Netzwerken.

2. Grundlagen und Prinzipien (offener) Kollaboration

Kollaboration beschreibt die enge Zusammenarbeit mehrerer Personen mit dem Ziel, ein gemeinsames Ergebnis zu erreichen. Im Gegensatz zur reinen Kooperation, die oft oberflächlich bleibt, zeichnet sich Kollaboration durch einen kontinuierlichen, intensiven Austausch von Wissen, Ideen und Ressourcen aus (Schäfer 2020). Entscheidend ist dabei die Nutzung der individuellen Stärken der Teammitglieder, wodurch ein Mehrwert entsteht, der über die Summe der Einzelleistungen hinausgeht (Ghanbari et al. 2018). Wesentliche Erfolgsfaktoren für interdisziplinäre Projektnetzwerke sind offene Kommunikation, Vertrauen und präzise Koordination. Offene und transparente Kommunikation fördert den Wissensaustausch und stärkt den Teamzusammenhalt, während Vertrauen die aktive Beteiligung und Offenheit der Mitglieder unterstützt (Bennett & Gadlin 2012; Berber et al. 2020). Präzise abgestimmte Aufgaben und Ziele ermöglichen zudem eine effiziente Nutzung von Ressourcen und steigern den Mehrwert über die Summe der Einzelleistungen hinaus.

Kollaboration ist somit weit mehr als nur das Arbeiten im Team – sie erfordert eine bewusste Gestaltung der Zusammenarbeit, um das volle Potenzial der Beteiligten auszuschöpfen und nachhaltige Erfolge zu erzielen.

Open Collaboration (OC) erweitert das klassische Kollaborationsverständnis um Transparenz, Offenheit und partizipative Entscheidungsprozesse. Dieser Ansatz maximiert die kollektive Intelligenz und Innovationskraft eines Netzwerks, indem Wissen und Ressourcen interdisziplinär geteilt und weiterentwickelt werden (Levine & Prietula 2014). OC basiert auf vier zentralen Prinzipien:

1. Die Teilnehmenden schaffen wirtschaftlich wertvolle Ergebnisse.
2. Arbeitsergebnisse werden offen geteilt und wiederverwendet.
3. Die Zusammenarbeit erfolgt zielgerichtet, aber lose koordiniert.
4. Jeder kann sowohl beitragen als auch konsumieren.

Diese Offenheit birgt sowohl Chancen als auch Herausforderungen. Die interdisziplinäre Vielfalt kann durch verschiedene Perspektiven und Wissenshintergründe innovative Lösungen fördern, erfordert aber auch eine gezielte Abstimmung unterschiedlicher Arbeitsweisen und Bedürfnisse. Damit OC effektiv funktioniert, bedarf es eines systematischen Collaboration Managements, das die Zusammenarbeit offen, interaktionsreich und konstruktiv gestaltet, um nachhaltige Innovationen zu ermöglichen.

3. Entwicklung und Evaluation des Open Collaboration-Konzepts

3.1 Konzeptentwicklung und methodische Herangehensweise

Die Entwicklung des Open-Collaboration-Konzepts erfolgte auf Grundlage einer systematischen Anforderungsanalyse, die aus einer strukturierten Literaturrecherche hervorging. Ergänzend wurden Befragungen, Workshops und Abstimmungen innerhalb des Projektnetzwerks durchgeführt, um die spezifischen Bedarfe sowie die zentralen Herausforderungen der Netzwerkarbeit zu identifizieren.

Das daraus resultierende Konzept stützt sich auf einen aus der Anforderungsanalyse abgeleiteten Anforderungskatalog, der sowohl Nutzungsbedarfe als auch wissenschaftliche Grundlagen integriert. Ziel ist es, durch den Einsatz von Open-Innovation-Methoden sowie partizipativer Collaboration-Engineering-Ansätze eine nachhaltige, vertrauensvolle und produktive Zusammenarbeit zu fördern.

Das Konzept definiert sechs zentrale Dimensionen, die für eine interdisziplinäre Zusammenarbeit im Rahmen einer Open Collaboration von besonderer Relevanz sind:

- Koordination: Eine neutrale Projekt- und Netzwerkkoordination sichert durch gezielte Abstimmung gemeinsame Zielerreichung trotz individueller Prioritäten.
- Kollaboration: Die koordinierte Zusammenarbeit der Akteure zur gemeinsamen Zielerreichung durch parallele Bearbeitung und Abstimmung fördert den freien Austausch und eine kollektive Ideenentwicklung.
- Kommunikation: Standards und Leitlinien optimieren den Einsatz von Werkzeugen, reduzieren Missverständnisse und verbessern Arbeitsabläufe.
- Innovation: Offene Strukturen, interdisziplinärer Austausch und aktive Partizipation treiben technologische Weiterentwicklungen und neuartige Lösungsansätze voran und maximieren das Innovationspotenzial des Netzwerks.
- Wissenstransfer: Der systematische Austausch innerhalb und außerhalb des Netzwerks gewährleistet die nachhaltige Verbreitung innovativer Ansätze.

- Evaluation: Kontinuierliche Überprüfung und Anpassung sichern eine iterative Optimierung des Konzepts und eine transparente Ergebnisdokumentation.

3.2 Evaluation und iterative Anpassung

Die Evaluation und iterative Weiterentwicklung sind zentrale Bestandteile des Open-Collaboration-Konzepts. Durch empirische Erhebungen und regelmäßiges Feedback werden Schwachstellen identifiziert und gezielte Prozessoptimierungen vorgenommen. Dies gewährleistet eine bedarfsgerechte Anpassung des Konzepts, steigert die Akzeptanz der Beteiligten und fördert die nachhaltige Etablierung eines effektiven Open-Collaboration-Ansatzes. Anpassungen, etwa in der Kommunikationsfrequenz oder der Nutzung digitaler Tools, tragen maßgeblich zur Effizienzsteigerung und besseren Vernetzung der Beteiligten bei (Lehner 2021).

Zur systematischen Überprüfung der Konzeptumsetzung wurden neun teilstrukturierte, leitfadengestützte Interviews mit Schlüsselakteuren des Projektnetzwerks durchgeführt. Die Stichprobe umfasste jeweils drei Prozessberater, IT-Dienstleister und Mitarbeitende aus Produktionsunternehmen, die als aktive Projektbeteiligte sowohl intensiv in die Projektarbeit eingebunden als auch gut im Netzwerk vernetzt waren. Diese Zusammensetzung ermöglichte eine umfassende Analyse der Konzeptanwendung in den jeweiligen Teilprojekten. Die Dauer der Interviews variierte zwischen 55 und 93 Minuten. Die anonymisierten Transkripte wurden nach Kuckartz (2012) entlang einer inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse kodiert und in diesem Zuge kategorisiert.

Die Evaluation erfolgte auf zwei Ebenen: Erstens wurde die Wirksamkeit des Open-Collaboration-Konzepts hinsichtlich seiner Struktur, Akzeptanz und Nutzen untersucht. Zweitens wurden die Effizienz und Effektivität der im Rahmen des Konzepts entwickelten IT-Lösungen analysiert, wobei insbesondere die Nutzendenperspektive im Fokus stand.

4. Ergebnisse

Die Evaluation ergab, dass erfolgreiche interdisziplinäre Zusammenarbeit von mehreren Schlüsselfaktoren abhängt. Insbesondere das zwischenmenschliche Verhalten sowie Vertrauen zwischen den Projektteilnehmenden zeigte sich als wichtige Komponente. Dabei wurden eine offene Kommunikation, eine etablierte Fehlerkultur und das Finden einer gemeinsamen Sprache als Grundvoraussetzungen für eine gelungene Zusammenarbeit genannt.

> *„Ich stelle dann auch die entsprechenden doofen Fragen, dass ich das eben auch verstehe. […] A]m Anfang war es da tatsächlich schwierig, wenn es da um Software-Themen ging, das eben auch zu verstehen und nachzuvollziehen. Also, Sprache ist schon mal wichtig, dass es auch verständlich ist für den Anwender am Ende des Tages“ (I 7, Pos. 16).*

Die Befragten betonten, dass diese Aspekte nur durch persönliche Interaktion nachhaltig erreicht werden konnten. Obwohl die Teilnehmenden bereits durch Onlinetermine miteinander vertraut waren, wurde eine stabile Vertrauensbasis erst durch persönliche Treffen zu Beginn und im weiteren Verlauf des Projekts erzielt.

> *„[Da] geht es dann auch um Vertrauen. Da geht es um Sympathie natürlich auch und da ist ein persönliches Treffen eigentlich unverzichtbar in meinen Augen“ (I 9, Pos. 4).*

Die persönlichen Treffen legten ein solides Fundament, das durch regelmäßige Abstimmungen und transparente Prozesse weiter gefestigt wurde. Eine klare Struktur und effektive Kommunikation ermöglichten es den Beteiligten, ihre Ziele effizienter zu koordinieren. Die Zusammenarbeit wurde zudem durch klare und flexible Kommunikationswege sowie die Einigung auf ein gemeinsames Wording unterstützt. Klare Absprachen wurde zudem im Bereich Wissensmanagement benötigt. Hierbei waren klare Richtlinien und eine einfache Ordnerstruktur erforderlich, um das System für alle nutzbar zu machen.

> *„Das ist in diesem Projekt mit diesem ganzen Tooling, mein persönliches Gefühl, das kann auch subjektiv sein, ziemlich kompliziert. Das heißt, um sich einzuarbeiten in die einzelnen Projekte. Wo steht was? Wo finde ich denn was? Wo sind denn die Informationen, die ich jetzt wirklich brauche, um voranzukommen?“ (I 6, Pos. 40)*

Digitale Tools waren insgesamt ein entscheidender Faktor für den Erfolg der Zusammenarbeit, brachten jedoch auch Herausforderungen mit sich. Unterschiedliche technische Vorkenntnisse und Erwartungen der Partner und die Notwendigkeit klarer Nutzungsregeln erwiesen sich als zentrale Schwierigkeiten. Die Auswahl geeigneter Kommunikations- und Projektmanagementtools wurden als essenziell bewertet, da sie die Plattform für diverse Kommunikations- und Abstimmungsprozesse boten.

> *„Für mich ist eigentlich wichtig: Was soll erreicht werden in dem Projekt? (…) Welche Tools will ich dafür verwenden?“ (I6, Pos. 144)*

Es wurde deutlich, dass digitale Werkzeuge allein keine erfolgreiche Zusammenarbeit gewährleisten. Erst durch gezielte Schulungen, die den sicheren und effizienten Umgang fördern und den Mehrwert der Technologien verdeutlichen, sowie durch Absprachen und deren konsequente Anwendung, konnten Akzeptanz und Nutzen nachhaltig gesteigert werden.

5. Ergebnisdiskussion

Die Untersuchung zeigt, dass ein strukturiertes Open-Collaboration-Konzept eine belastbare Grundlage für interdisziplinäre Zusammenarbeit bildet. Vertrauen, Transparenz und technologische Unterstützung erwiesen sich als zentrale Erfolgsfaktoren. Um zukünftige Projekte erfolgreich zu gestalten, sind klare Strukturen, iterative Evaluationen und die frühzeitige Berücksichtigung individueller Bedürfnisse essenziell. Insbesondere das frühzeitige Schaffen von Vertrauen durch physische Präsenztreffen stellt einen entscheidenden Schritt dar, um die Basis für eine nachhaltige Zusammenarbeit zu legen. Dies ist von besonderer Bedeutung, da Vertrauen als Fundament für den Open-Collaboration-Ansatz sowie für den langfristigen Projekterfolg gilt (Berber et al. 2012; Levine & Prietula 2014).

Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass eine flexible, gemeinsam gestaltete Prozess- und Tool-Landschaft die Integration unterschiedlicher Arbeitsstile erleichtert, ohne die Effizienz zu beeinträchtigen. Eine ausgewogene Kombination aus persönlichen Treffen und virtuellen Meetings stärkt nachhaltig Vertrauen und Teamdynamik.

Auf Basis dieser Erkenntnisse lassen sich folgende zentrale Handlungsempfehlungen für zukünftige Open-Collaboration-Projekte ableiten:

- Frühzeitige Einbindung aller Netzwerkpartner, um ein gemeinsames Verständnis zu schaffen und die Akzeptanz zu erhöhen.
- Regelmäßige Schulungen zur Nutzung digitaler Werkzeuge, angepasst an die technischen Kompetenzen der Beteiligten, um eine effiziente Anwendung zu gewährleisten.

- Förderung persönlicher Interaktionen insbesondere zu Projektbeginn, um Vertrauen aufzubauen und eine belastbare Grundlage für die Zusammenarbeit zu etablieren.
- Klare und transparente Kommunikationsstrukturen, um Missverständnisse zu minimieren und eine synchronisierte Erwartungshaltung sicherzustellen.
- Kontinuierliche Evaluation und iterative Anpassung, um Effizienz und Zusammenarbeit nachhaltig zu verbessern.

Die Evaluation bestätigt, dass ein methodisch fundierter Ansatz interdisziplinäre Netzwerke bei der Entwicklung innovativer Lösungen und einer produktiven, vertrauensvollen Arbeitsumgebung unterstützt. Die gewonnenen Erkenntnisse liefern wertvolle Leitlinien für künftige Kooperationen und verdeutlichen, wie die Integration unterschiedlicher Akteure sowie der gezielte Einsatz digitaler Technologien zur Förderung nachhaltiger Zusammenarbeit beitragen können. Darüber hinaus leisten die Ergebnisse dieses Forschungsprojekts einen theoretischen Beitrag zur Weiterentwicklung des Open-Collaboration-Ansatzes und geben praxisnahe Impulse für die Gestaltung zukünftiger interdisziplinärer Forschungsnetzwerke.

Zusammenfassend bestätigt sich das vorgestellte Open-Collaboration-Konzept als tragfähiges Modell für interdisziplinäre Kooperationen. Die Ergebnisse unterstreichen, dass Vertrauen, klare Strukturen und technologische Unterstützung essenziell sind, um Innovationen in Netzwerken erfolgreich voranzutreiben. Eine kontinuierliche Evaluation ermöglicht die frühzeitige Identifikation von Herausforderungen und gezielte Optimierungsmaßnahmen, was die langfristige Wirksamkeit des Konzepts stärkt.

6. Literatur

Bennett LM, Gadlin H (2012) Collaboration and Team Science: From Theory to Practice. Journal of Investigative Medicine, 60(5), 768–775.

Berber N, Slavić A, Aleksić M (2020) Relationship between Perceived Teamwork Effectiveness and Team Performance in Banking Sector of Serbia. Sustainability.

Brandstädter S, Sonntag K (2019) Interdisziplinär erfolgreich: Modellierung, Validierung und Förderung interdisziplinärer Handlungskompetenz.

Ghanbari N, Otto I, Schramm S, Thielmann T (2018) Kollaboration: Beiträge zur Medientheorie und Kulturgeschichte der Zusammenarbeit.

Kuckartz U (2012) Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Beltz Verlag.

Lehner F (2021) Wissensmanagement: Grundlagen, Methoden und technische Unterstützung. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG.

Levine SS, Prietula MJ (2014) Open Collaboration for Innovation: Principles and Performance. Organization Science. Vol. 25 (5). S. 1414-1433.

Schäfer H (2020) Collaboration Management – Zusammenarbeit im Projekt erfolgreich gestalten. In: Pfannstiel MA, Steinhoff P F-J (2020) Transformationsvorhaben mit dem Enterprise Transformation Cycle meistern. Projekte erfolgreich planen, durchführen und abschließen. Springer Gabler.

Danksagung: Das Vorhaben „MOONRISE – Mass Customization für die Einführung produktionsnaher IT-Systeme in Unternehmensnetzwerken“ wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in den Programmen „Zukunft und Wertschöpfung-Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ und „Innovation & Strukturwandel gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

The Teleoperation of Highly Automated Vehicles: A Human-Centered Workplace Design for Remote Assistants

Alexandra NICK, Barbara DEML

Institut für Arbeitswissenschaft & Betriebsorganisation,
Karlsruher Institut für Technologie (KIT),
Engler-Bunte-Ring 4, D-76133 Karlsruhe

Abstract: The vision of fully autonomous vehicles remains unfeasible in the foreseeable future. One potential solution is teleoperation, which refers to the intervention by a remote operator in the event of a problem. High-level, remote assistance can solve several problems, such as overcoming construction zones or resolving ambiguous perceptions. Essentially, the vehicle retains responsibility for the journey (e.g., lateral and longitudinal control). The remote assistant can resolve specific issues by applying high-level interpretation skills and problem-solving abilities. A suitable setup is crucial for conducting scientific studies in this field. From the human factors and ergonomics perspective, optimizing the interface design between the remote operator and the vehicle is of significant interest. These factors are quantified through measuring mental strain, stress, the successful resolution of situations, and situational understanding, highlighting the importance of a well-equipped research environment. The majority of existing work in this field concerns remote driving. In this scenario, the remote driver assumes control of the vehicle's lateral and longitudinal movements. Several approaches to implementation exist, including virtual reality, simulator setups, or control with a steering wheel and pedals. While only two publicshed concepts for remote assistance have emerged to date, there is a clear need for further research and development in this field. We are developing an ergonomic workplace used as a controlled test environment, paving the way for future advancements. It is based on the knowledge of the relevant information, interaction concepts, and required context information. We are carrying out usability and performance tests in the iterative development process. The scientific basis and the latest setup, with its evaluation, will be presented and discussed.

Keywords: Teleoperation, remote assistance, workplace design, user-centered HMI

1. Introduction

Academia and industry agree that fully automated vehicles are still far off. The lack of feasibility for all possible scenarios is primarily due to perception problems, unknown situations, problems in decision-making, or ambiguity with contradictory cues (Tener & Lanir 2022). Examples include construction zones with (incomplete) yellow lines, poor weather conditions, traffic lights, customized traffic signs (Kang et al. 2018), and general poor visibility conditions (Tener & Lanir 2022). Kettwich et al. (2022) published a list of problematic situations extended to public transport. Teleoperation is one

solution for highly automated vehicles (HAVs) to overcome at least some of the identified obstacles. Teleoperation is an umbrella term for remote driving, remote assistance (RA), and remote monitoring (Majstorovic et al. 2022). Following the Society of Automotive Engineers (2021), level 4 automation means that all driving functions are executed autonomously under defined conditions (e.g., weather conditions or geographical areas) without the intervention of a human driver. If these conditions are no longer met, the control is returned to a human. According to German road traffic regulations, it is possible to give control to a remotely situated human. The HAV can execute a minimal-risk maneuver and ensure the least dangerous position if necessary. RA is an allowed way of operating level 4 vehicles on public roads (BMDV 2021). Here, RA can be defined as the system receiving assistance from an operator, while the responsibility for driving rests with the system (Majstorovic et al. 2022). Unlike in remote driving, the dynamic driving task (e.g., lateral and longitudinal control) is not part of the assignment of remote operators (RO) (Society of Automotive Engineers 2021). According to German law (StVG § 1) and further relevant publications, the process for RA is illustrated in Figure 1 (BMDV 2021; Schrank et al. 2024). Following the StVG, ROs have four different tasks. These are to get in contact with passengers of HAVs in the case of minimal risk maneuvers, deactivate the automated driving function, access the signals of the HAV regarding functionality and initiate safety measures as well as give clearance for alternative driving maneuvers (BMDV 2021).

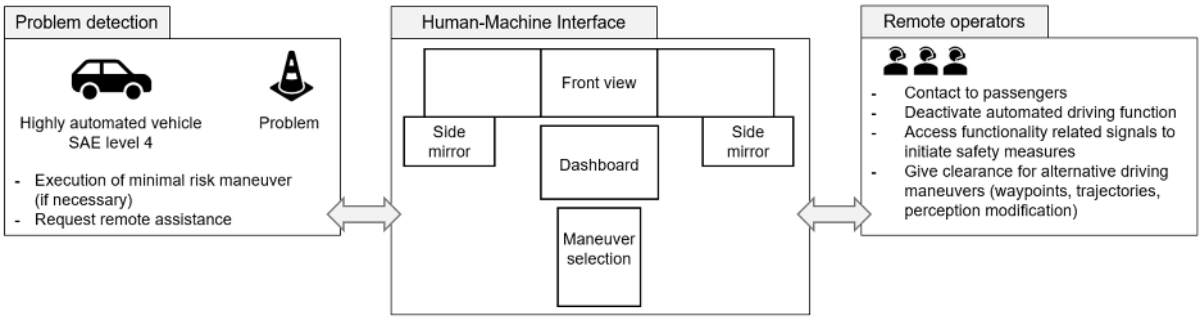


***Figure 1**: Illustration of RA for HAVs according to German road traffic regulations.*

2. Background

Automation in road traffic places new demands on support systems. RA systems are becoming increasingly important as they enable human operators to intervene remotely. Technological and ergonomic aspects are crucial for an effective interaction between operators and vehicles.

In the literature, only a few examples of prototypical systems exist. There are two main types of interfaces for RA HMIs. They have varying degrees of complexity and amount of information, as the examples in Figure 2 illustrate. One approach followed by Schrank et al. (2024) is a multi-monitor setup for RA with various information, including simulated driving situations, map information, and several status indicators. Complex traffic situations like construction zones or urban environments can be analyzed. Tener and Lanir (2023) established a more high-level user interface with a simplified solution. Only the most critical vehicle information is displayed without much situational context. Suggested maneuvers are proposed so that the RO can select one of them or create its own solution.



***Figure 2**: Illustration of different approaches for RA prototypes. Left: multi-monitor workstation with detailed situations and a touch-based interface by Schrank et al. (2024). Right: High-level user interface for a simplified HMI where only the most critical information and suggested maneuvers are displayed by Tener and Lanir (2023).*

A novel field of work and workplaces emerges with the development of RA. The workplaces we focus on are multi-monitor workstations where the RO is seated in the center in front of the screens. To ensure an ergonomic and pleasing setup, the general design requirements from the ASR-A6 are considered (2022). Text and graphics must be sharp, clear, and appropriately sized based on viewing distance and task. Adjustable settings for resolution, contrast, brightness, and viewing angles are crucial to prevent distortion or flickering and to ensure individual adaptation. Software ergonomics guides the development process so that the software enables users to perform tasks effectively, efficiently, and in a user-friendly way. Due to the amount of context information, multiple monitors may be necessary. Their arrangement should minimize strain by aligning resolution, brightness, and display characteristics. The setup must support wide viewing angles to ensure clear visibility from different positions. The positioning of monitors should prioritize frequently used screens centrally and arrange multiple screens closely together to reduce excessive head and eye movements. Uniform viewing distances across all screens are essential for ergonomic efficiency. There has been no scientific research into what information is often needed for RA (Gafert et al. 2023). Building on ergonomic principles (Ries 2021), HMI design guidelines, and prior research, we aim to evaluate whether our workplace design aligns with these recommendations and assess the required types and volumes of information. Additionally, we plan to investigate the cognitive abilities that correlate with performance in RA, particularly across different interaction methods.

3. Method

A laboratory experiment is conducted. The experimental design is a within-design experiment with two study parts on different dates. The independent variable is the type of interaction (waypoints, trajectories, perception modification). The dependent variables are individual cognitive abilities, performance, visual attention, situational awareness, workload, and usability. In addition, ratings for the importance of displayed information and overall usability are collected.

The development of the current setup is based on literature and various expert discussions about design decisions. In Figure 3, the setup for this experiment is illustrated. The driving scenarios are staged on a traffic training ground[1]. All scenarios are challenging to solve for HAVs and are inspired by the literature and databases

[1] https://www.verkehrswacht-karlsruhe.de

about problems in mixed traffic (e.g., Kettwich et al. 2022; Waymo LLC 2025). The videos are recorded with six GoPro cameras mounted on the ego vehicle. One is mounted on each mirror, and four cameras are mounted on the vehicle's roof. Three of them are used to create the front-view data stream. The last camera is mounted on the back to generate the rear-view perspective.

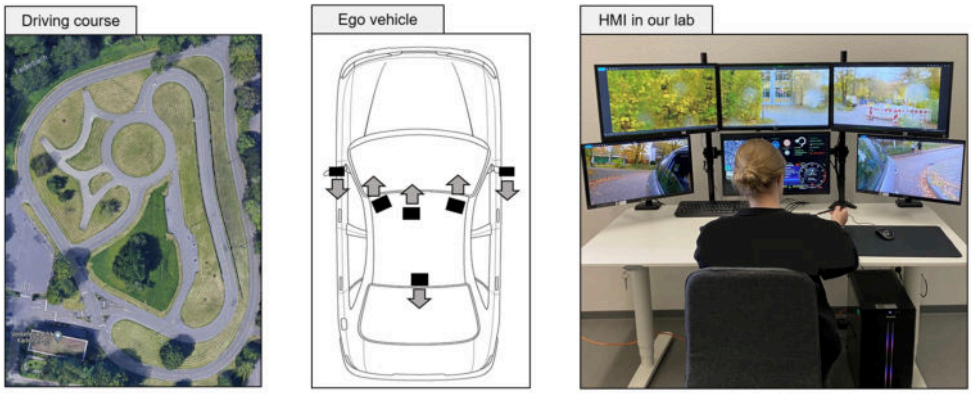


***Figure 3**: Illustration of the experimental setup planned for the study. From left to right: The training course, the ego vehicle, and the physical setup in our lab are displayed. The black boxes on the ego vehicle indicate the positioning of the cameras, with the arrows as an indication of the recording direction.*

Due to its length, the experiment is divided into two study appointments: Study Part I and Study Part II. An overview is provided in Figure 4. A requirement for participation is to hold a German driving license, which is checked during the welcome phase. *Study part I* contains the demographical and cognitive skill assessment. To describe the *sample,* the participants are asked for the gender they identify with, their age, and their highest education level. Further, the Affinity for Technology Interaction Scale (ATI) by Franke et al. (2019) assesses their affinity for technology. The driving experience and simulator gaming experience is measured as control variables. Different cognitive abilities are possible correlates for performance in teleoperation settings (e.g., Tang et al. 2023). To approach the relevance of different skills, we plan to use the Vienna Test system, established in diagnostic and job-related testing. We consider peripheral vision, sustained attention, spatial orientation, rotation abilities, and rapid detection skills for the proposed experiment. We conduct a set of tests to measure these abilities in our lab[2]. Each test is explained and test trails are completed before execution. Short breaks are planned between the tests to avoid fatigue of the participants. After this, the first part of the study is finished.

Study Part II contains the actual interaction and evaluation of the developed workstation. After a short welcome, the research context and the setup are explained. A test trial for each interaction type is conducted. During this familiarization, the participants are encouraged to ask any questions regarding their tasks, functionalities, or problems they encountered. The stationary eye-tracking Smarteye 9.3 is used to evaluate *visual attention* to presented information. Areas of interests (AOIs) are used to identify which of the presented information is attended during the driving scenarios. The eye tracker is calibrated for each participant individually. The data is collected during all driving scenarios. Before the experimental trials start, the participants' mental

[2] WG (Perceptual Speed), WAFV (Perception and Attention Functions: Vigilance & Sustained Attention; Reaction to Changes in Intensity), ZBA (Time and Motion Anticipation), and PP-R (Peripheral Perception) from SCHUHFRIED GmbH, 2025

state is pre-tested with the German version of the Short Stress State Questionnaire (SSSQ-G, Ringgold et al. 2024). In each interaction method (setting waypoints, drawing trajectories, modifying perception) five prerecorded videos are presented. The order of these blocks is randomized. After each block, the interaction method is evaluated regarding *workload* with the NASA Task Load Index subscale mental demand (NASA-TLX, Hart & Staveland 1988). The *usability* is evaluated with the short version of the User Experience Questionnaire (UEQ-S) by Schrepp et al. (2017). The order of the individual videos within each block is randomized as well. After each scenario, the Situational Awareness Rating Technique (SART) by Taylor (1990) measures subjective *situational awareness*. The *participant's performance* is measured based on the time and quality of the results needed. The task reaction time, task completion time, and inferred task duration time are used for the time evaluation. The quality of the participant's waypoints and trajectories is compared to defined ideal trajectories. Rule violations like leaving the street or drawing through an obstacle are noted as errors.

After the three blocks, the mental state is measured again. Afterward, the usability of the HMI system is evaluated with the Systems Usability Scale (SUS) by Brooke (1996), the Acceptance Scale (van der Laan et al. 1997), a ranking of the three interaction methods, and open questions for feedback. Finally, the participants rated the relevance of the presented information. This helps to understand the fixations on specific areas during the driving scenarios and guides future setup improvements. In the end, general feedback regarding the study is collected, compensation for participation is paid, and farewell is given.

This experiment aims to provide insights into human information processing in complex systems with frequent context switches, contributing to the user-centered design of emerging workplaces. By considering physiological and cognitive ergonomics, the results will help to optimize HMIs as well as to enhance efficiency and safety for RA and HAVs. To the author’s knowledge, no experiment has yet utilized real-life driving videos in this context. The results will address key questions such as the suitability of ROs and the cognitive skills linked to their performance. Findings will also generalize performance evaluation methods to similar assistance settings in other workplaces.

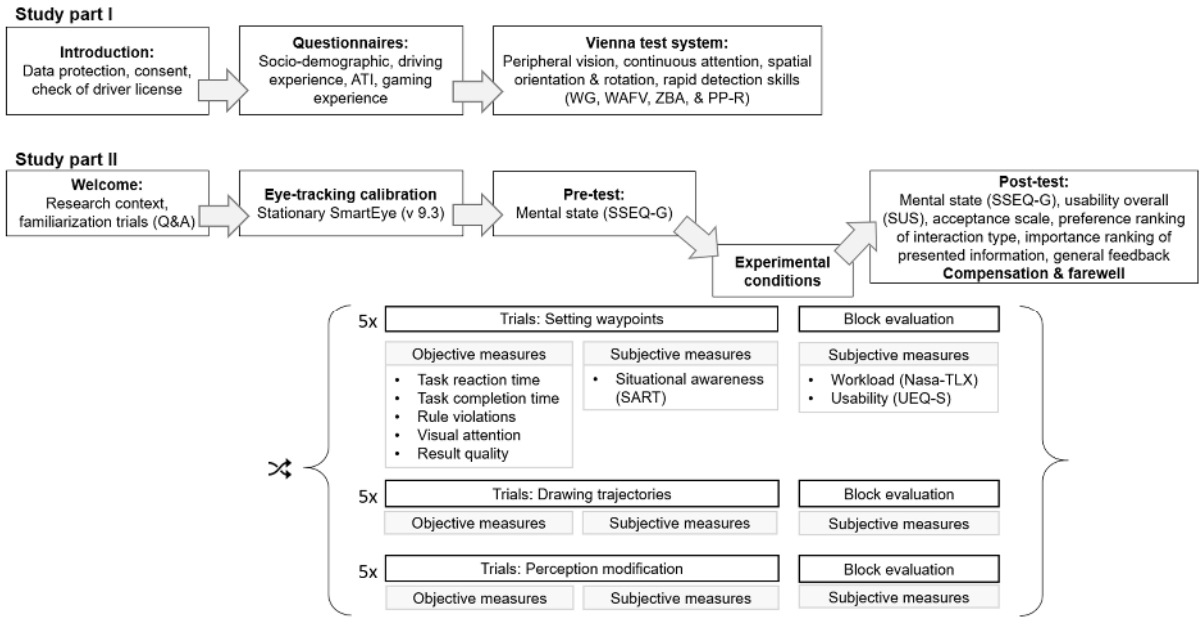


***Figure 4**: Schematic illustration of parts I and II of the study procedure.*

5. Literature

Ausschuss für Arbeitsstätten, 2022. Technische regel für arbeitsstätten: ASR A6 - bildschirmarbeit.

Beckmann, S., Biletska, O., Zadek, H., 2020. Requirements for pilot routes and infrastructure for the introduction of automated shuttle buses in public areas. 10.2195/lj_Proc_beckmann_en_202012_01

Biletska, O., Beckmann, S., Glimm, T., Zadek, H., 2021. Key requirements and concept for the future operations control center of automated shuttle buses, in: 2021 International Scientific Symposium on Logistics: Conference Volume.

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), 2021. Straßenverkehrsgesetz (StVG),§1e – Betrieb hoch- und vollautomatisierter Fahrzeuge; (12.07.2021 (BGBl. I S. 3108), in Kraft getreten am 28.07.2021).

Franke, T., Attig, C., Wessel, D., 2019. A personal resource for technology interaction: Development and validation of the affinity for technology interaction (ATI) scale. International Journal of Human-Computer Interaction 35, 456–467. 10.1080/10447318.2018.1456150

Gafert, M., Mirnig, A.G., Fröhlich, P., Kraut, V., Anzur, Z., Tscheligi, M., 2023. Effective remote automated vehicle operation: a mixed reality contextual comparison study. Personal and Ubiquitous Computing 27, 2321–2338. 10.1007/s00779-023-01782-5

Hart, S.G., Staveland, L.E., 1988. Development of NASA-TLX (task load index): Results of empirical and theoretical research, in: Hancock, P.A., Meshkati, N. (Eds.), Human Mental Workload, Advances in Psychology. North-Holland, pp. 139–183. 10.1016/S0166-4115(08)62386-9

Kang, L., Zhao, W., Qi, B., Banerjee, S., 2018. Augmenting self-driving with remote control: Challenges and directions, in: Proceedings of the 19th International Workshop on Mobile Computing Systems & Applications, HotMobile '18. pp. 19–24. 10.1145/3177102.3177104

Kettwich, C., Schrank, A., Avsar, H., Oehl, M., 2022. A helping human hand: Relevant scenarios for the remote operation of highly automated vehicles in public transport. Applied Sciences 12. 10.3390/app12094350

Majstorovic, D., Hoffmann, S., Pfab, F., Schimpe, A., Wolf, M.-M., Diermeyer, F., 2022. Survey on teleoperation concepts for automated vehicles. 10.48550/arXiv.2208.08876

Ries, F. (2021). Visual complexity in human-machine interaction = Visuelle Komplexität in der Mensch-Maschine Interaktion. PhD thesis, Karlsruher Institut für Technologie (KIT). 10.5445/IR/1000130377

Ringgold, V., Shields, G.S., Hauck, F., Kurz, M., Schindler-Gmelch, L., Abel, L., Richer, R., Eskofier, B.M., Rohleder, N., 2024. The Short Stress State Questionnaire in German (SSSQ-G): A Multi-Study Validation. European Journal of Health Psychology 31, 189–200. 10.1027/2512-8442/a000160

Schrank, A., Walocha, F., Brandenburg, S., Oehl, M., 2024. Human-centered design and evaluation of a workplace for the remote assistance of highly automated vehicles. Cognition, Technology & Work 26, 183–206. 10.1007/s10111-024-00753-x

Schrepp, M., Thomaschewski, J., Hinderks, A., 2017. Design and evaluation of a short version of the user experience questionnaire (UEQ-s). International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence 4, 103–108. 10.9781/ijimai.2017.09.001

Society of Automotive Engineers, 2021. Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles. (SAE J 3016–202104) (manual). 10.4271/J3016_202104

Tang, W., Tian, Y., Tan, L., Xue, S., Jiang, T., Zhou, S., Wang, C., 2023. Human factors design and evaluation of china's space manipulator teleoperation system. International Journal of Human–Computer Interaction 40, 1943–1959. 10.1080/10447318.2023.2250055

Taylor, R., 1990. Situation awareness rating technique (SART): the development of a tool for aircrew systems design (AGARDCP-478), in: Situational Awareness in Aerospace Operations. NATO-AGARD, Neuilly Sur Seine, France, p. 3/1-3/17.

Tener, F., Lanir, J., 2023. Design of a high-level guidance user interface for teleoperation of autonomous vehicles, in: Adjunct Proceedings of the 15th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, AutomotiveUI '23 Adjunct. pp. 287–290. 10.1145/3581961.3609845

Tener, F., Lanir, J., 2022. Driving from a distance: Challenges and guidelines for autonomous vehicle teleoperation interfaces, in: Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Chi '22. 10.1145/3491102.3501827

Van Der Laan, J.D., Heino, A., De Waard, D., 1997. A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 5, 1–10. 10.1016/S0968-090X(96)00025-3

Waymo LLC, 2025. Waymo open dataset: Autonomous driving data for research.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Transformationsanlässe in den Branchen Automotive und Medizintechnik

Ilknur ATAKLI-AHMED[1], Lea ZUROMSKI[1], Moritz PAULUS[2], Dr. Dirk WERTH[2]
Dirk SCHEIDT[3]

[1] Institut für Technologie und Arbeit e.V.,
Trippstadter Straße 113, D-67663 Kaiserslautern
[2] August-Wilhelm Scheer Institut für digitale Produkte und Prozesse gGmbH,
Uni Campus Nord D 5 1, D-66123 Saarbrücken
[3] saarland.innovation&standort GmbH,
Neumarkt 15, D-66117 Saarbrücken

Kurzfassung: Dieser Artikel untersucht die Auswirkungen von Megatrends wie der Digitalisierung und ökologische Transformation auf die Medizintechnik- und Automotive-Branche in der Region Saar-Pfalz. Basierend auf verschiedenen qualitativen und quantitativen Erhebungen im Kontext des Kompetenzzentrums für Arbeitsforschung KOMATRA wurden aktuelle Transformationstreiber identifiziert und kategorisiert. Trotz unterschiedlicher Ausgangslagen in beiden Branchen – Wachstum in der Medizintechnik und massiver Wandel in der Automotive-Industrie – zeigen sich auch gemeinsame externe und interne Treiber in beiden Branchen. Dieser Artikel stellt vergleichend die Ergebnisse der verschiedenen Erhebungen dar.

Schlüsselwörter: Arbeitsforschung, Transformationstreiber, Saar-Pfalz, Automotive-Branche, Medizintechnik-Branche

1. Einleitung

Die Medizin(-Technik)-Branche sowie die Automotive-Branche sind wirtschaftlich bedeutsame Branchen für die Bundesländer Rheinland-Pfalz und das Saarland. Als diese stehen sie exemplarisch für die Transformationsherausforderungen, vor denen die Bundesländer stehen, um in Zukunft wettbewerbsfähig zu bleiben. Dabei sehen sich die beiden Branchen mit verschiedenen Herausforderungen konfrontiert: Während die Medizin(-Technik)-Branche durch globale Trends wie eine alternde Bevölkerung gestärkt wird und wächst (vgl. Hünecke & Heyen 2022), steht die Automotive-Branche vor einem massiven Wandel im Hinblick auf Produkte und Fertigungsprozesse, ausgelöst durch globale Krisen und die ökologische Transformation (vgl. Schuh et al. 2019). Das KOMATRA-Projektteam hat auf Basis dieser Ausgangslage verschiedene Erhebungen in der Region Saar-Pfalz durchgeführt, um Transformationstreiber beider Branchen zu identifizieren. Zentrale Erkenntnisse werden in diesem Beitrag skizziert.

2. Methodisches Vorgehen

Zunächst wurden in einer qualitativen Studie (Bestandsaufnahme) die sieben Partnerunternehmen aus dem Projekt KOMATRA (vier aus der Automotive-Branche und drei aus der Medizin(-Technik)-Branche) befragt. Es wurden Interviews mit 39 Teilnehmenden durchgeführt, die sich den Tätigkeitsprofilen Geschäftsführer*innen, Führungskräfte, Mitarbeitende und Mitbestimmungsgremien zuordnen lassen. Die Interviews basieren auf einem halbstrukturierten Interviewleitfaden, der von Forscher*innen aus unterschiedlichen Disziplinen in einem iterativen Verfahren entwickelt wurde. Die Interviews wurden mit Hilfe der Datenanalysesoftware MAXQDA24 ausgewertet. Die inhaltsanalytische Auswertung erfolgte in Anlehnung an Mayring (2010) in einer Kombination aus deduktivem und induktivem Vorgehen. Auf Basis eines vorab entwickelten Modells wurde ein Kategoriensystem entwickelt, das induktiv um weitere Kategorien ergänzt wurde.

Darüber hinaus wurden zwei quantitative Erhebungen per Online-Umfrage an Unternehmen und Stakeholder aus der Medizintechnik- und Automotive-Branche in ganz Deutschland versendet. Von insgesamt 34 Teilnehmenden aus der Medizintechnik-Branche konnten 16 verwertbare, d. h. vollständig ausgefüllte Fragebögen, berücksichtigt werden. Bei der Automotive-Umfrage waren es 22. Die Auswertung erfolgte jeweils quantitativ mithilfe deskriptiver Statistik. In den Umfragen wurden die Teilnehmenden um eine Einschätzung zum Einfluss verschiedener externer und interner Faktoren gebeten. Diese erfolgte anhand einer 4-stufigen Skala mit den Ausprägungen (0) kein Einfluss, (1) gering, (2) mittel, (3) groß. Die Stichprobe setzt sich bei der Medizin-Technik-Befragung wie folgt zusammen: 25 % der Antworten kamen aus Kleinunternehmen (mit <50 Beschäftigten), 43,25 % aus dem Mittelstand (50 - 250 Beschäftigte), und 31,25 % aus größeren, bzw. Großunternehmen (>500 Beschäftigte). In der Automotive-Branche waren 27,27 % kleine Unternehmen, 27,27 % Mittelstandsunternehmen und 45,45 % große Unternehmen.

In Kapitel 2 und 3 werden die qualitativen Ergebnisse, die mit den Codes „Interne Transformationstreiber“ und „Externe Transformationstreiber“ kategorisiert wurden, sowie die Ergebnisse der quantitativen Befragungen zu den Transformationstreibern für jede Branche vorgestellt.

3. Ergebnisse zu Transformationsanlässen in der Medizin(-Technik)-Branche

3.1 Transformationstreiber Medizintechnik-Branche qualitative Erhebung

Ein wesentlicher interner Transformationstreiber in der Medizintechnik-Branche ist das Unternehmenswachstum. Mit zunehmender Größe entsteht die Notwendigkeit, Arbeitsprozesse und -strukturen anzupassen, klare Zuständigkeiten zu definieren und strukturierte Abläufe zu etablieren. Die Einführung neuer Informationssysteme und die Digitalisierung von Abläufen werden unumgänglich.

Gleichzeitig erfordert das Wachstum personelle Veränderungen, wie die Suche nach qualifizierten Mitarbeitenden und die Anpassung der Führungskultur. Der demografische Wandel verstärkt diesen Effekt und führt in der Branche zu einem Fachkräftemangel. Die Digitalisierung stellt einen weiteren wichtigen internen Transformationstreiber dar. Digitale Systeme steigern zwar die Effizienz, erfordern aber auch Investitionen in Infrastruktur und in die Weiterbildung der Mitarbeitenden. Vor allem im Gesundheitssektor bestehen trotz der Implementierung digitaler Tools wie digitaler

Dokumentationssysteme in vielen Kliniken weiterhin große Hürden bei der Umsetzung. Hinzu kommen die veränderten Anforderungen der Mitarbeitenden als Treiber der internen Transformation. Denn diese zeigen im Zuge eines allgemein spürbaren Wertewandels in der Arbeitswelt, dass nicht mehr (nur) der klassische Karriereweg im Vordergrund steht, sondern auch die Lebens- und Arbeitszufriedenheit an Bedeutung gewinnt. Dies stellt Unternehmen vor die Herausforderung, individuellere Lösungen und Benefits anzubieten, um alle Mitarbeiter anzusprechen und um als Arbeitgeber attraktiv zu bleiben.

In Bezug auf den Gesundheitssektor zeigt sich ein besonderer Transformationsdruck. Der Finanzierungs- und Optimierungsdruck, verstärkt durch den demografischen Wandel und die Tendenz zur Ambulantisierung, zwingt Unternehmen zu ständiger Weiterentwicklung, um wettbewerbsfähig zu bleiben.

Ein bedeutender externer Treiber sind gesetzliche Vorgaben und Kundenanforderungen in dieser Branche. Diese führen wie im Falle der Medizinprodukte-Verordnung (MDR), oft zu einem erhöhten Aufwand für Dokumentationen und Schulungen. Aber auch gesetzliche Regularien sowie zunehmend stärkere Kund*innen-Anforderungen im Bereich Nachhaltigkeit (z. B. Nachhaltigkeitsberichten oder das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz), erfordern Produkt- sowie Prozessinnovationen, die in der streng regulierten Branche schwer realisierbar sind.

3.2 *Transformationstreiber Medizintechnik-Branche quantitative Erhebung*

Die Notwendigkeit Arbeitsprozesse anzupassen, lässt sich auch in der Auswertung der quantitativen Erhebung in der Medizintechnik-Branche beobachten. So gab lediglich eine Person in der Online-Umfrage an, dass in ihrem Unternehmen diesbezüglich nur schwache Anpassungen erforderlich sind. Der größte Einfluss in Bezug auf die externen Faktoren wurde dabei bei den Faktoren (weitere) „Regularien in Deutschland und im Ausland“ (Mittelwert (MW): 2,81), Fachkräftemangel (MW: 2,44), Veränderung der weltweiten Nachfrage (MW: 2,31) sowie Wissensentwicklung und schneller Wandel von Qualifikationsanforderungen (MW: 2,31) zugesprochen. Darüber hinaus scheint die Änderung von Kundenanforderungen (MW: 2,19) sowie die Digitalisierung von Prozessen der Geschäftspartner (MW: 2,13) einen mittleren Einfluss zu haben. Im Kontrast zu allgemeinen regulatorischen Anforderungen scheint sich das Lieferkettengesetz (MW: 2,06) bislang eher wenig auf die Veränderungsprozesse in der Medizintechnik-Branche auszuwirken. Überraschenderweise wurde dem Faktor „technologische Neuerungen“ (MW: 1,88) die geringste Auswirkung auf organisationsinterne Veränderungsprozesse zugesprochen.

Neben den externen wurden auch interne Transformationsfaktoren erfasst. Hier wurde der Einfluss der „Einführung neuer technischer Arbeitsmittel“ (MW: 2,19) gemeinsam mit „veränderten Erwartungen der Beschäftigten an Arbeitsgestaltung und Führung“ (MW: 2,19) sowie „Investitionsentscheidungen“ (MW: 2,19) gefolgt von dem Faktor „fehlendes Fachpersonal“ (MW: 2,13). am stärksten bewertet. Die strategische Neuausrichtung (MW: 2,06) von Unternehmen, ein „Wechsel in der Geschäftsführung bzw. veränderte Führungslinien“ (MW: 1,63) und „kürzere Halbwertszeit des Wissens bei den Beschäftigten“ (MW: 1,5) scheinen dabei eher geringere Auswirkungen auf Veränderungsprozesse in Medizintechnik-Unternehmen zu haben. Zudem wurden die Befragten gebeten, Technologien mit besonders hohem Unterstützungspotential für die Transformation auszuwählen. Am häufigsten wurde dabei Künstlicher Intelligenz (KI; 75 %), der digitale Produktpass zur Ressourcendokumentation (56,25 %) und digitale Assistenzsysteme (56,25 %) genannt.

4. Ergebnisse zu Transformationsanlässen in der Automotive-Branche

4.1 Transformationstreiber Automotive-Branche qualitative Erhebung

Die Ergebnisse aus den qualitativen Interviews zeigen eine interne Verschiebung des Fokus vom traditionellen Qualitätsdenken hin zu einer stärkeren kaufmännischen und zahlenorientierten Ausrichtung. Dies geht einher mit höheren Anforderungen an Mitarbeitende bezüglich Dokumentation und Eigenverantwortung. Projektleitungen benötigen zunehmend organisatorische Fähigkeiten, um komplexere Kundenanforderungen zu bewältigen. Diese Veränderungen in Verantwortlichkeiten und der Abbau von Hierarchien lösen zum Teil auch Unsicherheiten aus und es entsteht der Bedarf an klaren Rahmenbedingungen für Selbstorganisation und Eigenverantwortung.

Der Fachkräftemangel, bedingt durch die alternde Gesellschaft und die Bevorzugung von Studium statt Ausbildung, stellt eine weitere Herausforderung dar. Generationsunterschiede führen zu unterschiedlichen Wertevorstellungen und Ansprüchen an Arbeitszeit und -ort. Gleichzeitig verändern Automatisierung und Digitalisierung Arbeitsprozesse, -abläufe und -tätigkeiten grundlegend. Während dies eine effizientere Produktion ermöglicht, entstehen auch Unsicherheiten bezüglich der Arbeitsplatzsicherheit sowie dem Umgang mit neuen technologischen Lösungen und den Veränderungen, die damit einhergehen.

Externe Transformationstreiber in Form von Umsatzrückgängen und Auftragsverlusten zwingen Unternehmen aus der Automotive-Branche zu Personalabbau, was Unzufriedenheit unter den Mitarbeitenden schürt. Zusätzlich belasten externe Faktoren wie Rohstoffknappheit, Lieferkettenprobleme und geopolitische Konflikte die Branche erheblich. Gleichzeitig wandeln sich die Kundenanforderungen grundlegend. Es wird verstärkt Wert auf Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und umfassende Dokumentation gelegt. Dies erfordert von den Unternehmen eine höhere Flexibilität und die Entwicklung neuer Kompetenzen, etwa in den Bereichen Programmierung und Energiemanagement.

Der regulatorische Rahmen wird zunehmend komplexer. Gesetzliche Vorschriften und Vertragswerke gewinnen an Bedeutung und Umfang. Zudem bringt der Übergang zur Elektromobilität zusätzliche rechtliche Herausforderungen mit sich. Viele Unternehmen sehen sich aufgrund ihrer Abhängigkeit von wenigen Großkunden und auslaufenden Aufträgen mit einer unsicheren Zukunft konfrontiert. Dies führt zu Fluktuation in der Belegschaft und erfordert interne Umstrukturierungen und Umbesetzungen.

4.2 Transformationstreiber Automotive-Branche quantitative Erhebung

Die Ergebnisse der durchgeführten quantitativen Befragung verdeutlichen: 95 % der Unternehmen erwarten in den kommenden Jahren mäßig bis starke Veränderungen aufgrund von Transformationsprozessen. Zu den zentralen externen Treibern zählen die „Veränderung der weltweiten Nachfrage“ (Mittelwert MW 3,72), die „Trendwende im Mobilitätsverhalten“ (MW 3,36) und die „Digitalisierung der Geschäftsprozesse bei Partnern“ (MW 3,30). „Technologische Neuerungen“, wie der Wandel hin zur Elektromobilität (MW 3,28), sowie „veränderte regulatorische Anforderungen“ (MW 3,24) werden ebenfalls als bedeutend eingestuft. Im Vergleich dazu haben die „Auswirkungen des Lieferkettengesetzes“ (MW 2,58) eine geringere Relevanz.

Innerhalb der Unternehmen wurde die „strategische Neuausrichtung“ (MW 3,36) als wichtigster interner Faktor identifiziert. Weitere relevante Aspekte sind „Investitionsentscheidungen“ (MW 3,24) und die „veränderten Erwartungen der Beschäftigten an Arbeitsgestaltung und Führung“ (MW 3,22). Weniger bedeutsam erscheinen Änderungen in der Geschäftsführung oder Führungsstrukturen (MW 2,79).

5. Vergleich aller Ergebnisse

Tabelle 1: *Interne und externe Transformationstreiber der quantitativen und qualitativen Erhebungen. Grau hinterlegte Felder sind die Treiber, die am häufigsten genannt wurden.*

	MedTech *Quantitativ*	**MedTech Qualtitativ**	**Automotive *Quantitativ***	**Automotive Qualitativ**
Externe Treiber				
Technologische Neuerungen, z.B. Robotik	x	x	x	x
Digitalisierung von Prozessen der Geschäftspartner	x	x	x	x
Veränderung der weltweiten Nachfrage	x		x	
Änderung von Kundenanforderungen	x	x		x
Trendwende im Mobilitätsverhalten			x	
Fachkräftemangel	x	x	x	x
Schneller Wandel von Qualifikationsanforderungen	x	x	x	x
Gesetzliche Regularien (z.B. Lieferkettengesetz)	x	x	x	x
Krisen (Kriege, Corona, Energie, etc.)		x		x
Nachhaltigkeit		x		x
Interne Treiber				
Strategische Neuausrichtung /Geschäftsmodellentwicklung	x	x	x	x
Wechsel in der Geschäftsführung/ Veränderte Führungsstrukturen	x	x		x
Investitionsentscheidungen	x		x	
Fehlendes Fachpersonal	x	x	x	x
Demographischer Wandel	x	x		x
Kürzere Halbwertszeit des Wissens bei den Beschäftigten	x	x	x	x
Veränderte Erwartungen der Beschäftigten an Arbeitsgestaltung und Führung	x	x	x	x
Einführung neuer technischer Arbeitsmittel	x	x	x	x
Innovieren/neue Produkte		x		x
Wachstum & Professionalisierung		x		x
Generationenwechsel /Wandel der Werte		x		x

Insgesamt lässt sich zusammenfassen, dass in der Medizintechnik insbesondere das Unternehmenswachstum, Fachkräftemangel, Digitalisierung und strikte Regularien die Veränderungen vorantreiben, während externe Trends wie demografischer Wandel, Lieferketteninstabilität und Nachhaltigkeitsanforderungen zusätzlichen Druck erzeugen. In der Automotive-Branche kommen massive Veränderungen durch einen strategischen Kurswechsel, stärkere Kosten- und Kundenorientierung sowie ein umfassender Wertewandel hinzu. Extern bedingen vor allem ein rückläufiger Absatz, neue Mobilitätskonzepte, technologische Neuerungen und verschärfte regulatorische Vorgaben den Transformationsdruck. Beide Branchen müssen hieraus resultierende Anpassungen in Prozessen, Strukturen und Kompetenzen vornehmen, um langfristig ihre Wettbewerbsfähigkeit zu sichern und den wachsenden Anforderungen gerecht zu werden.

6. Fazit

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass sowohl die Medizintechnik- als auch die Automotive-Branche vor umfassenden Transformationsprozessen stehen. Ein Vergleich der jeweils drei am häufigsten genannten internen und externen Transformationstreiber (grau unterlegt) über alle Studien und Branchen hinweg zeigt (siehe Tabelle 1), dass einerseits stellenweise branchenübergreifen gleiche externe Treiber (wie z.B. Digitalisierungsprozesse, Änderungen von Kundenanforderungen, der Fachkräftemangel sowie die Veränderung der weltweiten Nachfrage) ebenso wie interne Treiber (strategische Neuausrichtung, Investitionsentscheidungen, veränderte Erwartungen an Arbeitsgestaltung und Führung sowie Generationenwechsel/Wandel der Werte) Transformationen auslösen. Gleichzeitig wird deutlich, dass es auch Treiber gibt, die nur die jeweilige Branche stark betreffen. So haben die Treiber „Innovieren/neue Produkte“ sowie „Wachstum/Professionalisierung“ in der Medizin-Technik-Branche starke Auswirkungen, während es in der Automotive-Branche der Demographische Wandel und “Wechsel in der Geschäftsführung” sind. Darüber hinaus wird deutlich, dass nicht alle Treiber einer Branche über beide Erhebungsformen hinweg bestätigt werden konnten.

7. Literatur

Hünecke, K. & Heyen, D.A. (2021). Strukturwandel zu einer Green Economy. Screening besonders betroffener Branchen. Accessed Jan 09, 2024. https://www. umweltbundesamt. de/sites/ default/ files/medien/479/publikationen/uib_012022_strukturwandel_zu_einer_green_economy.pdf.

Schuh, G., Zeller, P., Scholz, P., Krebs, L. & Studerus, B. (2019). Eine Branche im Umbruch – Den technologischen Wandel in der Automobilindustrie gestalten. Whitepaper Fraunhofer IPT. https://www.ipt.fraunhofer.de/content/dam/ipt/de/documents/whitepaper/Whitepaper-Eine-Branche-im-Umbruch-Automobil.pdf.

Förderhinweis: Das Projekt KOMATRA wird gefördert von dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in der Fördermaßnahme „Zukunft der Wertschöpfung: Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“.

Werteorientierung in Unternehmen und beispielhafte Maßnahmen zur Unterstützung werteorientierter Transformation

Delia SCHRÖDER, Vanessa KUBEK

Institut für Technologie und Arbeit,
Trippstadter Str. 113, D-67663 Kaiserslautern

Kurzfassung: Unternehmen sind u. a. angesichts von Fachkräftemangel, Klimawandel sowie dem Wegbrechen traditioneller Geschäftsmodelle einem hohen Transformationsdruck ausgesetzt. Die Arbeit des Regionalen Kompetenzzentrums der Arbeitsforschung (ReKodA) KOMATRA fußt auf der Hypothese, dass bei der Frage, wie Veränderungsdruck von Unternehmen absorbiert wird, Werten eine Schlüsselrolle zukommt. Unternehmerische Zukunft wird über Entscheidungen unter Unsicherheit geformt – bei derartigen Entscheidungen können Werte als zentrale Leitplanke dienen. Der Beitrag beleuchtet im ersten Teil auf Basis einer qualitativen Erhebung in Unternehmen aus den Branchen Automotive und Medizin(technik), in welchen Kontexten Werte „spürbar" sind. Im zweiten Teil werden Maßnahmen skizziert, die eine Werteorientierung in Unternehmen fördern können.

Schlüsselwörter: Werte, Werteorientierung, Führung, Kreislaufwirtschaft, Transformation, Arbeitsgestaltung

1. Die Bedeutung von Werten in der Transformation

Unternehmen können nicht unabhängig von ihren Umwelten und deren Anforderungen agieren – sie sind permanent „Störungen" ausgesetzt, auf die sie reagieren müssen. Ihr langfristiges Überleben hängt davon ab, wie die wechselseitigen Anpassungs- und Aushandlungsprozesse zwischen ihnen und ihren Umwelten verlaufen. In der Auseinandersetzung mit „relevanten Umwelten" suchen Unternehmen „gangbare Handlungsweisen", die mit dem Überleben vereinbar sind (Simon 2011).

Viele Unternehmen geraten gegenwärtig unter derart enormen Druck, dass ihr Überleben gefährdet ist (etwa, weil ganze Geschäftsfelder wegbrechen). Anpassung greift in diesen Fällen zu kurz. Während der Prozess einer kontinuierlichen Anpassung durch Verbesserung des status quo als Change (Management) bezeichnet wird (Haas et al. 2022), zeichnet sich eine unternehmerische Transformation dadurch aus, dass sie Wege sucht, die über eine Anpassung hinausreichen. In der Regel wird darunter ein aktiv zu beeinflussender Vorgang verstanden, welcher gravierende Umbauprozesse einschließt. Man spricht auch von "Zukunftsanpassung" inklusive Strukturveränderung der Organisation selbst (Wrede & Wiesenthal 2018). Im Zuge einer Transformation suchen Unternehmen nicht nach einem verbesserten, sondern einem neuen System. Bisher tradierte und akzeptierte Paradigmen, Spielregeln, Verhaltensweisen und Routinen werden kritisch reflektiert und verändert, um neue Antworten auf jene Herausforderungen zu finden, die ihre Zukunftsfähigkeit bedrohen (Haas et al. 2022).

Derart neue Wege werden durch unternehmerische Entscheidungen geebnet. Im Zuge von Transformationsprozessen, die von hoher Komplexität gekennzeichnet sind,

müssen Entscheidungen unter Unsicherheit getroffen werden: Es gibt (noch) keinen „one best way“, es mangelt (noch) an Wissen und Chancen und Risiken sind (noch) nicht (vollständig) bekannt. Zudem werden immer, wenn neue Regeln und Verhaltensweisen auf bisher bewährte Routinen treffen, Widersprüche auftreten (Razavi 2022). Entscheidungen werden dabei maßgeblich von Werten beeinflusst. Werte beziehen sich auf Eigenschaften, Handlungsmuster und Ideale, die als erstrebenswert erachtet werden. Sie beeinflussen, welche Ziele und Mittel des Handelns ausgewählt werden – also: das Verhalten (Breidenbach & Rollow 2019) und somit Entscheidungen.

Werte manifestieren sich z. B. in inneren Bildern und dementsprechenden Entscheidungen in Bezug auf Mitarbeitende, Kunden, Zusammenarbeit und Fortschritt (Beispiele: „Unsere breite Mitarbeiterschaft ist nicht innovativ, für Innovationen sind bei uns die Führungskräfte zuständig.“ „Unsere Kunden sind extrem preissensibel. Ein Produkt, das nachhaltiger, aber teurer ist, werden sie nicht akzeptieren.“)

Eine Orientierung an Werten vollzieht sich i.d.R. unbewusst. In KOMATRA werden Werte in Unternehmen explizit gemacht. Es wird reflektiert, welche Werte das aktuelle Handeln prägen, welche Werte für eine zukunftsfähige Ausrichtung von Bedeutung sind und wie diese gestärkt werden können, so dass sie das künftige Verhalten prägen.

Bevor auf beispielhafte Maßnahmen zur Förderung unternehmerischer Werteorientierung eingegangen wird, werden Ergebnisse aus einer qualitativen Befragung in Unternehmen skizziert, die Hinweise darauf geben, inwiefern Werte das aktuelle Handeln beeinflussen.

2. Werte in Unternehmen

In den sieben über KOMATRA geförderten Unternehmen wurden 43 leitfadengestützte Interviews mit Geschäftsführungen, Führungskräften, Betriebsräten und Mitarbeitenden geführt (81 Personen), um den status quo in Bezug auf Transformationsherausforderungen, Werte, Arbeiten und Lernen sowie Kreislaufwirtschaft zu erheben, bevor dort Maßnahmen initiiert wurden. Folgende Tabelle zeigt, wie sich die Interviews auf Branche und Funktionen im Unternehmen verteilen:

Tabelle 1: *Geführte Interviews in Unternehmen (teilweise > 1 Befragte pro Interview).*

Branche	**MED**		**Automotive**	
	Anzahl Interviews	**Befragte Personen**	**Anzahl Interviews**	**Befragte Personen**
Geschäft-führung	2	2	4	6
Führungs-kräfte	7	7	12	12
Mitarbeitende	3	18	5	18
Betriebsrat	2	3	1	2
Projektleitung KOMATRA	3	7	4	6
Summe	**17**	**37**	**26**	**44**

Nachfolgend wird anhand von Zitaten illustriert, in welchen Kontexten Werte eine Rolle spielten.

2.1 Wertewandel: Warum müssen Unternehmen sich verändern?

Einige Befragte betonten, dass in Zeiten des Fachkräftemangels und eines gesellschaftlich spürbaren Wertewandels Veränderungen in Unternehmen erforderlich sind, wie folgende Zitate veranschaulichen:

„Dass man sich viel mehr um die Mitarbeiter kümmert, wie man das vorher getan hat … Die Mitarbeiter, die sind halt nicht mehr so firmenbezogen, wie wir das waren, ja. Und das ist denen egal, wo sie mehr Geld verdienen, da gehen sie hin … Weil die Welt ist offen und bei uns in der Gegend gibt es viele größere Firmen … Deswegen ist ganz klar, also die Werte müssen in die Mannschaft gesetzt werden."

„Gerade in den letzten Jahren, insbesondere seit Corona, ist es ja ganz stark gekommen, das Thema Flexibilisierung. Kann ich im Homeoffice arbeiten? Kann ich aus dem Zug arbeiten? Habe ich eine Möglichkeit, meinen Alltag anders zu gestalten? Das kann ich sowohl für mich sagen, aber auch für die Menschen, mit denen ich in den letzten Jahren zusammengearbeitet habe, dass es einfach ein Faktor ist, wie viel Homeoffice kann ich machen? … Das spielt einfach mit eine Rolle und dass ist sicherlich auch ein Wert, wenn man das so will, Flexibilität, Flexibilisierung der Arbeit, der mit reinspielt, der immer relevanter wird."

2.2 Werte im Miteinander und im Kontext Führung

Darüber hinaus kommt Werten eine große Bedeutung zu, wenn die Befragten über die Zusammenarbeit und Führung in ihrem Unternehmen sprechen:

„Es geht ja immer um gesundes Miteinander. Und auch das Sich-Kümmern. Ein respektvoller Umgang, das ist ganz wichtig."

„Das war mir aber immer ganz wichtig, dass ich wertgeschätzt werde auch als Mensch, nicht nur als Ressource, also diese Wertschätzung meines Arbeitgebers."

„Ich habe auch schon gehört, wenn die im Homeoffice sind, verpissen sie sich und machen nichts. Das habe ich schon direkt gehört. Das macht natürlich viel kaputt bei den Mitarbeitern. Ich denke, wenn Flexibilität, dann Vertrauen, nicht blindes Vertrauen. Aber ein Wert neben der Wertschätzung ist ja dieses Vertrauen, auch unter den Kollegen."

„Ich würde mir einfach wünschen, dass auch bei uns in der Pflege, man merkt das schon immer, wenn du mal ein bisschen schwächer bist und nicht funktionierst, dann hast du wirklich einen schlechten Stand. Und ich finde, wir sind ja eben auch eine Gesellschaft, die auch mal Schwächere tragen können müsste … Und das würde ich mir einfach wünschen. Dass wir ein bisschen sozialer werden, ja, ein bisschen achtsamer sind für alle anderen … Diese Achtsamkeit, dadurch, dass jeder immer nur mit sich am Kämpfen ist, ist halt einfach komplett verloren gegangen."

„Transparenz schafft Vertrauen. Da sind wir wieder beim Vertrauen. Also wenn man offen darüber redet, warum das hier so ist."

„Also was sich durchzieht wie ein roter Faden, wenn ich an Veränderungen denke, ist, dass wir in einem tatsächlich immer sehr beständig sind und das ist der Zusammenhalt, den wir haben und der Wunsch und der Wille, was zu bewegen und nach vorne zu gehen und uns zu verbessern."

2.3 Werte im Kontext Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft

Darüber hinaus wurde in den Interviews eruiert, welcher Stellenwert gegenwärtig einer nachhaltigen Ausrichtung des Unternehmens bzw. einem Wirtschaften im Kreislauf beigemessen wird. Auch in diesem Kontext wurden Werte implizit oder explizit thematisiert:

„Ja, ich glaube, das ist noch nicht bei allen so verankert, warum das wichtig ist, dass viele auch da nicht so den Mehrwert sehen für ihre Arbeit… Ich glaube, da muss ein größeres Verständnis geschaffen werden. Warum es wichtig ist, sich damit überhaupt auseinanderzusetzen ... Ich glaube, manche sind da auch sehr engagiert und verstehen das, aber ich glaube, manche … sehen da einfach keinen Mehrwert und finden es ein bisschen unnötig, sich darüber jetzt auch noch Gedanken zu machen."

„Viele sagen halt, ich mache mehr zu Hause, als die Firma macht … Die sagen dann, was die Firma macht, das ist lächerlich. Damit kann ich mich nicht identifizieren, weil Solaranlage ist heutzutage kein, wie soll ich das sagen, kein Riesenthema mehr."

Die Zitate veranschaulichen, dass Werte und innere Bilder von großer Wirkmacht sind und darüber entscheiden können, welche Entwicklung eingeschlagen wird.

3. Beispielhafte Maßnahmen zur Förderung von Werteorientierung in Unternehmen

Aufbauend auf den Befunden aus den Interviews sowie Kick-off-Workshops in den Unternehmen wurden Maßnahmen eingeleitet, die die Werteorientierung und deren Umsetzung in der Praxis fördern sollen. Für die Umsetzung der Maßnahmen zum Werteorientierten Arbeiten und Lernen in den Unternehmen („use cases") sind Grundverständnis und Prinzipien der Aktionsforschung maßgeblich. Der Ansatz geht auf Kurt Lewin zurück und zeichnet sich durch eine enge Kooperation zwischen Wissenschaftler*innen und Praktiker*innen aus und fokussiert die Beziehungen zwischen Gestaltenden und Betroffenen. Kernmerkmale sind (Greenwood & Levin 2007; Reason & Bradbury 2008):

- Ein kontinuierlicher Zyklus aus Planung, Aktion, Beobachtung und Reflexion
- Aktive Beteiligung der von dem Problem betroffenen Personen
- Ein kollaborativer Ansatz zwischen Forschenden und Praktiker*innen
- Verbesserungsorientierung

Der KOMATRA-Ansatz greift diese Prinzipien auf und gliedert sich in die vier unten abgebildeten Phasen, wobei die Maßnahmenumsetzung der Phase „Intervenieren" zuzuordnen ist.

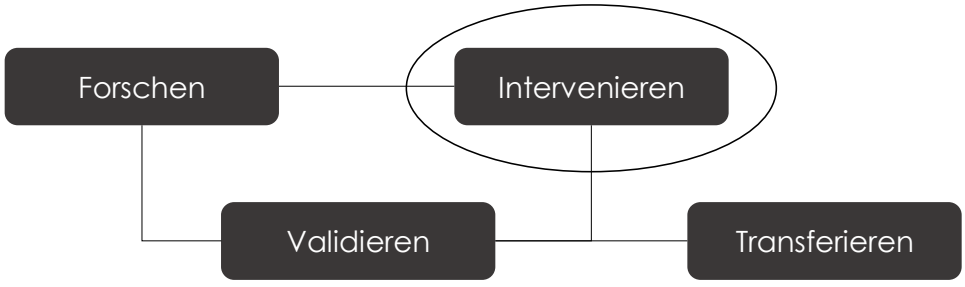


***Abbildung 1**: Ansatz der Aktionsforschung.*

Die Phase des Intervenierens, auch als „Aktion“ oder „Handlung“ bezeichnet, ist ein zentraler Bestandteil des Aktionsforschungszyklus. In dieser Phase werden Maßnahmen geplant und im Zuge der Umsetzung systematisch getestet. Die Maßnahmen werden auf die konkreten, von den Beteiligten geäußerten Herausforderungen bezogen. So starteten die Maßnahmen zur Werteorientierung z. B. mit konkreten Herausforderungen, die in Gruppenübungen oder in 1:1 Übungen reflektiert wurden:

- Gibt es ein (störendes) Wertkonflikterleben im Arbeitskontext? Können Sie konkrete Beispiele aus Ihrem persönlichen Arbeitsalltag benennen?
- Gibt es identitätsstiftende Momente durch eine gemeinsame Wertebasis? Können Sie konkrete Beispiele aus Ihrem persönlichen Arbeitsalltag benennen?

Die Interventionen sollen sowohl erfahrungsorientiertes als auch kognitiv-theoretisches Lernen fördern. Die Maßnahmen in KOMATRA umfassen daher stets fachliche Impulse durch die Forschenden und Interaktion bzw. Übungen zur Umsetzung durch die Unternehmensvertreter*innen. Dabei werden Ziele und Strategien klar formuliert bzw. in einem kontinuierlichen Verständigungsprozess mit den Beteiligten in den Unternehmen nachjustiert. Die Maßnahmen werden so gestaltet, dass sie die Betroffenen aktivieren und Verunsicherungen vermeiden, in dem z. B. sehr nah an den jeweiligen Aufgabenbereichen und mit Beispielen aus dem Erfahrungskontext der Beteiligten gearbeitet wird. Das Vorgehen versucht, Theorie und Praxis sowie verschiedene Perspektiven zu integrieren, die eng mit dem jeweiligen Kontext, Ort, der Zeit und den Erfahrungen von Personen verbunden sind. Nachfolgend werden Beispiele für Maßnahmen zur Werteorientierung beschrieben, die in den KOMATRA Use Cases realisiert wurden:

Basis-Workshop „Werteorientierung“ mit Mitarbeitenden und Führungskräften aus einer Organisationseinheit: Im Workshop wurde der Status quo bzgl. Werte im Unternehmen erfasst und ein „Abgleich“ von individuell und organisational bedeutsamen „Zukunftswerten“ angeregt. Die Beteiligten wurden dabei unterstützt, Ansätze für eine höhere „Stimmigkeit“ persönlicher und organisationaler Werte zu identifizieren und Werteorientierung als Grundlage für eine Entscheidungsfindung zu erkennen. Hierzu wurde an Fragen gearbeitet, wie etwa:

- Welche Werte prägen Zusammenarbeit in unserer Organisation?
- Wenn in unserer Organisation Entscheidungen getroffen werden: Welche Werte dienen dabei als Kompass?
- Welche Werte haben unsere Erfolge möglich gemacht? Wie reagieren wir auf Erfolge?
- Welche Werte prägen unser Handeln in Konflikten und Krisen?

Ein Ergebnis dieser Arbeit war eine Sammlung von Werten, die im Hinblick auf a) die Zusammenarbeit in den Teams, b) die Führung im Unternehmen spezifiziert und anhand konkreter Arbeitssituationen reflektiert wurde. Weitere Werte zielten auf c) die Zusammenarbeit mit externen Partnern. Zur Reflexion der Umsetzungspraktiken wurden z. B. Führungswerte an Führungsinstrumenten und -situationen gespiegelt. Zum erfahrungsbasierten Reflektieren kamen kreative Methoden wie etwa Rollenspiele zum Einsatz. An diese Basis-Workshops zur Werteorientierung schlossen sich in einigen Unternehmen dezentrale Workshops mit Mitarbeitenden an verschiedenen Standorten an. In den Standortworkshops ging es darum, mit Mitarbeitenden aus den operativen Bereichen die als zentral eingestuften Werte aus den Basis-Workshops auf ihre Relevanz und Umsetzungsstärke am eigenen Standort hin zu bewerten sowie mit Beispielen aus der betrieblichen Praxis zu untermauern.

Resultierend aus diesen Workshops zur Werteerkundung und -reflexion wurden Kernwerte für das jeweilige Unternehmen fokussiert, die die Basis für die weitere KOMATRA-Arbeit in der umsetzungsorientierten Interventionsphase bilden. So werden die Werte z. B. regelmäßig mit Führungskräften in deren Führungshandeln reflektiert. Ebenso gab es eine Schwerpunkt-Maßnahme zum werteorientierten Onboarding-Prozess. Interessant hierbei ist ein Abgleich zwischen den formulierten Kernwerten und der Wahrnehmung durch die neuen Beschäftigten in ihrer Einarbeitungsphase. Dies gelingt mit der Arbeit in Kleingruppen an Fragen wie:

- Welche Unternehmens-Werte habt ihr in welcher Phase wahrgenommen?
- Wodurch habt ihr diese Werte gespürt?
- Welche Unternehmenswerte könnten im Onboarding wie gestärkt werden?

Darüber hinaus wurden Vereinbarungen zur dauerhaften „Wertearbeit“ angestoßen.

4. Diskussion

Stehen Unternehmen vor der Herausforderung, strukturverändernde Transformationsprozesse zu gestalten, brauchen sie hierfür eine Orientierungsgrundlage. Anhand der Befunde aus zahlreichen Interviews mit Beschäftigten aller Ebenen in Unternehmen des Projektes „KOMATRA“ konnte die Relevanz von Werten sowohl für strategische Entscheidungen unter Unsicherheit als auch für das Arbeiten und Zusammenarbeiten in hochgradig dynamischen Zeiten illustriert werden. Dem Aktionsforschungsansatz folgend wurden in den Unternehmen Interventionsmaßnahmen in Form von Workshops oder 1:1-Settings zur Unterstützung des „Werteerkundens“ und der „Wertearbeit“ realisiert. Unternehmenswerte rücken damit ins Bewusstsein von Führungskräften und Mitarbeitenden, das Sprechen über Werte und die Reflexion des Verhaltens werden selbstverständlicher. Aus der Interventionsphase resultieren Maßnahmen zur nachhaltigen Arbeit mit und an Unternehmenswerten sowie vertiefende Forschungsfragen.

5. Literatur

Breinbach J, Rollow B (2019) New Work needs Inner Work. Berlin: Das Dach Berlin UG.
Greenwood DJ, & Levin M (2007) Introduction to Action Research: Social Research for Social Change (2nd ed.). SAGE Publications.
Haas O, North K, Pakleppa CB (2022) Transformation. München: Verlag Franz Vahlen.
Razavi R (2022) Die Magie der Transformation. Freiburg: Haufe.
Reason P, Bradbury H (Eds.) (2008) The SAGE Handbook of Action Research: Participative Inquiry and Practice (2nd ed.). SAGE Publications.
Simon FB (2011) Einführung in die systemische Organisationstheorie. Heidelberg: Carl Auer.
Wrede BA, Wiesenthal K (2018) Entwicklungs- und Transformationsprozesse in Unternehmen. In: Coaching für Industrie 4.0. Berlin, Heidelberg.

Förderhinweis: Das Projekt KOMATRA wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in der Fördermaßnahme „Zukunft der Wertschöpfung: Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“.

Kompetenzen für die Kreislaufwirtschaft

Lea ZUROMSKI[1], Regina OSRANEK[1], Susanne SCHIERZ[2]

[1] Institut für Technologie und Arbeit e.V.,
Trippstadter Straße 113, D-67663 Kaiserslautern
[2] Institut für angewandtes Stoffstrommanagement,
Hochschule Trier – Umwelt-Campus Birkenfeld,
Campusallee 9926, D-55768 Hoppstädten-Weiersbach

Kurzfassung: Im Kontext werteorientierter Transformation hin zu Kreislaufwirtschaft wird der Frage nachgegangen, welche kreislaufspezifisch neuen bzw. veränderten Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen in Unternehmen entstehen. Das Regionale Kompetenzzentrum der Arbeitsforschung (ReKodA) KOMATRA hat dazu als theoretischen Bezugsrahmen – aufbauend auf bewährten Kompetenzmodellen – ein Kompetenzstrukturmodell für Kreislaufwirtschaft erarbeitet und auf dieser Basis Kompetenzanforderungen für zentrale Funktionen in Unternehmen ausdifferenziert. In diesem Beitrag werden die bisherigen Erkenntnisse dazu präsentiert.

Schlüsselwörter: Kreislaufwirtschaft, Kompetenzen, Transformation, Strukturmodell, Tätigkeitsprofile, berufliche Weiterbildung

1. Kompetenzen für die Kreislaufwirtschaft: Eine Forschungslücke

Die empirische Studienlage zu „Kompetenzen für die Kreislaufwirtschaft“ sowie darauf aufbauende Konzepte zur Förderung jener, um die Praktiken der Kreislaufwirtschaft effektiv umzusetzen, ist rar (vgl. von Hauff 2024, Nobre & Tavaras 2021). Gleichzeitig lassen regulatorische Maßnahmen der Politik (u. a. Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie, Neue Ökodesign Verordnung, Verpackungsgesetz), den Handlungsbedarf auf Unternehmensebene, die ökologische Transformation proaktiv zu gestalten und sich wettbewerbsfähig zu halten, immer drängender werden. Dafür müssen entsprechende Kompetenzen bei Mitarbeitenden entwickelt werden. Doch es fehlt bislang an (wissenschaftlich fundierten) Konzepten, sowohl was die Klarheit der Begriffsdefinitionen angeht, als auch hinsichtlich der zugrundeliegenden Modelle.

Um diese Lücke arbeitswissenschaftlich fundiert zu verringern, wurden in KOMATRA die zugrundeliegenden Begriffe durch eine breite Literaturanalyse geklärt und anschließend ein Kompetenzstrukturmodell entwickelt, das es erlaubt, Kompetenzentwicklung in Richtung Kreislaufwirtschaft in Unternehmen zu konzeptionieren. Gleichzeitig wurden Kompetenzen der Kreislaufwirtschaft für zentrale unternehmerische Rollenprofile beschrieben, in KOMATRA insbesondere für die Branchen Automotive und Medizintechnik.

Grundlage muss das Verständnis des Begriffes Kreislaufwirtschaft sein. Als wesentliche Erkenntnis aus der Literaturanalyse lässt sich festhalten, dass zwar eine Vielzahl an Definitionen zum Begriff „Kreislaufwirtschaft“ und „Circular Economy“[1] existieren,

[1] In diesem Artikel werden die beiden Begriffe „Kreislaufwirtschaft“ und „Circular Economy“ synonym verwendet. In der Literatur werden die Begriffe teilweise unterschiedlich definiert, dennoch gibt es

aber bisher kein einheitliches Begriffsverständnis vorherrscht (vgl. von Hauff 2024). Die Definitionen sind oft stark branchenabhängig und beschreiben häufig nur einzelne Teilprozesse der Kreislaufwirtschaft, sodass die Definitionen nicht vergleichbar sind (vgl. Kuzma et al. 2021; von Hauff 2024). Deshalb ist der Großteil der bestehenden Definitionen ungeeignet, um ein holistisches Verständnis von Kreislaufwirtschaft zu erlangen (vgl. ebd.). Nobre und Tavaras (2021) kritisieren bestehende Definitionsansätze, die vornehmlich das „Wie" der Kreislaufwirtschaft statt das „Was" adressieren und daher im Sinne des 5W1H Konzeptes[2] (What, Where, Why, When, Who and How) als nicht hinreichend für eine wissenschaftliche Begriffsdefinition anzusehen sind.

Als Konsequenz haben Nobre und Tavaras (2021, S.10) eine eigene Definition entwickelt, die das „Was" beschreibt, in der sie klar drei Dimensionen abgrenzen, die häufig als Definitionen aufgegriffen werden: das „Wie", das „Wo" und das „Warum": Damit starten sie den Versuch einer generischen Definition von Kreislaufwirtschaft, die branchenunabhängig anwendbar ist:

> "Circular Economy is an economic system that targets zero waste and pollution throughout materials lifecycles, from environment extraction to industrial transformation, and to final consumers, applying to all involved ecosystems. Upon its lifetime end, materials return to either an industrial process or, in case of a treated organic residual, safely back to the environment as in a natural regenerating cycle. It operates creating value at the macro, meso and micro levels and exploits to the fullest the sustainability nested concept. Used energy sources are clean and renewable. Resources use and consumption are efficient. Government agencies and responsible consumers play an active role ensuring correct system longterm operation" (ebd. S.10).

Auf diese Definition wird in KOMATRA zurückgegriffen und sie dient als Basis unserer Arbeit.

2. Kompetenzentwicklung als systemisches Konstrukt

2.1 Der Kompetenzbegriff als Schlüssel

Um Kompetenzen entwickeln zu können, ist es unerlässlich, den Kompetenz-Begriff zu verstehen, seine Bestandteile zu kennen und Einflussfaktoren der Entstehung, des Erhalts und der Förderung zu berücksichtigen. Mit dem Begriff „Kompetenz" werden im Allgemeinen Wissensbestände, Fähigkeiten und Fertigkeiten von Personen bezeichnet, die sie dazu befähigen, spezifische Aufgaben zu bewältigen (u. a. BiBB 2020; Köhne-Finster et al. 2020; Weinert 2001). Wesentlich für die Entwicklung von Kompetenzen sind Ressourcen. Dazu gehören Werte, Motive, Einstellungen, Persönlichkeitseigenschaften, Routinen, Erfahrungen, anderweitige Fähigkeiten, Motivation und Volition. Dadurch wird deutlich, dass neben Wissensbeständigen und methodischen Kenntnissen auch Werte und Einstellungen wesentlich sind. Gleichzeitig zeigt

bisher keine klare Abgrenzung beider Begriffe. Teilweise wird sie aus mikroökonomischer und teilweise aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive inhaltlich definiert. Der Begriff der Kreislaufwirtschaft wird vor allem in Deutschland genutzt und hat sich aus einer recyclingorientierten Abfallwirtschaft heraus entwickelt (vgl. von Hauff 2024).

[2] Diese in vielen Forschungsbereichen angewandte Methodik (siehe Sloan 2010 u.a.) ermöglicht es, das Hauptforschungsziel - „Was ist CE?" - von „warum ist es wichtig", „wo wird es angewendet" und „wie kann es umgesetzt werden" abzugrenzen.

sich aber auch, dass es Anteile von Kompetenzen gibt, die nicht oder nur schwer erlernbar sind, wie beispielsweise bestimmte Persönlichkeitseigenschaften oder Fähigkeiten. Während unter Fertigkeiten erworbene Verhaltens- und Denkweisen zu verstehen sind, die durch Üben und Erfahrungen angeeignet werden können, sind Fähigkeiten geistige und körperliche Veranlagungen, die zum Naturell einer Person gehören und deren Kern nicht erlernt werden können, z. B. analytische Fähigkeiten, Kreativität, Sportlichkeit. Durch Üben und Erfahrungen können diese in nur begrenztem Maße ausgebaut werden (BIBB 2020). Die Konzeptionierung einer Kompetenzentwicklung erfordert ein Kompetenzstrukturmodell, das förderliche Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren im Gesamtsystem eines Unternehmens und Entwicklungen auf individueller Ebene gemeinsam berücksichtigt. Nachfolgend wird das in KOMATRA entwickelte Kompetenzstrukturmodell für Kreislaufwirtschaft in Unternehmen vorgestellt.

2.2 Kompetenzstrukturmodell KOMATRA

Basierend auf Arbeiten von Köhne-Finster et al. (2020), dem Deutschen Qualifikationsrahmen (DQR) und Ehlers (2020) wurde ein Kompetenzstrukturmodell erstellt, dass die sog. Circular Performance in den Mittelpunkt stellt (siehe Abbildung 1). Der Begriff meint in Anlehnung an Ehlers (2020) den Leistungsgrad eines Systems hinsichtlich dessen, inwiefern das System (z. B. eine Organisation) ein geschlossenes Kreislaufsystem im Wertschöpfungsprozess realisiert. Der Leistungsgrad wird anhand spezifischer Bewertungskriterien ermittelt. Um eine Performance zu erreichen, sind bestimmte Kompetenzen erforderlich. Der Leistungsgrad ist dabei eine relative (keine absolute) Größe, die sich durch das Potenzial eines Kreislaufsystems in Relation zum Kontext und dessen Anforderungen ergibt. Durch die Performance können wiederum – im Sinne einer Rückkopplung – Kompetenzen entwickelt, Kontextfaktoren und Anforderungen verändert werden. Performance ist nicht gleichzusetzen mit dem deutschen Begriff Performanz. Letzterer fokussiert eher die Handlung und hat im Vergleich zum Begriff "Performance" weniger mit einer Bewertung (Leistung) zu tun.

Anhand dieses Modells wird deutlich, dass es zur Formulierung von Kompetenzprofilen der Kreislaufwirtschaft unerlässlich ist, neben fachspezifischen und überfachlichen Fertigkeiten und Wissensbeständen auch Anforderungen in anderweitigen Komponenten zu formulieren (z. B. Werte, Einstellungen, Persönlichkeitseigenschaften) und diese im Kontext ihrer Rahmenbedingungen zu betrachten. Andernfalls bleiben diese Komponenten möglicherweise unwirksam.

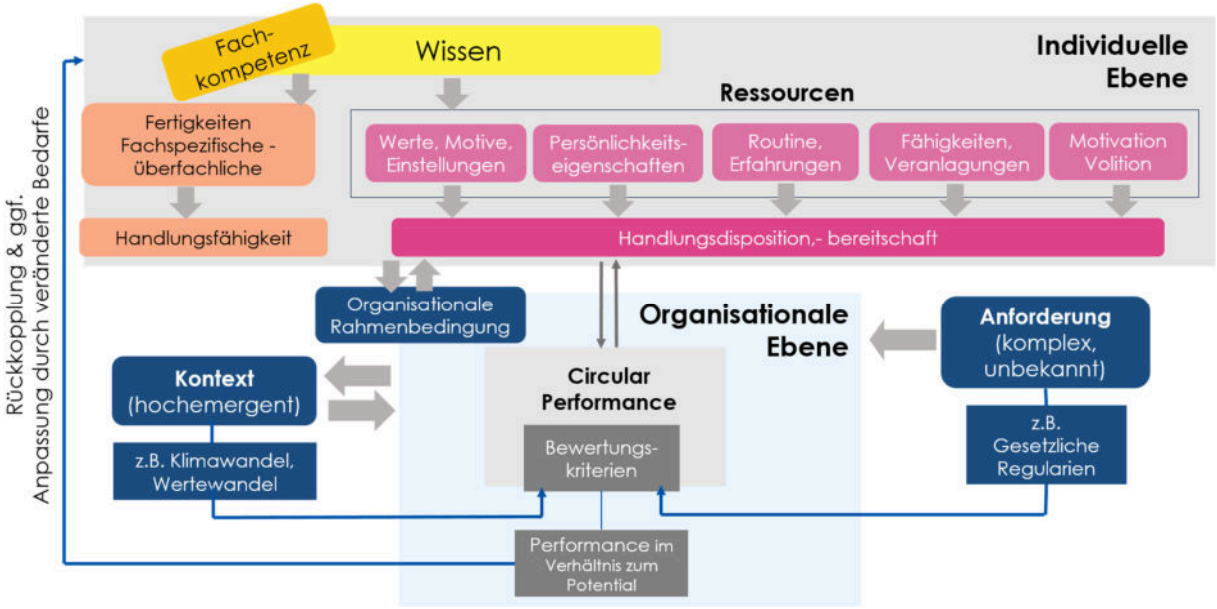


***Abbildung 1**: KOMATRA-Kompetenzstrukturmodell. (Eigene Darstellung).*

3. Kompetenzprofile zentraler Rollen in der Kreislaufwirtschaft am Beispiel der Automotive- und Medizinbranche

Es ist wenig bekannt darüber, welche Kompetenzen in unterschiedlichen Branchen und beruflichen Rollen erforderlich sind, um eine Kreislaufwirtschaft zu fördern. Aus diesem Grund hat KOMATRA für seine Partnerunternehmen, die in den beiden Branchen Automotive und Medizintechnik verortet sind, entlang des unternehmerischen Wertschöpfungskreislaufs (siehe Abb. 2) Tätigkeitsprofile identifiziert, die in den Partnerunternehmen für Kreislaufwirtschaft eine zentrale Rolle spielen. Im Ergebnis werden bisher fünf Tätigkeitsprofile fokussiert: Geschäftsführer*in, Produktentwickler*in, Nachhaltigkeitsmanager*in, Logistiker*in, Abfallbeauftragte*r.

Die Profile Produktentwickler*in, Logistiker*in und Abfallbeauftragte*r sind im Wertschöpfungskreislauf entscheidende Stellen, um die Kreislaufwirtschaft und entsprechende Strategien im Unternehmen umzusetzen. Produkte müssen so designt werden, dass sie möglichst lange erhalten bleiben, die Rücknahme und das Recycling müssen entsprechend logistisch organisiert sowie umgesetzt werden (gegebenenfalls auch in Kooperation mit anderen Unternehmen). Darüber hinaus, sind insbesondere die Profile „Geschäftsführer*in“ und „Nachhaltigkeitsmanager*in“ essentiell, um die Kreislaufwirtschaft, die über alle Unternehmensbereiche hinweg wirken muss, zu realisieren. Sie müssen verschiedene beteiligten Bereiche koordinieren und vernetzten – und das auch über die Unternehmensebene hinaus, denn das Interagieren mit weiteren Unternehmen und anderen Stakeholdern ist ein zentrales Kriterium, um Kreisläufe schließen zu können.

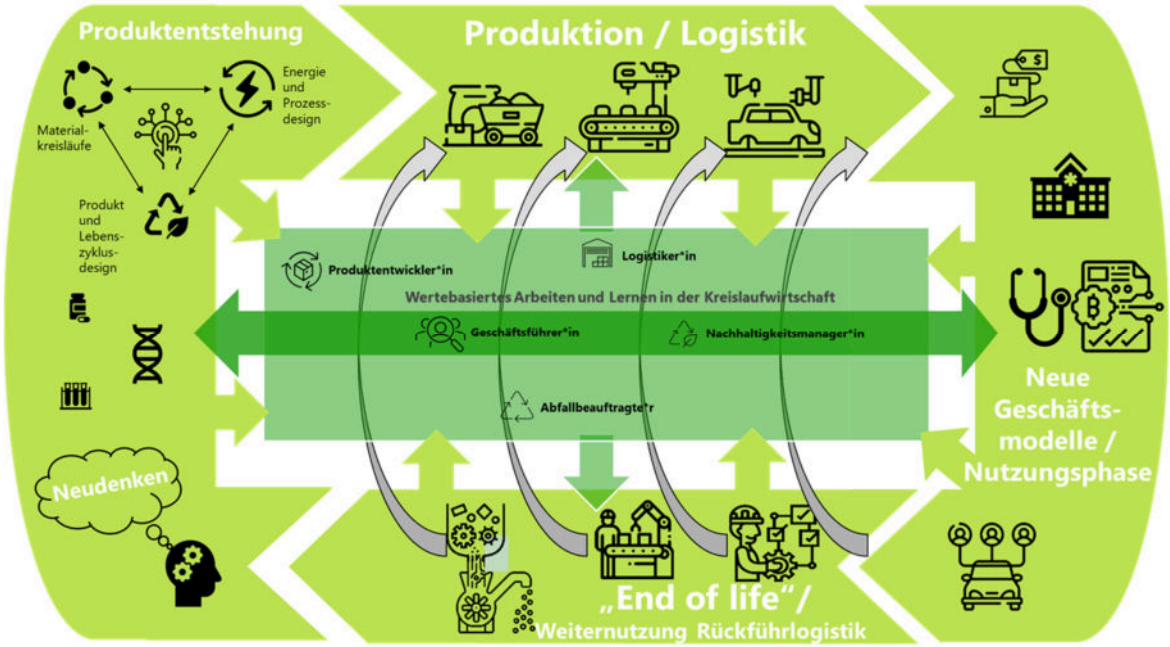


***Abbildung 2**: Kreismodell der Wertschöpfung. (Eigene Darstellung).*

Für diese Tätigkeitsprofile wurden mithilfe der Ergebnisse der Literaturanalysen sowie Expert*innen des Umwelt-Campus-Birkenfeld Kompetenzen für die Tätigkeitsprofile identifiziert, um diese anschließend in das entwickelte Kompetenzstrukturmodell einzuordnen. Die Ergebnisse sind spezifische Kompetenzprofile, denen entnommen werden kann, welches Wissen, welche Einstellung und welche Werte usw. für eine Tätigkeit notwendig sind, um Kreislaufwirtschaft umsetzen zu können. Diese Darstellung ermöglicht es, Kompetenzen für die Kreislaufwirtschaft gezielt fördern zu können. Während viele bestehende Konzepte lediglich auf die Wissensvermittlung abzielen, ermöglicht es dieser Ansatz, auch auf Motivations- oder wertebezogene Faktoren einzugehen. Denn die Erfahrungen aus der Praxis in KOMATRA zeigen, dass zwar fehlendes Wissen in Bezug auf kreislaufbezogene Prozesse/Produkte ein zentraler Faktor sein kann, wieso zirkuläres Wirtschaften nicht umfassend umgesetzt wird, aber fehlende Motivation oder bestimmte Rahmenbedingungen können als Hemmfaktoren wirken, die bei der Kompetenzentwicklung berücksichtigt und gestaltet werden müssen, damit Kompetenzen wirksam werden können.

4. Diskussion

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass eine Förderung von Kompetenzen für die Kreislaufwirtschaft einerseits erfordert, dass Unternehmen den Kompetenzbegriff in seinen Teilkomponenten kennen und verstehen, um Mitarbeitende gezielt schulen bzw. mit entsprechenden Eigenschaften für diese Rollen vorsehen zu können. Andererseits zeigen sie auf, dass mehr als nur die Individualebene anvisiert werden muss, damit sich diese Kompetenzen als Circular Performance entfalten können. Darüber hinaus bietet es Unternehmen die Möglichkeit, genau zu analysieren, wo mögliche Lücken oder Hemmfaktoren verhindern, dass eine kreislaufbezogene Performance stattfinden kann. Außerdem wird klar, dass das „Gießkannenprinzip“ kein wirksames Vorgehen

im Hinblick auf Förderung kreislaufbezogener Kompetenzen darstellen kann: Weiterbildungen sollten auf die spezifischen Bedarfe und Entwicklungspotenziale der Mitarbeitenden zugeschnitten werden. Wissen, Motivation, Werte, Fertigkeiten – all das spielt eine Rolle, wenn Kompetenzen erworben und ausgeführt werden.

Trotz gewonnener Erkenntnisse zu relevanten Kompetenzen müssen diese in weiteren Erhebungen validiert werden, v. a. im Hinblick auf deren prognostische Validität. Damit wird nachweisbar, inwiefern diese Kompetenzen tatsächlich zur erfolgreichen Umsetzung von Kreislaufwirtschaft beitragen können, vorausgesetzt, alle relevanten Kontextfaktoren werden berücksichtigt. Auch hier besteht noch Forschungsbedarf, um ein vollständiges Bild zeichnen zu können, wie Kompetenzentwicklung in Richtung Kreislaufwirtschaft gestaltet sein muss und wie ein solcher Kompetenzaufbau langfristig die Effektivität von Strategien der Kreislaufwirtschaft beeinflusst.

5. Literatur

Bundesinstitut für Berufliche Bildung (BIBB) (2020) Datenreport zum Berufsbildungsbericht 2020, URL: https://www.bibb.de/dokumente/pdf/bibb_datenreport_2020.pdf (zuletzt aufgerufen am 16.01.2025).

Ehlers UD (2020) Future Skills Lernen der Zukunft – Hochschule der Zukunft. Wiesbaden: Springer VS, 58.

Ellen MacArthur Foundation (2019) The butterfly diagram: Visualising the circular economy. Online verfügbar unter https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram.

Kirchherr J, Yang NH, Schulze-Spüntrup F, Heerink MJ, Hartley K (2023) Conceptualizing the circular economy (revisited): An analysis of 221 definitions. Resources, Conservation and Recycling, 194,107001.

Köhne-Finster S, Leppelmeier I., Helmrich R, Deden D., Geduldig A, Güntürk-Kuhl B, Martin P, Neuber-Pohl C, Schandock M, Schreiber RS, Tiemann M (2020) Berufsbildung 4.0 – Fachkräftequalifikationen und Kompetenzen für die digitalisierte Arbeit von morgen. Säule 3: Monitoring- und Projektionssystem zu Qualifizierungsnotwendigkeiten für die Berufsbildung 4.0. Bonn 2020.

Kuzma E, Sehnem S, Jabbour, A, Campos L (2021) Circular economy indicators and levels of innovation: An innovative systematic literature review. International Journal of Productivity and Performance Management, Volume 71 (3): 29-38.

Lopes de Sousa Jabbour AB, Jabbour CJC, Godinho Filho M, Roubaud D (2018) Industry 4.0 and the circular economy: A proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations. Annals of Operations Research, 270(1), 273-286.

Nobre GC, Tavares E (2021) The quest for a circular economy final definition: A scientific perspective. Journal of Cleaner Production, 314, 10.

Von Hauff M (2024) Grundwissen circular economy: Vom internationalen Nachhaltigkeitskonzept zur politischen Umsetzung (2. erw. Aufl.). UVK Verlag.

Sloan MC (2010) Aristotle's Nicomachean Ethics as the Original Locus for the Septem Circumstantiae. Classical Philology. 105 (3): 236–251.

Weinert FE (Hrsg.) (2001) Leistungsmessung in Schulen. Weinheim und Basel: Beltz.

Förderhinweis: Das Projekt KOMATRA wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in der Fördermaßnahme „Zukunft der Wertschöpfung: Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“.

Gesunde Arbeit im Kontext werteorientierter Transformation

Thorsten LUNAU[1], Helen RÖMER[1]

[1] Institut für Sozialforschung und Sozialwirtschaft e.V. (iso), Trillerweg 68, D-66117 Saarbrücken

Kurzfassung: Die Arbeitswelt erlebt eine tiefgreifende Transformation, die die Arbeitsbedingungen verändert und Chancen und Risiken für die Gesundheit der Beschäftigten birgt. Insbesondere die Automobilbranche steht vor fundamentalen Transformationsprozessen. Ziel der Studie ist es, auf Basis einer Literaturrecherche und qualitativen Interviews Ansatzpunkte für eine gesundheitsförderliche Transformation zu identifizieren. Neben einem erweiterten Arbeitsschutz kann eine werteorientierte Unternehmensstrategie, die die Beschäftigten wertschätzt und sich u. a. in partizipativen Entscheidungsprozessen, einer gesundheitsorientierten Führungskultur und der Kompetenzentwicklung der Beschäftigten ausdrückt, zu gesunden Arbeitsbedingungen in Zeiten fundamentaler Wandlungsprozesse führen.

Schlüsselwörter: Transformation, Digitalisierung, Dekarbonisierung, Gesundheit, Arbeitsbelastungen, Automobilbranche

1. Hintergrund

Die Arbeitswelt steht durch die gleichzeitige Wirkung der großen Transformationsfelder Dekarbonisierung und Digitalisierung vor fundamentalen Veränderungen (Hofmann et al. 2023; Rat der Arbeitswelt 2023). Auch wenn sozialer Wandel und damit auch die Veränderung der Arbeit ein kontinuierlicher Prozess ist, sind die derzeitigen und zukünftigen Transformationsprozesse von besonderer Intensität und Reichweite. Insbesondere die für eine nachhaltige Wirtschaftsweise erforderliche Transformation wird die Arbeitswelt umfassend verändern und ist mit einer Zunahme der Digitalisierung verbunden, die sich aktuell unter anderem in dem zunehmenden Einsatz von künstlicher Intelligenz zeigt. Zusätzliche Herausforderungen resultieren aus den tiefgreifenden Auswirkungen der Corona-Pandemie sowie dem Ukraine-Krieg. Die Corona-Pandemie hat einen signifikanten Digitalisierungsschub ausgelöst, der die Chancen und Risiken einer zunehmend digitalen Arbeitswelt in den Fokus rückt.

Obwohl die beschriebenen Transformationsprozesse sich auf die gesamte Arbeitswelt beziehen, sind spezifische Branchen, wie die Automobilindustrie, in besonderer Weise betroffen (Ehrenberg-Silies et al. 2021). Der Übergang zu alternativen Antriebstechnologien, die zunehmende Regulierung durch den Gesetzgeber sowie die fortschreitende Digitalisierung, die unter anderem die Entwicklung autonomer Fahrzeuge einschließt, führen zu einem umfassenden Wandel der Produkte und Produktionsprozesse (Saleh et al. 2022). Dies resultiert unter anderem in umfassenden Änderungen der erforderlichen Stellenprofile und der beruflichen Kompetenzen, die für die zukünftige Tätigkeit in der Automobilindustrie notwendig sind (Ehrenberg-Silies et al. 2021). Die pandemiebedingte Umstellung auf hybride Arbeitsmodelle sowie die durch den Ukraine-Krieg verstärkte Unsicherheit in Lieferketten und Märkten haben die Dynamik des Wandels zusätzlich beschleunigt.

Diese Veränderungen und Anforderungen treffen auf eine sich im demografischen Wandel befindende Belegschaft, was zu Herausforderungen wie beruflicher Weiterqualifizierung älterer Beschäftigter und sich ändernder Werteorientierungen mit sich bringt.

Diese Entwicklungen haben umfassende Auswirkungen auf die Arbeitsbedingungen der Beschäftigten, zu denen veränderte Arbeitsinhalte, neue Arbeitsabläufe sowie erhöhte Anforderungen an Flexibilität und Qualifikation zählen (Ahlers 2023; Héry & Malenfer 2020; Saleh et al. 2022). Die aufgeführten Veränderungen können sich als vorteilhaft, jedoch auch als nachteilig auf die Arbeitsbedingungen und in der Folge auch auf die Gesundheit der Beschäftigten auswirken (Héry & Malenfer 2020; Vitale et al. 2024). Zu den potenziellen Risiken, die sich aus den sich wandelnden Arbeitsbedingungen ergeben, zählen etwa neu auftretende Belastungen im Kontext von green jobs, wie beispielsweise durch Nanomaterialien (Vitale et al. 2024). Es sind auch insbesondere psychische Belastungen, die durch solche fundamentalen Transformationen zunehmen können und die, wie mittlerweile in vielen Studien gezeigt werden konnte, ein Risiko für die physische und psychische Gesundheit mit sich bringen (Seidler et al. 2022). Daher ist es unerlässlich, die Auswirkungen von Transformationsprozessen auf die Arbeitsqualität zu berücksichtigen und gegebenenfalls Maßnahmen zu ergreifen, um eine gesundheitsförderliche Arbeitswelt zu schaffen. Diese Studie beschäftigt sich daher mit der Frage wie der Wandel in Unternehmen gesundheitsförderlich gestaltet werden kann.

2. Methodik

Die vorliegende Untersuchung wurde im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Kompetenzzentrums Arbeitsforschung „KOMATRA – Transformation im Zukunftskorridor Saar-Pfalz gestalten – Werteorientiertes Arbeiten und Lernen in der Kreislaufwirtschaft“ durchgeführt. Als Anwendungspartner wurden vier Unternehmen aus der Automobilindustrie im Saarland und drei aus der Medizintechnikbranche in Rheinland-Pfalz einbezogen. Die vorliegende Auswertung basiert auf den Interviews der Unternehmen aus der Automobilindustrie.

Zur Bearbeitung der Forschungsfrage wurden mehrere methodische Ansätze kombiniert. In einer Literaturrecherche wurde Literatur, die sich mit den Auswirkungen der aktuellen Transformationsprozesse auf die Arbeitsbedingungen beschäftigt identifiziert und im Anschluss zentrale Kriterien für eine gesundheitsförderliche Transformation abgeleitet. Anschließend erfolgten qualitative Befragungen, um die theoretischen Kategorien zu konkretisieren und den Status quo in Unternehmen zu erheben. Es wurden halbstrukturierte Interviews mit 38 Teilnehmenden durchgeführt, darunter Geschäftsführer*innen, Führungskräfte, Mitarbeitende und Mitbestimmungsgremien. Vor der Befragung erhielten alle Teilnehmenden eine schriftliche Aufklärung und gaben ihr Einverständnis.

Einzelinterviews wurden mit der Geschäftsführung und den Führungskräften geführt. Die Mitarbeitenden und Betriebs- bzw. Personalräte wurden in Gruppeninterviews befragt. Die Interviews basieren auf einem halbstrukturierten Interviewleitfaden, der von Forschungsexpert*innen aus der Arbeitswissenschaft und der qualitativen Forschung entwickelt wurde. Grundlage der Gespräche bildeten teilstrukturierte Leitfäden, die Themenfelder wie Transformationsanlässe, Werte im Unternehmen, Wandel der Arbeitsbedingungen, Führungsverhalten sowie Kompetenzentwicklung und Weiterbildung abdeckten.

Die Interviews wurden von geschulten Interviewer*innen persönlich durchgeführt. Alle Interviews fanden während der Arbeitszeit der Teilnehmenden in Räumlichkeiten der Organisationen der Befragten statt. Die Interviews wurden aufgezeichnet und anschließend wörtlich mit der Transkriptionssoftware Whisper transkribiert, anonymisiert und mit Hilfe der Datenanalysesoftware MAXQDA24 ausgewertet. Die inhaltsanalytische Auswertung erfolgte in Anlehnung an Mayring (Mayring 2022) in einer Kombination aus deduktivem und induktivem Vorgehen.

3. Ergebnisse

Im Rahmen des ersten Analyseschrittes erfolgte zunächst die Ermittlung der konkreten Arbeitsbelastungen, die in der gegenwärtigen Transformationsphase in den Unternehmen evident sind. Eine zentrale Belastung stellt die Unsicherheit über die Zukunftsperspektiven in der Automobilindustrie dar. Viele der befragten Beschäftigten berichteten über Sorgen, da für sie nicht absehbar ist, wie die weitere Entwicklung der Unternehmen aussieht. Neue Strukturen und Prozesse, die oft mit unklaren Rollen und einer Überforderung der Mitarbeitenden einhergehen, tragen ebenfalls zur Verunsicherung und Belastungen bei. Fehlende Qualifikationen, beispielsweise im Umgang mit digitalen Technologien, verschärfen die Problematik. Zusätzlich entstehen soziale Konflikte, insbesondere zwischen verschiedenen Generationen, die unterschiedliche Werte und Erwartungen an die Arbeitswelt haben. Kommunikationsprobleme in den Wandlungsprozessen führen zu Belastungen da wichtige Informationen oft nicht rechtzeitig oder unzureichend vermittelt werden. Höhere Anforderungen an Flexibilität, sowohl im Hinblick auf Diversifizierung als auch Kundenabhängigkeit, stellen für viele Mitarbeitende eine zusätzliche Belastung dar.

Zu der Frage, wie die Transformation gesundheitsförderlich gestaltet werden kann wurden auf Basis der Literaturrecherche verschiedene Kriterien herausgearbeitet, die als zentral für eine gesundheitsförderliche Transformation angesehen werden. Auf Basis der qualitativen Befragungen wurden die Kategorien für den Automotive Bereich konkretisiert und der Status quo bei den untersuchten Unternehmen ermittelt. Als ein zentrales Kriterium wird in der Literatur die Anpassung des Arbeitsschutzes genannt (Héry & Malenfer 2020; Rat der Arbeitswelt 2023). Insbesondere die Transformation hin zu nachhaltigem Wirtschaften wie z. B. durch die Kreislaufwirtschaft und die Auswirkungen auf die Arbeitsbedingungen ist bisher wissenschaftlich noch wenig untersucht. Bisherige Untersuchungen und Prognosen weisen darauf hin, dass durch die Umstellung klassische Arbeitsbelastungen z. B. durch das Arbeiten mit Gefahrstoffen erneut an Bedeutung gewinnen bzw. Belastungen durch neue Gefährdungen auftreten. Die Auswirkungen auf psychische Belastung wurden bisher kaum untersucht. Es wird daher zum Beispiel von der europäischen Arbeitsschutzbehörde darauf hingewiesen, dass die Transformation hin zu nachhaltigem Wirtschaften an eine Weiterentwicklung des Arbeitsschutzes gekoppelt werden muss, damit eine nachhaltige Produktionsweise nicht auf Kosten der Gesundheit der Mitarbeitenden erkauft wird (Héry & Malenfer 2020). In den befragten Unternehmen zeigte sich vor allem, dass die auch vom Arbeitsschutz vorgeschriebene Berücksichtigung psychischer Belastungen noch nicht umgesetzt wird. Die berichteten Belastungen und die zukünftigen Veränderungen und Herausforderungen weisen darauf hin, dass dies ein elementarer Ansatzpunkt für die Verbesserung des Arbeitsschutzes in den Betrieben ist.

Schulungen bzw. Weiterbildung von Führungskräften wird in der Literatur als ein

zentraler Baustein angesehen, um die Transformationsprozesse umzusetzen und durch einen gesundheitsförderlichen Führungsstil die Gesundheit der Mitarbeitenden zu schützen bzw. zu verbessern (Emmerich et al. 2021). Ein gesundheitsförderlicher Führungsstil ist essenziell, um die Transformation erfolgreich zu gestalten. Führungskräfte spielen eine zentrale Rolle, indem sie Sicherheit vermitteln und flexibel auf die Bedürfnisse ihrer Teams eingehen. In den Unternehmen wird dies häufig auch so gesehen, allerdings wird immer wieder darauf hingewiesen, dass die Führungskräfte keine ausreichende Schulung im Bereich gesundheitsförderlicher Führung aufweisen. Außerdem existieren unterschiedliche Vorstellungen von Führungsstilen, die insbesondere zwischen Generationen auftreten und Konflikte verursachen können.

Kompetenzentwicklung und Qualifikationsanpassung bei den Beschäftigten wird in der Literatur als ein wesentlicher Punkt angesehen, um die Beschäftigten an die Anforderungen des sich wandelnden Arbeitsmarktes anzupassen und dadurch Belastungen wie Arbeitsplatzunsicherheit und Überforderung zu minimieren (Ehrenberg-Silies et al. 2021; Rat der Arbeitswelt 2023). Systematische Kompetenzentwicklungspläne fehlen jedoch in vielen Unternehmen. Auch das informelle Lernen, das zur Kompetenzentwicklung beitragen kann, ist nicht sehr ausgeprägt und wird teilweise durch soziale Konflikte behindert.

Die im Zuge der Transformation prognostizierte Zunahme der Flexibilisierung der Arbeitsbedingungen, die auch für ein Gelingen der Transformation angesehen wird, bietet Chancen aber auch Risiken für die Gesundheit der Beschäftigten (Ahlers 2023). So bieten mobile Arbeit und flexible Arbeitszeitmodelle Chancen für gesundheitsförderliche Arbeitsbedingungen, können jedoch auch zu Belastungen wie z. B. Schwierigkeiten bei der Trennung von Arbeit und Privatleben und auch zu Konflikten zwischen Mitarbeitenden mit und ohne Möglichkeit zu flexiblen Arbeitsformen wie z. B. Home-Office führen. Die Interviews konnten zeigen, dass die Corona-Pandemie die Möglichkeiten des mobilen Arbeitens und flexibler Arbeitszeitmodelle erweitert hat. Dennoch gibt es in der Umsetzung Herausforderungen, insbesondere in der Produktion, wo solche Modelle oft schwer umsetzbar sind. Selbstorganisiertes Arbeiten wird teilweise als belastend empfunden, was die Bedeutung von Unterstützung durch die Führungskräfte unterstreicht.

Die benutzerfreundliche Einführung neuer Systeme wird in der Literatur als weiterer wichtiger Aspekt angesehen, um z. B. Widerstände und Ängste vor neuen Technologien, wie KI, durch frühzeitige Einbindung der Beschäftigten zu reduzieren (Rat der Arbeitswelt 2023). Die Befragung hat gezeigt, dass die Unternehmen häufig noch am Anfang des Digitalisierungsprozesses stehen und die ERP-Systeme zum Teil noch nicht an die sich verändernden Unternehmen angepasst sind. Außerdem erschweren Widerstände und Ängste, insbesondere bei älteren Beschäftigten, die Umsetzung.

Die Partizipation der Mitarbeitenden wird insbesondere bei der Einführung neuer Systeme, aber auch im Allgemeinen als substanzieller Bestandteil einer gelungenen gesundheitsförderlichen Transformation erachtet. Diese zeichnet sich durch eine offene Kommunikation und die Einbeziehung aller relevanten Akteure aus, um Vertrauen und Akzeptanz für Transformationsprozesse zu fördern. Aktuell sind Kommunikationswege in vielen Unternehmen jedoch verbesserungsbedürftig, insbesondere zwischen Hierarchieebenen und Abteilungen. Unternehmenswerte werden außerdem häufig nicht transparent kommuniziert.

In der wissenschaftlichen Literatur wird ein zentraler Aspekt betont, der darin besteht, dass Gesundheit bzw. gesunde Arbeitsbedingungen als ein fundamentaler Wert innerhalb eines Unternehmens verankert werden sollen (Sonntag 2022). Dies ist

von entscheidender Bedeutung, um die verschiedenen Faktoren für eine gesundheitsförderliche Transformation zu implementieren. In den geführten Interviews wurde ersichtlich, dass einige zentrale Werte, die für gesunde Arbeitsbedingungen von signifikanter Relevanz sind, noch nicht vollständig verinnerlicht wurden. Die Mitarbeitenden identifizieren Wertschätzung als einen zentralen Wert, der jedoch oft als unzureichend empfunden wird. Auch Vertrauen als Grundlage für flexibles Arbeiten, die Vermittlung von Sicherheit in Zeiten des Wandels, sowie eine gelebte Fehlerkultur sind Werte, die von den Beschäftigten als bedeutsam wahrgenommen werden.

4. Diskussion

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass für eine gesundheitsförderliche Transformation das Zusammenspiel mehrerer betrieblicher Maßnahmen wichtig ist. Ein zentraler Bereich dabei ist der Arbeitsschutz, der an neue Belastungsarten angepasst werden muss, die durch Dekarbonisierung und Digitalisierung entstehen oder verstärkt werden (Héry & Malenfer 2020). Insbesondere die Dekarbonisierung bringt neue Technologien, Materialien und Prozesse mit sich, die bislang unbekannte Risiken sowohl physischer als auch psychischer Natur mit sich bringen können.
Arbeitsschutz allein reicht jedoch nicht aus, um eine gesundheitsförderliche Transformation zu gewährleisten. Er muss in eine übergeordnete werteorientierte Unternehmensstrategie eingebettet sein (Sonntag 2022). Eine solche Strategie zeichnet sich durch Wertschätzung der Beschäftigten aus, die sich unter anderem in partizipativen Entscheidungsprozessen, einer gesundheitsorientierten Führungskultur und der Kompetenzentwicklung der Mitarbeitenden widerspiegelt. Der Arbeitsschutz wird so Teil einer umfassenden gesundheitsorientierten Wertekultur.
Das Thema Wertschätzung erweist sich dabei als besonders zentral. Es wird häufig als gewünschter, jedoch ebenso oft als fehlender Wert genannt. Wertschätzung spielt in vielen Bereichen eine wichtige Rolle, wie beispielsweise in der Führungskultur und den Entscheidungsprozessen. Hinweise auf die Bedeutung von Wertschätzung für die Gesundheit der Beschäftigten finden sich auch in der arbeitswissenschaftlichen Stressforschung (Rothe et al. 2017).

5. Literatur

Ahlers, E. (2023). New work (load)? Gestaltungsansätze für selbstorganisierte Formen der Arbeitsorganisation. WSI Policy Brief. No 78, Hans-Böckler-Stiftung.

Ehrenberg-Silies, S., Bovenschulte, M., Goluchowicz, K., & Burmeister, K. (2021). Zukünftige Kompetenzprofile für die Automobilwirtschaft. BMAS Denkfabrik.

Emmerich, A. & Rigotti, T.(2021). Welche Führung braucht die neue Arbeitswelt? Transformationale und authentische Führung, Autonomie und das Wohlbefinden von Geführten. ASU Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin, 2021(11), 746–754.

Héry, M., & Malenfer, M. (2020). Development of a circular economy and evolution of working conditions and occupational risks—A strategic foresight study. European Journal of Futures Research, 8(1), 8.

Hofmann, J., Ricci, C., Kleinewefers, C., & Laurenzano, A. (2023). Doppelte Transformation: Metastudie – Synopse des aktuellen Forschungsstandes. Bertelsmann Stiftung.

Mayring, P. (2022). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (13. Aufl.). beltz.

Rat der Arbeitswelt. (2023). Transformation in bewegten Zeiten. Nachhaltige Arbeit als wichtigste Ressource. BMAS, Bonn.

Rothe, I., Adolph, L., Beermann, B., Schütte, M., Windel, A., Grewer, A., Lenhardt, U., Michel, J., Thomson, B., & Formazin, M. (2017). Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt: Wissenschaftliche Standortbestimmung. Zugegriffen Januar 21, 2025. https://www.baua.de/dok/8708776.

Saleh, F., Goluchowicz, K., & Bovenschulte, M. (2022). Die Auswirkungen von Digitalisierung und Dekarbonisierung auf Arbeitsinhalte und Arbeitsqualität. Zugegriffen Januar 2, 2025. https://www.denkfabrikbmas.de/fileadmin/Downloads/Publikationen/Deep-Dive_Dekarbonisierung-und-Digitalisierung.pdf.

Seidler, A., Schubert, M., Freiberg, A., Drössler, S., Hussenoeder, F. S., Conrad, I., Riedel-Heller, S., & Starke, K. R. (2022). Psychosocial occupational exposures and mental illness—A systematic review with meta-analyses. Deutsches Ärzteblatt International, 119, 709–15.

Sonntag, K. (2022). „Gesundheit“ im Wertekanon verantwortungsvoller Unternehmensführung – auch in der digitalen Transformation. In B. Badura, A. Ducki, M. Meyer, & H. Schröder (Hrsg.), Fehlzeiten-Report 2022 (Bd. 2022, S. 123–133). Springer Berlin Heidelberg.

Vitale, E., Salvago, P., Campanella, A. F., & Cirrincione, L. (2024). Emerging occupational risks in green jobs: A review. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, 37(3), 244.

Förderhinweis: Das Projekt KOMATRA wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in der Fördermaßnahme „Zukunft der Wertschöpfung: Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“.

Gemeinsam zum Erfolg: Entwicklung eines partizipativen Ansatzes zur erfolgreichen Einführung technischer Veränderungen in KMU

Pia WEBER, Annika FELDHOFF, Selina PALIGE, Marc SCHWARZKOPF, Angelika C. BULLINGER-HOFFMANN

Technische Universität Chemnitz,
Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement,
D-09107 Chemnitz

Kurzfassung: Die Arbeitswelt durchläuft einen tiefgreifenden Wandel, geprägt von Globalisierung und digitaler Transformation, der insbesondere produzierende Unternehmen vor neue Herausforderungen stellt. Die Einführung von Technologien der Industrie 4.0 verspricht Effizienzsteigerungen, erfordert jedoch auch umfassende technologische und organisatorische Anpassungen, insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU), die oft mit begrenzten Ressourcen und fehlenden Digitalisierungskompetenzen konfrontiert sind. Ein partizipativer Ansatz im technischen Veränderungsmanagement unter Berücksichtigung organisatorischer und kultureller Aspekte stellt einen zentralen Erfolgsfaktor dar. Das vorliegende Paper zeigt, wie mithilfe eines Design Science Research (DSR)-Ansatzes eine praxisorientierte Methode für technisches Veränderungsmanagement entwickelt wurde. Die Ergebnisse der Instanziierung illustrieren die praktische Umsetzung und ermöglichen Rückschlüsse für die Weiterentwicklung des Artefaktes und die Übertragbarkeit des Konzeptes.

Schlüsselwörter: Change Management, technisches Veränderungsmanagement, Digitalisierung, KMU, Design Science Research

1. Einleitung

Für kleine und mittlere Unternehmen (KMU), die häufig über begrenzte personelle und finanzielle Ressourcen verfügen, ist die erfolgreiche Implementierung technischer Veränderungen von entscheidender Bedeutung, um in Zeiten von Digitalisierung und Globalisierung wettbewerbsfähig zu bleiben. Aus der digitalen Transformation ergeben sich enorme Potenziale, wie die Optimierung von Prozessen, Kostenreduktion und die Erschließung neuer Geschäftsfelder (Ørngreen & Levinsen 2017). Gleichzeitig birgt dieser Wandel jedoch spezifische Herausforderungen, darunter der Umgang mit organisatorischen Veränderungen, die Akzeptanz der Mitarbeitenden sowie die Integration neuer Technologien in bestehende Strukturen (Müller 2024).

Ein zentraler Faktor für den Erfolg technischer Neuerungen in KMU ist die ganzheitliche Betrachtung des Veränderungsprozesses. Dabei müssen nicht nur technologische Aspekte berücksichtigt werden, sondern auch kulturelle und soziale Dynamiken, die innerhalb der Organisation entstehen. Fehlende Transparenz oder mangelnde Schulungen können Widerstände hervorrufen, die den Erfolg der Transformation gefährden (Frei 2018). Anders als große Unternehmen können KMU nicht auf umfangreiche standardisierte Modelle und Strukturen zurückgreifen, sondern sind auf flexible und anpassbare Lösungen angewiesen (Mühlfelder 2019; Lauer 2019).

Mit dem Ziel, ein speziell auf die Bedürfnisse von KMU abgestimmtes Vorgehen zu entwickeln, wurde ein praxisnahes, partizipatives Konzept für technische Veränderungsmanagement entwickelt. Dabei wird besonderer Wert auf die Einbindung der Mitarbeitenden, die Förderung einer offenen Unternehmenskultur und die iterative Anpassung des Veränderungsprozesses gelegt. Der zugrunde liegende Design Science Research (DSR)-Ansatz (Hevner et al. 2024) ermöglicht die Kombination von Theorie und Praxis, um maßgeschneiderte Lösungen zu entwickeln und zu evaluieren.

Im Folgenden wird zunächst auf die theoretische Grundlage der Arbeit eingegangen (2.). Weiterhin wird das Forschungsvorgehen nach DSR erläutert und das entwickelte Workshop-Konzept (Artefakt) vorgestellt (3.). Im Anschluss wird die Artefaktevaluation dargelegt (4.) bevor zuletzt die Ergebnisse diskutiert werden (5.).

2. Theoretischer Rahmen – Technisches Veränderungsmanagement

Als Weiterentwicklung des Change-Management-Ansatzes fokussiert das Technische Veränderungsmanagement (Engineering Change Management, ECM) auf die Einführung technischer Systeme und Prozesse innerhalb eines strukturierten Rahmens (Lashin 2021). Ziel ist es, technologische Innovationen systematisch zu integrieren, um Effizienz und Produktivität zu steigern, wobei soziale und organisatorische Aspekte berücksichtigt werden. Herausfordernd sind hierbei für KMU besonders begrenzte personelle und finanzielle Ressourcen (Müller 2024). Zudem ist die Balance zwischen technischer Innovation und Offenheit für mögliche Bedenken der Belegschaft entscheidend, um eine Akzeptanz für die Veränderungen zu erreichen (Li & Moon 2012). Dabei müssen für einen nachhaltigen Erfolg neben neuen Technologien und angepassten Arbeitsabläufen, die sozialen und strukturellen Rahmenbedingungen sowie das Verhalten der Mitarbeitenden während der Implementierung beachtet werden (Michel et al. 2016).

ECM sollte als kontinuierlicher Prozess verstanden werden, um den Herausforderungen der digitalen Transformation zu begegnen (Chhor et al. 2021) und unterschiedliche Interessen innerhalb der Organisation zu berücksichtigen und zu harmonisieren (Kauffeld 2019). Instrumente wie Interviews und Umfragen können helfen, Einblicke in Organisationskultur, Bedürfnisse der Mitarbeitenden und Stakeholder sowie potenzielle Hindernisse zu gewinnen. Diese Maßnahmen können frühzeitig Barrieren identifizieren und die Akzeptanz neuer Technologien fördern. Im Folgenden wurde ein Konzept entwickelt, um den beschriebenen Herausforderungen innerhalb von technischen Change-Prozessen zu begegnen.

3. Methodisches Vorgehen und Artefaktentwicklung

Der DSR-Ansatz nach Hevner et al. (2004) kombiniert wissenschaftlich fundierte Lösungsansätze mit realen Praxisproblemen, die iterativ entwickelt, getestet und überarbeitet werden. Ziel ist es, durch die Verknüpfung theoretischer Grundlagen und praktischer Forschungsergebnisse die Lücke zwischen Theorie und Praxis zu schließen und ein anwendungsorientiertes Konzept zu entwickeln.

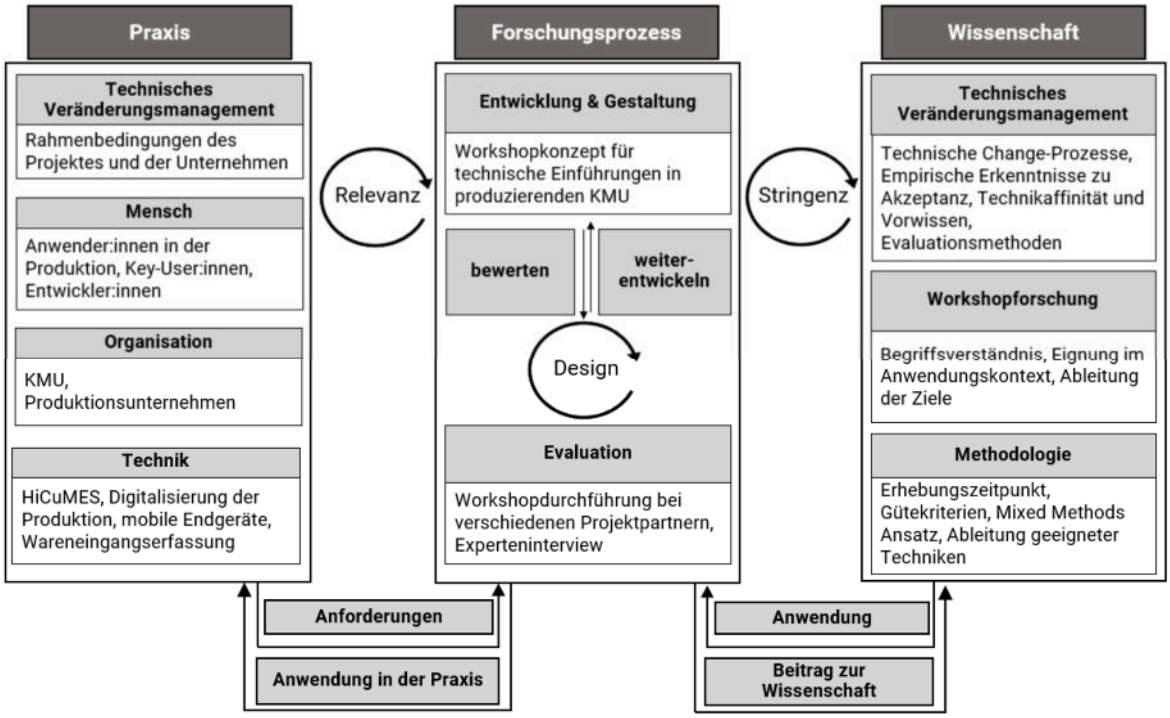


***Abbildung 1**: DSR-Ansatz zur Entwicklung des Artefaktes Workshopkonzept*
Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Hevner (2007) und Zeiner-Fink (2022).

Die Anwendung des DSR-Ansatzes für die Erstellung des Artefakts „Workshop-Konzept“ gewährleistet, dass wissenschaftliche Standards und Gütekriterien eingehalten werden, während gleichzeitig die Praxistauglichkeit des erarbeiteten Konzepts sichergestellt wird.

Das für die Artefaktentwicklung gewählte Anwendungsfeld ist ein mittelständisches Unternehmen mit etwa 30 Mitarbeitenden, das Präzisionsteile herstellt. Die Rahmenbedingungen der Konzepterstellung leiten sich aus den in Abbildung 1 dargestellten Einflussfaktoren ab.

Die Literaturanalyse ergab, dass systemische, iterative Ansätze, die individuelle und organisationale Bedürfnisse mit kreativen Methoden kombinieren, besonders effektiv sind (Kotter 2012; Glasl et al. 2014). Das entwickelte Workshop-Konzept basiert auf dieser Literaturanalyse sowie Erhebungen zu Organisationsprozessen und Mitarbeitendenanforderungen. Halbstrukturierte Interviews erfassten sowohl Ängste und Erwartungen der Belegschaft als auch technische Anforderungen des Unternehmens und Potenziale der Digitalisierung.

Das daraus resultierende Konzept bindet die Teilnehmenden aktiv in den Einführungsprozess einer neuen Technologie ein. In vier Phasen werden gemeinsame Diskurse, Software-Demonstrationen und praktische Schulungen ermöglicht. Die abschließende Phase umfasst eine systematische Feedback-Erhebung zur Optimierung künftiger Schulungen und Weiterentwicklung des Konzepts. Ziel ist die kontinuierliche Anpassung der Schulungen an die Bedürfnisse der Mitarbeitenden und die Sicherung des langfristigen Veränderungserfolgs (vgl. 5. Diskussion). Die vier Phasen des Workshop-Konzepts sind in Abbildung 2 detailliert dargestellt.

Ablauf	Agenda	Ziele	Methoden
Die Anfangsbefragung	• Begrüßung • Schriftliche Befragung	Erhebung des bisherigen Projektwissens und der Technikaffinität der Produktionsmitarbeiter:innen	Schriftliche Befragung: • Abfrage demografischer Daten • Einsatz der Kurzskala zur Messung der interaktiven Technikaffinität nach Wessel, Attig und Franke (2019) • Qualitative Befragung zur Projektkommunikation und Erwartungen an die Einführungsveranstaltung
Die Einführungsphase	• Gemeinsames Kickoff-Meeting • Gruppenarbeit & gemeinsame Diskussion	Förderung der Akzeptanz und Abbau von Unsicherheiten bezüglich der technischen Einführung	Interaktive Arbeitsaufgabe: • Nutzung der Post-It-Methode für die Ausarbeitung von positiven/negativen Erwartungen und dem persönlichen Nutzen der Technologieinnovation • Gemeinsamer Diskurs mit Teilnehmer:innen und Expert:innen
Die Durchführungs-phase	• Einzel-/Gruppen-schulungen in der Produktion	Partizipative Einführung in die neue Technologie	• Erforderlichkeit der situativen Abwägung durch die Entwickler:innen • Empfehlung der Nutzung von Übungsaufgaben und direkter Einarbeitung in der Produktion
Die Abschlussphase	• Abschluss-befragung	Einholung von Feedback zu Workshop und Lerninhalten	Schriftliche Befragung: • Einsatz des Münsteraner Fragebogen zur Evaluation von Seminaren von Thielsch und Hirschfeld (2014) • Qualitative Feedbackbefragung

***Abbildung 2**: Die vier Phasen des Workshopkonzepts.*

4. Evaluation

Das Workshop-Konzept wurde entsprechend des DSR-Ansatzes zur in zwei verschiedenen KMU zur Anwendung gebracht und innerhalb eines Mixed-Methods-Evaluationsdesign bewertet (Testphase des Artefaktes; Vaishnavi & Kuechler 2015). Die Evaluation umfasste eine vollstrukturierte schriftliche Befragung (N = 7) sowie teilstrukturierte Experteninterviews (N = 2). Die quantitative Feedbackevaluation durch die Teilnehmenden am Ende des Workshops zeigte, dass die organisatorische und inhaltliche Gestaltung der Schulungsmaßnahme als Baustein als sehr passend bewertet wurde und bei den Mitarbeitenden eine hohe Zufriedenheit erzielte (Auf einer Skala von 1 bis 7, wobei 7 die höchste Zufriedenheit bedeutete M = 5,75; SD = 1,18). Die Möglichkeit, die neuen Systeme eigenständig auszuprobieren, wurde als besonders positiv hervorgehoben. Zudem verbesserten die interaktiven Elemente das Verständnis für die neuen Abläufe und reduzierten bestehende Unsicherheiten.

In Ergänzung zur Feedbackevaluation wurde eine Experteninterviews durchgeführt, mit dem Ziel das Konzept auf Generalisierbarkeit hin zu prüfen. Mithilfe der strukturierten Inhaltsanalyse nach Mayring (2023) wurden Bedeutungen, Zusammenhänge und implizite Botschaften analysiert und mit den Erkenntnissen des iterativen Forschungsvorgehens verknüpft, um eine fundierte und nachvollziehbare Interpretation zu gewährleisten. Inhaltlich konzentrierte sich die Auswertung der qualitativen Daten auf die Eignung der Konzeptmethoden im Praxiskontext. Die Ergebnisse der Befragung sind zusammengefasst in Tabelle 1 dargestellt.

Das Workshopkonzept wurde im Experteninterview insgesamt positiv bewertet, da es eine solide Grundlage für die Einführung neuer Technologien in Unternehmen bietet. Es wurde betont, dass das Konzept in der Praxis gut funktioniert und bei Bedarf durch Nachschulungen ergänzt werden kann. Besonders hervorgehoben wurde die Übertragbarkeit auf andere produzierende KMU mit ähnlichen Strukturen und Herausforderungen. Die verwendeten Methoden gelten als skalierbar, praxisnah und an-

passungsfähig, sodass sie in unterschiedlichen Kontexten einsetzbar sind.

Trotz der positiven Ergebnisse gab es auch Herausforderungen. Insbesondere wurde deutlich, dass die Schulungszeit für einige Teilnehmende nicht ausreichend war, um alle Funktionen der neuen Systeme vollständig zu erfassen. Zudem hemmte die Anwesenheit der Führungsebene die freie Meinungsäußerung und einige Teilnehmende wünschten sich weiterführende Schulungen, um ihre Kenntnisse zu vertiefen, so dass es empfohlen wird, das Management nur punktuell einzubeziehen.

Tabelle 1: *Ergebnisse der qualitativen Expertenbefragung.*

Interviewee 1	Geschlecht: Männlich Funktion: Projektleiter Alter: 27 Jahre Berufsjahre: 9	Interviewee 2	Geschlecht: Männlich Funktion: Geschäftsführer Alter: 33 Jahre Berufsjahre: 11
Kategorie	**Inhaltliche Zusammenfassung der Kodiereinheiten**		
Zufriedenheit mit Schulung	• Schulung funktioniert als Grundsteinlegung für die Implementierung, das schließt nicht aus, dass nicht Nachschulungen erforderlich sind		
Gewichtung relevanter Parameter	• Akzeptanz und digitale Affinität der Mitarbeitenden sind Schlüsselparameter • Vertrauen und persönliche Nutzenvermittlung fördern die Teilnahme • Verantwortlichkeit und Integrität der externen Change-Partner sind essenziell		
Bewertung Methodik Projektkommunikation	• Schriftliche Befragungen während des Workshops kann zu Prüfungsdruck führen, besonders bei Anwesenheit der Geschäftsführung • Einzelgespräche/ informelle Befragungen empfohlen, um Vertrauen aufzubauen • Einbezug Management nur punktuell, um vertrauensvolle Atmosphäre zu schaffen		
Bewertung Methodik Post-Its	• interaktive Teilnahme und eigene Verschriftlichungen generell positiv bewertet • Teilnehmerzahl und Anwesenheit der Geschäftsführung beeinflussen Mitarbeit		
Bewertung Methodik Feedbackbefragung	• Feedbackbefragungen nach Schulungen sehr sinnvoll • Verwendete Methode gut geeignet		
Übertragbarkeit des Konzepts	• Konzept gut skalierbar und geeignet für verschiedene Fertigungsbetriebe und Change-Management-Initiativen • Anpassungen für größere Gruppen oder nicht-technische Einführungen notwendig		

5. Diskussion und Fazit

Die Entwicklung und Umsetzung eines partizipativen Ansatzes für technisches Veränderungsmanagement in KMU war im Praxiskontext erfolgreich. Die Ergebnisse der Erprobung unterstreichen die Bedeutung eines menschzentrierten Vorgehens, bieten wertvolle Impulse und ermöglicht Empfehlungen für zukünftige Veränderungsprozesse:

- Bereitstellung von Folgeterminen und vertiefenden Schulungen, um Nachhaltigkeit des Veränderungsprozesses zu gewährleisten.
- Regelmäßige Feedbackrunden während des gesamten Veränderungsprozesses, um Transparenz zu erhöhen.
- Einrichtung einer internen Anlaufstelle für einen offenen und vertrauensvollen Meinungsaustausch zu technischen Fragen und Unsicherheiten.
- Integration digitaler Schulungsmöglichkeiten (Webinare/Tutorials) ergänzt Präsenzschulungen und erleichtert den Zugang zu weiterführendem Wissen.

Besonders hervorzuheben ist die Notwendigkeit einer transparenten Kommunikation und die frühzeitige Einbindung aller Beteiligten, insbesondere der Führungsebene. Dies minimiert Widerstände im Unternehmen und schafft die Grundlage für eine nachhaltige Integration neuer Technologien.

Für die zukünftige Forschung ergeben sich mehrere vielversprechende Ansätze:

Durch die Entwicklung KI-gestützter Tools zur Unterstützung von Change-Management-Prozessen könnten zukünftig personalisierte Schulungsinhalte, automatisierte Feedbacksysteme und Echtzeitdatenanalysen bieten, um die Effektivität des Veränderungsmanagements zu steigern (Müller 2024). Hier ergeben sich Fragestellen hinsichtlich der Effektivität und Akzeptanz. Darüber hinaus sollte untersucht werden, wie hybride Schulungsformate die Adaption neuer Technologien erleichtern können.

Langfristig wird es entscheidend sein, ein globales Netzwerk für den Austausch von Best Practices im Change-Management zu etablieren, um KMU weltweit bei der Bewältigung technologischer Veränderungen zu unterstützen. Solche Netzwerke könnten als Plattformen für kollaborative Forschung und Entwicklung dienen und den Wissens- und Technologietransfer zwischen Unternehmen fördern.

6. Literatur

Chhor J, Westermann P, Schmitt RH (2021) Nachhaltige Prozessdigitalisierung für KMU. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 116 (9), 627–631.

Frei M (2018) Teil A. Grundlagen und Instrumente des Change Managements. In M. Frei (Hrsg.), Change Management für Führungskräfte (S. 1–91). Verlag Franz Vahlen GmbH.

Hevner AR, March ST, Park J, Ram S (2004) Design Science in Information Systems Research. MIS Quarterly, 28 (1), 75.

Kauffeld S (2019) Arbeits-, Organisations- und Personalpsychologie für Bachelor. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Lashin G (2021) Technisches Änderungsmanagement. In B. Bender & K. Gericke (Hrsg.), PAHL/BEITZ KONSTRUKTIONSLEHRE. Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung (S. 919–942). Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.

Lauer T (2021) Change Management. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Li W, Moon YB (2012) Modeling and managing engineering changes in a complex product development process. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 63 (9-12), 863–874.

Mayring P (2023) Einführung in die qualitative Sozialforschung (Beltz Studium, 7. Auflage). Weinheim: Julius Beltz GmbH & Co. KG.

Michel L, Heiß C, Johnen C (2016) Change-Prozesse in KMU - Erfolgreiche Organisationsentwicklung am Beispiel der Josef Mack GmbH & Co. KG

Mühlfelder M (2019) Die Digitalisierung der Produktion – Rückblick, Gegenwart und Zukunftsperspektiven. In J. von Garrel (Hrsg.), Digitalisierung der Produktionsarbeit. Arbeitsfähig Sein und Bleiben (Weiterbildung und Forschung der SRH Fernhochschule - the Mobile University Ser, S. 9–18). Wiesbaden: Springer Gabler. in Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.

Müller S (2024) Industrie 4.0: Die Revolution geht weiter: Produzierende Unternehmen nutzen die Chancen der Smart Factory bislang noch nicht vollständig. Zeitschrift Für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 119(5), 362–365.

Ørngreen R, Levinsen K (2017) Workshops as a research methodology. Electronic Journal of eLearning, 15 (1), 70–81.

Vaishnavi V, Kuechler W (2015) Design science research methods and patterns. Innovating information and communication technology (Second edition). Boca Raton, Florida: CRC Press.

Zeiner-Fink S (2022) Konzeption und Evaluation eines Planspiels unter besonderer Betrachtung von Lerneffekten und Planspiel-Akzeptanz. Chemnitz: Universitätsverlag Chemnitz.

Danksagung: Das Vorhaben „MOONRISE – Mass Customization für die Einführung produktionsnaher IT-Systeme in Unternehmensnetzwerken“ wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in den Programmen „Zukunft und Wertschöpfung-Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ und „Innovation & Strukturwandel gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

Planspiele: innovative Lernformate im Bereich Digitalisierung, Nachhaltigkeit und KI

Johanna PFENNING[1], Ilknur ATAKLI-AHMED[1], Sarah RÜBEL[2]

[1] Institut für Technologie und Arbeit (ITA),
Trippstadter Str. 113, D-67663 Kaiserslautern
[2] Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz,
Stuhlsatzenhausweg 3, D-66123 Saarbrücken

Kurzfassung: Planspiele sind innovative Instrumente zur Wissensvermittlung und Kompetenzentwicklung. Im Rahmen des BMWK geförderten Projekts Mittelstand-Digital Zentrum Kaiserslautern (MDZ KL), wurden Planspiele im Kontext der digitalen Transformation, Nachhaltigkeit und Künstlichen Intelligenz (KI) entwickelt. Die Planspiele kommen in KMU zum Einsatz, um diese komplexen Themen erfahrbar zu machen und KMU zur Erarbeitung eigener, praxisnaher Problemlösungen zu befähigen. Zwar birgt die Methode „Planspiel“ auch Einschränkungen, die Erfahrung mit und Evaluation der Planspiel-Workshops hat jedoch gezeigt, dass Planspiele ein wirksames Instrument zur Sensibilisierung von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) in den Bereichen Digitalisierung, Nachhaltigkeit und KI sein können.

Schlüsselwörter: Digitalisierungsprojekte, KI, KI-Readiness, Nachhaltigkeit, Change-Management, Planspiel-Methode

1. Ausgangssituation

Digitalisierung, KI und Nachhaltigkeit sind Themen, die das betriebliche Umfeld beeinflussen und so die Arbeitswelt von Mitarbeitenden auf sozialer und organisationaler Ebene grundlegend verändern. Der langfristige Erfolg dieser Veränderungen hängt von der Akzeptanz der Mitarbeitenden ab. Insbesondere die frühzeitige Einbindung der Mitarbeitenden und ein strategisches Vorgehen bei der Umsetzung der Veränderungsprozesse sind entscheidende Faktoren für deren Erfolg (Hellge et al. 2018). Betrachtet man darüber hinaus spezifische und technische Themen wie KI, stellt man fest, dass KMU aufgrund von Unsicherheit oder Wissenslücken zudem Schwierigkeiten haben, konkrete und zielorientierte Entscheidungen zu treffen (Peretz-Andersson et al. 2024). Um KMU bei diesen Prozessen zu unterstützen, wurden in dem vom BMWK geförderten Projekt MDZ KL mehrere interaktive Planspielformate entwickelt. Im Folgenden wird der wissenschaftliche Hintergrund von Planspielen, die Planspiele zu Digitalisierung, Nachhaltigkeit und KI, und Erfahrungen damit vorgestellt.

2. Planspiele als Format zur Wissensvermittlung

Der Einsatz von Planspielen ermöglicht, dass zentrale Faktoren und Dynamiken einer Situation erfahrbar gemacht werden können. Planspiele stellen komplexe Situationen dar, die in der Realität schwer nachvollziehbar und lösbar sind (Kriz und

Nöbauer 2015). In einem sicheren Raum treffen Teilnehmende eigenständig Entscheidungen und können Fehler machen, aus denen sie lernen, ohne reale Konsequenzen befürchten zu müssen. Sie schaffen somit eine Umgebung, in der praxisnahe Problemstellungen, wie die Einführung neuer Technologien, von allen Mitarbeitenden bearbeitet werden können. Dabei erfordert das Planspiel, dass sich die Spielenden intensiv mit den jeweiligen Problemstellungen auseinandersetzen, Herausforderungen analysieren und handlungsorientierte Lösungsansätze gemeinschaftlich erarbeiten (Anstätt et al. 2022). Dies führt zu einer hohen Involvierung der Teilnehmenden, steigert ihre Motivation und fördert den Lernerfolg und den langfristigen Kompetenzaufbau (Cron und Langner 2011). Bei den im Projekt entwickelten Planspielen handelt es sich um geschlossene, trainergeführte Spiele, deren Rahmenhandlung und grundlegender Ablauf vorstrukturiert sind. Innerhalb dieses Rahmens haben die Teilnehmenden die Freiheit, eigenständige Entscheidungen zu treffen. Die moderierende Person begleitet das Spielgeschehen und vermittelt fachliches Wissen. Zudem werden die Ereignisse in der Reflexionsphase mit den Teilnehmenden besprochen, um die gewonnenen Erkenntnisse auf die eigene berufliche Realität zu übertragen, und das erworbene Wissen in den Arbeitsalltag zu integrieren (Anstätt et al. 2022).

3. Planspiel: Digitalisierung richtig angehen

Im Planspiel „Digitalisierung richtig angehen“ setzen sich die Teilnehmenden mit der Realisierung eines Digitalisierungsvorhabens auseinander, wobei sie die unterschiedlichen Perspektiven der Stakeholder Geschäftsführung, Mitarbeitenden, Fachabteilung und Betriebsrat einnehmen. Zusätzlich wird die Technikentwicklung über einen „Spieler“ in den Prozess integriert. Durch die Bearbeitung konkreter Aufgabenstellungen, werden die unterschiedlichen Interessen sowie potentielle Konfliktfelder der Interessensgruppen im Unternehmen beleuchtet. Außerdem wird erfahrbar gemacht, dass sich der Erfolg des Digitalisierungsprozesses nur dann einstellt, wenn alle Interessengruppen eingebunden sind und der Fokus nicht nur auf der Technologieentwicklung liegt. Die Entwicklung der Planspiele erfolgte jeweils in einem interdisziplinären Team aus Informatiker*innen, Arbeitswissenschaftler*innen, Betriebswirt*innen und Ingenieur*innen. Für die Entwicklung der Rollen der relevanten Interessensgruppen im Unternehmen, wurde die sogenannte Persona-Methode aus dem Design-Thinking verwendet.

3.1 Ablauf eines Planspiel-Workshops

Die Teilnehmenden finden sich um Gruppentische zusammen und nehmen anhand von Rollenkarten die Perspektiven von Geschäftsführung, Mitarbeitenden, Fachabteilung und Betriebsrat ein. Zu Beginn des Planspiels wird der simulierte Anwendungsfall vorgestellt, auf den sich die Handlungen im Spiel beziehen. Die zentrale Aufgabe besteht darin, eine Strategie für die Umsetzung eines Digitalisierungsvorhabens zu entwickeln. Die Teilnehmenden durchlaufen nacheinander die vier Phasen des digitalen Transformationsprozesses. In jeder Phase lernen die Spielenden Maßnahmen kennen, mit denen alle beteiligten Parteien informiert und in die Veränderung einbezogen werden können. Für jede Phase steht den Spielenden ein Budget von 25 *Digi-Coins* zur Verfügung, die sie nach gemeinsamer Diskussion in verschiedene Maßnahmen investieren können. Nach der Auswahl geeigneter Maßnahmen, müssen diese in eine priorisierte Reihenfolge gebracht werden, was die gruppeninterne Meinungsbil-

dung und Strategieentwicklung weiter fördert. Abhängig von den gewählten Maßnahmen, dürfen die Spielfiguren der verschiedenen Parteien nach vorne gerückt werden. Ziel ist es, die Figuren möglichst gleichmäßig Richtung Phasenende zu bewegen. Dies wird auch durch die Mechanik unterstrichen, dass der Punkteabstand zwischen der vordersten und hintersten Figur von der Gesamtpunktezahl der Phase abgezogen wird. Zum Ende werden die Punkte aller Phasen zusammengezählt. Bei parallel spielenden Gruppen, gewinnt die Gruppe mit der höchsten Punktezahl. Insgesamt arbeiten die Spielenden jedoch darauf hin, die Höchstpunktezahl zu erreichen. Neben den spielerischen Elementen erhalten die Teilnehmenden vor jeder Phase einen kurzen theoretischen Input, der die zentralen Aspekte und Schwerpunkte der jeweiligen Phase erläutert. Nach Abschluss jeder Phase erfolgt eine Reflexionsrunde, in der die Teilnehmenden die Erfahrungen aus dem Planspiel auf die Situation ihres Unternehmens übertragen und Anknüpfungspunkte für eigene Maßnahmen und Strategien entwickeln.

2.2 Digitaler Transformationsprozess

Ein definierter digitaler Transformationsprozess bietet Unternehmen eine strukturierte Vorgehensweise zur Planung und Umsetzung von Digitalisierungsvorhaben. Er zeigt zentrale Aspekte und Entscheidungen auf, die in den verschiedenen Phasen dieses mehrdimensionalen Veränderungsprozesses berücksichtigt werden müssen. Der Prozess startet mit der Orientierungsphase, in der bestehende Lösungen analysiert, Chancen und Herausforderungen für das Unternehmen identifiziert und eine klare Vision für die Zukunft entwickelt werden. Dazu gehört auch die Bewertung des aktuellen Standes des Unternehmens und die Entwicklung einer übergeordneten Digitalisierungsstrategie. In der Planungsphase erfolgt die detaillierte Festlegung der Projektziele, der beteiligten Akteure, des zeitlichen Rahmens und der benötigten Ressourcen. Wesentlich ist hierbei, dass alle relevanten Stakeholder frühzeitig informiert und ein Projektteam mit klar definierten Rollen zusammengestellt wird. Die Realisierungsphase markiert den Beginn der praktischen Umsetzung. Neben der technischen Implementierung umfasst sie die organisationsbezogene Begleitung der Veränderung, etwa durch die Einbindung und Qualifizierung der Mitarbeitenden sowie die Sicherstellung eines kontinuierlichen Informationsflusses. Nach Abschluss der Umsetzung schließt sich die Auswertungsphase an. In dieser Phase analysiert das Projektteam die „Lessons Learned“, reflektiert Erfolge und Herausforderungen und evaluiert die Akzeptanz der Veränderungen innerhalb des Unternehmens. Falls erforderlich, werden Nachbesserungen vorgenommen, um die Nachhaltigkeit des Transformationsprozesses sicherzustellen (Hellge et al. 2018).

4. Planspiel: Nachhaltig digitalisieren

Auf Grund der steigenden Wichtigkeit des Themas Nachhaltigkeit in Digitalisierungsvorhaben, wurde die Grundversion des Planspiels „Digitalisierung richtig angehen“ von Experten*innen für Nachhaltigkeit des MDZ KL und des BAUM e.V. weiterentwickelt. Dazu wurde die bestehende Version um Nachhaltigkeitsaspekte zum Planspiel „Nachhaltig digitalisieren“ erweitert. Es wurden zusätzliche Ereignis- und Aktionskarten entwickelt, die Nachhaltigkeitsaspekte und -aufgaben in das Spiel integrieren. Außerdem wurde eine Nachhaltigkeitsskala eingeführt, die ökologische, soziale und ökonomische Nachhaltigkeitsaspekte der Digitalisierungsprojekte bewertet. Die Nach-

haltigkeitsskala reicht von -5 bis +5 und repräsentiert die Außenwahrnehmung des Beispielunternehmens. Um Folgeeffekte der Wahrnehmung von außen aufzuzeigen, wurden Effektkarten entwickelt. Die Konsequenzen der Effektkarten fallen in Abhängigkeit des erreichten Skala-Levels positiv oder negativ aus. Bestehende Spielelemente wurden ebenfalls überarbeitet und mit Nachhaltigkeitsbewertungen und Erläuterungen ergänzt. Die Spieldynamik und Grundlogik wurde dabei nicht verändert. Das Planspiel soll über Nachhaltigkeitsmöglichkeiten und Potenziale informieren und für die Verzahnung der Themen Digitalisierung und Nachhaltigkeit sensibilisieren. Digitalisierungs- und Nachhaltigkeitsentscheidungen können im Widerspruch stehen, einander unterstützen, oder gleichzeitig umgesetzt werden, ohne einander zu beeinflussen (Jacob M. 2019). Dieser Zusammenhang wird in der Nachhaltigkeitsversion des Planspiels deutlich und soll Unternehmen dazu befähigen, eine bewusste Entscheidung zu treffen, die sowohl Digitalisierungspotenziale, als auch soziale, ökonomische und ökologische Aspekte in die Entscheidungsfindung miteinbezieht. Sowohl das Planspiel zu „Nachhaltig digitalisieren“ als auch „Digitalisierung richtig angehen“ wurden als Orientierungsinstrumente für Digitalisierungsvorhaben entwickelt, und bilden einen Ausgangspunkt für Folgeworkshops und vertiefende Lerninhalte, die Unternehmen auf der Reise ihrer digitalen Transformation unterstützen können.

5. KI-Planspiel

Weiterhin wird auch Künstliche Intelligenz für KMU immer relevanter und bietet Möglichkeiten, sich kompetitiv im Markt zu behaupten. Der Weg zu mehr KI-Bereitschaft kann jedoch insbesondere für KMU komplex sein, da eine holistische Transformation angestrebt werden muss, die das Unternehmen als Ganzes beeinflussen (Alsheibani et al., 2018; Peretz-Andersson et al., 2024). Das Planspiel KI wurde mit Expert*innen des Deutschen Forschungszentrums für künstliche Intelligenz (DFKI) und dem MDZ KL als neue KI-Version des Grundspiels entwickelt, um Unternehmen Fach- und Methodenkompetenz in den vier Bereichen der KI-Bereitschaft (Technologie, Organisation, Umwelt und Menschen) zu vermitteln und sie nachhaltig auf den erfolgreichen Einsatz von proprietären KI-Anwendungen vorzubereiten (Rübel & Hussung 2024). Die Spielenden durchlaufen entlang der Phasen eines KI-Projektes einen KI-Anwendungsfall. Dabei müssen die Spielenden die verfügbaren *Neuromarks* effizient als Währung einsetzen, gemeinsam auf unvorhersehbare Ereignisse reagieren und gleichzeitig darauf achten, dass alle Akteure gleichermaßen in Entscheidungen eingebunden werden. Die Spieldynamik und Grundlogik des Grundspiels blieben demnach auch in dieser Version unverändert. Um der iterativen und adaptiven Vorgehensweise von KI-Projekten gerecht zu werden, wurde eine fünfte Spielphase integriert. Diese Phase betrachtet die zum Ende der vierten Phase erreichen Punkte. Je besser sich das Unternehmen bisher aufgestellt hat, desto weniger KI-Readiness muss aufgeholt werden und desto kürzer fällt die fünfte Phase aus. Die erworbenen Handlungskarten beinhalten neben den Punkten des KI-Projektfortschritts KI-Readiness-Punkte für Maßnahmen, die einen besonderen Fokus auf KI-Komponenten haben und werden gemeinsam für jede Phase auf der ergänzten KI-Readiness-Skala eingetragen. Die Skala untergliedert sich in fünf Bereitschafts-Level und stellt das formelle Ergebnis des KI-Planspiels für die Spielenden im kooperativen Modus dar. Es gibt demnach keine Gewinner. Vielmehr zählt der Gedanke „wir gegen das Spiel“ indem das höchstmögliche Readiness-Level und so viele Punkte wie möglich erreicht werden sollen. Werden mehrere Exemplare des Spiels gleichzeitig verwendet, gewinnt

im kompetitiven Wettbewerbsmodus die Gruppe, die den höchsten KI-Readiness-Level erreicht hat. Das Planspiel ist Teil einer übergeordneten KI-Befähigungskette und orientiert sich inhaltlich an dem am DFKI entwickelten KI-Readiness Check (KIRC) (Rübel et al. 2019).

6. Diskussion/ Erfahrungen und Evaluation

Unternehmensplanspiele bieten eindrückliche Lernerfahrungen, weisen allerdings auch kritische Aspekte auf, die einer methodischen Reflexion bedürfen. Ein zentraler Kritikpunkt ist die oft unzureichende Berücksichtigung qualitativer Faktoren, wie z. B. Unternehmenskultur, Führungsverhalten, Innovationsfähigkeit etc., die in realen Unternehmenssituationen eine bedeutende Rolle spielen können. Darüber hinaus stößt das Simulationsmodell an Grenzen, wenn es darum geht, die Komplexität wirtschaftlicher Entscheidungsprozesse vollständig abzubilden. Nicht alle potenziellen Einflussgrößen können im Modell erfasst und implementiert werden. Zudem kann der unvermeidliche Einfluss subjektiver Vorstellungen der Spielentwickler*innen auf die Gestaltung und Dynamik des Planspiels zu einer gewissen Verzerrung der simulierten Realität führen. Aus praktischer Sicht stellen die hohen Kosten und Zeitaufwand, sowohl in der Entwicklung als auch in der Durchführung von Planspielen, eine nicht zu unterschätzende Hürde dar. Erkenntnisse aus den Workshops zeigen jedoch deutlich die Sinnhaftigkeit des Einsatzes. Zu Beginn übernimmt die Geschäftsführung oft eine dominante Rolle, während andere Rollen tendenziell zurückbleiben. Dies führt in der Reflexionsphase dazu, dass die Teilnehmenden die Gründe und mögliche Verbesserungen für die nächste Phase kritisch betrachten. Im weiteren Verlauf des Spiels zeigt sich eine deutliche Lernkurve. Die Spielenden entwickeln zunehmend die Fähigkeit, alle Parteien effektiver und ausgewogener einzubeziehen. Dies verdeutlicht den Lernprozess der Teilnehmenden und unterstreicht das Potenzial von Planspielen für die Förderung von Teamarbeit und inklusiver Entscheidungsfindung. Im Zuge der Evaluation des Planspiels gaben 95% der Befragten an, dass sie durch das Planspiel praxisnahe Ansatzpunkte für die Umsetzung von Digitalisierung in ihren Unternehmen mitnehmen konnten, was das übergeordnete Ziel der Planspiel-Workshops widerspiegelt. Zudem machten offene Rückmeldung positive Aspekte wie „praxisnah“, „offene Atmosphäre“, „Art der Wissensvermittlung“, „der Interaktive Austausch“, oder „nützliche aha-Momente“ deutlich.

7. Fazit

Bei der Entwicklung und dem Einsatz von Planspielen als Instrumente für Veränderungsprozesse und Wissensvermittlung empfiehlt es sich, von Beginn an ein flexibles und thematisch erweiterbares Grundkonzept zu erstellen. Die Integration des Evaluationsprozesses, einschließlich der Outcome-Evaluation, sollte von Anfang an mitgedacht werden. Zudem sollte das Planspiel gezielt als Werkzeug zur Reflexion und Sensibilisierung eingesetzt werden, unterstützt durch sorgfältig ausgearbeitete Begleitmaterialien wie Leitfäden, FAQs und Handreichungen für Moderator*innen. Trotz des erheblichen Entwicklungsaufwands kann sich die Investition auch für KMU lohnen, da neue Zugänge zur Wissensvermittlung erschlossen werden. Es ist wichtig, die Teilnehmenden auf eine aktive Mitwirkung vorzubereiten und die entstehende Gruppendynamik als zusätzlichen Lerneffekt zu nutzen. Eine besondere Herausforderung liegt

in der ausgewogenen Integration von spielerischen Elementen und Wissensvermittlung. Bei erfolgreicher Umsetzung sollten Möglichkeiten zur Monetarisierung und zum breiteren Einsatz, etwa durch Workshops oder ein Verleihsystem, geprüft werden. Die Durchführung sollte flexibel an die jeweilige Zielgruppe angepasst werden, sei es ein einzelnes Unternehmen oder Teilnehmende aus verschiedenen Organisationen. Schließlich ist es ratsam, offen für kontinuierliche Anpassungen und Verbesserungen basierend auf Feedback und Erfahrungen aus den Durchführungen zu bleiben.

8. Literatur

Alsheibani, S., Cheung, Y., & Messom, C. (2018). Artificial intelligence adoption: AI-readiness at firm-level. In Pacific Asia Conference on Information Systems 2018 (p. 37). Association for Information Systems.

Anstätt, K., Schmidt, M., & Bertagnolli, F. (2022). Einführung: Planspiele und Ressourceneffizienz. In Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit: Sechs Planspiele für die betriebliche Weiterbildung (pp. 3-16). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Cron, C., & Langner, F. (2011). Spielend lernen! Zur Didaktik von Lernspielen am Beispiel der Wettbewerbspolitik. Ökonomie spielerisch lernen. Kompetenz gewinnen. Spiele, Rollenspiele, Planspiele, Simulationen und Experimente, 2, 20-27.

Hellge, V.; Schröder, D.; Zink, K.J. (2018): Der Readiness Check Digitalisierung als Instrument im digitalen Transformationskonzept. In: Lingnau, V., Müller-Seitz, G., Roth, S. (Hrsg.): Management der digitalen Transformation: Interdisziplinäre theoretische Perspektiven und praktische Ansätze. Vahlen. S.171-185.

Jacob, M. (2019). Digitalisierung & Nachhaltigkeit. Eine unternehmerische Perspektive.

Kriz, W. C., & Nöbauer, B. (2015). Den Lernerfolg mit Debriefing von Planspielen sichern. Planspiele und Serious Games in der beruflichen Bildung. Auswahl, Konzepte, Lernarrangements, Erfahrungen–Aktueller Katalog für Planspiele und Serious Games, CD-ROM, 5.

Peretz-Andersson, E., Tabares, S., Mikalef, P., & Parida, V. (2024). Artificial intelligence implementation in manufacturing SMEs: A resource orchestration approach. International Journal of Information Management, 77, 102781.

Rübel, S., Hussung, C. (2024). Wie fit ist Ihr Unternehmen für KI? Der KI-Readiness Check zum Entdecken Ihres KI-Potenzials. Wissenschaft trifft Praxis: Mittelstand-Digital-Magazin, 22, S.12-17.

Rübel, S., Rebmann, A., Emrich, A., Klein, S., Loos, P. (2019). Improving Business Model Configuration through a Question-based Approach. 14th International Conference on Wirtschaftsinformatik, Siegen, S. 1892-1903.

Danksagung: Die Forschung in diesem Beitrag wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Rahmen des Netzwerks Mittelstand-Digital im Mittelstand-Digital Zentrum Kaiserslautern gefördert.

Entwicklung einer kognitionsbasierten Schnittstelle für die Mensch-Technik-Interaktion zur Förderung des energieeffizienten Handelns im Produktionskontext

Tina MORGENSTERN[1], Christin REUTER[1], Sven GLEICH[2], Esther LAPCZYNA[3], Vincent THIELE[3], Thomas LAMPKE[1], Franziska BOCKLISCH[1]

[1] Professur Werkstoff- und Oberflächentechnik, Abteilung „Human-Cyber-Physical Systems“, TU Chemnitz, Erfenschlager Straße 73, D-09125 Chemnitz
[2] Vitesco Technologies GmbH (Teil der Schaeffler AG), Ostring 7, D-09212 Limbach-Oberfrohna
[3] Gesellschaft für Technische Visualistik mbH, Würzburger Str. 58, D-01187 Dresden

Kurzfassung: Ziel der vorliegenden Arbeit war es, Anforderungen für die Entwicklung einer kognitionsbasierten Mensch-Technik-Interaktions-schnittstelle (KoMTI) zur Förderung des energieeffizienten Handelns im Produktionskontext zu identifizieren. Hierfür wurden unter Verwendung des modular aufgebauten Ko-MTI-Methodenbaukastens strukturierte (Beobachtungs-)Interviews mit Mitarbeitenden im Produktionsbetrieb sowie auf Leitungsebene ($N = 7$) geführt. Es zeigte sich u. a., dass die Sensibilität der Belegschaft für betriebliche Energieeffizienz aufgrund mangelnder wahrgenommener Handlungsmöglichkeiten eher gering ausgeprägt ist. Zudem ist die Bedienung der ausgewählten Produktionsprüflinie komplex. Eine zusätzliche Schnittstelle sollte daher höhere kognitive Prozesse unter-stützen, gut verständlich sein und klare Handlungsanweisungen beinhalten.

Schlüsselwörter: kognitionsbasierte Mensch-Technik-Interaktion, Schnittstellenentwicklung, Energieeffizienz, Produktion

1. Einleitung

Die Europäische Kommission verfolgt mit dem European Green Deal das Ziel, bis 2050 klimaneutral zu sein (European Commission 2019). Da auf die Energieerzeugung und den -verbrauch ein Großteil der Treibhausgasemissionen entfällt, rückt das Thema Energieeffizienz immer stärker in den Fokus. Der Anteil aller Produktionsbereiche am deutschen Primärenergieverbrauch entsprach im Jahr 2022 circa 70 %, womit die Industrie derzeit den größten Energieverbrauch aufweist (Umweltbundesamt 2024). Eine Reduktion des industriellen Energieverbrauchs ist in den nächsten Jahren daher dringend nötig. Digitalisierungslösungen (z. B. Energiemanagementsysteme) bieten dabei vielversprechende Möglichkeiten, die Energieeffizienz zu steigern.

1.1 Energiemanagementsysteme und der Bedarf an Menschzentrierung

Energiemanagement (d. h. der gezielte Einsatz von Methoden und Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz unter Berücksichtigung von Kosten sowie einer ununterbrochenen Energieversorgung; siehe Javied et al. 2015) wird für produzierende

Unternehmen zunehmend wichtiger, um langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben. Die Möglichkeiten reichen derzeit von gezielten Einzelmaßnahmen (z. B. Austausch von Antrieben) über die Durchführung von Energie-Audits bis hin zur Implementierung von Managementsystemen und Automatisierungslösungen (Patterson at al. 2022). Insbesondere die (Echtzeit-)Analyse von Energiedaten zur Identifikation von Energiemustern (z. B. Javied et al. 2018), die Integration von Maschinellem Lernen zur Entwicklung von Vorhersagemodellen (z. B. Lee et al. 2024) sowie die Nutzung von Automatisierung zur gezielten Anpassung von Produktionsprozessen (z. B. Pease et al. 2018) sind vielversprechende Ansätze.

Herausforderungen für die praktische Implementation von Energiemanagementsystemen entstehen gegenwärtig dort, wo die menschliche Interaktion mit technischen Lösungen eine wichtige Rolle spielt (Lee et al. 2024). Wie Mitarbeitende und andere Beteiligte in Entscheidungen zu Design, Entwicklung und Umsetzung der Systeme einbezogen werden können, bleibt in aktuellen (Forschungs-)Ansätzen oft unbeantwortet. Die Schaffung ressourceneffizienter Fertigungsprozesse durch Digitalisierung und konsequent menschzentrierte Technikgestaltung sind jedoch Kernziele von Industrie 5.0 (European Commission 2021). Menschzentrierung wird als ein multidimensionales Rahmenkonstrukt verstanden, das menschliche Bedürfnisse, Charakteristiken, Motivation und Erfahrung in den Mittelpunkt für Design, Entwicklung und Implementation von technischen Lösungen stellt. Dies stellt sicher, dass neben funktionalen und produktivitätsbezogenen Leistungsanforderungen auch Aspekte wie menschliches Wohlbefinden berücksichtigt werden (European Commission 2024).

User Centered Design (UCD, ISO-Norm 9241-210:2019) ist eine Methode, bei der die späteren Nutzenden von Beginn an in den Gestaltungsprozess einbezogen werden. Der Fokus liegt auf einer nutzungsfreundlichen Gestaltung von technischen Lösungen. Die Integration von kognitiven Prozessen wird mit dem UCD-Ansatz nicht explizit verfolgt, ist aber von besonderer Bedeutung, um Assistenz zu ermöglichen und unerwünschte Nebeneffekte zu vermeiden (Morgenstern et al. 2024; Bocklisch & Lampke 2024). Neue Systeme sollten demnach so gestaltet werden, dass sie nicht nur bedienungsfreundlich, sondern auch kognitiv plausibel sind, die menschliche Arbeitskraft komplementär ergänzen und eine gemeinsame Wissensbasis darstellen (Bocklisch & Huchler 2023).

1.2 Methodenbaukasten zur Entwicklung kognitionsbasierter Mensch-Technik-Interaktionsschnittstellen (Ko-MTI)

Eine Herangehensweise zur kognitionsbasierten Auslegung komplexer technischer Systeme stellt der Ko-MTI Methodenbaukasten dar, welcher im Rahmen des Förderprojekts „Kognitionsbasierte Mensch-Technik-Interaktion“ (Ko-MTI; gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung) entwickelt wurde (Bocklisch et al. 2023). Der Methodenbaukasten besteht aus vier Modulen und zwölf Submodulen, denen verschiedene Methoden (z.B. (Experten-)Befragungen, Blickanalysen, UCD-Ansatz) sowie Modellierungsverfahren zugeordnet sind (siehe Abb. 1). Dabei wird ein ganzheitliches Vorgehen angestrebt, das von der Analyse der globalen Systemebene über die Identifikation, Analyse und ggf. Modellierung kognitiver Prozesse des Menschen (z. B. Problemlöse- und Entscheidungsprozesse) bis hin zur Technikentwicklung und Implementation sowie deren Evaluation und Folgenabschätzung reichen kann. Je nach Fragestellung und Anwendungskontext können die Module flexibel genutzt werden. Durch dieses Vorgehen können Transparenz geschaffen und kognitionsbasierte Assistenz realisiert werden.

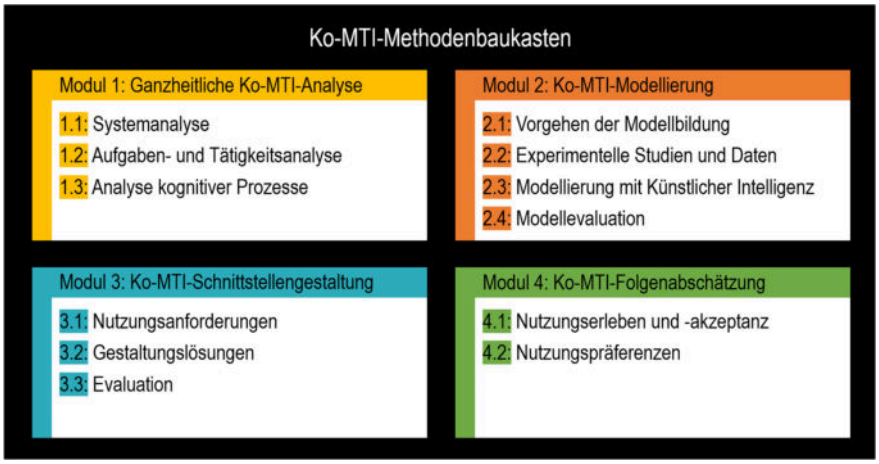


***Abbildung 1**: Ko-MTI Methodenbaukasten zur kognitionsbasierten Auslegung komplexer technischer Systeme (Website: mytuc.org/qvqb).*

1.3 Ziel der vorliegenden Arbeit

Gegenstand der vorliegenden Arbeit war es, Anforderungen für die Entwicklung einer kognitionsbasierten Mensch-Technik-Interaktionsschnittstelle zur Förderung des energieeffizienten Handelns im Produktionskontext zu identifizieren (Ko-MTI Module 1 und 3). Als ein exemplarischer Bestandteil eines Fertigungsprozesses wurde eine Prüflinie eines Unternehmens der Automobilzulieferindustrie ausgewählt, für welchen die Mitarbeitenden zu energieeffizientem Handeln befähigt werden sollen.

2. Methodisches Vorgehen

Zur ganzheitlichen Ko-MTI-Analyse sowie Identifikation von Nutzungsanforderungen wurden strukturierte (Beobachtungs-) Interviews mit Maschinenbedienenden sowie mit Mitarbeitenden auf Leitungsebene durchführt.

2.1 Teilnehmende

Insgesamt wurden $N = 4$ Maschinenbedienende bei ihrer Arbeit an der Prüflinie beobachtet und befragt sowie $N = 3$ Personen auf Leitungsebene interviewt. Die Maschinenbedienenden beschrieben sich auf einer Skala von 1 (nicht erfahren) bis 10 (sehr erfahren) als überwiegend erfahren in Bezug auf das Bedienen der Prüflinie im Vergleich zu anderen Mitarbeitenden ($M = 6.8$, $SD = 1.7$)

2.2 Interviewleitfaden

Die Erstellung der Interviewleitfäden zur ganzheitlichen Ko-MTI Analyse (Module 1.1., 1.2., 1.3.) und Identifikation von Nutzungsanforderungen (Modul 3.1) erfolgte basierend auf dem Mehr-Ebenen-Ansatz unter besonderer Berücksichtigung von Mensch, Technik und Organisation (MTO; Strohm & Ulich 1997) sowie eigenen Überlegungen. Die Interviewleitfäden waren größtenteils gleich; die Mitarbeitenden auf Leitungsebene erhielten jedoch zusätzliche Fragen zur Arbeitsorganisation (siehe Tab. 1).

Tabelle 1: *Fragenkategorien sowie Beispielfragen aus dem Interviewleitfaden mit Zuordnung zu entsprechenden Ko-MTI Modulen.*

Fragenkategorie	Beispielfrage(n)
Ko-MTI Modul 1.1.: Systemanalyse „Prüflinie“	
Arbeitsorganisation (nur Leitungsebene)	Welche hierarchischen Ebenen gibt es an der Prüflinie? Wer trifft welche aufgabenbezogenen Entscheidungen?
Definition Arbeitssystem	Welches sind die vor- und nachgelagerten Produktionsschritte?
Technische Hilfsmittel	Welche Arbeitsmittel und Informationen stehen zur Verfügung?
Ko-MTI Modul 1.2.: Aufgaben- und Tätigkeitsanalyse an der Prüflinie	
Primär-, Sekundäraufgabe	Was ist sind (Haupt-)Aufgaben und Ziele bei der Arbeit?
Ko-MTI Modul 1.3.: Analyse kognitiver Prozesse bei der Bedienung der Prüflinie	
Probleme, Störungen, Maintenance	Zu welchen Störungen kann es kommen? Welche Ursachen haben die Störungen? Wie werden sie gelöst?
Ko-MTI Modul 3.1.: Nutzungsanforderungen an die Schnittstellengestaltung	
Einstellung zu Energie	Welche Rolle spielt das Thema Energie(verbrauch) für Sie?
Nutzungsanforderungen an ein Energie-Display	Könnten Sie sich die Nutzung von technischen Geräten zur Anzeige von Energieverbräuchen im Arbeitsumfeld vorstellen? Warum (nicht)?

2.3 Durchführung

Nach der Begrüßung der Teilnehmenden und Einholung des Einverständnisses zur Datenerhebung erfolgte die Beobachtung der Maschinenbedienenden bei ihrer Arbeit an der Prüflinie durch zwei Beobachtende, die die einzelnen Arbeitsschritte protokollierten. Die Arbeitsschritte sollten laut verbalisiert werden. Im Anschluss fand ein strukturiertes Interview statt (Aufzeichnung mit Diktiergerät). Die Erhebung erfolgte einzeln. Bei den Mitarbeitenden auf Leitungsebene entfiel die Beobachtung. Insgesamt dauerten die Beobachtungen ca. 20-30 min, die Interviews ca. 15-30 min.

3. Ergebnisse

Die Beobachtungs- und Interviewdaten wurden transkribiert, zusammengefasst und entlang der Ko-MTI Module kategorisiert. Demnach wurden Beobachtungen bzw. Aussagen in die Kategorien (a) Arbeitssystem „Prüflinie“, (b) Arbeit und Tätigkeit an der Prüflinie, (c) kognitive Prozesse bei der Bedienung der Prüflinie und (d) Nutzungsanforderungen an die Schnittstellenentwicklung eingeordnet.

3.1 Arbeitssystem „Prüflinie“

An der ausgewählten Prüflinie erfolgt die Einspritzprüfung von Injektoren mithilfe von vier Prüfmodulen. Die Prüflinie wird von einem Maschinenbedienenden per Hand bedient. Zur Aufgabenerfüllung stehen Informationsdisplays zur Verfügung (z. B. Anlagenübersicht). Das Arbeitssystem ist hinsichtlich Anzahl und Qualität der zu prüfenden Injektoren stark abhängig von vorgelagerten Produktionsprozessen (z. B. Hauptmontage). Zum Teil werden im Rahmen des mit dem Kunden freigegebenen Remanufacturing-Prozesses Komponenten aus bereits im Einsatz befindlichen Injektoren aufbereitet und nach Qualitätsprüfung verbaut. Da es aufgrund dessen an der Prüflinie zu Störungen verschiedener Art und Komplexität kommen kann (z. B. Prüfkopffehler, Laserfehler), die der Maschinenbedienende diagnostizieren und beheben sollte, han-

delt es sich um ein komplexes Arbeitssystem. Die Anlernzeit neuer Mitarbeitender ist mit drei bis sechs Monaten hoch.

3.2 Arbeit und Tätigkeit an der Prüflinie

Die Hauptaufgabe der Maschinenbedienenden besteht im Prüfen der Injektoren. Hierzu müssen diese aus einem Trolley entnommen, eingescannt, auf das Band gelegt und der Prüfprozess gestartet werden. Nach erfolgreicher Prüfung werden die Injektoren vom Band genommen und in eine Kiste gepackt. Etwaige Störungen müssen behoben sowie die Prüflinie nach Bedarf umgerüstet werden. Die Beobachtungs- und Interviewdaten zeigten, dass selten alle Prüfmodule ausgelastet sind. Gründe hierfür sind u.a. beschränkte zeitliche Ressourcen (d. h. ein Maschinenbedienender schafft es wegen zusätzlicher Störungsbehebungen oftmals nicht, alle Module zu versorgen). Derzeit fehlen konkrete Informationen, wann ein An-/Abschalten einzelner Module im Sinne eines energieeffizienten Handelns sinnvoll ist.

3.3 Kognitive Prozesse bei der Bedienung der Prüflinie

Aufgrund der Komplexität möglicher auftretender Probleme und Störungen während des Prüfprozesses werden höhere kognitive Funktionen des Maschinenbedienenden beansprucht. Der Bedienende muss den Prüfprozess beobachten, auftretende Probleme erkennen (z. B. Prüfkopffehler), diagnostizieren (z. B. Prüfkopftisch ist verstellt) und darauf basierend lösen und beheben (z. B. Prüfkopftisch neu einstellen). Hierzu ist es häufig notwendig, Daten und Informationen aus verschiedenen Stationen und Displays der Prüflinie zu suchen und selbstständig miteinander zu verknüpfen. Der Problemlöseprozess (v. a. die Identifikation der Problemursache) ist stark abhängig von der Erfahrung und individuellen Motivation.

3.4 Nutzungsanforderungen an die Schnittstellenentwicklung

Aus den Interviews wurde deutlich, dass Energieverbrauchsthemen fast allen Mitarbeitenden im privaten Umfeld wichtig sind. Am Arbeitsplatz ist es – trotz bestehender Ziele zur Energieeinsparung auf Leitungsebene – (noch) kein Thema, das in der Fertigungshalle besprochen und beachtet wird. Neue, unterstützende Anzeigen zu Energieverbräuchen werden als interessant erachtet, gleichzeitig bestehen Zweifel, ob hierdurch etwas beeinflusst werden kann. Insgesamt zeigte sich, dass die Sensibilität der Belegschaft für betriebliche Energieeffizienz aufgrund mangelnder wahrgenommener Handlungsmöglichkeiten eher gering ausgeprägt ist.

4. Implikationen für die Schnittstellenentwicklung und Ausblick

In Tabelle 2 sind die Hauptbefunde sowie die daraus abgeleiteten Implikationen und menschzentrierten Anforderungen an die Schnittstellenentwicklung aufgeführt. Aus den Ergebnissen wurden Handlungsoptionen zur Reduktion des Energieverbrauchs in Form eines Entscheidungsbaums abgeleitet. Diese werden in eine Interaktionsschnittstelle, die die Prüflinienauslastung sowie Energiedaten berücksichtigt, überführt (KoMTI Modul 3: Schnittstellengestaltung). Die Schnittstelle soll anschließend im Produktionsbetrieb implementiert und hinsichtlich Nutzungserleben, -akzeptanz und -präferenzen evaluiert werden (Ko-MTI Modul 4: Folgenabschätzung).

Tabelle 2: *Befunde und daraus abgeleitete Implikationen für die Schnittstellenentwicklung.*

Befunde	**Implikationen/Anforderungen**
Prüfmodule sind selten komplett ausgelastet	Nutzung von Energiedaten zur Einschätzung der benötigten Anzahl an Prüfmodulen (z.B. Abschalten eines Moduls aufgrund geringer Stückzahlen)
Keine Informationen für die Bedienenden, wann ein An-/Abschalten von Prüfmodulen sinnvoll ist	
Bedienung der Prüflinie ist komplex und erfordert höhere kognitive Prozesse	Implementierung einer leicht verständlichen, nutzungsfreundlichen Schnittstelle
Sensibilität für betriebliche Energieeffizienz ist aufgrund mangelnder wahrgenommener Handlungsmöglichkeiten eher gering ausgeprägt	Darbietung von klaren Handlungsanweisungen und Energieeinsparungen zur Steigerung des ökologischen Bewusstseins

5. Literatur

Bocklisch F, Hartwich F, Kreißig I, Rozsa F, Assarzadeh R, Vitay J, Hamker F, Lampke T (2023). Ko-MTI Sachbericht zum Verwendungsnachweis. Accessed Jan 16, 2024. https://edocs.tib.eu/files/e01fb24/1891468677.pdf

Bocklisch F, Huchler N (2023) Humans and cyber-physical systems as teammates? Characteristics and applicability of the human-machine-teaming concept in intelligent manufacturing. Frontiers in Artificial Intelligence 6:1247755.

Bocklisch F, Lampke T (2024) Human-CoMo: A Combination of Cognitive Knowledge Engineering and Data Modelling for Human-Cyber-Physical Systems in Intelligent Manufacturing. Journal of Integrated Design and Process Science.

European Commission (2019) The European Green Deal. Accessed Dec 20, 2024. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.

European Commission (2021) Industry 5.0: A Transformative Vision for Europe. Accessed Dec 20, 2024. https://www.horizon-europe.gouv.fr/sites/default/files/2022-01/industry-5-0-pdf-5324.pdf.

European Commission (2024). ERA Industrial technologies roadmap on human-centric research and innovation for the manufacturing sector. Accessed Dec 20, 2024. https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/4a5594d1-4ee3-11ef-acbc-01aa75ed71a1

Javied T, Rackow T, Franke J (2015) Implementing energy management system to increase energy efficiency in manufacturing companies. Procedia CIRP 26:156-161.

Javied T, Bakakeu J, Gessinger D, Franke J (2018) Strategic Energy Management in Industry 4.0 Environment. In: 2018 Annual IEEE International Systems Conference (SysCon). IEEE, 1-4.

Lee S, Seon J, Hwang B, Kim S, Sun, Y, Kim J (2024) Recent Trends and Issues of Energy Management Systems Using Machine Learning. Energies 17:624.

Morgenstern T, Klichowicz A, Bengler P, Todtermischke M, Bocklisch F (2024) Towards a Cognition-Based Framework Describing Interdisciplinary Expert Team Processes for Cognitive Robotics in Industry 5.0 Technologies. Applied Sciences 14(10):4121.

Patterson McK, Singh P, Cho H (2022) The current state of the industrial energy assessment and its impacts on the manufacturing industry. Energy Reports 8:7297-7311.

Pease SG, Trueman R, Davies C, Grosberg J, Yau KH, Kaur N, Conway P, West A (2018) An intelligent real-time cyber-physical toolset for energy and process prediction and optimisation in the future industrial Internet of Things. Future Generation Computer Systems 79: 815-829.

Strohm O, Ulich E (1997) Unternehmen arbeitspsychologisch bewerten: Ein Mehr-Ebenen-Ansatz unter besonderer Berücksichtigung von Mensch, Technik und Organisation. Zürich: vdf Hochschulverlag (Hrsg).

Umweltbundesamt (2024) Indikator: Energieverbrauch der Industrie. Accessed Dec 20, 2024. https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-energieverbrauch-der-industrie#wie-ist-die-entwicklung-zu-bewerten.

Danksagung: Die vorliegende Arbeit fand im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts REDUCE statt (Förderkennzeichen: 02WDG1694B). Ein besonderer Dank gilt Paulin Wels für die Unterstützung bei Datenerhebung und -auswertung.

Erfolgsfaktoren für die Implementierung unternehmensinterner Chatbots: Eine ganzheitliche Analyse mit dem TOIE-Framework

Tanja SCHWARZ, Kazimierz Adam PRZYBYSZ, Sophia KEIL

Fakultät Wirtschaftswissenschaften und Wirtschaftsingenieurwesen,
Hochschule Zittau/ Görlitz,
Theodor-Körner-Allee 16, 02763 Zittau

Kurzfassung: Die Arbeit untersucht Faktoren für die erfolgreiche Implementierung von unternehmensinternen intelligenten Chatbots. Sie basiert auf einer systematischen Literaturrecherche, in welcher 20 Faktoren als relevant identifiziert wurden. Diese wurden dem TOIE-Framework (Technologie, Organisation, Individuum, Umwelt) zugeordnet, um eine strukturierte Betrachtung zu ermöglichen und Zusammenhänge besser verstehen zu können. Die Ergebnisse zeigen, dass eine erfolgreiche Implementierung von Chatbots nicht allein von technologischen Aspekten abhängt, sondern eine ganzheitliche Betrachtung aller vier Dimensionen erfordert. Die Studie zeigt Forschungslücken bezüglich der langfristigen Akzeptanz durch Mitarbeitende und möglicher regionaler Unterschiede auf.

Schlüsselwörter: Chatbot, TOE Framework, TOIE-Framework, Technologieakzeptanz, KI, KI-Akzeptanz

1. Einleitung

Die heutige Zeit ist geprägt von rasantem technologischem Fortschritt und einer fortschreitenden Digitalisierung der Arbeitswelt. Generative Künstliche Intelligenz (KI) entwickelt sich zu einem zentralen Thema dessen Verständnis für Unternehmen essentiell ist, um langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben. Es wird erwartet, dass der Markt für generative KI in den nächsten Jahren stark wachsen wird, von 67 Milliarden US-Dollar im Jahr 2023 auf über 1,3 Billionen US-Dollar im Jahr 2032 (Bloomberg 2023). Eine weit verbreitete Anwendung generativer KI sind intelligente Chatbots wie ChatGPT von OpenAI oder Gemini von Google, welche zunehmend in verschiedensten Bereichen zum Einsatz kommen. Im Jahr 2023 haben 85 % der Jugendlichen in Deutschland zumindest von ChatGPT gehört und 38 % haben diese Technologie bereits genutzt (Bitkom 2023). Auch im Unternehmenskontext werden solche Lösungen zunehmend verwendet. Entsprechend der genannten Umfrage aus dem Jahr 2023 planen 17 % der befragten Unternehmen in Deutschland die zeitnahe Implementierung eines intelligenten Chatbots.

Die Einsatzmöglichkeiten solcher Chatbots in Unternehmen sind zahlreich, sie reichen von der Unterstützung im Kundenservice bis zur Automatisierung interner Prozesse, wie der Personalverwaltung oder dem internen Wissensmanagement (Stanford Medicine 2024). Chatbots im Marketing und Vertrieb stellen aktuell den häufigsten Anwendungsfall von Chatbots in Unternehmen dar (Fokina 2024). In der Forschung wurde diesbezüglich untersucht, welche Faktoren eine Rolle spielen, damit die Chatbots von den Kunden akzeptiert werden und so den Technologieerfolg sichern. Der

Implementierungserfolg von Chatbots, welche lediglich in unternehmensinternen Prozessen verwendet werden, kann allerdings von unterschiedlichen Faktoren abhängen. Unternehmensinterne Chatbots wurden bisher seltener untersucht, dies unterstreicht die Relevanz der hierin angesiedelten Forschung (Fokina 2024). Bis zum August des Jahres 2024 haben sich laut des durchgeführten systematischen Literaturreviews 32 Studien mit der Untersuchung von Faktoren zur Erfolgssicherung eines unternehmensinternen Chatbots beschäftigt. Diese Literatur wird im vorliegenden Beitrag auf Basis der nachfolgenden Forschungsfrage untersucht:

Welche Faktoren wurden in den bisherigen Studien als relevant für die erfolgreiche Einführung eines unternehmensinternen KI-Chatbots identifiziert und wie können diese in die Dimensionen **T**echnologie, **O**rganisation, **I**ndividuum und **U**mwelt des TOIE-Modells eingeordnet werden?

2. Theoretische Grundlagen

Die Bedeutung intelligenter unternehmensinterner Chatbots wächst stetig, da sie als vielversprechendes Mittel zur Optimierung von Arbeitsprozessen, zur Steigerung der Effizienz und zur ressourcenschonenden Gestaltung betrieblicher Abläufe gelten und somit zur langfristigen Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen beitragen (Aoun Barakat & Dabbous 2019; Sharma et al. 2022). Chatbots können darüber hinaus dazu beitragen, Interaktionen mit digitalen Systemen für Mitarbeitende benutzerfreundlicher und zugänglicher zu gestalten (Mouhcine & Dirsehan 2021). Repetitive Aufgaben werden hierbei automatisiert, sodass sich die Angestellten auf sinnstiftende Aufgaben konzentrieren können (Aoun Barakat & Dabbous 2019).

Unternehmensinterne Chatbots finden an unterschiedlichen Stellen entlang der Wertschöpfungskette Anwendung. Sie können zur Unterstützung des internen Wissensmanagements genutzt werden. Hierbei dienen sie als zentrale Anlaufstelle für Angestellte, um jegliche spezifische Informationen zu erhalten (Sumbal & Amber 2024) Auch können Chatbots in der Ausarbeitung und Durchführung unternehmensinterner Schulungen sowie in der Einarbeitung neuer Mitarbeitender im Personalwesen unterstützen (Ahmad Khan et al. 2024). Des Weiteren sind Chatbots fähig, Echtzeit-Informationen in der Produktion über den Status von Maschinen, Kennzahlen sowie Produktionsprozesse zu überwachen, wenn entsprechende Sensoren zur Datenmessung vorhanden sind (Chen et al. 2021; Sumbal & Amber 2024). In der Logistik kann der Chatbot Daten aus dem Lagerverwaltungssystem analysieren und ausgeben (Mleczko 2021). Die Anwendungsmöglichkeiten intelligenter Chatbotlösungen innerhalb eines Unternehmens sind groß, in jedem Bereich hängt der Erfolg einer solchen Technologie jedoch maßgeblich von in der Literatur identifizierten Faktoren ab (Brachten et al. 2021).

Die Einordnung der relevanten Faktoren erfolgt auf Basis des TOIE-Modells, um die ganzheitliche Beleuchtung der Thematik sowie das Verständnis von Zusammenhängen gewährleisten zu können. Laut Meyer von Wolff et al. (2021) lassen sich viele Einflussfaktoren im Kontext von Chatbots an digitalen Arbeitsplätzen dem TOIE-Framework von Rosli et al. (2012) zuordnen.

3. Methodische Vorgehensweise

Der Beitrag widmet sich der Forschungsfrage, welche Faktoren in den bisherigen Studien als relevant für die erfolgreiche Einführung eines unternehmensinternen Chatbots identifiziert wurden. Dafür wurde eine systematisches Literaturreview in den Datenbanken EBSCOhost, SpringerLink, ScienceDirect und Google Scholar durchgeführt, wobei 32 relevante quantitative Studien als Grundlage identifiziert wurden. Als Suchbegriffe wurden „Chatbot“, „Conversational Agent“, „Technology Acceptance“, „TAM“ und „TOE“ durch die Operatoren „AND“ oder „OR“ verknüpft. Die Kriterien zur Auswahl waren erstens die Veröffentlichung in gerankten Journals sowie zweitens die Analyse das Abstracts auf inhaltliche Übereinstimmung zum Thema. Anschließend wurde eine Inhaltsanalyse der identifizierten Literatur durchgeführt, um die verwendeten Modelle und Faktoren zu identifizieren.

Die identifizierten Faktoren wurden in die Dimensionen Technologie, Organisation, Individuum und Umwelt des TOIE-Modells eingeordnet, um eine ganzheitliche Betrachtung zu gewährleisten. Die Studie von Meyer von Wolff et al., (2021) impliziert, dass es viele Einflussfaktoren gibt, die dem TOIE-Framework von Rosli et al., (2012) zugeordnet werden können, wenn Chatbots an digitalen Arbeitsplätzen eingesetzt werden. Ein digitaler Arbeitsplatz wird hier als eine virtuelle Zusammenkunft von Arbeitsaufgaben, Prozessen, Anwendungssystemen oder Technologien und Menschen beschrieben. Die Einordnung der Faktoren in die vier Dimensionen erfolgte auf Basis einer thematischen Analyse der identifizierten Faktoren. Die Dimension Technologie umfasst interne und externe Technologien, welche die Adoptionsentscheidungen einer Organisation beeinflussen. Dazu zählen technische Merkmale und das technologische Umfeld. Die Dimension Organisation bezieht sich auf interne Merkmale der Organisation, wie beispielsweise Größe, Struktur, Organisationskultur und Ressourcen. In der Dimension des Individuums werden Faktoren zusammengeführt, welche die Akzeptanz, die Einstellung gegenüber dem Chatbot sowie der Kenntnisstand der Chatbotnutzenden beleuchten. Da es sich um unternehmensinterne Chatbot handelt, stellen die Mitarbeitenden die Nutzergruppe dar. Die Dimension Umwelt bezieht sich auf externe Faktoren, welche außerhalb der Kontrolle der Organisation liegen, jedoch die Adoptionsentscheidungen der Organisation beeinflussen (Tornatzky et al. 1990).

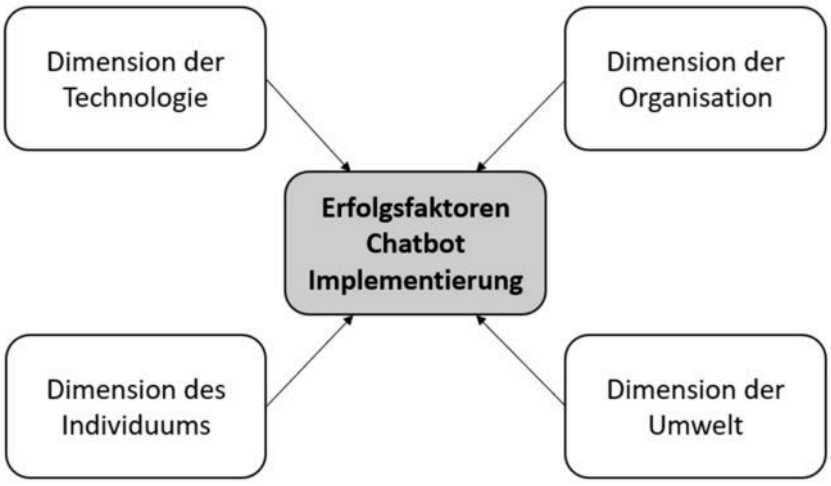


Abbildung 1: *Dimensionen des TOIE-Modells*

4. Ergebnisse

Um die Zusammenhänge zwischen den Faktoren und ihrer gegenseitigen Beeinflussung zu untersuchen, wurden in zehn Studien die etablierten Modelle TAM (Technology-Acceptance Model) und Erweiterungen dieses Modells sowie in sechs das TOE-Framework und Erweiterungen dessen verwendet. Zwei Studien nutzten das UTAUT-Modell (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology), eine weitere das TPB-Modell (Theory of Planned Behavior). Andere Studien entwickelten eigene Modelle oder untersuchten die Faktoren modellunabhängig.

Der Dimension der Technologie wurden die folgenden Faktoren aus der bestehenden Literatur zugeordnet: Der persönliche Nutzen bzw. Leistungssteigerung, welche sich für Angestellte durch die Nutzung des Chatbots ergibt in zwanzig Studien (Sharma et al. 2022), die Benutzerfreundlichkeit in fünfzehn Studien (Brachten et al. 2021), der Grad des Anthropomorphismus insbesondere die Fähigkeit des Humors, der Empathie und Kontextualisierung in zehn Studien (Pillai et al. 2023), die Transparenz der Chatbot Funktionen und Prozesse in vier Studien (Wang et al. 2023), die Qualität und Korrektheit der Chatbotäußerungen sowie die technologische Reife in zwei Studien (Drebert et al. 2023) und die Berücksichtigung ethischer Aspekte in der Kommunikation in einer Studie (Akram et al. 2024).

Auf der organisatorischen Ebene wurden die folgenden Faktoren identifiziert, welche Einfluss auf den Chatboterfolg haben: Die im Unternehmen vorherrschende Unternehmenskultur bzw. soziale Normen in sechs Studien (Jierasup & Leelasantitham 2024), die Unterstützung der Chatboteinführung und Umsetzung durch das Top-Management in vier Studien (Ahmad Khan et al. 2024), die aktive Einbindung der Mitarbeitenden und weiterer relevanter Interessengruppen in den Change Management-Prozess in vier Studien (Aoun Barakat & Dabbous 2019; Zhang et al. 2023), die Ressourcenverfügbarkeit, um in leistungsfähige Hardware zu investieren und Fachkompetenz ausbilden zu können in drei Studien (Sharma et al. 2022), das Ersetzen monotoner Tätigkeiten und sinnstiftende Aufgaben für Angestellte durch die Implementierung eines Chatbots in zwei Studien (Gong et al. 2024) und die relative Kompatibilität des unternehmensinternen Chatbots zum Aufgabenbereich der Angestellten, welche diesen nutzen in fünf Studien (Drebert et al. 2023).

Folgende Faktoren können gemäß der analysierten Literatur auf der individuellen Ebene relevant sein: Das Vertrauen in die Intelligenz und Datenqualität des Chatbots in neun Studien (Gkinko & Elbanna 2023), die individuelle Einstellung zur Nutzung der neuen Technologie sowie technische Vorerfahrungen in sechs Studien (Gong et al. 2024; Paluch et al. 2022), die Sorge vor einer Erhöhung des eigenen Arbeitsaufwands durch die Einführung einer neuen Technologie in zwei Studien (Meyer von Wolff et al. 2021), das wahrgenommene Selbstbild in der Mensch-KI Konstellation in Verbindung mit der Angst vor dem Verlust des eigenen Arbeitsplatzes durch den Chatbot in vier Studien (Gong et al. 2024) sowie das Sicherheitsempfinden bezüglich den persönlichen Daten, welche vom Chatbot verarbeitet werden in fünf Studien (Skuridin & Wynn 2024).

In der Dimension Umwelt wurden die nachfolgenden Faktoren als relevant für die erfolgreiche Einführung einer unternehmensinternen Chatbot-Lösung identifiziert. Die Berücksichtigung des rechtlichen Rahmens, insbesondere Gesetze und Richtlinien zum Datenschutz in vier Studien (Meyer von Wolff et al. 2021), aktuelle Markttrends sowie Wettbewerbsdruck aufgrund des Voranschreitens technologischer Entwicklungen in drei Studien (Aoun Barakat & Dabbous 2019).

5. Diskussion der Ergebnisse und Ausblick

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit verdeutlichen, dass die Einführung unternehmensinterner Chatbots von einer Vielzahl miteinander verknüpfter Faktoren beeinflusst wird, welche sich in die Dimensionen des TOIE-Frameworks einordnen lassen. Es wurde verdeutlicht, dass technologisch fortschrittliche Systeme allein nicht ausreichen, um den Chatboterfolg zu gewährleisten. Vielmehr ist eine ganzheitliche Betrachtung erforderlich, welche technologische, organisatorische, individuelle und umweltbedingte Aspekte gleichermaßen berücksichtigt. Die vorliegende Übersicht über die aktuelle Literatur zu den verschiedenen Akzeptanzfaktoren kann Unternehmen erste Anhaltspunkte für die eigene erfolgreiche Einführung von Chatbotlösungen bieten und für Forschenden Ausgangspunkt für weiterführende Studien sein.

Die Analyse der bestehenden Literatur zeigt, dass sich noch nicht viele Studien mit der Untersuchung von Erfolgsfaktoren unternehmensintern genutzter Chatbot-Lösungen beschäftigt haben. Auch die Frage der langfristigen Akzeptanz einer Chatbot-Lösung durch Mitarbeitende wurde bisher noch unzureichend untersucht. Des Weiteren wurde keine Unterscheidung der Regionen, in welchen die untersuchten Unternehmen angesiedelt sind, der betrachteten Branchen und der Unternehmensgrößen vorgenommen. Weitere Untersuchungen werden als angemessen betrachtet, um die Integration von Chatbots in bestehende Systeme besser zu verstehen und Synergien zwischen dem Menschen und der Technologie zu optimieren.

6. Literatur

Ahmad Khan, F., Khan, N., Aslam, A. (2024) Adoption of Artificial Intelligence in Human Resource Management: An Application of TOE-TAM Model 22–36.

Akram, S., Buono, P., Lanzilotti, R. (2024) Recruitment chatbot acceptance in a company: a mixed method study on human-centered technology acceptance model. Pers Ubiquit Comput. https://doi.org/10.1007/s00779-024-01826-4.

Aoun Barakat, K., Dabbous, A. (2019) Understanding the factors affecting the sustained Use of Chatbots: An Organizational perspective. pp. 11–18. https://doi.org/10.33965/ict2019_201908L002

Brachten, F., Kissmer, T., Stieglitz, S. (2021) The acceptance of chatbots in an enterprise context – A survey study. International Journal of Information Management 60, 102375. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102375.

Chen, T.-Y., Chiu, Y.-C., Bi, N., Tsai, R.T.-H. (2021) Multi-Modal Chatbot in Intelligent Manufacturing. IEEE Access 9, 82118–82129. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3083518.

Drebert, J., Suntrayuth, S., Böhm, S. (2023) The influence of perceived transparency on the acceptance of work task automation: an example of recruiting chatbots in Germany. International Journal of Human Resources Development and Management 23, 45–72. https://doi.org/10.1504/IJHRDM.2023.129330.

Fokina, M. (2024) The Future of Chatbots [WWW Document]. Tidio. URL https://www.tidio.com/blog/chatbot-statistics/ (accessed 1.30.25).

Gkinko, L., Elbanna, A. (2023) The appropriation of conversational AI in the workplace: A taxonomy of AI chatbot users. International Journal of Information Management 69, 102568. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102568.

Gong, Z., Birajdar, S., Cao, T., Khoo, Y.Q., Chung, C., Moghaddam, Y., Xu, A., Mehta, H., Shukla, A., Wang, Z., Akkiraju, R. (2024) Enhancing Trust in LLM Chatbots for Workplace Support through User Experience Design and Prompt Engineering, in: The Human Side of Service Engineering. Presented at the AHFE (2024) International Conference, AHFE Open Acces. https://doi.org/10.54941/ahfe1005092.

Jierasup, S., Leelasantitham, A. (2024) A Change from Negative to Positive of Later Adoption Using the Innovation Decision Process to Imply Sustainability for HR Chatbots of Private Companies in Thailand. Sustainability 16, 5641. https://doi.org/10.3390/su16135641.

Meyer von Wolff, R., Hobert, S., Schumann, M. (2021) Sorry, I Can't Understand You! – Influencing Factors and Challenges of Chatbots at Digital Workplaces, in: Ahlemann, F., Schütte, R., Stieglitz, S. (Eds.), Innovation Through Information Systems. Springer International Publishing, Cham, pp. 150–165. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86797-3_11.

Mleczko, K. (2021) Chatbot as a Tool for Knowledge Sharing in the Maintenance and Repair Processes. Multidisciplinary Aspects of Production Engineering 4, 499–508. https://doi.org/10.2478/mape-2021-0045.

Mouhcine, H., Dirsehan, T. (2021) The role of user satisfaction in continuance intention to use chatbots within the technology acceptance model (TAM).

Paluch, S., Tuzovic, S., Holz, H.F., Kies, A., Jörling, M. (2022) "My colleague is a robot" – exploring frontline employees' willingness to work with collaborative service robots. Journal of Service Management 33, 363–388. https://doi.org/10.1108/JOSM-11-2020-0406.

Pillai, R., Ghanghorkar, Y., Sivathanu, B., Algharabat, R., Rana, N.P.(2023) Adoption of artificial intelligence (AI) based employee experience (EEX) chatbots. Information Technology & People 37, 449–478. https://doi.org/10.1108/ITP-04-2022-0287.

Rosli, K., Yeow, P., Siew, E.-G. (2012) Factors Influencing Audit Technology Acceptance by Audit Firms: A New I-TOE Adoption Framework. JAARP 1–11. https://doi.org/10.5171/2012.876814.

Sharma, S., Singh, G., Islam, N., Dhir, A. (2022) Why do SMEs adopt artificial intelligence-based chatbots?

Skuridin, A., Wynn, M. (2024) Chatbot Design and Implementation: Towards an Operational Model for Chatbots. Information 15, 226. https://doi.org/10.3390/info15040226.

Sumbal, M.S., Amber, Q. (2024) ChatGPT: a game changer for knowledge management in organizations. Kybernetes ahead-of-print. https://doi.org/10.1108/K-06-2023-1126.

Tornatzky, L.G., Fleischer, M., Chakrabarti, A.K. (1990) The Processes of Technological Innovation. Lexington Books.

Wang, Y., Zhong, W., Li, L., Mi, F., Zeng, X., Huang, W., Shang, L., Jiang, X., Liu, Q. (2023) Aligning Large Language Models with Human: A Survey. https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.12966.

Zhang, J.J.Y., Følstad, A., Bjørkli, C.A. (2023) Organizational Factors Affecting Successful Implementation of Chatbots for Customer Service. Journal of Internet Commerce 22, 122–156. https://doi.org/10.1080/15332861.2021.1966723.

Danksagung: Wir bedanken uns herzlich beim Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die finanzielle Unterstützung dieses Vorhabens im Rahmen der Förderung der Kompetenzzentren Arbeitsforschung. Die Förderung erfolgte unter den Förderkennzeichen 02L19C300 - 02L19C333. Dieses Projekt läuft im Zeitraum vom 01. November 2021 bis zum 31. Oktober 2026. Ohne diese Unterstützung wären die Ergebnisse dieser Arbeit nicht möglich gewesen. Des Weiteren bedanken wir uns bei Fabian Lindner, welcher uns bei der Ausarbeitung des Manuskripts unterstützt hat.

Einsatz maschineller Lernverfahren zur Erkennung von Beinahestürzen in hochbelasteten Arbeitsumgebungen: Analyse kinematischer Daten und KI-Modellen

[1]Moritz SCHNEIDER, [1]Kevin SEESER-REICH, [1]Christoph SCHIEFER, [2]Anika WEBER, [3]Ulrich HARTMANN, [2,4]Kiros KARAMANIDIS, [5]Annette KLUGE, [1]Rolf ELLEGAST

[1]Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin
[2]Institut für Sportwissenschaft, Universität Koblenz, Universitätsstraße 1, D-56070 Koblenz
[3]RheinAhrCampus, Hochschule Koblenz, Joseph-Rovan-Allee 2, D-53424 Remagen
[4]London South Bank University, 103 Borough Road, London, SE1 0AA, UK
[5] Lehrstuhl für Arbeits-, Organisations- und Wirtschaftspsychologie, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, D-44801 Bochum

Kurzfassung: Stolper-, Rutsch- und Sturzunfälle gehören zu den am häufigsten auftretenden Arbeitsunfällen. Aus diesem Grund wurde im Rahmen des DGUV-geförderten ENTRAPon Projektes der Prev-Fall-Datensatz erstellt, welcher als Grundlage für autonome Erkennung und Vorhersage von Beinahestürzen und Stürzen dienen soll. In der Literatur verbreitete schwellwertbasierte Verfahren wurden zur automatischen Klassifizierung trainiert und mit einer Genauigkeit von 63 % als inadäquat befunden, weswegen eine anschließende Neural Architecture Search durchgeführt wurde. Verschiedenste Netzwerktypen und Konfigurationen wurden getestet und Top-Modelle erzielten Genauigkeiten von über 90 %.

Schlüsselwörter: Maschinelles Lernen, Ergonomie, Prävention

1. Einleitung

Die Prävention von Stolper-, Rutsch- und Sturzunfällen (SRS-Unfällen) stellt eine zentrale Herausforderung im Bereich der Arbeitssicherheit dar, insbesondere in hochbelasteten Arbeitsumgebungen wie der Logistik und Stahlverarbeitung. Im Jahr 2023 wurden 171.976 SRS-Unfälle an die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) gemeldeten, darunter 7 tödlich (DGUV 2023). Diese Anzahl zeigt den Bedarf effektiver Präventionsmaßnahmen. Ein Ansatz ist die Entwicklung autonomer Systeme zur Erkennung und Vorhersage von SRS-Unfällen.

Dabei bieten insbesondere Beinahestürze – Vorfälle, bei denen das Gleichgewicht nach einem Stolpern, Rutschen oder Fehltritt gerade noch rechtzeitig wiedererlangt wird – wertvolle Hinweise auf potenzielle Sturzrisiken (Arnold & Falkner 2007).

Die bisherige Detektion hat sich hauptsächlich auf die Erkennung von Stürzen, die durch den Aufprall auf den Boden und in der Regel einer Unterbrechung der bisherigen Tätigkeit (Gehen) gekennzeichnet ist. Dadurch können Stürze mit Hilfe von

sensorbasierten Systemen und einfachen Algorithmen (z. B. schwellenwertbasierte Verfahren) mit einer hohen Genauigkeit erkannt werden. Bei Beinahestürzen hingegen sind diese Grenzen nicht so eindeutig. Zur automatisierten Detektion von Beinahestürzen ist daher die Entwicklung effektiver, auf maschinellem Lernen basierender Erkennungssysteme von entscheidender Bedeutung.

Wichtige Grundlage für das maschinelle Lernen sind geeignete Daten. Im Feld der Sturz- und Beinahesturz-Erkennung von Arbeitnehmern sind die Datensätze allerdings oft ungeeignet, da die Sturzvorgänge häufig simuliert sind und sich damit von authentischen Stürzen unterscheiden (Stack 2017), oder die Probanden ein hohes Alter haben und die Daten damit Sturzvorgänge einer anderen Zielgruppe abbilden, die anders stürzt als Personen im arbeitsfähigen Alter (Schneider et al. 2024).

Im Rahmen des ENTRAPon-Forschungsprojekts (FF-FP 0470) wurde der Prev-Fall-Datensatz aufgezeichnet. Dieser enthält umfassende kinematische Daten von Beinahestürzen. Die Probanden absolvierten einen eigens konstruierten Parcours, der unerwartete Stolper-, Rutsch- und Fehltrittereignisse induzierte (Schneider et al. 2023; Schneider et al. 2024).

Dieser Datensatz eignet sich besonders für die Prävention von Stürzen durch Arbeitnehmer, da er im Vergleich zu in dem Forschungsfeld herkömmlichen Datensätzen nicht simulierte Beinahestürze enthält und die Probanden im arbeitsfähigen Alter sind.

Da der Prev-Fall-Datensatz eine große Bandbreite an realistischen Daten von verschiedenen Personen enthält, eignet er sich ideal als Basis für Modelle des Maschinellen Lernens. Wir gehen davon aus, dass klassische aber dennoch im Feld verbreitete schwellwertbasierte Verfahren nicht dafür geeignet sind, die verschiedenen Typen von Beinahestürzen korrekt zu klassifizieren. Aus diesem Grund wird daran anknüpfend eine Neural Architecture Search, mit spezifisch für Zeitreihen entwickelten Modelltypen, durchgeführt. Bei dieser erwarten wir Modelle zu finden, die eine signifikant bessere Klassifizierungsleistung als das Schwellwertbasierte Verfahren erzielen.

2. Der Prev-Fall-Datensatz

2.1 Auswahl und Rekrutierung der Probanden

Die Auswahl und Rekrutierung der Probanden für den Prev-Fall-Datensatz erfolgte im Rahmen des ENTRAPon-Forschungsprojekts, das sich mit neuen, individuellen Maßnahmen zur Prävention von SRS-Unfälle befasst. Die Kohorte bestand aus 110 Arbeitnehmern im Alter von 19 bis 63 Jahren, darunter 55 Stahlarbeiter*innen und 55 Paketzusteller*innen. Die Teilnehmer waren gesund und konnten die Szenarien selbstständig ohne Hilfe durchführen. Personen mit körperlichen oder neurologischen Beeinträchtigungen waren von der Teilnahme ausgeschlossen. Ein positives Votum der Ethikkommission der Hochschule Koblenz zur Studiendurchführung liegt vor. Die bereits zu dem Datensatz veröffentlichte Papiere enthalten detaillierte Informationen zu den Rekrutierungsverfahren und Teilnahmevoraussetzungen (Schneider et al. 2023; Schneider et al. 2024).

2.2 Aufzeichnung des Datensatzes

Für die Erstellung des Prev-Fall-Datensatzes (Schneider et al. 2023; Schneider et al. 2024) wurde ein speziell konstruierter SRS-Parcours verwendet, um realistische SRS-Situationen in einer kontrollierten Umgebung nachzubilden. Der Parcours bestand aus einem 15 Meter langen Holzsteg mit achtzehn integrierten SRS-Vorrichtungen, die unerwartete Störungen verursachten. Diese waren in drei Kategorien unterteilt: Rutschen, Stolpern und Fehltreten. Der Versuch wurde so durchgeführt, dass die Teilnehmer weder den Zeitpunkt, die Position noch die Art der nächsten Störung vorhersagen konnten. Die Teilnehmer trugen einen Ganzkörpermessanzug mit 17 Inertial Messeinheiten von Xsens Link (Movella, Enschede, Niederlande), zur präzisen Bewegungserfassung (Motion Capturing – MoCap). Die MoCap-Daten wurden mit einer Abtastrate von 120 Hz aufgezeichnet und weitere biomechanische Parameter in der CUELA-Auswertesoftware berechnet. Insgesamt konnten so 1647 Parcoursdurchgänge mit SRS-Ereignissen und noch einmal so viele mit ungestörtem Gehen aufgezeichnet werden.

3. Methodik Maschinelles Lernen

3.1 Entscheidungsbäume

Für das Training von Entscheidungsbäumen wurden biomechanische Metriken basierend auf den Sensordaten des Prev-Fall-Datensatzes wie die Margin of Stability (MoS) sowie die Geschwindigkeitswerte des Massezentrums (CoM) berechnet. Diese können der Differenzierung zwischen stabilen Schritten und Beinahestürzen dienen und wurden sowohl für eine binäre Klassifikation (z.B. Gehen vs. Stolpern) als auch für eine Mehrklassenklassifikation (Gehen, Stolpern, Rutschen, Fehltreten) trainiert (Schneider et al. 2024) Die Erkennungsleistung der verschiedenen Entscheidungsbäume sind in Tabelle 1 zu finden.

Tabelle 1: *Klassifizierungsleistung der verschiedenen auf dem Prev-Fall-Datensatz trainierten Entscheidungsbäume.* Accuracy misst den Anteil korrekt klassifizierter Beispiele, Precision bewertet die Genauigkeit positiver Vorhersagen, Recall gibt den Anteil erkannter positiver Fälle wieder, und der F1-Score kombiniert Precision und Recall zu einem harmonischen Mittelwert. (Miller et al. 2024).

	Gehen vs Stolpern	**Gehen vs Rutschen**	**Gehen vs Fehltreten**	**Vier-Klassen Klassifizierung**
Accuracy	0.99	0.76	0.77	0.63
Precision	1.0	0.77	0.77	0.61
Recall	0.98	0.74	0.76	0.61
F1-Score	0.99	0.75	0.76	0.61

Um eine leistungsstarke Netzwerkarchitektur für den Prev-Fall-Datensatz zu finden, wurden systematisch verschiedene Konfigurationen geeigneter Netzwerktypen für verschiedene Zeitfenstergrößen getestet. Das Aufteilen der Zeitreihendaten in kürzere Zeitfenster ist essenziell, um Sturzerkennung und Prävention in Echtzeit betreiben zu können. Die Zeitfenster enthalten 493 Kanäle, die sich aus MoCap-

Daten zusammensetzen, darunter Beschleunigung und Geschwindigkeit, Winkelbeschleunigung und Winkelgeschwindigkeit, Körperwinkel, Sensor- und CoM-Positionen, sowie Informationen zum Fuß-Boden-Kontakt.

Zeitfenster jedweder Fenstergrößen wurde als zu einem SRS-Ereignis gehörend markiert, wenn es mindestens 30 Frames des SRS-Ereignisses enthielt. Bei einer Abtastrate von 120 Hz entspricht dies mindestens 250ms des SRS-Ereignisses. Die neuronalen Netze haben nur die Vier-Klassen-Klassifizierung durchgeführt.

Für die Neural Architecture Search wurde ein Framework inspiriert von Kupevelt et al. (2020) implementiert um effizient eine große Anzahl an verschiedenen Netzwerkkonfigurationen der Modeltypen convolutional neural network (CNN), residual neuralnetwork (ResNet)und InceptionTime trainieren zu können.

- CNNs sind effektiv bei der Erkennung lokaler Muster in Daten. Varianten wie das Tiny-CNN (Yu et al. 2023) und das DAG-CNN (Choi et al. 2022) zeigen beeindruckende Geschwindigkeit und Genauigkeit bei der Sturzerkennung.
- ResNets lösen das Vanishing Gradient Problem und das Degradation Problem (He et al. 2026) und wurden erfolgreich zur Sturzerkennung eingesetzt (Ramanathan & McDermott 2021).
- InceptionTime wurde speziell für die Klassifikation von Zeitreihen entwickelt. Es bietet dadurch großes Potenzial für die Erkennung von Stürzen und Beinahe-Stürzen mit tragbaren Sensoren, ist bisher in diesem Bereich aber noch wenig erforscht (Fawaz et al. 2020).

Ein Early Stopping wurde angewendet, wenn in über 5 aufeinanderfolgenden Epochen keine Verbesserung beobachtet wurde. Je nach Netzwerktyp wurden verschiedene Parameter entsprechend Kuppevelt et al (2020) angepasst. Dabei hat sich gezeigt, dass es für alle Netzwerktypen Konfigurationen gibt, die über 90 % Genauigkeit erreichen können. Je nach Netzwerktyp und Konfiguration wurden Genauigkeiten von 41 % bis 94 % gemessen.

4. Diskussion

Die Ergebnisse der Entscheidungsbäume legen nahe, dass Stolpern im Vergleich zu anderen Vorfällen wie Rutschen und Fehltreten am genauesten klassifiziert werden kann. Insbesondere die Unterscheidung zwischen Rutschen und Fehltreten stellte sich jedoch als komplex heraus, was auf die ähnliche kinematische Signatur dieser Ereignisse zurückzuführen ist. Dies macht den Einsatz von Entscheidungsbäumen für diese Problemstellung ungeeignet. Gerade bei der Vier-Klassen-Klassifizierung zeigt sich, dass die Genauigkeit mit 63% sehr gering ausfällt.

Die Neural Architecture Search hingegen zeigt, dass alle getesteten neuronalen Netzwerkarchitekturen grundsätzlich für die Erkennung von Beinahestürzen im Prev-Fall-Datensatz geeignet sind. Die Neural Architecture Search ergab spezifische Stärken je nach Modell und Zeitfenster.

CNNs erzielten für kurze Zeitintervalle hohe Genauigkeiten, da sie lokale Muster wie plötzliche Beschleunigungsspitzen gut erfassen können. Ihre Leistung blieb auch bei längeren Zeitfenstern stabil, was auf eine unerwartet robuste Integration zeitlicher Abhängigkeiten hinweist oder darauf, dass charakteristische Merkmale für SRS-Ereignisse zeitlich kurz sind.

InceptionTime übertraf alle Modelle bei längeren Zeitfenstern. Die Konsistenz der sehr guten Leistung von InceptionTime kann auf die Fähigkeit zur mehrskaligen zeitlichen Merkmalsextraktion zurückgeführt werden, welche die Erfassung sowohl kurz-

fristiger als auch langfristiger Muster ermöglicht. InceptionTime bietet sich besonders für nachträgliche Sicherheitsanalysen an, da die Inferenzzeit größer als bei einem einfachen CNN ist.

ResNets zeigten über alle Zeitfenster hinweg stabile, aber etwas niedrigere Performance Metriken als InceptionTime, was auf ihre begrenzte Fähigkeit zur Erfassung mehrskaliger zeitlicher Muster zurückgeführt werden kann.

5. Zusammenfassung

In diesem Manuskript wurde der Prev-Fall-Datensatz für Beinahestürze vorgestellt, der spezifisch für SRS-Unfälle am Arbeitsplatz geeignet ist, da die Daten aus nicht simulierten Beinahestürzen von Probanden im arbeitsfähigen Alter aufgezeichnet wurden. Es wurde darüber hinaus gezeigt, dass klassische schwellwertbasierte Verfahren nicht geeignet sind, um die Unterschiede verschiedener Typen von Beinahestürzen zu klassifizieren, weswegen Neuronale Netze als Alternative betrachtet wurden. Diese bieten eine deutlich bessere Erkennungsleistung mit bis zu 94 % Genauigkeit.

Zukünftige Arbeiten sollten den Fokus darauflegen, Schritt für Schritt weiter in Richtung Praxistauglichkeit zu gehen. Zum Beispiel eine Reduzierung der verwendeten Sensoren bei gleichbleibender Leistung, oder eine Erweiterung des Datensatzes mit mehr Szenarien aus dem Arbeitsalltag, die biomechanisch in Teilen einem Beinahesturzvorgang gleichen, könnten dazu beitragen.

6. Literatur

Arnold, C. M., & Faulkner, R. A. (2007). The history of falls and the association of the timed up and go test to falls and near-falls in older adults with hip osteoarthritis. BMC geriatrics, 7, 1-9.

Choi, A., Kim, T. H., Yuhai, O., Jeong, S., Kim, K., Kim, H., & Mun, J. H. (2022). Deep learning-based near-fall detection algorithm for fall risk monitoring system using a single inertial measurement unit. IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering, 30, 2385-2394.

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V., „Statistik Arbeitsunfallgeschehen 2023“, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V., Berlin, 2024.

Ismail Fawaz, H., Lucas, B., Forestier, G., Pelletier, C., Schmidt, D. F., Weber, J., ... & Petitjean, F. (2020). Inceptiontime: Finding alexnet for time series classification. Data Mining and Knowledge Discovery, 34(6), 1936-1962.

He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 770-778).

Miller, C., Portlock, T., Nyaga, D. M., & O’Sullivan, J. M. (2024). A review of model evaluation metrics for machine learning in genetics and genomics. Frontiers in Bioinformatics, 4, 1457619.

Ramanathan, A., & McDermott, J. (2021, July). Fall detection with accelerometer data using residual networks adapted to multi-variate time series classification. In 2021 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN) (pp. 1-8). IEEE.

Schneider, M., Weber, A., Kaufmann, M., Kluge, A., Hartmann, U., Karamanidis, K., & Ellegast, R. (2023, July). Generation of Consistent Slip, Trip and Fall Kinematic Data via Instability Detection and Recovery Performance Analysis for Use in Machine Learning Algorithms for (Near) Fall Detection. In International Conference on Human-Computer Interaction (pp. 298-305). Cham: Springer Nature Switzerland.

Schneider, M., Reich, K., Hartmann, U., Hermanns, I., Kaufmann, M., Kluge, A., ... & Ellegast, R. (2024). Acquisition of Data on Kinematic Responses to Unpredictable Gait Perturbations: Collection and Quality Assurance of Data for Use in Machine Learning Algorithms for (Near-) Fall Detection. Sensors (Basel, Switzerland), 24(16), 5381.

Stack, E. (2017). Falls are unintentional: Studying simulations is a waste of faking time. Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering, 4, 2055668317732945.
Van Kuppevelt, D., Meijer, C., Huber, F., Van der Ploeg, A., Georgievska, S., & van Hees, V.T. (2020). Mcfly: Automated deep learning on time series. SoftwareX, 12, 100548.
Yu, X., Park, S., Kim, D., Kim, E., Kim, J., Kim, W., ... & Xiong, S. (2023). A practical wearable fall detection system based on tiny convolutional neural networks. Biomedical Signal Processing and Control, 86, 105325.

Implementationsmodell zur Integration von Mitarbeitenden in strategische Digitalisierungsprojekte im Kontext von KI

Sascha ARMUTAT, Malte WATTENBERG, Nina MAURITZ

Denkfabrik Digitalisierte Arbeitswelt, Hochschule Bielefeld, Interaktion 1, D-33619 Bielefeld

Kurzfassung: Der Beitrag stellt ein übertragbares Vorgehensmodell vor, dessen Einsatz die Sensibilisierung, Qualifizierung und Integration der Mitarbeitenden und Führungskräfte bei der Einführung digitaler Technologien in Unternehmen gewährleistet. Dazu ermittelt das Modell den Status quo der Digitalisierung im Unternehmen, leitet Qualifizierungsbedarfe ab, integriert Mitarbeitende in bestehende Projekte und evaluiert den Erfolg der durchgeführten Maßnahmen.

Schlüsselwörter: Vorgehensmodell Mitarbeiterintegration, Qualifizierung, Kompetenzentwicklung, Sensibilisierung, digitale Transformation, KI-Use-Cases

1. Ausgangslage und Zielsetzung

Die digitale Transformation in Unternehmen ist gekennzeichnet durch „die Veränderung von Wertschöpfungsprozessen durch die Weiterentwicklung bestehender und Implementierung neuer digitaler Technologien, Anpassungen der Unternehmensstrategien auf Basis neuer digitalisierter Geschäftsmodelle sowie den Erwerb der dafür erforderlichen Kompetenzen bzw. Qualifikationen.“ (Kersten 2017, S. 51).

Der Erfolg der digitalen Transformation in Unternehmen basiert nicht allein auf fortschrittlichen Technologien, sondern vor allem auf der Motivation und den Fähigkeiten der Mitarbeitenden. Der verstärkte Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) fungiert dabei als Beschleuniger und erfordert von Unternehmen und ihren Beschäftigten eine ständige Weiterentwicklung. In den Belegschaften fehlt oftmals die Einsicht in die Ganzheitlichkeit des durch KI-Technologien induzierten Wandels, es bestehen Kompetenzlücken für den notwendigen Veränderungsprozess und es mangelt an qualifizierten Mitarbeitenden, die KI-Integrationsprojekte eigenverantwortlich, ganzheitlich und aktiv umsetzen können (Armutat 2024).

Mitarbeitende und Führungskräfte müssen für eine breite Akzeptanz des angestrebten digitalen Wandels der Unternehmen sensibilisiert und am Beispiel zu definierender digitaler Use-Cases qualifiziert werden.

Gleichzeitig muss eine Flexibilisierung der Organisationsstruktur durch Integration qualifizierter Mitarbeitender in zukunftsweisende Digitalisierungsprojekte stattfinden und ein Entwicklungsprozess hin zu einer agilen Kultur angestoßen werden, der einen positiven Umgang mit Fehlern und eine experimentelle Herangehensweise ermöglicht (Gronau & Ullrich 2019).

Zuletzt ist auch die Übertragbarkeit auf zukünftige Fragestellungen der digitalen Transformation, wie bspw. die Einführung von KI-basierten Systemen, sicherzustellen.

In diesem Kontext steht auch der hier skizzierte Implementationsansatz für die digitale (KI) indizierte Transformation von Unternehmen. Zielsetzung der hier beschriebenen, im Rahmen des BMBF-geförderten Projektes „Kompetenzzentrum Arbeitswelt.Plus“ durchgeführten Transferprojekte bestand darin, den Digitalisierungskurs der beteiligten Unternehmen als Basis weiterer KI-Integration durch Kompetenz- und Kulturentwicklung an exemplarischen, strategischen Digitalisierungsprojekten zu unterstützen.

2. Akzeptanz durch Sensibilisierung, Qualifikation und Integration von Mitarbeitenden

Die Akzeptanz im Sinne einer positiven Einstellung gegenüber Veränderungen im Rahmen des digitalen Wandels ist entscheidend für ihren Erfolg (Gronau & Ullrich 2019). Die Nutzerakzeptanz definieren Gronau und Ullrich (2019) als die „nachweisliche Bereitschaft, in neuen Arbeitsprozessen zu arbeiten, neue und andersartige Arbeitsaufgaben auszuführen sowie eine Technologie für die Aufgaben zu nutzen, für die sie entwickelt wurde“ (Gronau & Ullrich 2019, S. 11).

Maßgeblich für eine breite Akzeptanz von Mitarbeitenden und Führungskräften gegenüber Wandlungsvorhaben ist wiederum ihre Sensibilisierung, Qualifikation sowie frühzeitige Integration in Digitalisierungsprojekte.

Bedingt durch neue digitale Use-Cases müssen sich Mitarbeitende und Führungskräfte mit neuen Aufgabenbereichen, Organisationsstrukturen und Technologien auseinandersetzen, was zu Widerständen und Barrieren führen kann (Gronau & Ullrich 2019). Hierbei kann nach Witte (1973) auf persönlicher Ebene unterschieden werden in Willensbarrieren, die im Wesentlichen auf einer fehlenden Veränderungsbereitschaft sowie individueller Risikoeinschätzung beruhen, sowie Fähigkeitsbarrieren, die auf mangelnder Qualifikation basieren. Sensibilisierungsmaßnahmen sollen laut Gronau & Ullrich (2019) dabei auf einem partizipativen Ansatz unter Beachtung der Perspektiven von Mitarbeitenden, Betriebsräten, Führungskräften und Geschäftsführung beruhen und kontinuierlich stattfinden. Hilfreich sind Kick-off- oder Informationsveranstaltungen, Infomails oder auch Workshops (Gronau & Ullrich 2019).

Insbesondere in Zeiten des Fachkräftemangels wird die Relevanz der unternehmensinternen Qualifizierung und Weiterbildung deutlich. Ratsam ist es dabei, einen systematischen Ansatz zu verfolgen und die IST-Kompetenzen zu erheben, Ansprechpartner und Verantwortliche für die Qualifizierungsmaßnahmen zu bestimmen sowie diese zu evaluieren (Ullrich et al. 2024). Dies ermöglicht auch die individuelle Abstimmung von Lerninhalten auf die Lernenden. Ferner sollte die Vermittlung Wege zum Erwerb methodischer und sozialer Kompetenzen beinhalten. Lernformate hingegen sollten (fertigungs-)prozessnah bzw. prozessintegriert auf die Qualifizierungssituation abgestimmt sein (Gronau & Ullrich 2019).

Die Mitgestaltung und Partizipation der Mitarbeitenden und Führungskräfte in Sensibilisierungs- und Qualifikationsmaßnahmen ist ein Grundsatz nachhaltiger Unternehmensentwicklung. Eine Integration von Mitarbeitenden ist der höchste direkte Beteiligungsgrad und geht weit über indirekte Beteiligungsverfahren wie das bloße Informieren oder Involvieren der Mitarbeitenden über bspw. Befragungen hinaus. Die Integration beinhaltet bspw. die Betreuung von Mitarbeitenden mit konkreten Aufgaben oder idealerweise die Einbindung in strategische digitale Transformationsprozesse.

Die Ausführungen zeigen, dass erhebliche Dependenzen für die Befähigung der Belegschaft und Führung zwischen den Dimensionen Sensibilisierung, Qualifizierung

und Partizipation bzw. Integration bestehen und dass diese Dimensionen kaum isoliert betrachtet werden können (Abb. 1).

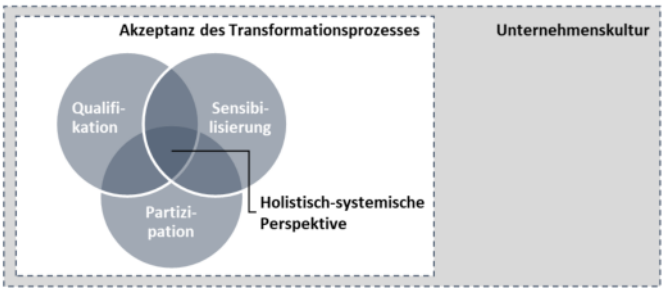


***Abbildung 1**: Ganzheitliches Akzeptanz- und Integrationsmodell digitaler Transformationsprozesse.*

So sensibilisieren Qualifikationsmaßnahmen Mitarbeitende in der Regel im Hinblick auf die behandelten Thematiken. Gleiches gilt für Beteiligungsformate, die bei hohem Integrationsgrad qualifizierend wirken.

Deshalb argumentieren wir, dass erstens nur eine ganzheitliche Betrachtung der Dimensionen den Erfolg von zukünftigen Transformationsprozessen, insbesondere im Rahmen komplexer Anwendungsfälle unter Einsatz von KI, sicherstellt und zweitens, dass eine Partizipation in Form einer umfänglichen Integration anhand bestehender strategischer Digitalisierungsprojekte der Unternehmen erfolgen sollte. Anhand dieser Prämissen ist das Ziel, ein Implementationsmodell zu entwickeln, das Unternehmen bei der Integration immer komplexer werdender KI-Use-Cases unterstützt und dadurch die Akzeptanz bei Mitarbeitenden fördert.

3. Modellentwicklung / Methode

Die forschungstheoretische Basis der Entwicklung des Vorgehensmodells lässt sich im Bereich des Design Science mit Anleihen des Business Engineering verorten, da das Modell eine praxisrelevante Herausforderung adressiert und auf die konkrete Anwendung ausgerichtet ist. Design Science nutzt ein systematisch-iteratives Vorgehen zur Schaffung eines Artefakts, das sowohl die wissenschaftliche Fundierung als auch praktische Anwendbarkeit sicherstellt. Elemente des Business Engineering ermöglichen die ganzheitliche organisatorische Implementierung zwischen strategischer Planung und systematischer Mitarbeitereinbindung.

Als erster konkreter Ansatzpunkt für die Modellentwicklung dienten dabei das von Ullrich et al. (2024) vorgeschlagene Modell zur Einführung von Anwendungssystemen sowie die Handlungsempfehlungen von Gronau und Ullrich (2019) zur Transformation und zur betrieblichen Weiterbildung. Die schrittweise Entwicklung und Konkretisierung des eigenen Modells erfolgte durch stetige evaluierende Reflexion und diskursiven Austausch im Autorenteam sowie mit beteiligten Transferpartnern. Als vorteilhaft erwies sich dabei vor allem die Expertise der beteiligten Personen, die aus Personal-, Organisations- und Weiterbildungsexperten bestand. Der Transfer des Modells wird durch die Einbettung und Transferkommunikation im Rahmen des übergeordneten Projektes „Kompetenzzentrum Arbeitswelt.Plus“ sowie weiterer, begleitender wissenschaftlicher Kommunikation sichergestellt.

4. Das Implementationsmodell

Um die ausgewiesenen Ziele zu erreichen, wird ein partizipativer und kompetenzorientierter Lösungsansatz verfolgt. Die folgende Abbildung 2 visualisiert den Prozess und die Inhalte des Vorgehensmodells.

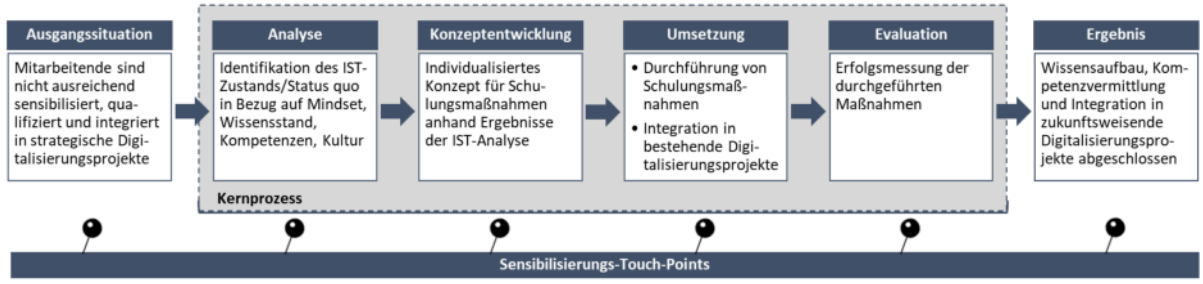


***Abbildung 2**: Implementationsmodell strategischer Digitalisierungsprojekte.*

Die Ausgangssituation beinhaltet vor allem das Erkennen des Handlungsbedarfs durch die Geschäftsführung sowie die Kommunikation dieses Handlungsbedarfs und geplanter Maßnahmen an Mitarbeitende und Führungskräfte. Idealerweise geschieht dies über Kick-off-Veranstaltungen unter Einbindung der Belegschaft und wird begleitet durch Informationsmaterial oder -Mails.

Der erste Kernprozess ist daraufhin die Analysephase mit der Identifikation des Status quo. Als geeignete Maßnahme gilt dazu eine Online-Befragung der Führungskräfte und Mitarbeitenden zu den Themenkomplexen der Anpassungsfähigkeit von Organisationen (Armutat 2024), zu Wissen und Kompetenzen (Franken et al. 2022), zum digitalen Mindset (Neyer et al. 2016) sowie zur organisationalen Energie (Bruch & Vogel 2009). Die Befragung widmet sich somit bspw. der Einschätzung der Anpassungsfähigkeit des Unternehmens dem aktuellen Wissensstand der Belegschaft zum Themengebiet der Digitalisierung, dem aktuellen Stand und den Kompetenzbedarf, Einstellungen und Vorbehalten der Belegschaft ggü. Digitalisierungsprojekten sowie der Unternehmenskultur. Es bietet sich an, sowohl abgestimmte unternehmensindividuelle Fragekomplexe als auch standardisierte Itembatterien (s. o.) zu verwenden, um den Vergleich zwischen Unternehmen zu ermöglichen. Ebenso sollte die Befragung eine Differenzierung von Führungskräften und Mitarbeitenden ermöglichen.

In der Konzeptentwicklung werden die Erkenntnisse nach der Auswertung in kuratierten Gruppensitzungen mit ausgewählten Führungskräften und Mitarbeitenden diskutiert und weiterentwickelt. Die Beteiligung gibt den Raum, weitere Anforderungen sowie Inhalte und/oder Maßnahmen hinsichtlich der Entwicklung benötigter Kompetenzen zu identifizieren, die sie befähigen, dem digitalen Wandel des Unternehmens zu begegnen und aktiv mitzugestalten.

Das Arbeitspaket Umsetzung beinhaltet einerseits die bedarfs- und zielgruppengerechte Vermittlung von ausgewählten Kompetenzen an die Belegschaft auf Basis der Auswertung bzw. Konzeptentwicklung. Die Vermittlung der Kompetenzen beinhaltet sowohl Wissen als auch Methoden-Know-how, um den digitalen Wandel in Form von Digitalisierungsprojekten zu begleiten. Thematisch sind dies beispielhaft Grundlagen, Herausforderungen und Potenziale der Digitalisierung, digitale Technologien (insbes. KI), Umgang mit Stress und Aufbau von Resilienz, Führungsrolle und -verständnis im Rahmen des digitalen Wandels, anpassungsfähige Geschäftsmodelle, Kommunikations- und Kreativitätstechniken sowie Projekt- und Prozessmanagement.

Hierzu werden Schulungsmaßnahmen anhand eines modernen und interaktiven Blended-Learning Schulungs- und Vertiefungsformates durchgeführt, um den Lernprozess zu optimieren und den Lernenden mehr Flexibilität zu bieten. Ebenso wird auf eine zielgruppenspezifische Vermittlung Wert gelegt, da sich die Anforderungen von bspw. Verwaltungs- und Fertigungsmitarbeitenden oder Führungskräften und Angestellten ohne Führungsverantwortung unterscheiden. Andererseits beinhaltet diese Phase die Auswahl relevanter Use-Cases strategischer Digitalisierungsprojekte, die Identifikation einer Beteiligungsstruktur und die Integration von Mitarbeitenden und Führungskräften in die Bearbeitung der Use-Cases. Hierzu werden die Use-Cases seitens der Projektinitiatoren aus der Managementebene vorgestellt. Im Anschluss wird das Verständnis der Use-Cases in Kleingruppen vertieft und partizipativ weiterentwickelt. Zuletzt findet die Integration der Mitarbeitenden nach individueller Interessen- und Kompetenzlage in die Umsetzung der Use-Cases im Sinne einer Projektstruktur statt.

Die Evaluation beinhaltet die Erfolgsmessung der durchgeführten Maßnahmen, die angelehnt an Kirkpatricks Modell der Lernerfolgsevaluation in Form einer erneuten Befragung der Belegschaft zur Zufriedenheit mit den Maßnahmen und zur wahrgenommenen thematischen Kenntnisveränderung, sowie mit Hilfe von Interviews mit projektverantwortlichen Führungskräften zur wahrgenommenen mitarbeiterbezogenen Verhaltensveränderung und zu den prognostizierbaren Wertbeiträgen durch das veränderte Verhalten vorgenommen wurde. Eine weitere Empfehlung lautet hier, sowohl den Gesamterfolg als auch einzelne Kompetenzvermittlungs- und Integrationsmaßnahmen zu evaluieren.

Im Ergebnis sind Wissensaufbau, Kompetenzermittlung und Integration in bestehende strategische Digitalisierungsprojekte abgeschlossen. Ergebnisse der Evaluation, Lessons-learned sowie die geplante Verankerung bzw. Verstetigung der Maßnahmen und Prinzipien des gesamten Vorgehensmodells für zukünftige Vermittlungs- und Integrationsmaßnahmen sollten zudem den Mitarbeitenden kommuniziert werden. Idealtypisch eignen sich erneut Wrap-up-Meetings unter Einbezug der Belegschaft sowie begleitende Informationen.

Die Sensibilisierung der Mitarbeitenden beinhaltet in diesem Modell keine dedizierte Phase mit Maßnahmen. Sie findet fortlaufend-parallel dazu in unterschiedlicher Intensität statt, beginnend mit der Information der Belegschaft über die geplanten Aktivitäten und der Erhebung bis hin zur tatsächlichen Integration in bestehende Projekte und zuletzt die Evaluation und der Ergebnisbericht.

5. Erfahrungen im Praxiseinsatz

Der Praxiseinsatz in zwei mittelständischen Transferunternehmen des Kompetenzzentrums Arbeitswelt.Plus sowie die projektinterne Evaluation konnten besonders die Übertragbarkeit, Relevanz und Praxistauglichkeit des Modells aufzeigen, so dass der Einsatz in vergleichbaren Szenarien empfohlen werden kann. Die Evaluation mit Praxispartnern attestierte dem Modell deutlich wahrnehmbare Sensibilisierungseffekte der Belegschaft durch die Befragung sowie zu den vermittelten Themen. Darüber hinaus wurde die Kombination aus Wissenstransfer und Einbindung der Mitarbeitenden positiv hervorgehoben.

Insgesamt als vorteilhaft erwiesen sich vor allem die Eignung des Modells für verschiedene Digitalisierungskontexte, wie ausdrücklich KI-Use-Cases, sowie die hohe

Flexibilität der aus der IST-Analyse möglichen abzuleitenden Maßnahmen. Diese Flexibilität kann jedoch ebenfalls als Einschränkung genannt werden, da die resultierende Konzeptentwicklung für die Umsetzungsmaßnahmen ein zentrales und herausforderndes Arbeitspaket darstellt.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Die Kompetenzermittlung und Kompetenzvermittlung sowie die partizipative Umsetzung zukunftsorientierter Digitalisierungsprojekte und -lösungen ermöglichen Unternehmen einen relevanten Fortschritt bei der Personalentwicklung ihrer Führungskräfte und Mitarbeitenden. Die Vermittlung von Methoden und Arbeitsweisen, die Führungskräfte und Mitarbeitende in ihrem Arbeitsalltag nutzen und nachhaltig verankern, fördert ein kreatives und agiles Mindset, was das Innovationspotenzial der Unternehmen steigert. Durch den Ausbau ihrer digitalen, sozialen und kognitiven Kompetenzen sind Beschäftigte dazu befähigt, proaktiv die Arbeitswelt der Zukunft ihres Unternehmens mitzugestalten. Durch die partizipative und interdisziplinäre Gestaltung des Modells wird ein Beitrag zur Gestaltung soziotechnischer Systeme geleistet, welche auf eine effizientere, natürliche Interaktion zwischen Menschen und Technik abzielt.

7. Literatur

Armutat S (2024) Personalmanagement für mehr Anpassungsfähigkeit – mit den richtigen Mitarbeiter:innen zur (digitalen) Transformation. Zeitschrift für das gesamte Insolvenz- und Sanierungsrecht 27(40):1973-1977.

Bruch H, Vogel B (2009) Organisationale Energie. Wie Sie das Potenzial Ihres Unternehmens ausschöpfen. Wiesbaden: Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-8043-4.

Franken S, Mauritz N, Prädikow L (2022) Kompetenzen für KI-Anwendungen – Theoretisches Modell und partizipative Erfassung und Vermittlung in Unternehmen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Ed) Technologie und Bildung in hybriden Arbeitswelten. Sankt Augustin: GfA-Press.

Gronau N, Ullrich A (2019) Auswirkungen der Digitalisierung – Implikationen und Handlungsempfehlungen für Transformation und betriebliche Weiterbildung. In: Schröder M, Wegner K (Ed) Logistik im Wandel der Zeit – Von der Produktionssteuerung zu vernetzten Supply Chains, 471–493. Wiesbaden: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-25412-4_22.

Kirkpatrick DL (1959/1960) Techniques for evaluating training programs Part I, II, II and IV. Journal of the American Society of Training Directors, 13 (11), 13 (12), 14 (1), 14 (2).

Kersten W, Schröder M, Indorf M (2017) Potenziale der Digitalisierung für das Supply Chain Risikomanagement: Eine empirische Analyse. In: Seiter M, Grünert L, Berlin S (Ed) Betriebswirtschaftliche Aspekte von Industrie 4.0. ZfbF-Sonderheft, 71/17:47–74. Wiesbaden: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18488-9_3.

Neyer FJ, Felber J, Gebhardt C (2016) Kurzskala Technikbereitschaft (TB, technology commitment). Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen (ZIS). https://doi.org/10.6102/ZIS244.

Ullrich A, Gonnermann-Müller J, Vladova G, Gronau N (2024) Partizipation und Akzeptanz bei organisationalen Veränderungsprozessen. In: Obermaier, R. (Ed) Handbuch Industrie 4.0 und Digitale Transformation. 1–24. Wiesbaden: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-36874-6_28-1.

Witte E (1973). Organisation für Innovationsentscheidungen: das Promotoren-Modell, Göttingen: Schwartz.

Analyse kooperativer Tätigkeiten zwischen zwei Personen unter Einbeziehung von Bewegungs- und Muskelaktivitätsmessungen

Aydin ÜNLÜ[1], Saeed RAZA[2], Martin MANNS[2], Karsten KLUTH[1]

[1] Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Ergonomie, Universität Siegen, Paul-Bonatz-Straße 9-11, D-57068 Siegen
[2] Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Montage, Universität Siegen, Paul-Bonatz-Straße 9-11, D-57068 Siegen

Kurzfassung: Das Ziel dieser Studie ist es, eine kooperative Tätigkeit zweier Personen zu untersuchen, die gemeinsam in gleicher Weise eine massebehaftete Kiste transportieren. Dazu wurde nach einer heuristischen Vorgehensweise ein Experiment mit unterschiedlichen Positionen am Tisch aufgebaut, um herauszufinden, welche signifikanten Haltungs- und muskulären Beanspruchungsdifferenzen zwischen den beiden Probanden bestehen. Die Bewegungs- und Muskelaktivitätsmessungen stellen dabei die Höhe der Beanspruchungsdifferenzen des rechten Hand-Arm-Systems in den Fokus. Abschließend erfolgt eine Diskussion über die Ursachen dieser Differenzen sowie die Formulierung von einer Hypothese für weitere Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Muskelaktivitäten und menschlichem Unterstützungsverhalten.

Schlüsselwörter: Muskelaktivität, Hand-Arm-Bewegung, Handhaltung, Oberflächenelektromyographie (OEMG), inertiale Messeinheit (IMU)

1. Einleitung

In der Zusammenarbeit zwischen zwei Personen stellt sich häufig die Frage, wie die körperliche Beanspruchung zwischen den Beteiligten verteilt ist und wer die Hauptlast trägt. Ein Beispiel hierfür ist das gemeinsame Tragen eines schweren Gegenstands, bei dem eine Person einen größeren Teil der Last übernimmt, während die andere weniger beansprucht wird. Studien wie die von Schiefer et al. (2019) oder Lee et al. (2021) zeigen, dass die Lastenverteilung in solchen Szenarien nicht immer gleichmäßig erfolgt. Diese Arbeiten betrachten dabei vor allem die oberen Extremitäten, insbesondere den Rücken, und messen die Muskelaktivitäten ohne Berücksichtigung der Bewegungsdynamik. Die Ergebnisse der elektromyographischen Messungen verdeutlichen, dass beim kooperativen Tragen schwerer Lasten oft ungleiche Belastungsverteilungen auftreten.

Die Studie von Tuli et al. (2022) nutzt IMU-gestützte Bewegungserfassungen, um die Bewegungen zwischen zwei Personen zu analysieren und zu verstehen, wie sie während der Zusammenarbeit ihre Rollen teilen oder wechseln. Dabei werden verschiedene Parameter wie Gesamtzeit, Entfernung und Beschleunigung bei wiederholten Aufgaben berücksichtigt.

In der vorliegenden Studie liegt der Fokus auf dem rechten Hand-Arm-Bereich, wobei sowohl die Bewegung als auch die Muskelaktivität von zwei Personen untersucht werden, um signifikante Haltungs- und muskuläre Beanspruchungsdifferenzen zu identifizieren.

2. Experiment

Zur Analyse der kooperativen Arbeitsprozesse zwischen zwei Personen wird eine heuristische Vorgehensweise verwendet. Das Experiment wurde mit zwei männlichen Probanden im Alter von 25 Jahren durchgeführt, die eine ähnliche Körperstatur aufwiesen (Körpergewicht: ca. 75 und 80 kg; Körpergröße: 171 und 175 cm). Dabei wurde zum Auslösen von Haltungs- und muskuläre Beanspruchungsdifferenzen eine Kiste mit einem Gewicht von 10 kg auf einem Tisch bewegt.

Der schematische Versuchsaufbau ist in Abb. 1 dargestellt. Die Bewegung wurde von beiden Probanden mit der rechten Hand ausgeführt. Dabei wurden die Position am Tisch und die Greifart (Umfassungsgriff, Handrücken nach oben) beibehalten. Um die Konzentration auf die Bewegungsabfolge zu erleichtern, wurde kein festgelegtes Tempo vorgegeben. Stattdessen vollführten die Probanden in zwei Durchgängen jeweils 5 Wiederholungen der Bewegungsfolge. Die Probanden führten in zwei Durchgängen gemeinsam die Kistenbewegung (Anheben – Tragen – Abstellen) von einer definierten Ausgangsposition zu einer Zielposition aus. Die folgenden Positionen wurden für die Bewegungsabläufe verwendet: A-B-C und C-B auf dem Tisch, B-Fb und Fb-B (Fb=Fußboden), B-Re und Re-B (Re=Regalebene), B-Re-bh (bh=beidhändig).

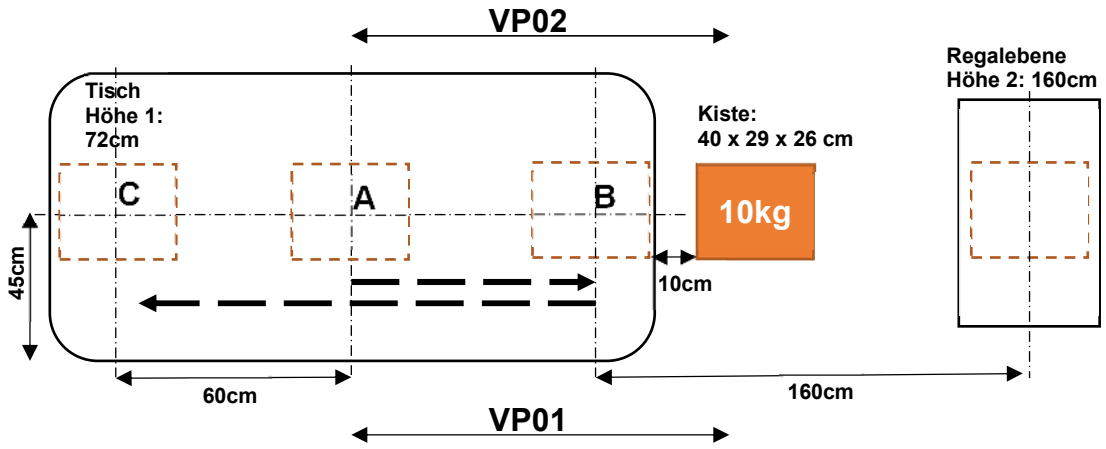


***Abbildung 1**: Kistenpositionierungen: Ein Beispiel für einen Bewegungsablauf ist das Bewegen der massebehafteten Kiste von der Tischmitte (Position A) zur rechten Tischkante (Position B) und anschließend zur gegenüberliegenden Tischkante (Position C).*

Die Bewegungs- und Muskelaktivitätsdaten wurden mittels IMU- und OEMG-Sensoren erfasst. Als involvierter Muskelteil wurde der Bizeps brachii (Beugung und Supination des Arms), der Trizeps brachii (Streckung und Stabilisierung des Ellenbogens), Extensor carpi ulnaris (Ulnarabduktion und Dorsalflexion im Handgelenk) sowie der Flexor carpi radialis (Radialabduktion und Palmarflexion) ausgewählt (nach Valerius 2023). Diese Muskelteile wurden jeweils mit Ruheaktivität und maximaler Muskelaktivität (MVC-Methode) normiert.

3. Messergebnisse

Die Bewegungs- und Muskelaktivitätsmessungen beider Versuchspersonen (VP01 und VP02) während des gesamten Bewegungsablaufs haben gezeigt, dass die prozentuale Beanspruchung in Bezug auf die Muskelaktivität bei VP01 im Durchschnitt um 5 % höher ist als bei VP02. Hinsichtlich der Analyse der Gesamtkörperbelastung mit der Leitmerkmalmethode manuelle Arbeitsprozesse (LMM-MA) nach Steinberg et al. (2007) weist VP01 eine bis zu 8 % höhere Belastung auf. Die größte Abweichung zeigt sich bei der Platzierung der Kiste im Regal (B-Re bzw. Re-B). Bei der OEMG-Auswertung ergibt sich eine Differenz von 8 %, während die LMM-MA eine Differenz von 18 % zwischen VP01 und VP02 aufzeigt.

Eine detaillierte Betrachtung des rechten Hand-Armbereichs zeigt in Abb. 2, dass sich die Gelenkwinkel der beiden Versuchspersonen trotz gleicher Vorgaben unterscheiden. Die größte Winkeldifferenz von 66 bis 81 Grad tritt aufgrund der Radial- und Ulnarabduktion der Hand insbesondere bei der Platzierung der Kiste auf den Fußboden sowie ins Regal auf. Auch eine Spiegelung der Bewegungsdaten, bei der die Bewegung der rechten Hand entweder in Richtung Körpermitte oder vom Körpermittelpunkt weg analysiert wurde, zeigt Unterschiede. Dabei führt VP02 tendenziell eine Ulnarabduktion aus, während VP01 häufiger Radialabduktionen durchführt. Beide Versuchspersonen zeigen jedoch bei allen Abläufen eine Palmarflexion, wobei VP01 die rechte Hand stärker zur Handinnenfläche hin beugt als VP02, insbesondere bei der Platzierung der Kiste ins Regal oder auf den Fußboden. Die geringsten Winkeldifferenzen von maximal 19,5 Grad treten bei der Platzierung auf den Tisch (Bewegungsfolge A-B-C bzw. C-B) auf.

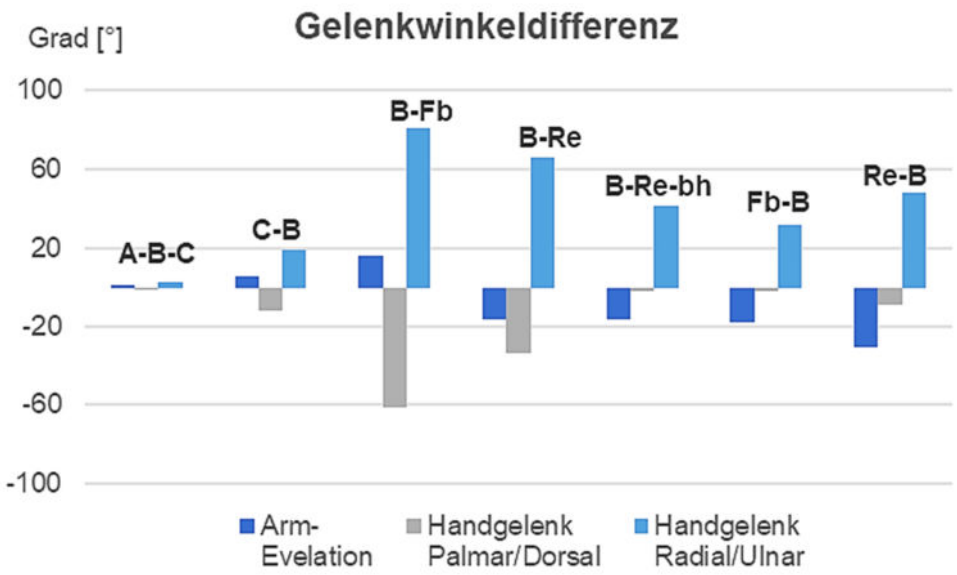


***Abbildung 2**: Gelenkwinkeldifferenz aus der Normallage beim Umsetzen der Kiste. Die Ermittlung zeigt die Differenz zwischen VP01 und VP02.*

Die Muskelaktivitätsanalyse zeigt ebenfalls signifikante Unterschiede (siehe Abb. 3). Im Bizeps brachii werden die größten Differenzen von 5,8 % bis 8,5 % bei allen Bewegungsabläufen festgestellt. Beim Flexor carpi radialis liegt die maximale Differenz bei 5,7 % (B-Re und Re-B), während beim Extensor carpi ulnaris eine maximale Differenz von 4,9 % (B-Re) beobachtet wurde.

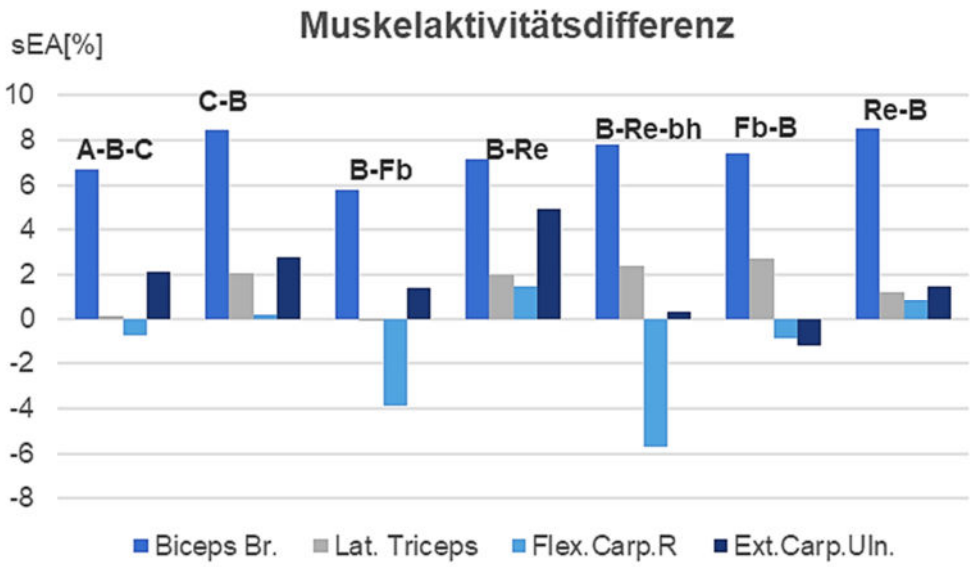


***Abbildung 3**: Muskelaktivitätsdifferenzen des rechten Hand-Arm-Systems beim Umsetzen der Kiste. Die Ermittlung zeigt die Differenz zwischen VP01 und VP02.*

4. Diskussion

Die Analyse der Bewegungs- und Muskelaktivitätsdaten verdeutlicht die Beanspruchungsdifferenzen der beiden Versuchspersonen. Die Ursachen dieser Differenzen werden exemplarisch für die Bewegungsabläufe von der Position B auf den Fußboden sowie von Position B ins Regal diskutiert.

Generell unterscheiden sich die Körperhaltungen der beiden Versuchspersonen beim Heben der Kiste. In Abb. 4 links beugt VP01 den Oberkörper weniger stark nach vorne als VP02 und hebt die Kiste dadurch aus einer anderen Höhe an. Diese Abweichungen im Bewegungsablauf könnten zu einer unterschiedlichen muskulären Beanspruchung im Armbereich, insbesondere im Bizeps brachii, geführt haben. Da der Bizeps entscheidend an Zugbewegungen beteiligt ist (Hermens et al. 2000), variiert die Beanspruchung je nach Haltung und Bewegungsausführung. Zusätzlich hat sich gezeigt, dass VP02 den Oberkörper stärker in Richtung Boden dreht und sich dabei mit der linken Hand am Knie abstützt. Dieses Bewegungsverhalten könnte nicht nur die Handbewegung beeinflusst haben, sondern auch zu Differenzen in den Muskelaktivitäten geführt haben.

Wie in Abb. 4 rechts dargestellt, hebt VP02 bei der Platzierung der Kiste ins Regal den Ellbogen höher an und positioniert die rechte Hand anders als VP01. Diese Unterschiede in der Bewegungsausführung beeinflussen die Muskelspannungen und Bewegungsmuster im Armbereich (Kumar 2001). Im Gegensatz dazu übernimmt bei VP01 der Bizeps brachii aufgrund der geringeren Ellenbogenbewegung einen größeren Teil der Zugbelastung. Dies könnte die gemessene höhere Bizepsaktivität bei VP01 im Vergleich zu VP02 erklären. Es ist jedoch zu betonen, dass die maximale Muskelspannung des Bizepses bei VP01 36 % geringer ausfiel als bei VP02. Der Trizeps weist im Vergleich dazu maximale Unterschiede von bis zu 2,7 % auf.

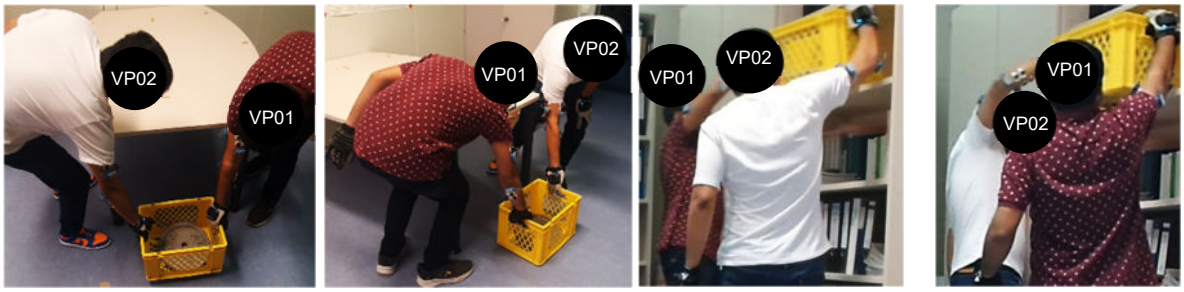


***Abbildung 4**: Ausschnitt der Experimente und Erkennung der unterschiedlichen Körperhaltungen. Platzierung der massebehafteten Kiste auf den Boden (B-Fb und Fb-B) sowie in das Regal (B-Re und Re-B).*

5. Ausblick

In dieser Studie wurden einerseits die Bewegungen und andererseits die Muskelaktivitäten der beiden Versuchspersonen getrennt und nicht zeitlich synchron gemessen. Aus diesem Grund kann kein direkter Vergleich zwischen der Haltung bzw. Bewegung und den Muskelaktivitäten vorgenommen werden. Es konnte jedoch festgestellt werden, dass die gewählten Muskeln und auch die Handbewegungen hohe Unterschiede zwischen den Versuchspersonen aufweisen. Hier könnte eine zukünftige Forschungsarbeit ansetzen, die sich mit der Synchronisation der Bewegungs- und Muskelaktivitätserfassung beschäftigt, um daraus das Bewegungsverhalten abzuleiten.

Eine Hypothese wäre beispielsweise, dass anhand der Steigung der Muskelaktivität der Unterstützungsgrad bestimmt werden kann: Je steiler die Steigung der Muskelaktivität, desto höher der Unterstützungsgrad. In Anlehnung an die Methode von Tuli (2022), bei der Handbeschleunigungen zur Vorhersage des Bewegungsverhaltens genutzt werden, könnte auch ein Verfahren zur Vorhersage des Bewegungsverhaltens basierend auf Muskelaktivitäten entwickelt werden.

6. Literatur

Hermens, H. J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., & Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. Journal of Electromyography and Kinesiology, 10(5), 361–374. DOI: 10.1016/S1050-6411(00)00027-4.

Kumar, S. (2001). Theories of musculoskeletal injury causation. Ergonomics, 44(1), 17–47. DOI: 10.1080/00140130120716.

Schiefer, C., Hermanns, I., Schuster, D., Brandt, K., Ditchen, D., Göbel, F., & Reichert, T. (2019). Untersuchung der physischen Belastungen von Rettungskräften beim Patiententransport in TreppenhäusernUntersuchung der physischen Belastungen von Rettungskräften beim Patiententransport in Treppenhäusern. DGUV/IFA.

Steinberg, U.; Behrendt, S.; Caffier, G.; Schultz, K.; Jakob, M.: Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse. F 1994. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Dortmund/Berlin/Dresden 2007 (Forschung Projekt F1994).

Tuli, T. B., Manns, M., & Jonek, M. (2022). Understanding Shared Autonomy of Collaborative Humans Using Motion Capture System for Simulating Team Assembly. Aalborg, Denmark, October/November 2021 8 (S. 527-534). Springer International Publishing.

Lee, C. L., Lou, S. Z., & Su, Y. R. (2020). Load distribution and lifting duration effects on upper limb strain for manual handling. In Proceedings of the 2020 2nd International Conference on Management Science and Industrial Engineering (pp. 225-230).

Valerius, K. P., Frank, A., Kolster, B. C., Hamilton, C., Alejandre-Lafont, E., & Kreutzer, R. (2023). Das Muskelbuch: Anatomie–Untersuchung–Bewegung. KVM-Der Medizinverlag.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Prototypisches Assistenzsystem für die iterative Arbeitssystemanalyse

Markus HARLACHER, Nils FEGGELER

ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V.,
Uerdinger Straße 56, D-40474 Düsseldorf

Kurzfassung: Veränderungsprozesse können Arbeitssysteme beeinflussen, weshalb eine regelmäßige Analyse zur Identifikation und Steuerung dieser Veränderungen erforderlich ist. Niehues et al. (2024) entwickelten hierfür eine 85-teilige Checkliste auf Basis etablierter Analyseinstrumente zur physischen und psychischen Belastungsbewertung. Allerdings gestalteten sich sowohl die Durchführung der Beobachtungsinterviews als auch die anschließende Auswertung und der Vergleich der Analysezeitpunkte als aufwendig und fehleranfällig.
Aus diesem Grund wurde das Analyseinstrument in ein IT-gestütztes Assistenzsystem überführt. Dessen Gestaltung und Struktur werden im Beitrag vorgestellt und die wesentlichen Ergebnisse seiner Anwendung diskutiert und weiterer Entwicklungsaufwand aufgezeigt.

Schlüsselwörter: Prototyp, Assistenzsystem, Arbeitssystemanalyse

1. Motivation

Veränderungsprozesse, wie z.B. die Implementierung eines neuen Prozessablaufs oder einer neuen Technologie können Veränderungen am Arbeitssystem hervorrufen. Zur Handhabung dieser möglichen Veränderungen gilt es, das bestehende Arbeitssystem regelmäßig im Veränderungsprozess zu analysieren, mögliche Veränderungen am selbigen zu identifizieren und geeignete Handlungsmaßnahmen abzuleiten. Vor allem aus dem Veränderungsprozess entstehenden, potenziell negativen Auswirkungen auf das Arbeitssystem (bspw. müssen nun mehrere Aufgaben gleichzeitig bearbeitet werden) kann so entgegengewirkt werden. Niehues et al. (2024) entwickelten zu diesem Zweck eine 85 Items umfassende Checkliste für die Arbeitssystemanalyse, die auf unterschiedlichen, etablierten Analyseinstrumenten für die physische und psychische Belastungsanalyse aufbaut.

Die Anwendung in Beobachtungsinterviews und insbesondere die sich anschließende Auswertung erwiesen sich als aufwendig. Insbesondere der Vergleich der Ergebnisse zu unterschiedlichen Analysezeitpunkten konnte nur unter hohem Aufwand und mit einer nicht zu vernachlässigenden Fehleranfälligkeit durchgeführt werden.

Im Rahmen des Beitrags wird daher ein prototypisches Assistenzsystem vorgestellt, welches die die Arbeitssystemanalyse durchführenden ExpertInnen in der Erfassung und insbesondere in der Auswertung der Analyse sowie der weiteren Gestaltung des Veränderungsprozesses unterstützt. Die im Beitrag skizzierte Entwicklung erfolgte anhand des Wasserfallmodells der Softwareentwicklung (Heid 2002) und unter Einbindung von ExpertInnen der Arbeitsgestaltung bei der Erhebung und Priorisierung der Anforderungen sowie beim Testen des Prototyps. Basierend auf den erhobenen Anforderungen wurde als Plattform für die technische Entwicklung Microsoft Excel mit

VBA ausgewählt. Entwickelt wurden Nutzeroberflächen zur Eingabe während der Arbeitssystemanalyse, verschiedene Ansätze für die Auswertung und den Vergleich verschiedener Iterationsstufen sowie eine teilautomatisierte Generierung von Handlungsplänen. Der Beitrag schließt mit einer kritischen Reflektion des Entwicklungsstands basierend auf den Ergebnissen durchgeführter Evaluationen in der betrieblichen Praxis und zeigt weitere Entwicklungsbedarfe auf.

2. Erhobene Anforderungen an das Assistenzsystem

Im Zuge eines Workshops zur Erhebung der Anforderungen an das Assistenzsystem wurden Anforderungen aus Sicht von ExpertInnen der Arbeitswissenschaft – und damit aus der späteren Zielgruppe – zunächst 34 Anforderungen erfasst, systematisiert und priorisiert. Im Anschluss an den Workshop wurden 21 als mindestens relativ wichtig priorisierte Anforderungen durch die Workshopteilnehmenden anhand des Kano-Modells (z. B. Sauerwein 2000) bewertet.

In Tabelle 1 sind die mehrheitlich als Basismerkmal eingeordneten Anforderungen, klassifiziert nach funktional und nicht-funktional, aufgeführt. Diese Anforderungen wurden in der sich anschließenden protypischen Entwicklung prioritär berücksichtigt.

Tabelle 1: *Basismerkmale für das Assistenzsystem zur Arbeitssystemanalyse.*

Anforderung	Kategorie
Automatisierte Auswertung	Funktional
Anpassung der textuellen Eingaben auch im Nachgang der Beobachtung	Funktional
„Item noch offen“-Anzeige	Nicht-Funktional
Intuitive Nutzeroberfläche	Nicht-Funktional
Lokale Anwendung möglich	Funktional
Kategorien an der Seite zum Springen	Funktional
Alles an einer Stelle - in einer Datei	Nicht-Funktional
Geringer Pflegeaufwand; nur einmalige Eingabe einer Information, geringe Klickzahl	Nicht-Funktional

3. Auswahl und Begründung der Implementierungsumgebung

Die Wahl der Plattform bzw. die Wahl der Programmiersprache ist abhängig von den Zielen des Vorhabens bzw. von den Anforderungen der späteren Nutzer. In diesem Fall erfolgte die Auswahl von VBA. Sie ist eine interpretierte Skriptsprache, welche für die Steuerung von Abläufen in Microsoft-Office Programmen entwickelt wurde. Gleichwohl ist eine Umsetzung der Checkliste mit anderen Sprachen wie Python oder als native Windowsanwendung etwa mit C++ oder C# möglich. Der große Vorteil, den Excel dagegen mit sich bringt, ist die sehr große Reichweite bzw. Verbreitung in Unternehmen. Zwar gibt es mit älteren Excel-Versionen z. T. Kompatibilitätsprobleme, allerdings ist diese potenzielle Problematik basierend auf der mittlerweile großflächigen Verbreitung von Office 365 ein vernachlässigbarer Umstand. Darüber hinaus sollte die Funktionalität des Prototyps nicht durch die Berücksichtigung älterer Pro-

grammversionen, welche auf Dauer an Bedeutung verlieren werden, beschränkt werden.

Ein weiterer Vorteil einer Excel-gestützten Umsetzung ist das Ausbleiben zusätzlicher Installationsvorgänge, um die eigentliche Anwendung starten zu können. Eine Umsetzung in Python würde bspw. die Installation von Python auf dem Zielrechner voraussetzen. Eine Umsetzung in Excel dagegen kann als „Plug and Play"-Anwendung fungieren, eine Installation von Office vorausgesetzt.

Zudem ist bei der Nutzung von Excel bereits eine grafische Nutzeroberfläche zur Verwendung bzw. Modifikation bereitgestellt. Bei einer Realisierung mit anderen Programmiersprachen muss eine Benutzeroberfläche umfänglich erstellt werden. Hierfür werden zwar Tools angeboten, die Gestaltung einer visuell ansprechenden Oberfläche in Excel ist für die Entwicklung des Prototyps zeitsparender.

4. Funktionsumfang des prototypischen Assistenzsystems

Folgende wesentliche Funktionsbereiche sind zum Publikationszeitpunkt im Assistenzsystem integriert:

1. *Hauptmenü:* Das Hauptmenü erscheint sich beim Öffnen der Datei. Von hier aus sind alle weiteren Funktionsbereiche erreichbar. Zudem findet sich eine Einführung in das Tool und eine Nutzungsempfehlung. Abschließend finden sich Kontaktinformationen im Falle technischer Probleme oder bei Fragestellungen hinsichtlich der Nutzung des Assistenzsystems oder bei der Interpretation des Analyseergebnisses.
2. *Erfassung von Rahmeninformationen:* Die Erfassung der Rahmenbedingungen erfolgt einmalig beim Anlegen der Datei. Hierbei wird das Unternehmen sowie das zu analysierende Arbeitssystem charakterisiert. Dies beinhaltet eine ausführliche Tätigkeitsbeschreibung, sodass Informationsverluste durch unterschiedliche Beobachtende zu den verschiedenen Analysezeitpunkten reduziert werden.
3. *Arbeitssystemanalyse:* Im Funktionsbereich Arbeitssystemanalyse erfolgt die eigentliche Dokumentation der Beobachtungsinterviews. Für jeden Beobachtungszeitpunkt muss eine neue sogenannte Iteration angelegt werden. Die Ergebnisse der vorherigen Iterationen sind jederzeit aufrufbar.

Das Analyseinstrument untergliedert sich in fünf thematische Dimensionen mit jeweiligen Untergliederungen. Durch ein übersichtliches Klick-Menü wird es den Anwendenden ermöglicht, leicht zwischen den Themenfeldern zu navigieren und die Erfassungsmaske erscheint überschaubar.

Entsprechend des ursprünglichen Analyseinstruments sind die 85 Items hinsichtlich der vorliegenden Ist-Situation, erwarteter Veränderungen sowie der zukünftigen Ausprägung zu bewerten. Hierfür sind jeweils die „Eher ja" bzw. „Eher nein"-Optionen auszuwählen und zu jeder Bewertung ein Textfeld für entsprechende Beschreibungen. Nähere Erläuterungen der Items lassen sich einblenden. Ein Auszug aus der Analysemaske findet sich in Abb. 1.



***Abbildung 1**: Auszug aus der Maske zur Arbeitssystemanalyse.*

4. *Auswertung:* Im Auswertungsteil können die in der Durchführung der Arbeitssystemanalyse ermittelten Daten detailliert analysiert werden. Inhaltlich ist die Auswertung in die Darstellung der Ist-Situation, eine quantitative Darstellung der gesamten Entwicklung über alle Iterationen hinweg sowie eine vergleichende Analyse itemspezifischer Veränderungen zwischen zwei wählbaren Iterationen unterteilt (s. Abb. 2). Die Menüführung ist im Sinne der Konsistenz analog zum Bereich der Arbeitssystemanalyse strukturiert.

Die Analyse ermöglicht die Darstellung des Ist-Zustandes mit entsprechender farblicher Codierung hinsichtlich der Item-Ausprägung sowie spezifischen Informationen aus der Arbeitssystemanalyse der jeweiligen Iteration. Über entsprechende Filterfunktionen können positiv bzw. negativ bewertete Ist-Situationen (aktuell wie zukünftig) sowie erwartete Verbesserungen und Verschlechterungen im Arbeitssystem selektiert werden. Ebenso ist eine Selektion einer der fünf Dimensionen möglich. Abschließend besteht die Möglichkeit, den Items zugeordnete Handlungsmaßnahmen zu empfehlen und in einen Maßnahmenplan zu speichern (s. Funktionsbereich 5). Systemseitig lassen sich hierbei generalistisch formulierte Gestaltungsempfehlungen je Item einblenden.

Neben der qualitativen Auswertung bietet die Analyse auch einen quantitativen Vergleich zwischen zwei Analysezeitpunkten. Dies setzt voraus, dass bereits mindestens zwei Aufnahmen erfolgt sind. Quantitative Vergleiche erfolgen hinsichtlich zutreffender und nichtzutreffender Kriterien, der erwarteten Verbesserungen und Verschlechterungen sowie hinsichtlich der erwarteten zukünftigen Ausprägungen. Diese Analysen sind für die Gesamtsicht aber auch für einzelne Kategorien möglich.

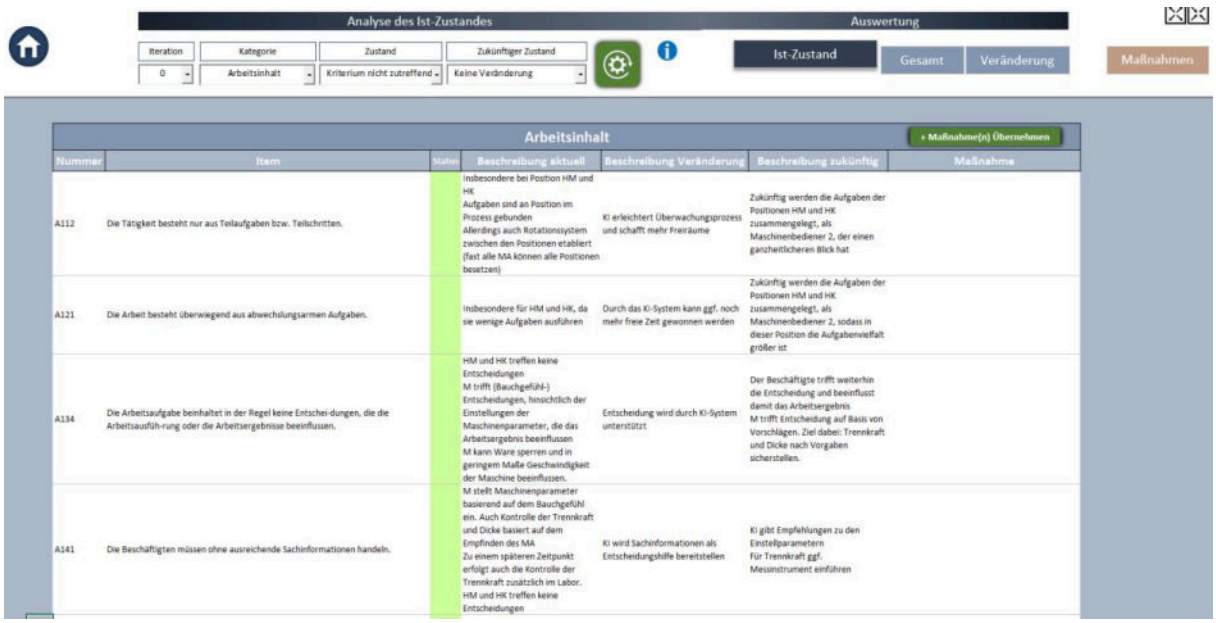


***Abbildung 2**: Auszug aus der Maske zur Auswertung des Ist-Zustands.*

5. *Maßnahmenplanung:* Die im Zuge der Auswertung identifizierten Maßnahmen werden automatisch in den Maßnahmenplan importiert. An dieser Stelle lassen sich weitere Maßnahmen ergänzen und die Maßnahmen sortieren. Die Maßnahmen können verantwortlichen Personen zugeordnet, Zeitpunkte für den Abschluss der Umsetzung definiert und der Status der Umsetzung dokumentiert werden. Der Maßnahmenplan ist dabei unabhängig von den Beobachtungszeitpunkten und kann als Unterstützung der Projektkoordination dienen.

5. Reflektion des Entwicklungsstands und Ausblick

Zwecks Evaluation des Assistenzsystems wurde einerseits ein Usability-Test (SUS, Brooke 1996) unter Laborbedingungen durchgeführt; andererseits wurde es im Zuge von Beobachtungsinterviews angewendet und getestet. Mit einem SUS-Score von 68,75 befindet sich die ermittelte Akzeptanz nach Bangor et al. 2009 im hohen Grenzbereich. Insgesamt lässt sich hiernach die Usability mit „ok“ bis „gut“ beschreiben. Angeregt wurde beispielsweise eine farbliche Abhebung der fünf inhaltlichen Analysekategorien. Ebenso wurde angemerkt, dass die Hilfefenster geschlossen werden müssen, um die Bearbeitung in der Excel-Umgebung fortsetzen zu können. Die sofortige Verfügbarkeit von weiteren Informationen und Erklärungen wurde hingegen als äußert positiv wahrgenommen.

Die Anwendung des Assistenzsystem in der betrieblichen Praxis zeigte den großen Vorteil auf, dass die Besprechung der Analyseergebnisse unmittelbar nach Durchführung der Beobachtungsinterviews erfolgen konnte und Veränderungen im Arbeitssystem unmittelbar aufgezeigt werden konnten. Eine zu lösende Herausforderung erwies sich jedoch in der z. T. deutlichen Speicherdauer des Programms, die durchaus auch über eine Minute betragen kann.

Das Layout des Prototyps ist auf das Standard-Bildschirmformat 16:9 ausgelegt. Dies beschränkt die Auswahl der Hardware zur Ausführung des Programms, um eine optimale visuelle Darstellung zu erreichen. Bei der Anwendung werden Klick- und

Schreibfunktionen benötigt. Denkbar wäre der Einsatz eines Tablets. Im Zuge der bisherigen Erprobungen wurde die höchste Nutzerfreundlichkeit bei der Nutzung eines Laptops mit Touchdisplay in Kombination mit einem Steharbeitsplatz zwecks Abstellen des Endgeräts erzielt.

Die in Abschnitt 2 aufgezeigten Anforderungen an das Assistenzsystem wurden wwitestgehend erfüllt. Lediglich die Anforderungen der Anzeige „Item noch offen“ konnte aufgrund technischer Restriktionen bisher nicht erfüllt werden. Die grundsätzliche Strukturierung sowie die visuelle Gestaltung des Programms wurden sehr positiv aufgenommen. Auch die implementierten Funktionen wurden trotz Hindernissen in der Nutzeroberfläche und -führung als praktisch bewertet. Weiterer Entwicklungsbedarf wird daher insbesondere hinsichtlich Aspekte der Oberflächengestaltung und Nutzerführung erwartet.

Unabhängig von der weiteren technischen Entwicklung des Prototyps ist ein gesondertes Nutzerhandbuch zu erstellen, welches insbesondere Erstanwender bei der Nutzung des Assistenzsystems unterstützt. Hierin ist auch ein entsprechendes FAQ zur Beantwortung gängiger Fragen hinsichtlich der Nutzung zu integrieren.

6. Literatur

Bangor A., Kortum P. et al.: Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. In: Journal of User Experience, Volume 4, Issue 3, 2009, https://uxpajournal.org/de/determining-what-individual-sus-scores-mean-adding-an-adjective-rating-scale/Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. Usability evaluation in industry, 189(194), 4-7.

Heid R.: Einführung und Bewertung eines leichtgewichtigen Entwicklungsprozesses, Diplomarbeit, 2002, Internet 05.12.2023, S.12 https://swa.informatik.uni-hamburg.de/files/abschlussarbeiten/DA_Heid.pdf.

Niehues S., Shahinfar F., Harlacher M., Sandrock S. (2024) Identification of Required Actions in the Process of Work Design – Developed Method for a Criteria-based Work System Analysis. In: Procedia Computer Science, Volume 232, 2024, Pages 513-522, ISSN 1877-0509, https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.05.

Sauerwein, E.: Das Kano-Modell der Kundenzufriedenheit. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, 2000, S.27-55 S.27-55 DOI: 10.1007/978-3-322-90890-2_3.

Danksagung: Der Beitrag ist im Projekt „Kompetenzzentrum WIRKsam“ (FKZ: 02L19C600) entstanden; es wird im Rahmen der Fördermaßnahme „Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für diesen Beitrag liegt bei den Autoren.

Ergebnisse der NORDMETALL-Jugendstudien

Armin BOSSEMEYER[1], Nora Johanna SCHÜTH[2]

[1] NORDMETALL, Verband der Metall- und Elektroindustrie,
Kapstadtring 10, D-22297 Hamburg
[2] Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (ifaa),
Uerdinger Straße 56, D-40474 Düsseldorf

Kurzfassung: Der Arbeitgeberverband NORDMETALL e. V. hat in Zusammenarbeit mit der NORDAKADEMIE drei umfassende Jugendstudien erstellt. Die Ergebnisse dokumentieren die Erwartungen junger Menschen kurz vor dem Abitur an Arbeit und Zukunft und stellen diese den Anforderungen von Unternehmerinnen und Unternehmern an potenzielle neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gegenüber. Insgesamt wurden mehr als 3.000 Abiturientinnen und Abiturienten und 200 Geschäftsführungen von Betrieben befragt. Worauf Betriebe bei der Auswahl des Nachwuchses achten, worauf Jugendliche ihren Fokus legen und was ihnen für das Arbeitsleben von Bedeutung ist, ist Gegenstand dieses Beitrags.

Schlüsselwörter: Umfrage, Jugendliche, Betriebe, Bedürfnisse, Erwartungen, Arbeitsbedingungen

1. Einleitung

Was erwarten Schülerinnen und Schüler kurz vor dem Abitur von Studium und Beruf? Was wünschen sich Unternehmerinnen und Unternehmer von ihren künftigen Beschäftigten mit Abitur?

Die NORDAKADEMIE als einer der wichtigsten Anbieter dualer Studiengänge in Norddeutschland und NORDMETALL, der Arbeitgeberverband der Metall- und Elektroindustrie, geben mit der NORDMETALL-Jugendstudie seit 2022 Antworten auf diese wichtigen Fragen. Ziel der Jugendstudien ist es, mehr darüber zu erfahren, was Schülerinnen und Schüler am Übergang in die duale Ausbildung, das Studium und den Arbeitsalltag erwarten. In Zeiten des demografischen Wandels müssen sich Betriebe attraktiv für junge Menschen aufstellen und auf die Bedürfnisse von Nachwuchskräften eingehen.

An der jährlichen NORDMETALL-Jugendstudie haben bisher rund 3.000 Jugendliche und 200 Betriebe teilgenommen. Sie wurde bereits in Schleswig-Holstein (2022), Hamburg (2023) und Mecklenburg-Vorpommern (2024) durchgeführt. Für das Jahr 2025 ist die Durchführung der Studie im Bundesland Bremen geplant. Zielgruppe der Schülerbefragung sind die Klassenstufen 11 bis 13 der gymnasialen Oberstufe von Gymnasien, Gesamtschulen und Beruflichen Gymnasien. Sowohl die Schülerumfrage als auch die parallele Betriebsbefragung beinhalten Fragen zum Stellenwert verschiedener Schulfächer, zu den Arbeitsbedingungen in der Industrie und zu persönlichen Neigungen, die für die Berufswahl und den späteren Arbeitsalltag wichtig sind. Die Jugendstudie verbindet schulische Lerninhalte mit der betrieblichen Praxis und betont die Bedeutung der MINT-Fächer.

2. Studiendesign

Die Online-Schülerbefragung umfasst rund 20 Fragen. Die Betriebsbefragung enthält dazu acht korrespondierende Fragen. Es werden geschlossene Fragestellungen mit Ankreuzmöglichkeit verwendet. Nur eine Frage ist als Fließtextfrage formuliert. Weiterführende Informationen zu den konkreten Fragestellungen sowie vertiefende Ergebnisse finden Sie unter: https://www.nordmetall-jugendstudie.de/. NORDMETALL und sein Schwesterverband AGV NORD sind mit rund 700 Betrieben und deren 180.000 Beschäftigten die führenden industriellen Arbeitgeberverbände Norddeutschlands. Die teilnehmenden Betriebe stammen zum überwiegenden Teil aus der Metall- und Elektroindustrie. Die Verbände sind im Bildungsbereich sehr aktiv und betreuen diverse Bildungsprojekte. Die NORDAKADEMIE ist mit mehr als 2.500 Studierenden der größte Anbieter dualer Studiengänge in Norddeutschland. In dem Beitrag werden nur die Ergebnisse ausgewählter Fragen vorgestellt.

3. Ergebnisse

Arbeitgeber achten bei Bewerbungen in erster Linie auf die Noten in speziellen Fächern und auf durchgeführte Betriebspraktika (Abbildung 1). Anders als in der Schule ist die Arbeit im Betrieb fachlich sehr spezialisiert und Erfahrungen (z. B. aus Berufspraktika) wird ein hoher Stellenwert zugeschrieben. Zudem achten Betriebe auch auf IT-Kenntnisse, Nebenjobs und betriebliche Ausbildungen. Anders als bei der Bewerbung um einen Studienplatz rangiert der Notendurchschnitt von Bewerbern jedoch nur an sechster Stelle. Ein mittelmäßiger Notendurchschnitt ist oftmals ausreichend. Ein Auslandsaufenthalt, ein freiwilliges Jahr oder ein ehrenamtliches Engagement können für die individuelle Entwicklung von Jugendlichen bedeutsam sein, haben aber für Bewerbungen keine besondere Schlüsselfunktion.

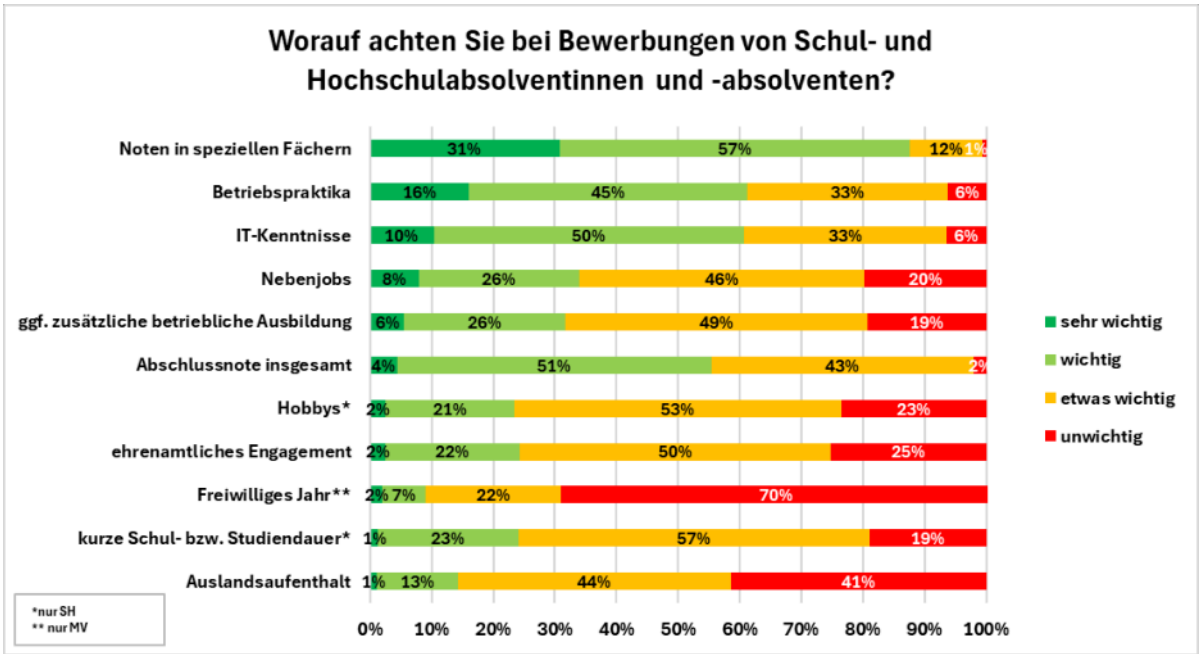


***Abbildung 1**: Bewertungskriterien bei Bewerbungen aus Sicht der Arbeitgeber.*

Die drei Hauptfächer Mathematik, Deutsch und Englisch sind Arbeitgebern besonders wichtig (Abbildung 2). Die Wirtschaft bestätigt somit das besondere Gewicht der Hauptfächer an Schulen. Anders als im Schulsystem ist jedoch Mathematik für Betriebe mit Abstand das wichtigste Fach. Sprachkenntnisse können durch aktive Anwendung auch nach der Schulzeit verbessert werden. Fehlt es aber an elementaren Grundlagen wie Dreisatz, Prozentrechnung oder Winkelfunktionen, fällt es sehr schwer, diese im Betrieb nachzuholen. Auch die Noten in den Fächern Physik und Informatik sind Betrieben wichtig. Technik und Computer sind in der heutigen Arbeitswelt unentbehrlich und werden für die Arbeit mit Maschinen, Geräten und Computern regelmäßig benötigt.

Die vielseitigen Interessen und Neigungen von Jugendlichen werden nicht alle in der Betriebspraxis benötigt. So misst die Industrie einem guten Drittel aller Schulfächer keine besondere Bedeutung bei: Sport, Geografie, Geschichte, Biologie, Kunst, Musik und Theater. Für Jugendliche kann es ernüchternd sein, dass Betriebe viele Schulinhalte, die sie mühselig erlernt haben, kaum wertschätzen.

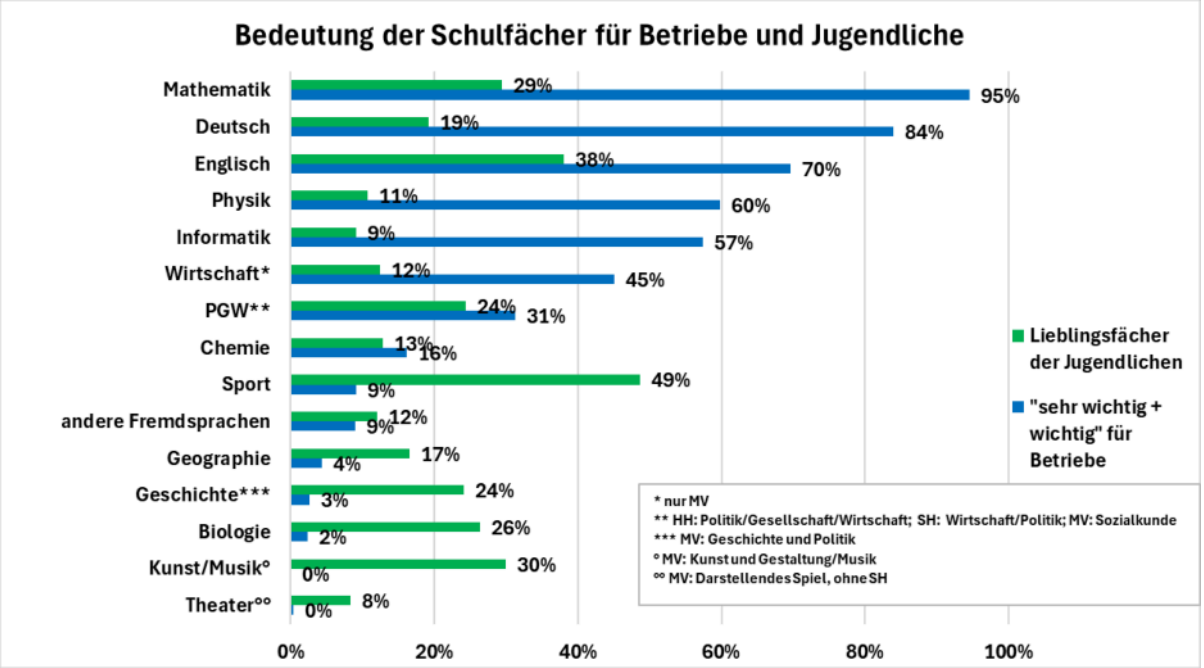


***Abbildung 2**: Bedeutung der Schulfächer.*

Das Interesse für das Schulfach Mathematik steht bei den Jugendlichen erst an vierter Stelle. Physik und Informatik rangieren in der Gunst der Jugendliche noch weiter hinten. Etwa jeder fünfte Junge interessiert sich verstärkt für Informatik und Physik. Bei Mädchen ist dies eine Seltenheit. Der Anteil der MINT-Fans (Mathematik und Physik/Informatik als Lieblingsfach) liegt bei nur 7,4 Prozent. Obwohl etwas mehr Mädchen als Jungen das Abitur absolvieren, zählen zu den MINT-Fans etwa dreimal so viele Jungen wie Mädchen. Allgemein werden MINT-Berufe überdurchschnittlich gut bezahlt (idw 2023). Für die Chancengleichheit auf dem Arbeitsmarkt ist es wichtig, Mädchen verstärkt für MINT-Fächer zu begeistern.

Die wichtigste Eigenschaft, die Beschäftigte haben sollten, ist aus Sicht der Arbeitgeber die Arbeitsmotivation (Abbildung 3). Motivation, bzw. motiviertes Verhalten resultiert aus dem Zusammenspiel von individuellen Motiven (z. B. Neugierde, Status, Anerkennung, Unabhängigkeit, Macht) und den aus einer Situation gebotenen Anrei-

zen (z. B. Personalentwicklungsmaßnahmen, Arbeitsaufgabe/-inhalt, Vergütung, Position, Kollegialität des Umfelds etc.). Viele Bewerbungsgespräche verfolgen daher hauptsächlich den Zweck, die Motive einer Person herauszufinden. Arbeitgeber fragen danach, was die Beschäftigten antreibt, sich zu engagieren, um volle Leistung zu bringen. Die Lernfortschritte einer Ausbildung hängen stark von den in der Person liegenden Motiven und den Bedingungen im Lehrbetrieb ab (z. B. Führung, Betriebsklima etc.). Betriebe wollen vorab sicher gehen, dass die Berufsentscheidung des Jugendlichen stimmig ist und tragfähig bleibt, denn Jugendliche kündigen Ausbildungsverträge teilweise schon vor Antritt der Ausbildung wieder auf.

Jugendliche überschätzen die Bedeutung von Disziplin, Pünktlichkeit und Kommunikationsfähigkeit. Für junge Menschen ist das Einfügen in die formale Struktur eines Betriebes oftmals ungewohnt und anstrengend. Die Kommunikationsfähigkeit ist in Betrieben zwar wichtig, aber viele Arbeiten müssen einfach nur sachlich erledigt und nicht diskutiert werden. Die Bedeutung von Lernbereitschaft und Interesse an Technologie wird von den Jugendlichen hingegen unterschätzt. Betrieben ist es wichtig, dass die Beschäftigten nicht nur Verständnis für Technik haben, sondern technische Prozesse aktiv gestalten und optimieren.

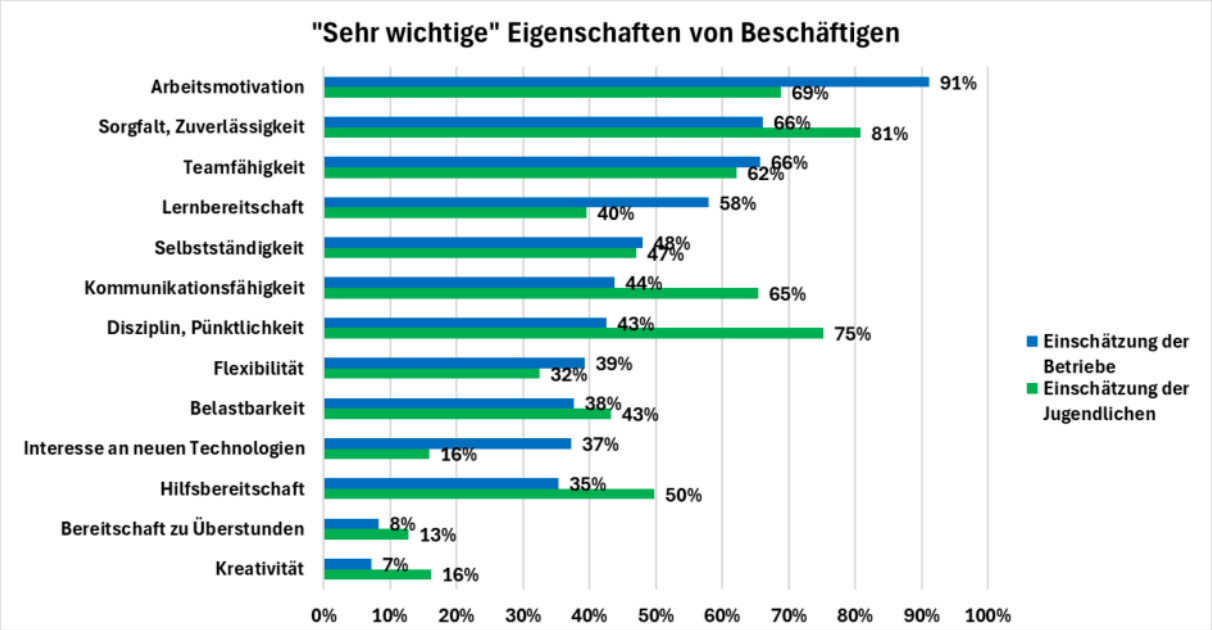


***Abbildung 3**: Eigenschaften von Beschäftigten.*

Jugendliche wünschen sich vor allem Spaß bei der Arbeit, einen sicheren Arbeitsplatz und eine gute Bezahlung (Abbildung 4). Bezahlung und Arbeitsplatzsicherheit sind primäre Aspekte von Beschäftigungsverhältnissen und Inhalt vieler Tarifverträge. Spaß lässt sich aber nicht tarifieren. Spaß bei der Arbeit motiviert die Jugendlichen, Neues auszuprobieren und große Anstrengungen einzugehen. Betriebe sollten deshalb verstärkt darauf achten, dass der Spaß nicht zu kurz kommt. Betriebe setzen andere Prioritäten als Schülerinnen und Schüler. Sie bieten häufig Urlaubs-/Weihnachtsgeld, Weiterbildung, gute Verkehrsanbindungen und eine Betriebskantine an, was jungen Menschen (noch) nicht wichtig ist.

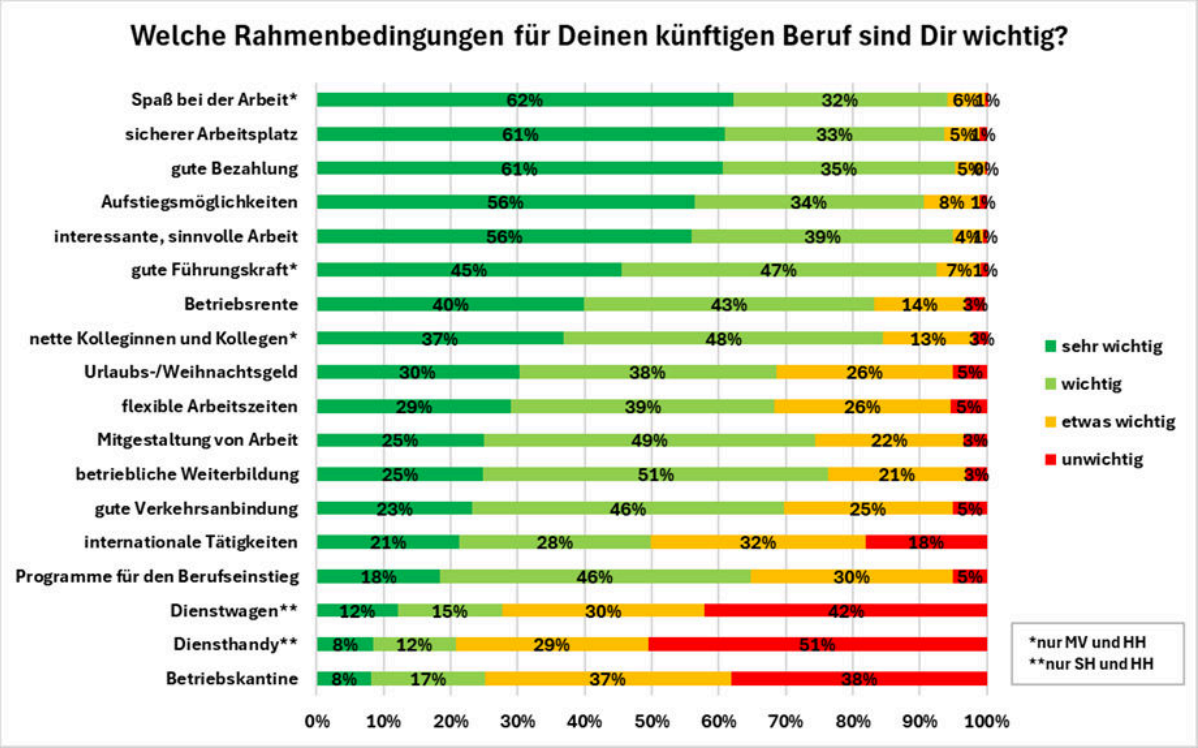


***Abbildung 4**: Rahmenbedingungen im Beruf aus der Sicht Jugendlicher.*

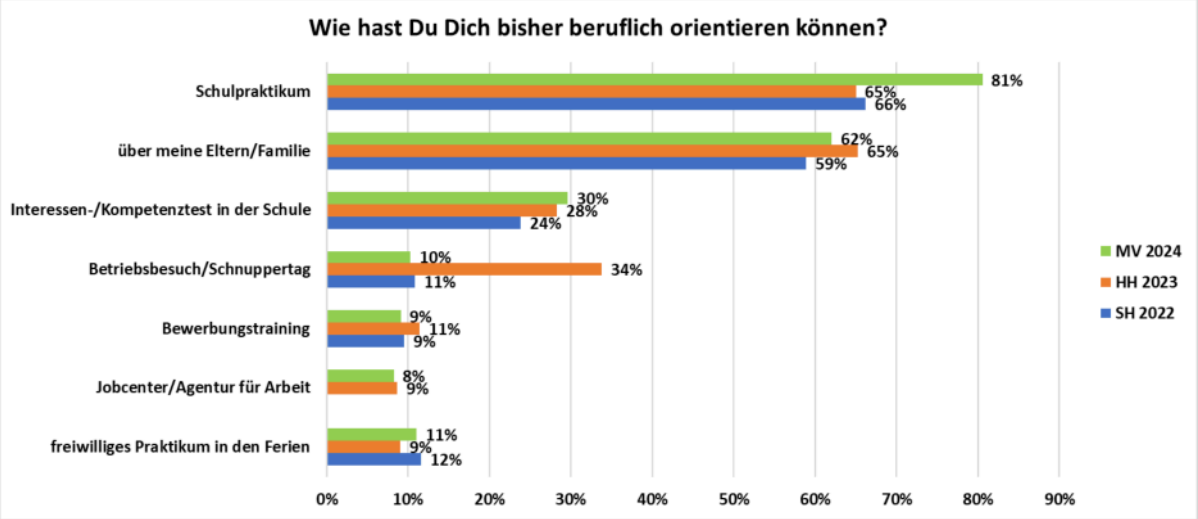


***Abbildung 5**: Berufliche Orientierung von Jugendlichen.*

Das Schulpraktikum gibt den Jugendlichen die beste Berufsorientierung (Abbildung 5). Jugendliche befassen sich im Praktikum nicht nur theoretisch mit einem Beruf, sondern lernen den betrieblichen Alltag durch eigene Arbeit und Anschauung kennen. In Mecklenburg-Vorpommern hat das Praktikum einen höheren Stellenwert und zeigt bei den Schülerinnen und Schülern eine besonders starke Wirkung. Ein freiwilliges Praktikum in den Ferien macht leider nur jeder zehnte Jugendliche. Es ist deshalb wichtig, dass schulische Praktika in den Unterrichtsplänen der Schulen regelmäßig enthalten sind. Die zweitwichtigste Informationsquelle zur Berufsorientierung ist das Elternhaus. Eltern sollten das Thema Beruf aktiv ansprechen und mit ihren Kindern über ihre Vorlieben und Wünsche sprechen, damit sie konkrete Vorstellungen davon

entwickeln, was sie beruflich machen möchten. An dritter Stelle stehen Interessen- und Kompetenztests in der Schule. Junge Menschen möchten herausfinden, wo ihre Stärken liegen und was sie damit anfangen können. Betriebsbesuche oder Schnuppertage haben ein gutes Potenzial und sind in Hamburg scheinbar stärker im Schulsystem etabliert.

Die befragten Jugendlichen wünschen sich viele zusätzliche Unterstützungsangebote, die ihnen den Einstieg ins Berufsleben erleichtern (Abbildung 6). Der Unterricht zur Berufsorientierung deckt ihren Informationsbedarf nicht voll ab. Sie möchten vor allem mehr wissen über finanzielle Themen wie Geld, Steuern, Sparen und Rente. An zweiter Stelle wünschen sich die Jugendlichen einen Austausch mit erfahrenen Auszubildenen oder Studierenden. Die Schülerinnen und Schüler wollen sich mit Gleichaltrigen austauschen und aus erster Hand hören, welche Erfahrungen sie gemacht haben.

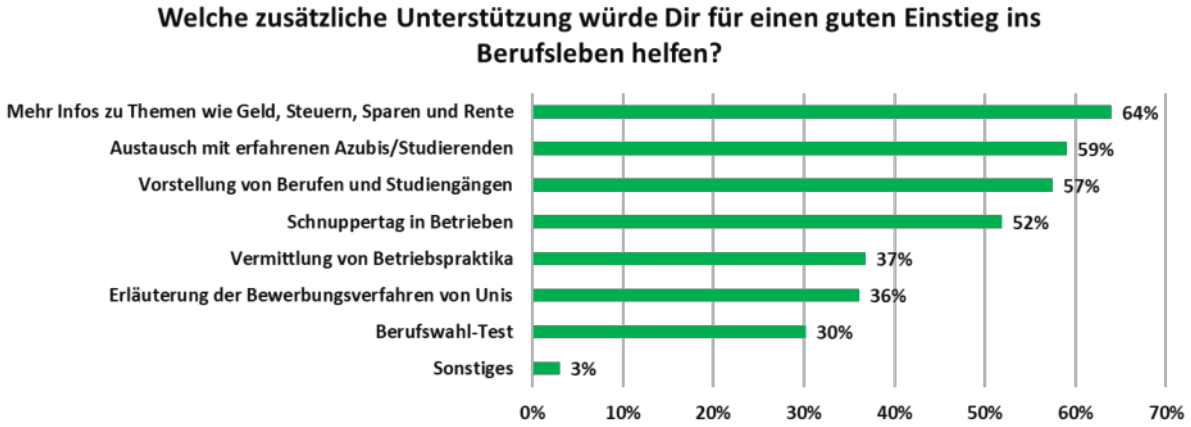


***Abbildung 6**: Unterstützungsbedarf für das Berufsleben.*

4. Ausblick

Die Ergebnisse der drei durchgeführten Studien werden derzeit in einem Leitfaden für Betriebe, Schülerinnen und Schüler sowie Akteure an Schulen aufbereitet. Handlungsleitende Empfehlungen sollen auf die besondere Situation junger Menschen in der wichtigen Entwicklungsphase der Berufsfindung hinweisen und Orientierung bei Bewerbung, Einstellung und Ausbildung bieten.

5. Literatur

idw (2023) MINT-Berufe zahlen sich aus. Abgerufen am 20.11.2024 von https://www.iwd.de/artikel/mint-jobs-zahlen-sich-aus-572445/.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Virtuelle Realität und reale Arbeitswelt: Übertragbarkeit ergonomischer Belastungsbewertungen bei kniebelastender Tätigkeit

Robin GRIEßEL[1,2], Britta WEBER[1], Dominik GRÄßLE[1], Ingo HERMANNS-TRUXIUS[1], Christoph SCHIEFER[1], Rolf ELLEGAST[1], Benjamin WEYERS[2]

[1] Institut für Arbeitsschutz, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V., Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin
[2] Human-Computer Interaction des Fachbereichs IV - Informatik, Universität Trier, Behringstraße 21, D-54296 Trier

Kurzfassung: Die Studie untersucht die intraindividuelle Vergleichbarkeit von Bewegungsausführungen zwischen realer und virtueller Umgebung. 25 Probanden absolvierten standardisierte Arbeitstätigkeiten, deren Ausführung mit einem Inertial-Sensorsystem erfasst und ergonomisch bewertet wurde. Erste Analysen kniebelastender Tätigkeiten zeigen geringe intraindividuelle Unterschiede in der Verteilung der Knieflexionswinkel zwischen den beiden Bedingungen. In VE ist die Bewegungsvariabilität häufig geringer, während insgesamt eine hohe Konstanz der Bewegungsausführung festgestellt wurde. Zukünftige Analysen weiterer Tätigkeiten und Gelenkwinkel sowie Risikobewertungen sind geplant. Die vorläufigen Ergebnisse verdeutlichen sowohl das Potenzial als auch die Herausforderungen von VR für die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung.

Schlüsselwörter: Virtual Reality, Ergonomie, Arbeitsplatzgestaltung, Digitale Transformation

1. Einleitung

In der aktuellen Praxis erfolgt die Ergonomiebewertung (EB) meist an bestehenden Arbeitsplätzen oder physischen Mock-ups (PMU), um potenzielle Probleme frühzeitig zu identifizieren (Tropschuh & Horn 2014; Roger et al. 2018; Remijn 2006; Sang et al. 2013). Mit der zunehmenden Digitalisierung gewinnen digitale Zwillinge und digitale Mock-ups (DMU) an Bedeutung, die effizientere Arbeitsplatzkonzeption und Kostensenkungen ermöglichen könnten (Lasi et al. 2014; Haag & Anderl 2018). Allerdings fehlt DMUs oft die Fähigkeit, reale Arbeitsbedingungen und messtechnische Verfahren für eine detaillierte EB zu simulieren. Simulationswerkzeuge wie Jack Human Modelling (Jack) (Badler et al. 1993) und SAMMIE (Porter et al. 2004) verwenden digitale Menschmodelle, sind jedoch auf grobe Bewegungsabbildungen beschränkt. Technologien der virtuellen Realität (VR) bieten eine vielversprechende Lösung, indem sie immersive virtuelle Umgebungen (VE) schaffen, in denen reale Nutzer Arbeitsaufgaben ausführen können. Die Kombination von VR mit Motion-Capture-Systemen (Mocap) ermöglicht die Anwendung messtechnischer EB-Methoden, die für die Bewertung physischer Arbeitsbelastungen empfohlen werden (Marín & Marín 2021; Ranavolo et al. 2018; Spielholz et al. 2001).

Ein Literaturreview (Grießel et al. 2024) zeigte, dass die Anwendung dieser Methoden für die EB in VE noch nicht vollständig validiert ist. Umfassende Studien sind erforderlich, um das Potenzial von VR als Werkzeug für anspruchsvolle und zuverlässige EB sowie seine Effizienz und Genauigkeit bei der Simulation realer Szenarien gründlich zu bewerten.

Eine zentrale Herausforderung besteht in der Entwicklung validierter Methoden, die VR-spezifische Anforderungen berücksichtigen und eine Übertragbarkeit auf reale Arbeitsbedingungen gewährleisten. Die Interaktion mit dem System, beispielsweise durch den Einsatz virtueller statt physischer Lasten, könnten die Bewegungsdaten und Belastungsbewertungen in VE beeinflussen. Abweichungen in der Bewegungsausführung, wie beispielsweise bei den Gelenkwinkeln, könnten durch fehlende physische Belastung oder unterschiedliche Bewegungsdynamik bedingt sein. Diese Faktoren erschweren die Vergleichbarkeit der Ergebnisse und unterstreichen den Bedarf an systematischen Untersuchungen. Die vorliegende Studie untersucht, ob Bewegungsausführungen und ergonomische Risikobewertungen zwischen PMU und VR vergleichbare Ergebnisse liefern. Der Fokus liegt auf Belastungen des unteren Rückens, der Schultern und der Knie. Ziel der Studie ist es, VR-Methoden für die Ergonomie und Arbeitsplatzgestaltung zu validieren und kosteneffiziente Ansätze für deren Integration zu entwickeln. In dem vorliegenden Manuskript werden die Methodik sowie vorläufige Ergebnisse zum Belastungsschwerpunkt Knie präsentiert.

2. Methodik

Für die Untersuchung der Vergleichbarkeit von Bewegungsausführung sowie der ergonomischen Bewertung von Arbeitstätigkeiten im Vergleich einer realen Umgebung (RE) mit einer entsprechenden VE führten 25 männliche Probanden standardisierte Arbeitsaufgaben in beiden Umgebungen aus. Die Teilnehmer repräsentieren körperlich tätige Arbeitskräfte und wurden auf Basis ihrer Eignung für physisch anspruchsvolle Arbeitstätigkeiten ausgewählt.



***Abbildung 1**: Die sechs Stationen des zu absolvierenden Parcours in realer Umgebung.*

Die Probanden absolvierten innerhalb eines konstruierten Parcours (vgl. Abbildung 1) eine Reihe typischer körperlicher Arbeitstätigkeiten, die für die industrielle Praxis relevant sind. Dazu gehörten:

- Heben und Umsetzen von Lasten aus verschiedenen Höhen. (Stationen A & B)
- statische Schraubarbeiten in Überkopf- und Kniehöhe. (Stationen C & D)
- repetitives Bewegen von Lasten zwischen Paletten und Regalen. (Station E)
- transportieren von Lasten über eine definierte Strecke. (Station F)

Jede Tätigkeit begann und endete in einer standardisierten Neutralposition (N-Pose), mittig vor dem Stationsaufbau, aufrecht mit Blick geradeaus Arme gerade herabhängend und Handflächen zu den Beinen zeigend. Die Bewegungsausführung blieb den Probanden frei überlassen. Eine Schritt-für-Schritt-Beschreibung der durchzuführenden Tätigkeiten kann Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1: *Schritt-für-Schritt-Beschreibung der einzelnen Tätigkeiten einer Station des Parcours.*

#		Beschreibung	Gewicht	Wdh.
A	1	Karton von mittlerer auf untere Ebene umsetzen, dann zurück zur mittleren	Leer 3 kg 7 kg 12 kg	5
	2	Karton von unterer auf obere Ebene umsetzen, dann zurück zur unteren		5
	3	Karton von oberer auf mittlere Ebene umsetzen, dann zurück zur oberen		5
B	1	Karton aufnehmen, um 90° rotiert auf gleicher Höhe absetzen, dann zurück	Leer 3 kg 7 kg 12 kg	5
	2	Karton aufnehmen, um 180° rotiert auf gleicher Höhe absetzen, dann zurück		5
C	1	Schrauben (M8-13mm) auf Kopfhöhe nacheinander herausdrehen	Schrauber	4 Schrauben
	2	Schrauben (M8-13mm) auf Kopfhöhe nacheinander hineindrehen		4 Schrauben
D	1	Schrauben (M8-13mm) auf Kniehöhe nacheinander herausdrehen	Schrauber	4 Schrauben
	2	Schrauben (M8-13mm) auf Kniehöhe nacheinander hineindrehen		4 Schrauben
E	1	Kartons von Palette ins Regal in vorgegebener Reihenfolge umsetzen, in umgekehrter Reihenfolge wieder auf Palette	Leer 7 kg	2
F	1	Kiste von Startposition aufnehmen, 6m tragen, abstellen.	Leer 12 kg 20 kg	5
	2	Ohne Kiste zurück in die Startposition gehen		5

Die Aufgaben ermöglichten die Erfassung statischer und dynamischer Bewegungsanteile. Die Bewegungsdaten wurden mit dem Inertial-Sensorsystem Xsens Awinda kontinuierlich aufgezeichnet und für die ergonomische Bewertung aufbereitet. Die VR-Anwendung wurde mit der HTC Vive Pro 2 und Unity entwickelt. Virtuelle Werkzeuge und Lasten stellten reale Gegenstände nach, um eine realistische Bewegungsdurchführung zu gewährleisten. Für die Interaktion in VE wurden virtuelle Hände genutzt, wodurch auf VR-Controller verzichtet werden konnte. Die für die Immersion wichtige Darstellung der virtuellen Hand wurde aus Live-Daten des Awinda-Systems in Kombination mit Vive-Trackern am Unterarm berechnet.

Die Weiterverarbeitung und ergonomische Bewertung der Bewegungsdaten erfolgte mit dem CUELA-Verfahren (DGUV 2020; Weber et al. 2022), das standardisierte Indikatoren wie Verteilungen von Gelenkwinkeln, biomechanischen Belastungen und Repetitionskennwerten lieferte. Für die Variation der Stations- Gewichts- und Bedingungsreihenfolge wurde eine Pseudo-Randomisierung verwendet, um Gewöhnungseffekte auszuschließen. Ergebnisse aus RE und VE wurden verglichen, um die Konsis-

tenz der Risikobewertungen zu analysieren. Qualitative Aspekte wie Technikvertrautheit wurden dokumentiert, um mögliche Einflüsse auf die Bewegungsdurchführung zu erfassen.

3. Ergebnisse

Die Teilnehmer waren zwischen 22 und 41 Jahren alt (Ø 30,36 ±4,5 Jahre) mit einer durchschnittlichen Körpergröße von 183 ±8, cm und einem durchschnittlichen Körpergewicht von 89,1 ±13,1 kg. 88% waren Rechtshänder, 12% Linkshänder. 60% der Probanden hatten keine Erfahrung mit VE und 40% fühlten sich mit der Technik vertraut. 17% hatten VR noch nie genutzt, 7% selten, 1% gelegentlich und keiner oft oder regelmäßig.

Zum Zeitpunkt der Manuskripterstellung war die Auswertung der Daten noch nicht abgeschlossen, so dass hier nur ein vorläufiger Einblick in die Ergebnisse gegeben werden kann. Exemplarisch wird die Station D (Schrauben auf Kniehöhe) betrachtet.

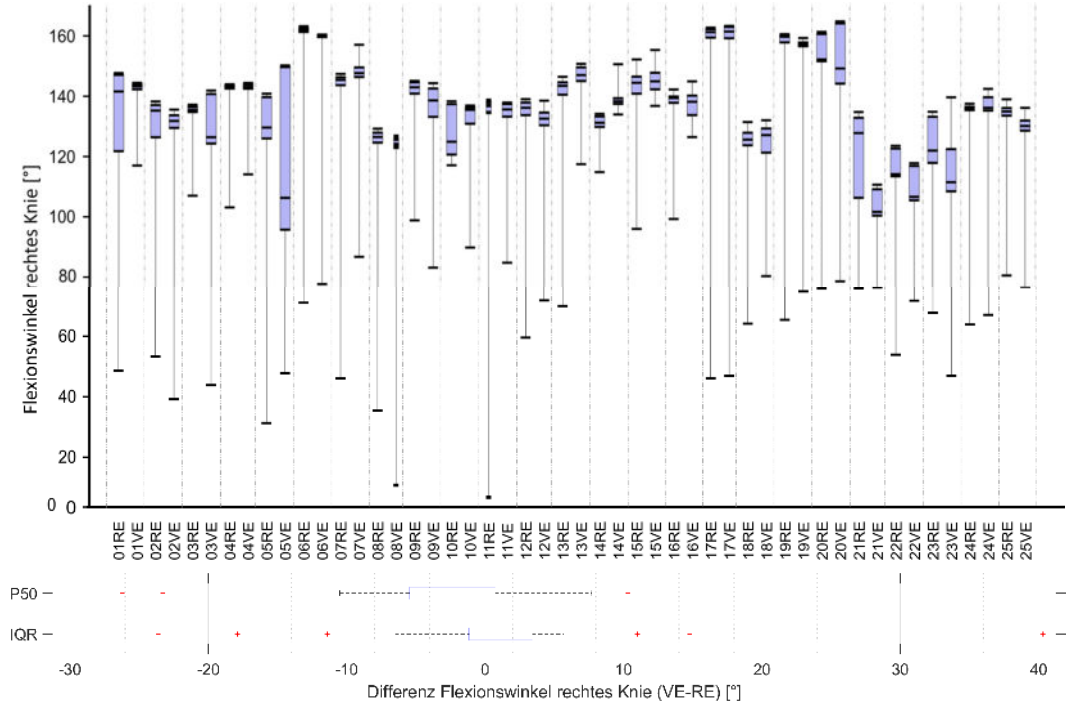


***Abbildung 2**: Verteilung der Flexionswinkel (rechtes Knie) während der Ausführung in RE und VE (oben) und Verteilung der intraindividuellen Differenzen (VE-RE) von Median (P50) und Interquartilsabstand (IQR) über alle Probanden (unten).*

Die Verteilung der Flexionswinkel [°] des rechten Knies aller 25 Probanden während der Ausführung der Tätigkeit in RE und in VE ist in Abbildung 2 (oben) dargestellt. Die Boxplots umfassen den Interquartilsabstand (P25–P75), den P50-Wert (Median) sowie die P05- und P95-Werte. In Abbildung 2 (unten) ist die Verteilung der intraindividuellen Differenzen (VE-RE) von Median und IQR über alle Probanden dargestellt.

Die Analyse der Spannweiten, der Medianwerte und der Interquartilsabstände (IQR) auf Basis der für die Darstellung zu Grunde liegenden Daten, zeigt häufig Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede zwischen den Winkelverteilungen in RE und VE. Wenn sich Spannweite und IQR unterscheiden, dann sind sie in der VE häufiger geringer als in RE, besonders deutlich z. B. bei Proband 1 oder 21. Bei einigen Probanden sind

Spannweite und IQR nahezu identisch, wie bei Proband 2, 17 oder 24. Der IQR ist in VE nur in wenigen Fällen größer, etwa bei Proband 3 und 5. Auch die Mediane liegen im intraindividuellen Vergleich oft dicht beieinander. Dies zeigt auch die Betrachtung der Differenzen der P50-Werte, welche im Mittel 1,7° in VE kleiner als in RE sind.

Die paarweise Betrachtung der Ergebnisse zeigt insgesamt, dass viele Probanden eine hohe Ähnlichkeit zwischen den Bedingungen RE und VE aufweisen. Diese Konstanz in der Bewegungsausführung zeigt sich insbesondere bei Probanden, deren Werte in nahezu allen Perzentilen übereinstimmen, wie bei Proband 17. Zudem zeigt sich bei Betrachtung der Differenzen zwischen VE und RE, dass die Abweichungen der IQR-Werte um 0° schwanken, während die Abweichungen der Mediane teils deutlicher ausfallen und tendenziell in VE kleiner (im Mittel 1,7°) sind als in RE. Die größten Abweichungen hat die Spannweite, welche im Mittel um 9,4° in VE kleiner ist.

4. Diskussion

Die Flexionswinkel der meisten Probanden zeigen eine hohe intraindividuelle Konstanz der Flexionswinkel zwischen RE und VE, insbesondere für die Medianwerte und häufig auch für die IQR. Dies deutet auf eine ähnliche Bewegungsausführung in beiden Bedingungen hin. Spannweite und IQR sind in VE häufig kleiner als in RE, was auf eine standardisiertere und weniger variable Bewegungsausführung in der virtuellen Umgebung hindeuten könnte. Ausnahmen, bei denen der IQR in VE größer ist, könnten auf individuelle Unterschiede in der Anpassung an VE zurückzuführen sein.

Um zufällige Abweichungen in der Bewegungsausführung zu minimieren, wurden standardisierte Start- und Endpositionen (N-Pose) sowie eine sich wiederholende Aufgabenstruktur (erst aus-, dann einschrauben) verwendet. Diese Maßnahmen trugen dazu bei, die Bewegungsdynamik kontrollierter und konsistenter zu erfassen. Technologische Einschränkungen, wie das Fehlen physischer Lasten und haptischen Feedbacks, könnten jedoch die Bewegungsdynamik in VE beeinflussen und zu einer geringeren Variabilität der Extremwerte führen. Gleichzeitig unterstreichen die Ergebnisse das Potenzial von VR in Kombination mit MoCap-Systemen zur Erfassung und Bewertung realer Bewegungsausführungen in einer virtuellen Arbeitsumgebung.

Individuelle Unterschiede, etwa in der Vertrautheit mit VR-Technologie und die persönliche Bewegungsstrategie, beeinflussen ebenfalls die Bewegungsausführung. Weniger erfahrene Probanden könnten Bewegungen in VE vorsichtiger ausführen, während erfahrenere Probanden Bewegungsmuster zeigen, die denen in RE ähnlicher sind. Diese individuellen Faktoren sollten in zukünftigen Studien stärker berücksichtigt werden, um die Übertragbarkeit der Ergebnisse weiter zu verbessern.

Ein zentraler Vorteil in der Anwendung von VR in der ergonomischen Bewertung ist die Möglichkeit, Bewegungen unter kontrollierten Bedingungen zu standardisieren. Dies ermöglicht eine objektive Analyse und einen Vergleich zwischen Probanden sowie zwischen verschiedenen Szenarien.

5. Ausblick

Die Analyse zeigt eine insgesamt hohe Übereinstimmung der exemplarisch betrachteten Flexionswinkel zwischen RE und VE, mit tendenziell geringerer Variabilität in VE. Dies spricht für eine gute Übertragbarkeit der Bewegungsdaten, betont aber zugleich die Relevanz individueller Unterschiede und technischer Einschränkungen. VR bietet

langfristig das Potenzial, kostengünstige und flexible Werkzeuge für die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung bereitzustellen, insbesondere in der frühen Planungsphase, wenn reale Arbeitsplätze noch nicht existieren.

Zukünftige Forschung sollte darauf abzielen, die Validität und Zuverlässigkeit von VE-basierten Analysen durch technologische Innovationen, wie die Integration von haptischem Feedback oder physikalischer Lastsimulation, zu verbessern. Zudem sollte die Untersuchung weiterer Gelenkwinkel und die damit verbundene Risikobewertung ein Schwerpunkt sein. Hybride Ansätze, die VR mit physikalischer Simulation kombinieren, könnten die realistische Nachbildung komplexer Arbeitsbedingungen ermöglichen und die praktische Anwendbarkeit von VR in der ergonomischen Praxis deutlich erweitern.

6. Literatur

Badler, N.I.; Phillips, Cary B.; Webber, B.L. (1993): Simulating Humans [Computer Graphics, Animation, and Control: Oxford University Press, zuletzt geprüft am 26.04.2023.

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) (2020): MEGAPHYS – Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz [Gemeinsamer Abschlussbericht der BAuA und der DGUV. Band 2. Berlin. Online verfügbar unter https://publikationen.dguv.de/forschung/dguv-report/3635/dguv-report-3/2020-megaphys-mehrstufige-gefaehrdungsanalyse-physicher-belastungen-am-arbeitsplatz, zuletzt geprüft am 16.01.2025.

Grießel, R.; Weber, B.; Weyers, B. (2024): Virtual Reality Techniques in Workplace Design and Ergonomic Assessment [Manuskript zur Veröffentlichung eingereicht].

Haag, S.; Anderl, R. (2018): Digital twin–Proof of concept. In: Manuf. lett. 15, S. 64–66.

Lasi, H.; Fettke, P.; Kemper, H.-G.; Feld, T.; Hoffmann, M. (2014): Industry 4.0. In: Bus. and Inf. Systems Eng. 6 (4), S. 239–242. DOI: 10.1007/s12599-014-0334-4.

Marín, J.; Marín, J.J. (2021): Forces [A Motion Capture-Based Ergonomic Method for the Today's World. In: Sensors 21 (15), S. 5139.

Porter, J.M.; Case, K.; Marshall, R.; Gyi, D.; Sims neé Oliver, R. (2004): 'Beyond Jack and Jill' [designing for individuals using HADRIAN. In: Int. J. Ind. Ergonom. 33 (3), S. 249–264. DOI: 10.1016/j.ergon.2003.08.002.

Ranavolo, A.; Draicchio, F.; Varrecchia, T.; Silvetti, A.; Iavicoli, S. (2018): Wearable Monitoring Devices for Biomechanical Risk Assessment at Work: Current Status and Future Challenges-A Systematic Review. In: Int. J. Environ. Res. Public Health 15 (9). DOI: 10.3390/ijerph15092001.

Remijn, S. L.M. (2006): Integrating ergonomics into the architectural design processes: tools for user participation in hospital design. In: Elsevier Science Inc. (Hrsg.): Proceedings of the International Ergonomics Association 16th world congress on ergonomics. Unter Mitarbeit von Ernst A. P. Koningsveld (10), e14.

Roger, M.; Vignais, N.; Ranger, F.; Sagot, J.C. (2018): Ergonomic Testing for the Design of an Innovative Mail Delivery Vehicle: A Physical Mock-up Case Study. In: J. of Ergonom. 08 (02). DOI: 10.4172/2165-7556.1000228.

Sang, C.L.; Ren, J.D.; Liu, Y.Q.; Mi, M.D.; Li, S.H.; Gao, X.X. (2013): Development of an Adjustable Physical Mockup Used for Design Validation of Passenger Car Ergonomics and Interiors. In: AMR 650, S. 698–704. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.650.698.

Spielholz, P.; Silverstein, B.; Morgan, M.; Checkoway, H.; Kaufman, J.D. (2001): Comparison of self-report, video observation and direct measurement methods for upper extremity musculoskeletal disorder physical risk factors. In: Ergonom. 44 (6), S. 588–613. DOI: 10.1080/00140130118050.

Tropschuh, P.E.; Horn, B. (2014): Taktgeber für Arbeitsplatzergonomie in der Industrie. In: Deutsches Global Compact Netzwerk (DGCN) (Hg.): Jahrbuch "Global Compact Deutschland" 2014. Münster: manondo publishing GmbH, S. 56–57.

Weber, B.; Heinrich, K.; Schiefer, C.; Hermanns-Truxius, I.; Ellegast, R. (2022): Die CUELA-Module – Standardisierte Messung und Bewertung physischer Belastungen. In: ASU 2022 (12), S. 755–758. DOI: 10.17147/asu-1-240860.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

KI-Auswahlhilfe – Ein KARL-Tool zur Unterstützung von Unternehmen auf dem Weg zur KI-Anwendung

Sebastian BEINER, Magnus KANDLER, Dennis RICHTER

[1] *Institut für Lernen und Innovation in Netzwerken, Hochschule Karlsruhe, Moltkestraße 30, D-76133 Karlsruhe*

Kurzfassung: Unternehmen stehen bei der KI-Einführung unter anderem vor der Herausforderung, passende KI-Anwendungen zu identifizieren. Die Einführung und Nutzung von KI im betrieblichen Kontext haben erhebliche Auswirkungen auf die Arbeitsprozesse und -gestaltung. Diese sind bei der Einführung von KI-Lösungen zu berücksichtigen. Die entwickelte KI-Auswahlhilfe unterstützt KI-Laien, die an der Einführung von KI in ihrer Organisation interessiert sind durch Vorschlagen passender, realer KI-Anwendungsfälle in Form von Steckbriefen. Das Tool unterstützt in den Einführungsphasen Problemidentifikation und Anforderungsdefinition. Die KI-Auswahlhilfe dient dem wissenschaftlichen Transfer und ersten Schritt für interessierte Unternehmen, um eine partizipative, transparente und menschenzentrierte KI-Einführungsstrategie zu entwickeln.

Schlüsselwörter: Künstliche Intelligenz, KI-Einführung, Menschenzentriert, KI-Anwendung

1. Einleitung

Dank des rasanten technologischen Fortschritts der letzten Jahre ist Künstliche Intelligenz (KI) nicht länger ein unerreichbares theoretisches Konzept, das ausschließlich von einer kleinen Forschungsgemeinschaft entwickelt wird. Dies zeigt beispielsweise der jährliche Hype Cycle für Künstliche Intelligenz von Gartner (Jaffri & Khandabattu 2024). Er beleuchtet aktuelle Entwicklungstrends der KI und zeigt deutlich, dass sich einige KI-Technologien bereits in einem sehr fortgeschrittenen Entwicklungsstadium befinden. Solche KI-Technologien werden bereits in unserem Alltag eingesetzt, z.B. in Chatbots (Hill et al 2015, Naz et al. 2018), in der Medienindustrie (Chan-Olmsted 2019) oder in der Spracherkennung, wie sie z. B. von SIRI/Alexa (Kepuska & Bohouta 2018) eingesetzt und weiterentwickelt wird. Nicht nur bei Konsumgütern, sondern auch als Technologie in der industriellen Wertschöpfung spielt KI eine immer wichtigere Rolle. Bei aller Euphorie über die scheinbar unbegrenzten Einsatzmöglichkeiten von KI zeigt sich bei all den positiven Prognosen und theoretischen Überlegungen, dass die Realität häufig anders aussieht.

Die OECD findet in einer Studie heraus, dass deutsche Unternehmen trotz einer soliden Basis in der KI-Forschung und -Entwicklung daran scheitern, Lösungen in die industrielle Anwendung zu bringen. Gerade im verarbeitenden Gewerbe und im europäischen Vergleich hinken deutsche Unternehmen bei der KI-Einführung hinterher (Furtado 2024). Aktuelle Studien zur Verbreitung von KI in Unternehmen zeigen wenig Fortschritte (Rammer et al. 2020), da vor allem beim Übergang vom Experiment zur unternehmensweiten Einführung Herausforderungen auftreten (Limat 2022). Es lassen sich verschiedenste Barrieren der KI-Einführung identifizieren. Neben technischen

Barrieren der Umsetzung – häufig Herausforderungen der Datenmenge und -qualität – sind diese auch in den Bereichen Mensch und Organisation zu finden (Beiner et al. 2023):

Mangelnde KI-Kompetenzen und der Fachkräftemangel (Kar et al. 2021; TÜV Verband 2020; Bauer et al 2019; Lundborg & Märkel 2019), die wahrgenommene Bedrohung des Arbeitsplatzes (Kar et al. 2021) sowie fehlendes Vertrauen und fehlende Akzeptanz von Mitarbeitenden (Kar et al. 2021; TÜV-Verband 2020; Bauer et al 2019; Lundborg & Märkel 2019) stellen eine Barriere der KI-Einführung in Unternehmen dar. Aus organisatorischer Sicht erschweren eine fehlende KI-Strategie und mangelnde Überzeugung des Managements (Kar et al. 2021; McKinsey 2017; Bauer et al. 2019) die Umsetzung, während die Komplexität von KI-Lösungen zu Unklarheiten über mögliche Vorteile bei gleichzeitig hohem Aufwand führt (TÜV-Verband 2020; McKinsey 2017; Bauer et al. 2019). Zudem ist es für Unternehmen schwierig, geeignete Anwendungsfälle zu identifizieren (Kar et al. 2021; TÜV-Verband 2020; Mayr et al. 2019; McKinsey 2017; Bauer et al 2019).

Aufgrund der Forschungsaktivitäten und des großen Potenzials entstehen immer mehr Prototypen, die mit KI arbeiten. Diese Fülle an möglichen Anwendungen stellt Unternehmen vor die Herausforderung, geeignete Anwendungsfälle und passende Lösungen zu identifizieren. Bestehende Empfehlungen für interessierte KI-Anwendende stellen häufig eine strukturierte Sammlung von KI-Anwendungsfällen dar. Dies reduziert die Komplexität allerdings nur bedingt und stellt nur eine erste Unterstützung für KI-Laien dar. Daher wurde zum Zweck des Wissenstransfers zwischen Forschung und betrieblicher Anwendung eine KI-Auswahlhilfe in Form eines Onlinetools entwickelt, um Anwendenden eine Inspiration für Möglichkeiten von KI-Lösungen im unternehmerischen Kontext zu bieten und wesentliche Aspekte der menschenzentrierten KI-Einführung zu berücksichtigen.

2. Menschenzentrierte KI-Einführung

Die Literatur liefert eine Vielzahl von Implikationen für die erfolgreiche Einführung von KI. Diese können in vier Phasen unterteilt werden: Problemidentifikation, Anforderungsdefinition, Lösungsplanung, Implementierung (Beiner et al. 2023).

Das erste Kernelement des KI-Einführungsprozesses ist die *Problemdefinition* (Akerkar 2018; Reim et al. 2020). In dieser Phase ist es sinnvoll, mögliche Ansatzpunkte für KI, unabhängig von der bestehenden Unternehmensstrategie zu identifizieren, um das volle Potenzial der Technologie auszuschöpfen (Burgess 2017). Anschließend sind die *Anforderungen* zu definieren und eine erste Konzeption der möglichen Lösung zu erstellen (Stowasser et al. 2020). Generell ist zu beachten, dass verschiedene Klassen von Algorithmen in vielen möglichen Reifegraden unter dem Begriff der KI subsumiert werden können (Lichtenthaler 2020a). Daher sind eine genaue *Definition und Planung der KI-Anwendung*, die auch die geplante Schnittstelle zwischen Mensch und IT-Lösung festlegt, notwendig, um bei der Konzeption eine Basis für eine später erfolgreiche Einführung zu erhalten (Stowasser 2020). Ein weiteres wichtiges Element für die erfolgreiche Einführung von KI ist die *Implementierung* der Lösung unter Einbeziehung aller Mitarbeitenden und Abteilungen im Unternehmen. Wie bei vielen anderen technischen Innovationen ist die Akzeptanz eine relevante Determinante für eine gelingende Diffusion (Lichtenthaler 2020b). Dabei sind insbesondere die spezifischen Akzeptanzfaktoren zu berücksichtigen, die sich von anderen technischen

Innovationen unterscheiden können (Sohn & Kwon 2020). Während diesen vier Phasen des KI-Einführungsprozesses in Unternehmen sind vier Grundprinzipien der menschenzentrierten KI-Gestaltung zu beachten, um die erfolgreiche Einführung darüber hinaus zu unterstützen (Kinkel & Kopp 2024):

Eine *partizipative KI-Gestaltung* ist von entscheidender Bedeutung für die Anpassung der Lösung an die Bedürfnisse von Nutzenden und weiteren Anspruchsgruppen. Diese aktiv in den Entwicklungsprozess einzubinden, kann Bedenken, Ängste, Bedürfnisse, Werte und Ethikfragen adressieren und so wiederum Akzeptanz und Vertrauen in die KI-Lösung stärken. KI-Lösungen stellen häufig eine Black-Box dar. *Transparenz und Erklärbarkeit* sind daher wichtige Prinzipien der vertrauenswürdigen Gestaltung. Um die Nachvollziehbarkeit von KI-Systemen für Nutzende und Betroffene zu steigern, sollten diese transparent gestaltet sein. Die verwendeten Daten sollten nachvollziehbar und Entscheidungsvorschläge oder Aktionen der KI verständlich sein (Wilkens et al. 2021). Dies soll insbesondere auch bei der KI-Nutzung durch „technische Laien“ gelten. In Abhängigkeit der Trainingsdatenqualität und möglichen impliziten Vorurteilen können KI-Systeme ungerechte Ergebnisse erzielen (Wilkens et al. 2021). Es ist daher essenziell, mögliche Verzerrungen in den zugrundeliegenden Daten zu identifizieren und zu minimieren. *Fairness und Gerechtigkeit* ist daher ein wichtiges Grundprinzip, um zu verhindern, dass Menschen das Vertrauen in ein KI-System verlieren. KI-Entscheidungsvorschläge sollten durch die Nutzenden zu überwachen und zu korrigieren sein, da KI-Systeme suboptimale Entscheidungen treffen können. Die *Entscheidungshoheit und Verantwortlichkeit* sollten daher stets beim Menschen liegen.

3. KI-Auswahlhilfe – ein Onlinetool

Das entwickelte Onlinetool verfolgt mehrere Ziele. Primär soll es KI-Interessierten aus unterschiedlichen Domänen als Einstieg und erste Inspiration zu den Möglichkeiten und Besonderheiten von KI-Lösungen im betrieblichen Kontext dienen. Darüber hinaus wird das Augenmerk auf die verschiedenen relevanten Faktoren bei der Umsetzung von KI-Lösungen gelegt. Nutzende sollen lernen, worauf es bei einer erfolgreichen Anwendung von KI ankommen kann und wie heterogen KI-Anwendungen in der Praxis ausgestaltet sein können.

Die Datenbank der KI-Auswahlhilfe beinhaltet knapp 60 KI-Steckbriefe (siehe Abbildung 1). Diese beschreiben verschiedene Anwendungen aus der Praxis in unterschiedlichen Domänen. Die Datenerhebung erfolgte durch eine umfangreiche Onlineumfrage, welche an Entwickelnde, Anwendende und Beratende für KI-Anwendungen versendet wurde. Unter anderem flossen auch KI-Anwendungen aus den „Regionalen Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“, welche vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert werden, ein. Aus den Angaben wurden anschließend die Steckbriefe generiert und eine Datenbank angelegt.

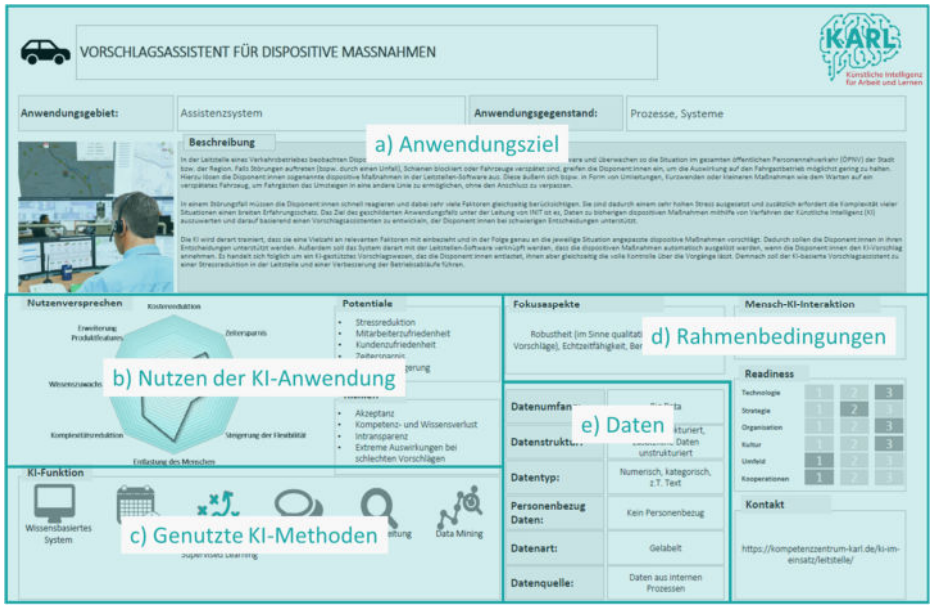


Abbildung 1: *Beispielsteckbrief für KI-Anwendungen.*

Das Ziel der KI-Anwendungen (a) wird durch das Anwendungsgebiet und den Anwendungsgegenstand, beschreiben. Zudem wird die Anwendung in einem erklärenden Text erläutert. Darüber hinaus kann ein beispielhaftes Bild dargestellt werden. Das Nutzenversprechen (b) der Anwendung ist in einer Spinnennetzgrafik mit den Ausprägungen Zeitersparnis, Kostenreduktion, Qualitätssteigerung, Entlastung des Menschen, Erweiterung von Produktfeatures, Komplexitätsreduktion, Flexibilitätssteigerung und Wissenszuwachs dargestellt. Darüber hinaus sind mögliche Potenziale und Risiken beschrieben. Im unteren Bereich werden die genutzten KI-Methoden (c) aus den möglichen Kategorien wissensbasiertes System, Planung, Lernen aus Daten, Sprachverarbeitung, Bildverarbeitung und Data Mining aufgelistet. Während der Datenumfang, die Art sowie die Quelle der Daten (e) ebenfalls beschrieben werden, repräsentieren die Fokusaspekte, Mensch-KI-Interaktion und die KI-Readiness die nötigen Rahmenbedingungen (d) für die Umsetzung einer solchen KI-Lösung.

Die KI-Auswahlhilfe ist als Onlinetool umgesetzt. Nutzende können nach einer kurzen Erklärung das eigene Ziel für eine potenzielle KI-Anwendung beschreiben. Es werden Angaben zu Anwendungsdomäne, -gebiet und -gegenstand gemacht. Darüber hinaus können die Anwendenden den Nutzen angeben, den sie sich von einer KI-Lösung versprechen und worauf bei einer Umsetzung in besonderem Maße zu achten wäre (Fokusaspekt). Anhand dieser Angaben durchsucht das Tool die Datenbank und vergibt Punktewerte zwischen null und 100. Die Punktevergabe basiert auf einer summierten Gewichtung der Übereinstimmung von Faktoren, wie dies auch bei einer Nutzwertanalyse geschieht. Als Ergebnis wird den Nutzenden eine priorisierte Liste von KI-Anwendungssteckbriefen entsprechend der Punkte angezeigt

4. Diskussion

Die vorgestellte KI-Auswahlhilfe unterstützt beim menschenzentrierten KI-Einführungsprozess in den Phasen Problemidentifikation und Anforderungsdefinition. Nutzende müssen sich deshalb initial Gedanken über das Problem machen, das mit einer potenziellen KI-Lösung adressiert werden soll und werden dabei angeleitet. Zudem

erhalten Nutzende erste Eindrücke von den Anforderungen, die an eine KI-Einführung gestellt werden, wie beispielsweise die Ausgestaltung der Mensch-KI-Interaktion, organisatorische Rahmenbedingungen oder Anforderungen an zugrundeliegende Daten. Damit leistet das Tool einen Beitrag für die Prinzipien *partizipative Gestaltung* von KI-Systemen sowie *Transparenz und Akzeptanz,* auch für Laien.

Der Nutzen der KI-Auswahlhilfe wurde im Rahmen mehrerer Workshops mit KI-interessierten Vertretenden von Praxisunternehmen qualitativ evaluiert. Im Zuge dessen konnten sowohl positive Erkenntnisse als auch Verbesserungspotenziale festgestellt werden. Aufgrund einiger Unklarheiten im Verständnis der jeweiligen Kriterien wurde klar, dass das Tool nicht vollständig selbsterklärend gestaltet ist. Eine begleitete erste Nutzung erscheint daher ratsam, um Verständnisfragen zu erläutern und die Qualität des Gesamtergebnisses zu steigern. Die Datenbasis von knapp 60 KI-Anwendungsfällen ist zwar ausreichend, aufgrund der Heterogenität und der großen Vielzahl möglicher KI-Anwendungen, wäre jedoch eine größere und umfassendere Datenbasis wünschenswert. Es kann jedoch ohnehin nicht die Erwartung sein, Nutzende erhielten nach Eingabe ihres Anwendungsziels eine perfekt passende KI-Anwendung mit einem Nutzwert von 100. Dies ist bei KI-Anwendungen im betrieblichen Kontext nicht realistisch, da es selten „Plug-and-Play"-Lösungen für spezifische Probleme gibt. Es ist daher bei der Kommunikation darauf zu achten, dass diese Erwartung nicht entsteht. Die Zielstellung, dass das Tool eine gute Unterstützung zur Inspiration und als ersten Schritt in einer menschenzentrierten KI-Einführung im betrieblichen Kontext darstellt, kann jedoch auf Basis des Feedbacks der Anwendenden bestätigt werden. Gerade für Anwendungen in der Domäne des produzierenden Gewerbes befinden sich viele heterogene Beispiele in der Anwendungsfallsammlung. Auch der Aufbau und die Gestaltung der Steckbriefe ist nach dem Feedback der Nutzenden positiv hervorzuheben. So wurden Blanko-Steckbriefe im Rahmen des KI-Einführungsprozesses mehrfach als „Canvas" genutzt, um erste Ideen und Prototypen zu dokumentieren. Wird eine Idee für einen KI-Anwendungsfall auf diese Art festgehalten, so dient der jeweilige Steckbrief als Kommunikationswerkzeug mit den verschiedenen Stakeholdern und unterstützt die Transparenz. Zukünftige Arbeiten könnten hier ansetzen und Workshopmethoden, ausgehend von den Elementen der Steckbriefe entwickeln. Darüber hinaus ist es sinnvoll, die aktuelle Datenbasis stetig zu erweitern und anzupassen, da die Entwicklungen im Bereich der KI-Anwendungen sehr volatil und dynamisch sind. Vor allem Anwendungsdomänen, die aktuell weniger repräsentiert sind, wären zu ergänzen.

6. Literatur

Akerkar, R. (2018): Artificial Intelligence for Business: Springer Nature.

Andreia, FURTADO (2024): OECD Artificial Intelligence Review of Germany. Paris: OECD Publishing.

Bauer, W.; Dukino, C.; Friedrich, M.; Ganz, W.; Hämmerle, M.; Kötter, F. (2019): Künstliche Intelligenz in der Unternehmenspraxis. Studie zu Auswirkungen auf Dienstleistung und Produktion. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.

Beiner, S.; Kandler, M.; Richer, D.; May, M.C.; Kinkel, S.; Lanza, G. (2023): Artificial Intelligence Implementation Strategy for Industrial Companies Using the AI Tool Box - A Morphology for Selecting Relevant AI Use Cases. In: Production Processes and Product Evolution in the Age of Disruption. Cham: Springer International Publishing (Lecture Notes in Mechanical Engineering), S. 763–773.

Burgess, A. (2017): The Executive Guide to Artificial Intelligence. Hampshire: Palgrave Macmillan.

Chan-Olmsted, S.M. (2019): A Review of Artificial Intelligence Adoptions in the Media Industry. In: International Journal on Media Management 21 (3-4), S. 193–215.

Hill, J.; Randolph Ford, W.; Farreras, I. G. (2015): Real conversations with artificial intelligence: A

comparison between human–human online conversations and human–chatbot conversations. In: Computers in Human Behavior 49, S. 245–250.

Jaffri, A.; Khandabattu, H. (2024): Gartner, Hype Cycle for Artificial Intelligence, 2024. https://www.jaggaer.com/de/download/berichte-analysten/gartner-hype-cycle-for-artificial-intelligence-2024, zuletzt geprüft am 28.01.2025.

Kar, S.; Kar, A.K.; Gupta, M.P. (2021): Modeling Drivers and Barriers of Artificial Intelligence Adoption: Insights from a Strategic Management Perspective. In: Intell Sys Acc Fin Mgmt 28 (4), S. 217–238.

Këpuska, V.; Bohouta, G. (2018): Next-generation of virtual personal assistants (Microsoft Cortana, Apple Siri, Amazon Alexa and Google Home). In: 2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC). Las Vegas, 08.01.2018, S. 99–103.

Kinkel, S.; Kopp, T. (2024): Menschenzentrierte und transparente KI-Lösungen gestalten und einführen -Erkenntnisse aus dem Kompetenzzentrum KARL. In: Arbeitswissenschaft in-the-loop: Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung. GfA-Frühjahrskongress 2024. Stuttgart, 06.03.2024.

Lichtenthaler, U.: Five maturity levels of managing AI: from isolated ignorance to integrated intelligence. J. Innov. Manage. 8(1), 39–50 (2020a)

Lichtenthaler, U.: Extremes of acceptance: employee attitudes toward artificial intelligence. J. Bus. Strat. 41(5), 39–45 (2020b).

Limat, C. (2022): Disruptionspotenzial künstlicher Intelligenz: Ein Reifegradmodell zur Einführung ganzheitlicher KI-Initiativen in Unternehmen. In: Wirtsch Inform Manag 14 (1), S. 60–67.

Lundborg, M.; Märkel, C. (2019): Künstliche Intelligenz im Mittelstand. Relevanz, Anwendungen, Transfer. https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Publikationen/kuenstliche-intelligenz-im-mittelstand.html, zuletzt geprüft am 28.01.2025.

Mayr, A.; Kißkalt, D.; Meiners, M.; Lutz, B.; Schäfer, F.; Seidel, R. et al. (2019): Machine Learning in Production – Potentials, Challenges and Exemplary Applications. In: Procedia CIRP 86, S. 49–54.

McKinsey Digital (2017): Smartening up with Artificial Intelligence (AI). What's in it for Germany and its Industrial Sector. https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/semiconductors/our%20insights/smartening%20up%20with%20artificial%20intelligence/smartening-up-with-artificial-intelligence.ashx, zuletzt geprüft am 28.01.2025.

Naz, A.; Aydeniz, O.; Engin, Z. (2018): An overview of artificial intelligence based chatbots and an example chatbot application. In: 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU). Izmir, 02.05.2018: IEEE, S. 1–4.

Rammer, C.; Bertschek, I.; Schuck, B.; Demary, V.; Goecke, H. (2020): Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Deutschen Wirtschaft.

Reim, W.; Åström, J.; Eriksson, O. (2020): Implementation of Artificial Intelligence (AI): A Roadmap for Business Model Innovation. In: AI 1 (2), S. 180–191.

Sohn, K.; Kwon, O. (2020): Technology acceptance theories and factors influencing artificial Intelligence-based intelligent products. In: Telematics and Informatics 47, S. 101324.

Stowasser, S.; Suchy, O.; Huchler, N.; Müller, N.; Peissner, M.; Stich, A. et al. (2022): Einführung von KI-Systemen in Unternehmen. Gestaltungsansätze für das Change-Management. Hg. v. Plattform Lernende Systeme. München.

TÜV-Verband (2020): Was sind Hindernisse für den Einsatz von KI in Ihrem Unternehmen? Statista. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1251100/umfrage/hindernisse-fuer-den-einsatz-von-ki-in-unternehmen/, zuletzt geprüft am 28.01.2025.

Wilkens, U.; Reyes, C.; Treude, T.; Kluge, A. (2021): Understandings and perspectives of human-centered AI - a transdisciplinary literature review. In: Arbeit HumAIne gestalten. 67. GfA Frühjahrskongress. Bochum, 03.03.2021.

Unterschiede zwischen Basisarbeit, Facharbeit und hochqualifizierter Arbeit in Bezug auf die Beanspruchung durch Technostressoren werden durch Belastung, Bildungsniveau und Technologie mediiert

Svetlana WÄHNERT, Charlotte STEPHANI

Professur für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Dresden, Dürerstraße 26, D-01062 Dresden

Kurzfassung: Die Nutzung von Technologien und deren Auswirkungen auf das psychische Wohlbefinden sind u. a. abhängig von der Arbeitstätigkeit. In der vorliegenden Studie wurde im Rahmen einer Sekundäranalyse des Datensatzes der Studie „Gesund digital arbeiten“ Technostress in Abhängigkeit von folgenden Tätigkeitsgruppen untersucht: Basisarbeit (BA), Facharbeit (FA) und hochqualifizierte Arbeit (HA). Es zeigte sich, dass die Tätigkeitsgruppen unterschiedlich stark durch Technostressoren beansprucht werden. Die höchste Techno-Beanspruchung berichteten Personen in hochqualifizierter Arbeit, gefolgt von Personen in Basisarbeit und schließlich von Personen in Facharbeit. Dieser Zusammenhang wurde vollständig durch die jeweilige Techno-Belastung mediiert. Bildungsniveau und Technologienutzung mediierten den Zusammenhang partiell.

Schlüsselwörter: Basisarbeit, Technostress, Beanspruchung, Belastung, Bildungsniveau

1. Einleitung

Mit der fortschreitenden Digitalisierung werden immer häufiger Technologien am Arbeitsplatz eingesetzt, was das Wohlbefinden der arbeitenden Person beeinflussen kann. Diese Einflüsse können sowohl positiv sein, indem Technologien in Form von nützlichen digitalen Werkzeugen Stress reduzieren, als auch negativ, indem sie selbst zu einer Quelle von Stress, auch Technostress genannt, werden (Dragano et al. 2021).

Die Faktoren, die Technostress verstärken können, sind vielfältig und umfassen individuelle Aspekte wie hohen Neurotizismus und eine externale Kontrollüberzeugung (Komorowski & Vieten 2022), technologiebezogene Aspekte wie die Komplexität und Unzuverlässigkeit der Technologie (Ayyagari et al. 2011) sowie organisationale Aspekte wie mangelnde Unterstützung (Day et al. 2012).

Neben der Untersuchung von Technostress in Bezug auf einzelne Konstrukte plädieren u. a. Derra et al. (2022) für eine berufsspezifische Analyse von Technostress. Für Berufe und Arbeitstätigkeiten existieren verschiedene Klassifikationssysteme. In der vorliegenden Studie wird zwischen Basisarbeit (BA) bzw. Einfacharbeit, Facharbeit (FA) und hochqualifizierter Arbeit (HA) unterschieden. Basisarbeit umfasst Tätigkeiten, für die keine Berufsausbildung erforderlich ist. Facharbeit setzt einen Berufsabschluss und hochqualifizierte Arbeit einen akademischen Abschluss voraus (Brenscheidt et al. 2023).

Diese drei Tätigkeitsgruppen sind systematisch unterschiedlichen Arbeitsbedingungen ausgesetzt. Beispielsweise berichten Basisarbeitende häufiger von Arbeiten im

Stehen und vom Heben und Tragen schwerer Lasten und haben den geringsten arbeitsbezogenen Handlungsspielraum (Brenscheidt et al. 2023). In Bezug auf Technostress innerhalb der drei Tätigkeitsgruppen sind den Autorinnen keine Studien bekannt.

In der vorliegenden Studie wurde die Hypothese getestet, dass sich Basisarbeit, Facharbeit und hochqualifizierte Arbeit in Bezug auf die Beanspruchung durch Technostressoren (= Techno-Beanspruchung) unterscheiden (Hypothese 1). Zusätzlich wurde getestet, ob folgende Mediatoren diesen Zusammenhang vermitteln: a) die Belastung durch Technostressoren (= Techno-Belastung, Hypothese 2), b) das Bildungsniveau der arbeitenden Person (Hypothese 3) und c) die Technologienutzung (Hypothese 4).

2. Methoden

Als Grundlage diente der Datensatz der Studie „Gesund digital arbeiten“, die im Rahmen des Projekts „Prävention für sicheres und gesundes Arbeiten mit digitalen Technologien“ durchgeführt wurde (Pattloch et al. 2022). In dieser Studie wurden 5.005 Erwerbstätige repräsentativ für Deutschland in einer Online-Umfrage zu verschiedenen Aspekten der Nutzung digitaler Technologien am Arbeitsplatz befragt. Die Datenerhebung fand zwischen Dezember 2018 und Februar 2019 statt. Die Daten wurden den Forschenden auf Anfrage zur Verfügung gestellt.

Von den 5.005 Befragten im Datensatz ordneten sich 72 % als Wissensarbeitende ein. Dazu zählen Personen, „die überwiegend Tätigkeiten ausüben, bei denen ‚Informationen Rohstoff, Werkzeug und Resultat sind‘“ (Pattloch et al. 2022, S. 11). Für die Sekundäranalyse wurden alle Personen einbezogen, die mindestens eine der 40 abgefragten Technologien mehr als gelegentlich nutzten. Die Analysestichprobereduzierte sich dadurch auf 4.674 Befragte. Im Folgenden werden die Variablen vorgestellt, die im Rahmen der statistischen Analyse betrachtet wurden.

Tätigkeitsgruppe (TG). Die Zuordnung zu den Tätigkeitsgruppen erfolgte anhand der Frage „Welche Art von Ausbildung ist für die Ausübung Ihres Berufs in der Regel erforderlich?“. Die Gruppe Basisarbeit (BA-Gruppe) umfasst alle Personen, die bei dieser Frage „kein Schulabschluss“, „Grund-/Hauptschulabschluss“, „Realschule (Mittlere Reife)“ oder „Gymnasium (Abitur)“ angegeben haben. Die Personen, die „Abgeschlossene Ausbildung“ angegeben haben, wurden der Gruppe Facharbeit (FA-Gruppe) zugeordnet. Die Gruppe hochqualifizierte Arbeit (HA-Gruppe) umfasst alle Personen, bei denen die Antwort „(Fach-) Hochschulabschluss (Bachelor)“, „(Fach-) Hochschulabschluss (Master)“ oder „Promotion“ lautete. Insgesamt umfasste die Analysestichprobe 1.320 Personen in der BA-Gruppe, 1.503 Personen in der FA-Gruppe und 1.851 Personen in der HA-Gruppe.

Techno-Belastung (TBL) und Techno-Beanspruchung (TBA). In der Befragung wurden die Technostressoren anhand von zwölf Skalen erfasst: Ungewissheit, Unsicherheit, Unzuverlässigkeit, Überlastung, Invasion, Komplexität, Leistungsüberwachung, Rollenambiguität, Unterbrechungen, Nicht-Verfügbarkeit, Mangel an Erfolgserlebnissen und Eindringen in die Privatsphäre. Jede Technostressskala bestand aus mehreren Aussagen (z. B. „In meiner Organisation gibt es ständig Veränderungen bei der Software.“), zu denen die Befragten angeben sollten, wie sehr sie der Aussage zustimmen (= Techno-Belastung) und wie stark sie sich dadurch belastet fühlen (= Techno-Beanspruchung). Für die Auswertung wurde für jede Person zunächst ein

Skalenwert ermittelt und anschließend ein Gesamtwert für Techno-Belastung und Techno-Beanspruchung über alle Skalen berechnet.

Bildungsniveau (BN). Die Befragten wurden gebeten, ihren höchsten Bildungsabschluss anzugeben. Dies wurde anhand von sieben Kategorien abgebildet: „kein Schulabschluss; Grund-/Hauptschulabschluss“, „Realschule (Mittlere Reife)“, „Gymnasium (Abitur)“, „Abgeschlossene Ausbildung“, „(Fach-)Hochschulabschluss (Bachelor)“, „(Fach-)Hochschulabschluss (Master)“ und „Promotion“.

Technologienutzung (TECH). In der Befragung wurde die Nutzungshäufigkeit von 40 Technologien erfasst. Für die vorliegende Auswertung wurden diese Technologien aus Gründen der Übersichtlichkeit mittels einer Hauptkomponentenanalyse zu Technologiegruppen zusammengeführt. Dabei war die Annahme, dass Technologien mit korrelierenden Nutzungshäufigkeiten verwandte Bereiche abdecken. Es ergaben sich vier Technologiegruppen: Innovation, Kollaboration, Mobilität und Büroarbeit. Für jede dieser Technologiegruppe wurde eine durchschnittliche Nutzungshäufigkeit pro Person berechnet.

Technologiemerkmale. In der Befragung wurde zufällig eine der 40 Technologien ausgewählt, die die Befragten mehr als gelegentlich nutzten. Für diese Technologie wurden anhand mehrerer Items die folgenden zehn Merkmale erfasst: Nützlichkeit, Einfachheit, Zuverlässigkeit, Anonymität, Ortsunabhängigkeit, Erreichbarkeit, Veränderungsgeschwindigkeit, aktive Abfrage, automatische Benachrichtigung und greifbare Ergebnisse.

Zur Prüfung von Hypothese 1 wurde ein lineares Modell erstellt. Die drei Tätigkeitsgruppen wurden dummy-kodiert, wobei Basisarbeit als Referenzgruppe verwendet wurde (Fox, 2016). Zur Prüfung der Mediatorhypothesen wurden die Voraussetzungen nach Baron und Kenny (1986) analysiert. Diese lauten für die drei Mediatoren Techno-Belastung, Bildungsniveau und Technologienutzung wie folgt: (1) es gibt einen Effekt der Tätigkeitsgruppe auf den Mediator, (2) es gibt einen Effekt des Mediators auf die Techno-Beanspruchung, und schließlich (3) der Effekt der Tätigkeitsgruppe auf die Techno-Beanspruchung wird kleiner (partielle Mediation) oder wird nicht mehr signifikant (vollständige Mediation), wenn der Mediator zum linearen Modell hinzugefügt wird.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der hypothesengeleiteten statistischen Analyse sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die drei Tätigkeitsgruppen zeigten signifikante Unterschiede in Bezug auf die Techno-Beanspruchung. Die höchste Techno-Beanspruchung berichtete die HA-Gruppe (M = 1,18, SD = 0,87), gefolgt von der BA-Gruppe (M = 1,03, SD = 0,88) und schließlich der FA-Gruppe (M = 0,93, SD = 0,84). Damit konnte Hypothese 1 bestätigt werden. Explorativ wurde untersucht, ob sich der Effekt der Tätigkeitsgruppe in den einzelnen Technostressskalen unterscheidet. Deskriptiv blieben die Gruppenränge innerhalb der Skalen erhalten. Die Interaktion zwischen Tätigkeitsgruppe und Technostressskala war jedoch signifikant (F(24, 56052) = 7,27, p < 0,001, $\hat{\eta}_p^2$ = 0,003). Der größte Unterschied zeigte sich zwischen den der FA- und HA-Gruppe für die Dimension Invasion.

Der Zusammenhang zwischen Tätigkeitsgruppe und Techno-Beanspruchung wurde vollständig durch die Techno-Belastung mediiert, d. h. die Tätigkeitsgruppe hatte bei konstanter Techno-Belastung keinen signifikanten Einfluss auf die Techno-Beanspruchung. Damit konnte Hypothese 2 bestätigt werden.

Das Bildungsniveau mediierte den Zusammenhang ebenfalls, aber nur partiell. Der Effekt der Tätigkeitgruppe wurde geringer, blieb aber signifikant. Hypothese 3 konnte somit teilweise bestätigt werden.

Die Technologienutzung mediierte den Zusammenhang ebenfalls partiell, so dass Hypothese 4 teilweise bestätigt werden konnte. Explorativ wurde untersucht, inwiefern sich die vier Technologiegruppen hinsichtlich ihrer Technologiemerkmale unterscheiden. Die Technologiegruppe Büroarbeit zeichnete sich durch eine signifikant höhere Nützlichkeit, Einfachheit und Zuverlässigkeit sowie eine signifikant geringere Veränderungsgeschwindigkeit, Anonymität und Ortsunabhängigkeit im Vergleich zu den anderen Technologiegruppen aus. Die Technologiegruppe Innovation zeichnete sich durch eine signifikant geringere Einfachheit und Erreichbarkeit sowie signifikant stärker greifbare Ergebnisse und höhere Anonymität aus. Die Technologiegruppe Mobilität wies eine signifikant höhere Ortsunabhängigkeit und mehr automatische Benachrichtigungen im Vergleich zu den anderen Technologiegruppen auf.

Tabelle 1: *Ergebniszusammenfassung.*

H1: Tätigkeitsgruppe (TG) → Techno-Beanspruchung (TBA)			
TBA ~ TG	R^2 = 0,015	$F(2,4671) = 36,63$	$p < 0,001$
H2: Tätigkeitsgruppe (TG) → Techno-Belastung (TBL) → Techno-Beanspruchung (TBA)			
a) TBL ~ TG	R^2 = 0,017	$F(2,4671) = 39,42$	$p < 0,001$
b) TBA ~ TBL	R^2 = 0,771	$F(1,4672) = 15750$	$p < 0,001$
c) TBA ~ TBL + TG	R^2 = 0,771	$F(3,4670) = 5252$	$p < 0,001$
Modell b) vs. c)	R^2 = 0,0008	$F(2,4670) = 1,89$	$p = 0,15$ (n. s.)
H3: Tätigkeitsgruppe (TG) → Bildungsniveau (BN) → Techno-Beanspruchung (TBA)			
a) BN ~ TG (χ^2-Test)		$\chi^2(12) = 4416,3$	$p < 0,001$
b) TBA ~ BN	R^2 = 0,021	$F(6,4667) = 16,45$	$p < 0,001$
c) TBA ~ BN + TG	R^2 = 0,026	$F(8,4665) = 15,73$	$p < 0,001$
Modell c) vs. b)	R^2 = 0,006	$F(2,4665) = 13,31$	$p < 0,001$
H4: Tätigkeitsgruppe (TG) → Technologienutzung (TN)→ Techno-Beanspruchung (TBA)			
a) TN ~ TG (MANOVA)		$F(8,9338) = 56,60$	$p < 0,001$
b) TBA ~ TN	R^2 = 0,209	$F(4,4669) = 309$	$p < 0,001$
c) TBA ~ TN + TG	R^2 = 0,211	$F(6,4667) = 208$	$p < 0,001$
Modell c) vs. b)	R^2 = 0,002	$F(2,4667) = 4,89$	$p = 0,008$

Anmerkung: Tilde (~) = „wird vorhergesagt von“ im Rahmen des statistischen Modells; R^2 = Determinationskoeffizient (Anteil der aufgeklärten Varianz); n.s. = nicht signifikant.

4. Diskussion und Fazit

Die drei Tätigkeitsgruppen sind unterschiedlich stark von der Techno-Beanspruchung betroffen. Die höchste Techno-Beanspruchung wurde von der HA-Gruppe angegeben, gefolgt von der BA-Gruppe und schließlich der FA-Gruppe. Der Unterschied zeigte sich vor allem beim Technostressor Invasion. Personen der HA-Gruppe fühlen sich demnach stärker durch Technologien beansprucht, die in ihr Privatleben eindringen und ein Arbeiten am Wochenende und im Urlaub erforderlich machen.

In Übereinstimmung mit dem Belastungs-Beanspruchungs-Modell mediierte die Techno-Belastung den Zusammenhang zwischen Tätigkeitsgruppen und Techno-Beanspruchung. Die Korrelation zwischen Techno-Belastung und Techno-Beanspruchung war in diesem Datensatz mit $r = 0{,}88$ sehr hoch. Dies könnte auch auf die Befragungssituation zurückgeführt werden. Zum einen wurden Techno-Belastung und Techno-Beanspruchung für jede Aussage direkt hintereinander abgefragt. Dies könnte den Mono-Methoden-Bias (Döring, 2023) verstärkt haben. Zusätzlich liegen die Konzepte Belastung und Beanspruchung inhaltlich nahe beieinander, was es den Befragten möglicherweise erschwert hat, diese zu differenzieren.

Das Bildungsniveau wurde als partieller Mediator identifiziert. Personen mit abgeschlossener Ausbildung zeigten die geringste Techno-Beanspruchung, während Personen ohne Berufsabschluss und Personen mit akademischem Abschluss eine höhere Techno-Beanspruchung angaben. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass eine Ausbildung durch eine enge Verzahnung von Theorie und Praxis gekennzeichnet ist, die eine gute Einarbeitung in die notwendigen Technologien gewährleistet. Personen ohne Berufsabschluss verfügen nicht über diese Vorkenntnisse und ein akademisches Studium vermittelt zwar Kompetenzen, diese sind aber in der Regel weniger handlungsorientiert.

Auch die Technologienutzung mediiert partiell den Zusammenhang zwischen Tätigkeitsgruppe und Techno-Beanspruchung. Die drei Tätigkeitsgruppen nutzen die untersuchten Technologien unterschiedlich häufig. Die FA-Gruppe zeigte die höchste Nutzungshäufigkeit bei Technologien der alltäglichen Büroarbeit, wie z. B. Drucker oder stationäre PCs. Diese Technologiegruppe zeichnete sich u. a. durch eine hohe Verlässlichkeit und eine geringe Veränderungsgeschwindigkeit aus und war mit einer geringen Techno-Beanspruchung assoziiert. Die HA-Gruppe zeigte insgesamt die häufigste und breiteste Technologienutzung, denn sie nutzte die restlichen drei Technologiegruppen am häufigsten. Besonders die Technologiegruppe Innovation, wozu z. B. künstliche Intelligenz oder Datenbrillen gehören, war mit einer höheren Techno-Beanspruchung assoziiert. Die Ergebnisse legen nahe, dass Personen der FA-Gruppe u. a. deshalb eine geringere Techno-Beanspruchung erfahren, weil hier eher bewährte und bekannte Technologien genutzt werden. Hingegen sind Personen der HA-Gruppe mehr unterschiedlichen und komplexeren Technologien ausgesetzt, was zur höheren Techno-Beanspruchung führt.

Obwohl in der Diskussion der Ergebnisse mögliche kausale Erklärungen angeboten werden, können die hier ermittelten statistischen Zusammenhängen nicht mit Kausalität gleichgesetzt werden. Dies ist nur im Rahmen von Experimenten und Interven-

tionen möglich. Als Limitation der vorliegenden Untersuchung ist der Fokus auf Wissensarbeit zu nennen, wodurch die HA-Gruppe wahrscheinlich stärker repräsentiert ist. Da digitale Technologien vor allem in Wissensarbeit vorzufinden sind, ist dies zwar gerechtfertigt, limitiert aber die Aussagen. Zukünftige Forschung sollte die Untersuchung von Technostress in Abhängigkeit der Tätigkeit auch auf Nicht-Wissensarbeit ausweiten.

5. Literatur

Ayyagari, Grover, & Purvis. (2011). Technostress: Technological Antecedents and Implications. MIS Quarterly, 35(4), 831. https://doi.org/10.2307/41409963.

Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. Journal of Personality and Social Psychology, 51(6), 1173–1182. https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173.

Brenscheidt, S., Siefer, A., Hünefeld, L., Backhaus, N., Halke, T., Lück, M., Kaboth, A., Möller, H., & Teborg, S. (2023). Arbeitswelt im Wandel: Zahlen – Daten – Fakten. https://doi.org/10.21934/BAUA:PRAXIS20230206.

Day, A., Paquet, S., Scott, N., & Hambley, L. (2012). Perceived information and communication technology (ICT) demands on employee outcomes: The moderating effect of organizational ICT support. Journal of Occupational Health Psychology, 17(4), 473–491. https://doi.org/10.1037/a0029837.

Döring, N. (2023). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2.

Dragano, N., Riedel-Heller, S. G., & Lunau, T. (2021). Haben digitale Technologien bei der Arbeit Einfluss auf die psychische Gesundheit? Der Nervenarzt, 92(11), 1111–1120. https://doi.org/10.1007/s00115-021-01192-z.

Fox, J. (2016). Applied regression analysis and generalized linear models (Third Edition). SAGE.

Komorowski, T., & Vieten, D. (with Budesinstitut für Berufsbildung). (2022). Technostress, Persönlichkeit und die Folgen von Technostress: Ein systematisches Literaturreview zur empirischen Forschungslage. Hochschule Bonn-Rhein-Sieg.

Pattloch, D., Menze, L., Tegtmeier, P., Lanzl, J., Gimpel, H., & Zink, S. (2022). Datendokumentation des scientific use file zur studie „Gesund digital arbeiten“. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). https://doi.org/10.21934/BAUA:DOKU20220523.

Zielgerichtete Gestaltung von Basisarbeit mit der MTM-Methodik und Motion-Mining am Beispiel der Paketzustellung

Peter KUHLANG[1]; Sascha FELDHORST[2]; Martin BENTER[1];
René GRZESZICK[2]; Constantin ECKART[1]

[1] MTM ASSOCIATION e. V.,
Elbchaussee 352, D-22609 Hamburg
[2] MotionMiners GmbH,
Emil-Figge-Straße 80, D-44227 Dortmund

Kurzfassung: Die zielgerichtete Gestaltung menschlicher Arbeit ist entscheidend für Unternehmen mit hohem manuellen Arbeitsanteil. Grundlage für eine solche Gestaltung ist die systematische Beschreibung und Analyse der Arbeitsabläufe. Etablierte Methoden wie MTM (Methods-Time Measurement) bieten an dieser Stelle personenunabhängige, detaillierte Beschreibungen und verlässliche Soll-Zeiten. Daneben werden in den letzten Jahren zunehmend digitale Technologien wie Motion-Capture zur Erfassung von Ist-Abläufen eingesetzt. Die MotionMiners GmbH hat ein solches digitales Tool entwickelt, um Arbeitsprozesse effizient zu analysieren. In diesem Beitrag wird ein Ansatz vorgestellt, der die datengetriebene Erfassung durch Motion-Mining mit MTM-Prozessbausteinen kombiniert. Dadurch können integriert Ist-Prozesse detailliert beschrieben und dazugehörige Soll- und Ist-Zeiten verglichen werden.

Schlüsselwörter: MTM, Motion-Mining, Motion Capture, Digitalisierung

1. Ausgangslage und Motivation

Die Kosten sind eine wesentliche Zielgröße für Unternehmen im nationalen oder internationalen Wettbewerb. Ein relevanter Anteil dieser Kosten sind Lohnkosten, insbesondere wenn die Arbeit durch einen hohen Anteil an manuellen Tätigkeiten geprägt ist. Eine zeitliche Bewertung dieser Prozesse erlaubt es zum einen, Kapazitätsbedarfe zu ermitteln und zum anderen ermöglicht sie die Identifizierung von Verbesserungspotenzialen und hilft so bei der zielgerichteten Gestaltung menschlicher Arbeit.

Basisarbeit umfasst ein heterogenes Spektrum an Tätigkeiten im produzierenden Gewerbe und in der Logistik, die keine Berufsfachlichkeit erfordern (Bovenschulte et al. 2021). Diese Tätigkeiten machen etwa 15 % aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten aus (Kaufmann et al. 2021).

Die Tätigkeiten von Paketzustellenden lassen sich grundsätzlich in das Spektrum der Basisarbeit einordnen. Die Tätigkeiten sind körperlich und psychisch belastend, insbesondere durch das Verladen und Ausliefern schwerer Pakete, den Zeitdruck und die Arbeitsumgebung (Straßenverkehr). Prognosen erwarten einen Anstieg des Sendungsaufkommens, was den Arbeitsdruck weiter erhöhen wird (BIEK 2022). Technische Lösungen wie Drohnen sind noch nicht einsatzbereit, sodass Paketzustellende mit steigendem Arbeitsdruck rechnen müssen.

Ziel ist es, ein methodisches Vorgehensmodell zur Analyse und Bewertung von Tätigkeiten in der Paket- und Verbundzustellung zu entwickeln. Dabei werden IST-Daten durch Bewegungssensoren erfasst und mit MTM-Normleistungen abgeglichen.

Das entwickelte Vorgehensmodell verknüpft IST- und SOLL-Daten miteinander. Die durch Bewegungssensoren erfassten IST-Daten werden mithilfe von Machine Learning (Motion-Mining®) analysiert und anschließend mit den MTM-Normleistungen abgeglichen. Die Modellierung der SOLL-Prozesse erfolgt auf Basis der MTM-Analyse, unter Verwendung des Prozessbausteinsystems MTM-UAS®. Dieses Vorgehen ermöglicht eine detaillierte Analyse und Bewertung der Arbeitsprozesse und trägt zur Verbesserung der Ergonomie und Effizienz bei.

2. Grundlagen

2.1 Analyse der Arbeitszeit mit MTM-UAS®

Bekannte Methoden zur Analyse und Beschreibung von Arbeitsabläufen sind REFA (REFA 1997) und MTM (Antis et al. 1969; Bokranz & Landau 2012). Ein wesentlicher Vorteil bei Anwendung der MTM-Methodik ist die personenunabhängige Beschreibung, die eine objektive Bewertung ermöglicht. Das bekannteste MTM-System ist das Prozessbausteinsystem MTM-UAS® (MTM-Universelles Analysiersystem; Bokranz & Landau 2012; MTMA 2019).

Es wurde entwickelt, um industrielle und logistische Prozesse effizient zu analysieren und zu planen. Damit eignet es sich auch für die Prozesse der Kurier-, Express- und Paketdienste (KEP) auf der letzten Meile, da hier viele Tätigkeiten mit logistischen Prozessen in der Industrie übereinstimmen (Bokranz & Landau 2012, MTMA 2019).

Die bei MTM-UAS® verwendeten Prozessbausteine werden als Grundvorgänge bezeichnet und sind auf der Datenkarte zusammengefasst. Ein Beispiel für einen MTM-UAS®-Prozessbaustein ist das Gehen, dass durch den Code KA repräsentiert wird. Das Gehen ist definiert durch eine Bewegung des Rumpfes zu einem Zielort und umfasst einen Weg von einem Meter. Längere Wege werden durch den Multiplikator Anzahl abgebildet (MTMA 2019).

Jeder Prozessbaustein hat einen zugeordneten Zeitwert, der Baustein KA bspw. eine Standardzeit von 25 TMU (Time Measurement Units), was etwa 0,9 Sekunden entspricht. Diese Zeiten sind weltweit standardisiert.

2.2 Erfassung von Ist-Prozessen mittels Motion-Mining®

Durch die zunehmende Digitalisierung in der Arbeitswirtschaft ist es zunehmend möglich, Analysen und Planungen digital zu unterstützen bzw. zu automatisieren.

Eine Technologie, die sich für die detaillierte Untersuchung von Ist-Prozessen insbesondere in der Logistik eignet, ist das Motion-Mining® der MotionMiners GmbH. Die Technologie beruht im Wesentlichen auf der Erkennung menschlicher Aktivitäten (Human Activity Recognition, HAR) mithilfe von Convolutional Neural Networks (CNNs) und am Körper getragenen Sensoren (Feldhorst 2018, Moya et al. 2018).

Die Erkennung der Aktivitäten folgt dabei dem Vorgehen:

1) Datenerfassung: Bewegungen und andere relevante Daten werden als Zeitreihen von verschiedenen Sensoren erfasst, die an verschiedenen Körperteilen getragen werden. Zudem wird durch zusätzliche Funksender (sog. Beacons) die Position der Mitarbeitenden erfasst.

2) Datenvorverarbeitung: Die erfassten Zeitreihen werden über bestimmte Eigenschaften segmentiert, um kurze Sequenzen zu extrahieren, die als Eingabe für ein CNN dienen.

3) Merkmalsextraktion und Klassifikation: Das CNN extrahiert Merkmale aus den Zeitreihen. Diese Merkmale werden dann miteinander kombiniert und klassifiziert, um den einzelnen Zeitsegmenten menschliche Aktivitäten zuzuordnen.

4) Auswertung: Durch die detaillierte Erfassung der Arbeitszeit und der Tätigkeiten der Mitarbeiter können die Ist-Zeiten einzelner Ablaufabschnitte ermittelt werden. Damit können anschließend beispielsweise durchschnittliche Zeitbedarfe aber auch detailliertere statistische Daten ermittelt werden.

Durch diverse organisatorische und technische Maßnahmen werden die Prozessdaten beim Motion-Mining® anonymisiert und pseudonymisiert. Dadurch entspricht das System den Grundprinzipien der DSGVO (MotionMiners 2025).

3. Integrierte Analyse von Ist-, Soll-Zeiten und Ergonomie

3.1 Tätigkeiten im Untersuchungsbereich

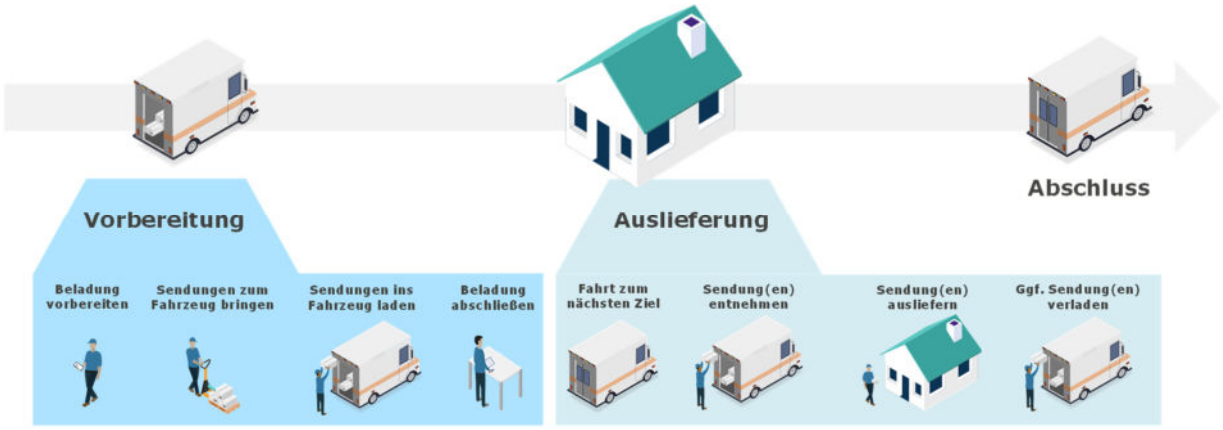


***Abbildung 1**: Tätigkeiten von Paketzustellern.*

Die wesentlichen Tätigkeiten der Paketzusteller im Untersuchungsbeispiel umfassen mehrere Schritte, die in drei Hauptkategorien unterteilt werden können: Vorbereitung, Auslieferung und Abschluss (vgl. Abbildung 1).

In der Vorbereitungsphase werden die Pakete für die Beladung vorbereitet, zum Fahrzeug transportiert und schließlich ins Fahrzeug geladen. Dieser Prozess endet mit dem Abschluss der Beladung.

Die Auslieferungsphase beginnt mit der Fahrt zum nächsten Ziel. Dort angekommen, entnimmt der Paketzusteller die Sendungen aus dem Fahrzeug und liefert sie an die Empfänger aus. Falls erforderlich, werden Rücksendungspakete entgegengenommen und im Fahrzeug verladen.

In der Abschlussphase kehrt der Paketzusteller nach der Auslieferung zur Basis zurück, entlädt das Fahrzeug und bereitet es auf die nächste Tour vor.

3.2 Ermittlung der Ist-Prozesse mittels Motion-Mining®

Erster Schritt ist die Aufnahme der Ist-Daten. Dazu werden zunächst relevante vorhandene Prozessdaten wie Anzahl und Gewichte aus dem ERP-System im Untersuchungsbeispiel zusammengetragen. Zudem werden die geplanten Prozessschritte beschrieben und als Grundlage für die Bestimmung der Ist- und Soll-Zeiten verwendet.

Anschließend werden die Ist-Abläufe inklusive der Ist-Zeiten mit der Aktivitätserkennung, dem Motion-Mining® erfasst. Dazu werden alle prozessrelevanten Bereiche, Hilfsmittel und Personen wurden mit Funksendern und Sensoren ausgestattet. Dazu gehören:

- Arbeitsbereiche in der Zustellbasis inkl. Orte für Rücksprachen
- Fahrzeuge (Fahrerkabine und Laderaum)
- Mobile Hilfsmittel

Mit diesen vorbereitenden Schritten wurden zehn Zustelltouren über einen Zeitraum, bspw. von zwei Wochen, erfasst und ausgewertet.

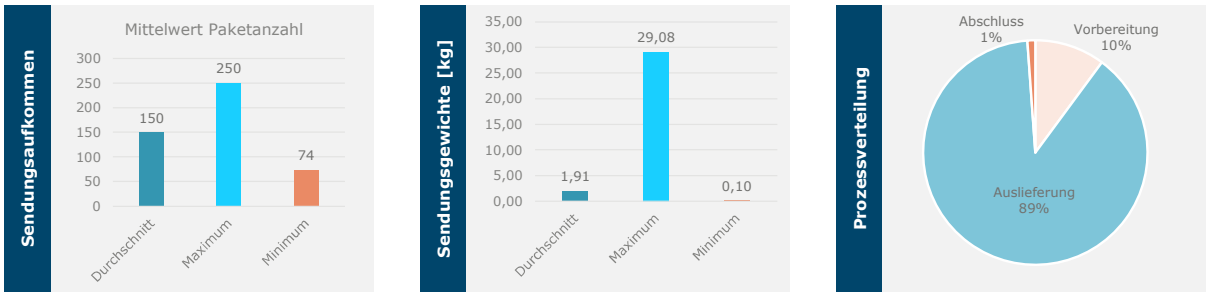


***Abbildung 2**: Datenerhebung mittels Motion-Mining® - Ergebnisse.*

Abbildung 2 zeigt die wesentlichen Ergebnisse dieser Datenerhebung mittels Motion-Mining®. In dem erfassten Anwendungsbeispiel für die Paketzustellung lag das Sendungsaufkommen im Durchschnitt bei 150 Paketen. Im Messzeitraum war das Maximum bei 250 Paketen und das Minimum bei 74 Paketen. Das durchschnittliche Paketgewicht variiert je nach Tour und Liefergebiet zwischen 1,8 und 2,1 kg. Das Maximum im Messzeitraum betrug 29,1 kg, während das Minimum bei 0,1 kg lag.

Die Verteilung der Prozesse während der Arbeitszeit zeigt auf, dass 10 % der Zeit auf die Vorbereitung entfielen und 1 % auf den Abschluss an der Zustellbasis (ZSB). Die restlichen 89 % wurden für die eigentliche Auslieferung aufgewendet.

3.3 Ermittlung der Soll-Prozesse mit MTM-UAS®

Die erfassten Daten der Zustellertätigkeiten wurden anschließend verwendet, um die Soll-Zeiten für den untersuchten Prozess zu ermitteln. Zu den verwendeten Daten gehören dabei zum einen die Prozessdaten aus dem ERP-System wie dem Gewicht der Pakete, die auch bei der Ermittlung der Ist-Prozesse verwendet wurden.

Dazu gehören aber auch die Ist-Daten, die durch das Motion-Mining® erfasst wurden. Dies umfasst beispielsweise die Anzahl der Stopps im Liefergebiet sowie die Häufigkeiten und Längen von Gehbewegungen.

Mit den so bereitgestellten Daten wurden die einzelnen Prozessschritte der Zustellertätigkeiten mit MTM-UAS® abgebildet. Bei der Beschreibung der Prozessschritte wurden die Ist-Abläufe so realitätsnah wie möglich abgebildet. Zudem wurden, wenn vorhanden, die Ist-Daten aus den ERP-Daten und dem Motion-Mining® verwendet. In

den Fällen, in denen keine Daten vorhanden waren, wurden diese vor Ort gemessen oder geschätzt (Beispielsweise Bewegungslänge bei Armbewegungen.

Bei der Ermittlung mussten gewisse Annahmen getroffen werden, um die ermittelten Soll-Zeiten so gut wie möglich mit den Ist-Zeiten vergleichen zu können:

- Nach Beschreibung des Prozesses mit MTM-UAS® war die Grundzeit für die erfassten Prozesse ermittelt. Um einen sinnvollen Vergleich mit den ist-Zeiten zu gewährleisten wurde diese Zeit mit einem Verteilzeitzuschlag versehen. Der Wert für diesen Verteilzeitzuschlag wurde mit 10% angenommen. Dies entspricht in der Industrie üblichen Zuschlägen.
- Verteilzeitzuschläge werden nur bei manuellen Prozessschritten hinzugerechnet. Bei den Fahrtzeiten werden keine Verteilzeiten hinzugerechnet.
- Auslieferer werden teilweise bei der Vorbereitung unterstützt. Die erfolgt aber nur bei Verfügbarkeit der Lagermitarbeiter. Der Soll-Prozess geht davon aus, dass keine Unterstützung erfolgt, da mehrere Auslieferer ohne Unterstützung waren.

3.4 Vergleich der Soll- und Ist-Zeiten

Nachdem sowohl die Ist-Zeiten durch das Motion-Mining® als auch die Soll-Zeiten durch MTM-UAS® ermittelt worden sind, erfolgt nun der Vergleich der Soll- und Ist-Zeiten. Abbildung 3 zeigt diesen Vergleich für den Gesamtprozess mit den drei wesentlichen Prozessschritten Vorbereitung, Auslieferung und Abschluss. In der Abbildung sind jeweils die Grundzeit, die Soll-Zeit (Grundzeit plus Verteilzeit) als auch die Ist-Zeit dargestellt.

Die Abbildung zeigt, dass die IST-Zeit für die „Vorbereitung“ um 17,8 % geringer ist als die SOLL-Zeit, was unter anderem durch die Unterstützung der Lagermitarbeiter ermöglicht wurde. Die IST-Zeit für die „Auslieferung“ ist um 14,5 % geringer als die SOLL-Zeit, was vor allem auf eine höhere Gehgeschwindigkeit im Vergleich zur industriellen Bezugsleistung zurückzuführen ist.

Insgesamt ist die IST-Zeit für den Gesamtprozess um 14,8 % geringer als die SOLL-Zeit, wobei der Haupteinfluss auf den Prozess der Auslieferung zurückzuführen ist.

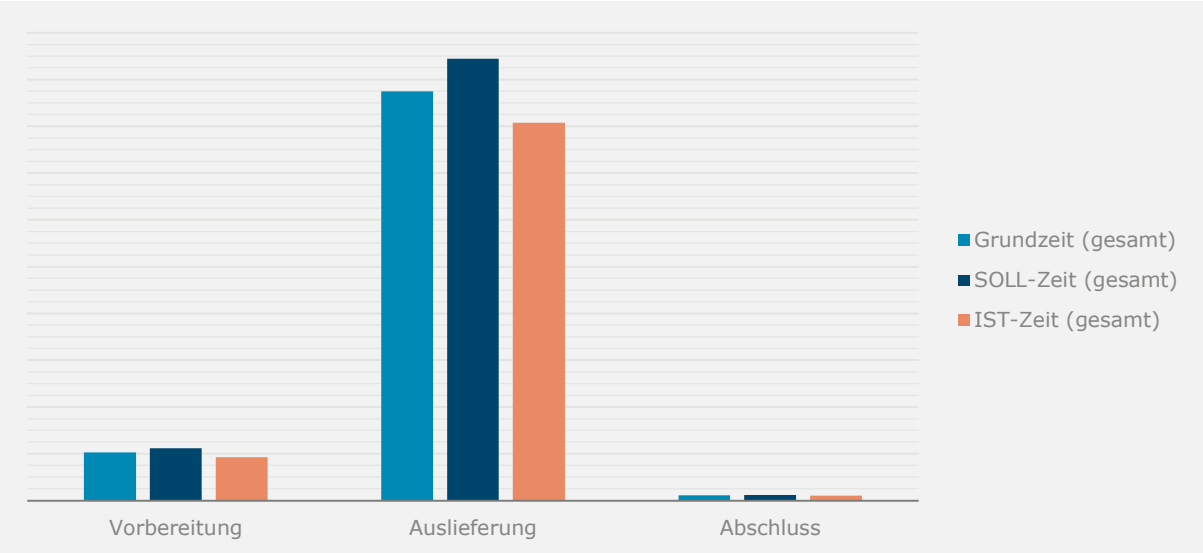


***Abbildung 3**: Vergleich von Soll- und Ist-Zeiten für den Gesamtprozess.*

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist es wichtig zu beachten, dass die ermittelten Zeitwerte für die spezifischen Rahmenbedingungen (Prozessorganisation, Ausliefergebiet, Paketdichte) beim untersuchten KEP-Dienstleister an einem Standort in einem Stadtgebiet gelten und nicht vollständig auf andere Dienstleister und Standorte übertragbar sind

4. Zusammenfassung und Ausblick

Mit der Anwendung des vorgestellten Vorgehens beim Untersuchungsbeispiel konnte nachgewiesen werden, dass die letzte Meile nachvollziehbar und methodisch korrekt quantitativ untersucht werden kann. Eine systematische Arbeitsgestaltung der Brief- und Paketzustellung ist daher (zukünftig) möglich.

Eine teilautomatisierte, detaillierte Analyse des Prozesses der Paketauslieferung wurde erfolgreich durchgeführt. Dabei wurden für die Prozesse Soll-Zeiten mit der bewährten MTM-Methodik bestimmt und Ist-Zeiten durch die Anwendung von Motion-Mining® erfasst. Dadurch wurde Transparenz in Bezug auf Ablauf, Kennzahlen sowie Ist- und Soll-Werte für die untersuchten Tätigkeiten geschaffen. Damit steht eine verlässliche Grundlage für die Touren- und Personalplanung für das definierte Ausliefergebiet zur Verfügung.

Die erzielten Ergebnisse bieten zudem eine fundierte Grundlage für die Gefährdungsbeurteilung und arbeitsschutzorganisatorische Maßnahmen.

Trotz der detaillierten Erfassung der Ist-Prozesse und der systematischen Beschreibung der Soll-Zeiten existieren in dem Vorgehen jedoch Teilschritte, bei denen Annahmen getroffen werden mussten. Damit kann keine hundertprozentige Genauigkeit der Werte sichergestellt werden.

5. Literatur

Antis W, Honeycutt JM, Koch EN (1969) Die MTM-Grundbewegungen. Maynard, Düsseldorf.

Bokranz R, Landau K (2012) Handbuch Industrial Engineering. 2. Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

Bovenschulte M, Peters R, Burmeister K (2021) Basisarbeit - Stützen der (Arbeits-) Gesellschaft. Berlin: Bundesministerium für Arbeit und Soziales.

BIEK (2022) Bundesverband Paket & Expresslogistik - KEP-Studie 2022 – Analyse des Marktes in Deutschland. Köln.

Feldhorst S (2018). Automatische Aktivitäts- und Kontexterkennung zur Analyse des Kommissionierprozesses. Dortmund, techn. Univ., Dissertationsschrift.

Finsterbusch T, Kuhlang P (2017) Verfeinerung und Erweiterung des Arbeitssystemmodells zur Gestaltung humanorientierter Arbeit für Mensch-Mensch-Interaktion. In: GfA (Hrsg.) Tagungsband zur GfA-Frühjahrskonferenz 2017 „Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels“. Brugg/ Zürich, Schweiz.

Fischer H, Kuhlang P (2015) Lingua Latina Industriae. In: Kuhlang P (Hrsg.) Modellierung menschlicher Arbeit im Industrial Engineering – Grundlagen, Praxiserfahrungen und Perspektiven. Ergonomia Verlag, Stuttgart.

Kaufmann K, Kotte V, Schwengler B, Wiethölter D (2021) Regional unterschiedliche Beschäftigungsentwicklung von Helfertätigkeiten. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB): Forschungsbericht 10/2021. Nürnberg.

Motionminers.com - Transparente Prozessdaten durch Motion-Mining® aufgerufen am 15.01.2025.

Moya Rueda F, Grzeszick R, Fink GA, Feldhorst S, Ten Hompel M (2018). Convolutional Neural Networks for Human Activity Recognition Using Body-Worn Sensors. Informatics, 5(2), 26.

MTMA (2019) MTM ASSOCIATION e. V. - Lehrgangsunterlage MTM-UAS. Hamburg: Eigenverlag.

REFA (1997) Datenermittlung. Carl Hanser, München.

Zeppelin: Confidential GREEN

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

25 Jahre arbeitswissenschaftliche Prozessmodellierungsprache K3 – Welche Kernideen sind im Praxisstandard BPMN 2.0 enthalten?

Marvin GOPPOLD[1], Sven TACKENBERG[2]

[1] Zeppelin Rental GmbH, Graf-Zeppelin-Platz 1, 85748 Garching
[2] Labor für Industrial Engineering, TH OWL, Campusallee 12, D-32657 Lemgo

Kurzfassung: Prozessmodellierungssprachen weisen für die Beschreibung und Verbesserung von Geschäftsprozessen eine hohe Bedeutung auf. Zur Formalisierung der Beschreibung bestehen mit K3 und BPMN 2.0 zwei graphische Modellierungssprachen. Im vorliegenden Beitrag erfolgt ein Vergleich der Zeichensätze sowie syntaktischen, semantischen und pragmatischen Merkmale beider Modellierungssprachen. Hierdurch werden die Kernideen von K3 herausgearbeitet und deren Fortbestand in BPMN 2.0 untersucht. Für nicht kongruente Merkmale werden Modellierungsalternativen in BPMN 2.0 dargelegt und die Erkenntnisse im Anschluss kritisch diskutiert. Als Fazit wird die Fähigkeit zum vollständigen Ersatz von K3 durch BPMN 2.0 für die Modellierung von Arbeitsprozessen festgestellt.

Schlüsselwörter: Arbeitsanalyse, Arbeitsprozess, Modellierung, Prozessmanagement, Vergleich

1. Einleitung

Die graphische Modellierung von Arbeits- und Geschäftsprozessen hat heute einen hohen Stellenwert für die Gestaltung von Arbeitsabläufen in Unternehmen. Mittels Modellierungen entstehen Prozessmodelle, die dekontextualisiertes Wissen der Abläufe enthalten. Von besonderer Relevanz ist hierbei, dass zur Formalisierung des Wissens in der Regel graphische Beschreibungssprachen bzw. Notationen verwendet werden. Mit der Prozessmodellierungssprache Kooperation-Koordination-Kommunikation (K3) steht ein arbeitswissenschaftlich fundiertes Werkzeug zur Dokumentation von Arbeitsprozessen für die allgemeine und informationstechnische Weiternutzung zur Verfügung (vgl. z. B. Killich 1999; Foltz et al. 2000). Als Teil einer historischen Differenzierung von Modellierungssprachen (z. B. Tolvanen 2014) hat sie sich trotz Anwendung in einer zweiten Forschungsgeneration (z.B. Nielen 2014) seitdem in der unternehmerischen Praxis nicht durchsetzen können, sondern die Informatik- und ERP-nahen Sprachen wie UML, eEPK und BPMN2.0 bilden den gegenwärtigen Praxisstandard (vgl. z. B. Elstermann et al. 2023).

2. Analyse und Vergleich von K3 und BPMN 2.0

Bei den Modellierungssprachen K3 und BPMN 2.0 handelt es sich um kontrollflussorientierte Modellierungssprachen (vgl. Gadatsch 2017), wobei K3 sich größtenteils aus der Unified Modeling Language (UML) speist (Foltz et al. 2000). Zum Vergleich werden neben den Zeichensystemen die damit einhergehenden stilprägenden syntak-

Zeppelin: Confidential GREEN

tischen, semantischen und pragmatischen Eigenschaften untersucht, um herauszufinden, inwieweit K3 gegenwärtig noch eine Modellierungssprache mit Alleinstellungsmerkmalen für arbeitswissenschaftliche Fragestellungen ist.

2.1 Zeichensysteme der Modellierungssprachen

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht aller in der K3 Modellierungssprache verwendeten Zeichen sowie äquivalenten Zeichen der BPMN 2.0 Sprache. Für die spätere Diskussion wichtige Zeichen aus BPMN 2.0 sind auch aufgeführt. Es werden nur die graphischen Zeichensätze und nicht die daran als Datenbankfelder angehängten Attribute betrachtet.

Tabelle 1: *Zuordnung der Zeichensysteme der Modellierungssprachen K3 und BPMN 2.0 (eigene Zuordnung, Definitionen aus Foltz et al. 2000, Object Management Group 2011).*

K3 Zeichen	BPMN 2.0 Zeichen	K3 Zeichen	BPMN 2.0 Zeichen
Aktivität	Aktivität	Startzustand	Startereignis
Aggregierte Aktivität	Zugeklappter Teilprozess	Endzustand	Endereignis
Optionale Aktivität	-	-	Weitere Ereignisse
Ausgeschlossene Aktivität	-	Blob	Ad-Hoc Subprozess
Kontrollfluss	Sequenzfluss	Swimlanes	Lanes
Synchronisations-balken	UND-Gateway	-	(Single- / Multi-) Pool
Koppelelement	UND-Gateway	Information	Nachricht
Iteration	2x XOR Gateway	Information	Datenobjekt
-	OR-Gateway	Optionale Information	-
Informationsfluss	Nachrichtenfluss	Ausgeschlossene Information	-
Informationsfluss	Assoziation	Werkzeug	Pool / Lane
		Schwachstelle	Textanmerkung

2.2 Abgeleiteter Vergleich Syntax der Modellierungssprachen

Die Syntax beider Modellierungssprachen ist basierend auf Tabelle 1 hinsichtlich der Bildung von Lanes, Aktivitäten, Start- und Endzustand als auch des Kontrollflusses gleichartig. Es existieren in BPMN 2.0 jedoch keine zeichenbasierten Darstellungen für optionale und ausgeschlossene Aktivitäten als auch Informationen, sodass in Kapitel 3 hierfür alternative Modellierungsansätze dargelegt werden müssen, um eine andersartige, aber gleichwertige Modellierung der abzubildenden Arbeitssituationen eines Arbeitssystems zu gewährleisten. Außerdem findet sich keine Unterscheidung von Synchronisationsbalken und Koppelelementen sowie Unterschiede bei den Zeichen für Werkzeuge und Schwachstellen in BPMN 2.0, was im semantischen Vergleich in Kapitel 2.3 betrachtet werden soll.

Umgekehrt zeigt sich für K3, dass keine weiteren Zustandsbeschreibungen, außer Start- und Endzustand sowie keine Abbildung von logischen Oderbedingungen im Kontrollfluss im Vergleich zu BPMN 2.0 möglich sind. Außerdem liegt in BPMN 2.0 eine zusätzliche Differenzierung zwischen Assoziationen und Nachrichtenflüssen, Nachrichten und Datenobjekten sowie eine Ergänzung von Lanes durch Pools vor.

2.3 Vergleich Semantik der Modellierungssprachen

Eine Unterscheidung von Synchronisationsbalken und Koppelelementen ist in BPMN 2.0 nicht vorgesehen, da hier die UND-Gateways frei innerhalb einer Lane als auch laneübergreifend eingesetzt werden und sich aus einem auslösenden Sequenzfluss speisen. Es ist keine Problematik einer Entkoppelung aller entstehenden Sequenzflüsse zu befürchten, da durch ein schließendes UND-Gateway die Propagation des Prozesses so lange stagniert, bis auch die restlichen zum Schließen notwendigen Sequenzflüsse durchlaufen worden sind. Eine nochmals verdeutlichte Gleichzeitigkeit ist durch Einfügen der Abhängigkeiten mittels Zwischenereignissen zusätzlich möglich. Ein Mehrwert ergibt sich in K3 erst, wenn die Attributverwendung des Zeichens genutzt wird, was jedoch in der graphischen Repräsentation der Modellierung nicht sichtbar wird. Eine alternative graphische Modellierung der Attributverwendung mittels BPMN 2.0 wird daher in Kapitel 3 ergänzt.

BPMN 2.0 bietet deutlich über die von K3 genutzte Logik hinausgehende Möglichkeiten, Sequenzflüsse sowie Entscheidungsbedingungen abzubilden. Hierfür können z. B. Oder-Gateways genutzt werden und bei Bedingungen z.B. die Verknüpfung mit Decision Modeling and Notation (vgl. z. B. Freund & Rücker 2019). Die im Nachrichtenfluss vorgenommene Unterscheidung von Assoziationen und Nachrichtenfluss sorgt für eine graphische Trennung von Relationen jeweils zwischen Aktivitäten bzw. Lanes und den Relationen der Informationselemente untereinander. So lassen sich technische Systemnachrichten und Informationsweitergaben rudimentär abbilden, was bei K3 nicht unterschieden wird. Gleiches gilt für eine Unterscheidung von Daten und Nachrichten.

Das K3 Zeichen „Werkzeug“ erweitert die verlaufsorientierte Grundlage der Modellierungssprache um die Abbildung von zusätzlichen strukturalen Elementen des Arbeitssystems, welche nicht zur informatorischen, sondern zur stofflichen bzw. energetischen Verarbeitung als Arbeitsmittel im Arbeitssystem dienen. Für informatorische Attribute können hingegen in BPMN 2.0 gesonderte Pools oder Lanes genutzt werden. Die in beiden Modellierungssprachen vorliegenden Zeichen zur Kennzeichnung von Schwachstellen wirken zunächst unvereinbar. Die Anwendungsbeschreibung bei Foltz et al. (2000) entschärft dies jedoch, da es in K3 nur als Anmerkung genutzt wird, welche subjektiv ist und nicht durch ein mögliches Unterstützungssystem automatisiert erstellt wird.

Die in BPMN 2.0 mögliche Aufspaltung von Pools in mehrere Entitäten zur systemtheoretisch noch besseren strukturalen bzw. auch hierarchischen Verteilung von Systemelementen und zur Schaffung von eigenen Umgebungen innerhalb der Modellierung von Arbeitsprozessen ist in K3 nicht vorgesehen. Die damit verbundenen Implikationen werden unter der Pragmatik in Kapitel 2.4 erläutert.

2.4 Vergleich Pragmatik der Modellierungssprachen

Die in BPMN 2.0 vorhandene Erweiterung von Informationen um die Elemente Daten und Nachrichten sowie die Nachrichtenflüsse um das Element der Assoziationen vergrößert den möglichen Abbildungsrahmen der systemtheoretischen Relationsdimension für Informationen. Dies weist bei vielen Modellierungsaufgaben einen Mehrwert auf und schafft so erhebliche Potentiale für die damit verbundene Entwicklung technischer Lösungen in Arbeitsprozessen.

Die Modellierung von Werkzeugen als Pool bzw. Lane in BPMN 2.0 erfordert von Modellierenden bzw. Lesenden sehr hohe Kompetenzen in der Abstraktionsfähigkeit

und Transferkenntnisse für den konkreten Anwendungsfall, sodass die Praxis sich häufig an Modellierungen vergleichbar zu K3 anlehnt. Hierzu bietet z. B. SAP Signavio (SAP 2024) als eine Standardanwendung ein aus der Modellierungssprache eEPK entlehntes Zeichen für IT-Systeme, welches diesen Zusammenhang vereinfacht. Dies ist jedoch eine nicht im Modellierungsstandard (Object Management Group 2013) definierte Abweichung.

Die Unterschiede in der Benennung der Start- und Endpunkte der Modellierung als Zustand bzw. Ereignis lässt sich auf die Genese der Modellierungssprachen zurückführen, wobei sich aus einer arbeitswissenschaftlichen Sicht, der in K3 genutzten Perspektive angeschlossen werden sollte (vgl. Goppold et al. 2022). Dies liegt in der Tatsache begründet, dass die Arbeitswissenschaft insbesondere die Arbeitstätigkeiten bzw. -handlungen betrachtet. Definitionsgemäß (Hammer 1996) soll dabei von einem Ausgangszustand ausgehend ein Zielzustand erreichen werden. Die Sichtweise in BPMN 2.0 widerspricht dem zunächst durch eine informationstechnische Perspektive, wobei eine Interpretation der Ereignisse als den Ausgangszustand initiierende Elemente für eine folgende Aktivität möglich wäre.

Pools und Lanes als Zeichen ermöglichen in BPMN 2.0 systemtheoretisch deutlich erweiterte Modellierungen, da durch eine Multipoollösung viel besser Kommunikationswege zwischen Arbeitspersonen, Arbeitsgruppen und weiteren Systemelementen darstellen kann. So können Pools für jeden Stakeholder eine multiperspektivische Modellierung der unterschiedlichen Sichtweisen im Arbeitssystem durch austauschbaren als auch auf- und zusammenklappbare Pools umsetzen. Dies kann z. B. zur Erweiterung des Arbeitsprozesswissens (Fischer, 2000) von Fachkräften z. B. durch schrittweises Erschließen der Arbeitshandlungen in zunächst geschlossen dargestellten Pools genutzt werden.

3. Modellierungsalternativen in BPMN 2.0

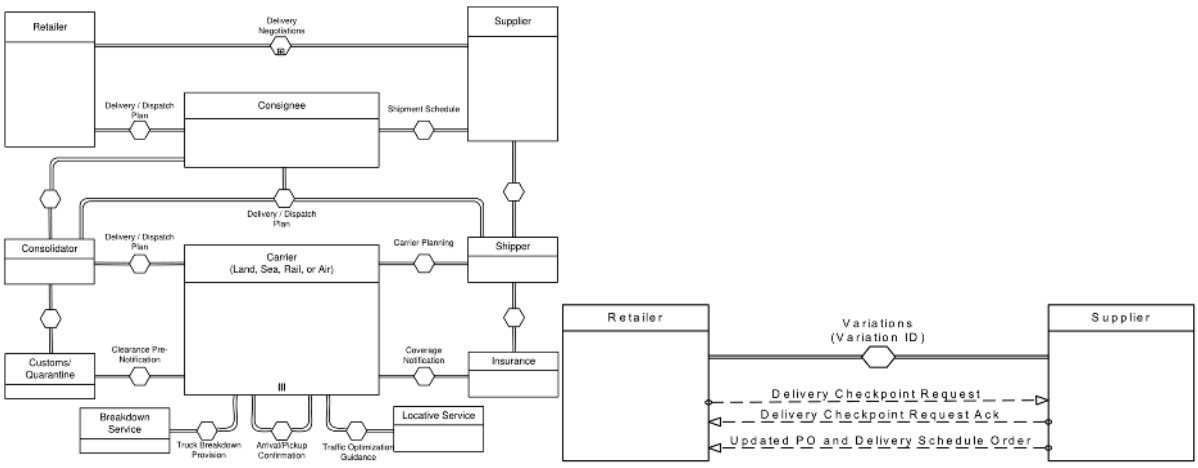


***Abbildung 1**: Konversationen und in Konversationsrelationen enthaltene Nachrichtenflüsse in BPMN 2.0 (Object Management Group, 2013).*

Innerhalb der gegenwärtigen BPMN2.0 Spezifikationen (Object Management Group 2013) bestehen über die K3 Modellierungssprache hinausgehend weitere Modellierungsmöglichkeiten. Eine alternative graphische Abbildung der Attributverwendung Koppelelement in BPMN 2.0 ist Abbildung 1 zu entnehmen, in welcher sowohl Konversationen als auch die darin kondensierten Nachrichtenflüsse dargestellt werden.

Zeppelin: Confidential GREEN

Die in der K3 Definition betonte Stärke der Blobs ist hinsichtlich der Modellierungsflexibilität den Adhoc Subprozessen in BPMN 2.0 unterlegen. So können die bekannten Abhängigkeiten in ansonsten schwach strukturierten Prozessen berücksichtigt werden (s. Abbildung 2).

In Arbeitsprozessmodellierungen können die in der Arbeitshandlung zu nutzenden Informationen systemtheoretisch als nicht leere Mengen in den jeweiligen Informationsrelationen interpretiert werden. Bei Modellierung von optionalen und ausgeschlossenen Aktivitäten bzw. Informationen sollte in den meisten Verwendungsfällen überhaupt keine graphische Darstellung durch ein Zeichen erfolgen, weil bei konsistenter Vorgehensweise sonst eine gesamte Auflistung aller systemtheoretische Beziehungsverhältnisse mit leeren Lösungsmengen in den jeweiligen Relationen die Folge wäre. Die in Foltz et al. (2000) dargelegt Verwendung von optionalen Aktivitäten bzw. Informationen kann in BPMN 2.0 entweder wie in Abbildung 2 mittels Adhoc Subprozessen oder mittels der Definition von Aktivitäts- oder Subprozessparametern bzw. der Angabe der Operationsfolge in Subprozessen erfolgen. Hingegen bietet BPMN 2.0 zusätzlich die Eigenschaft, eine vom Kontrollfluss unabhängige optionale Aktivität oder Information durch eine bedingt auslösende Nachricht zu erschaffen, sodass keinerlei Deadlocks oder ähnliche Kontrollflussprobleme entstehen, was in K3 so nicht möglich ist.

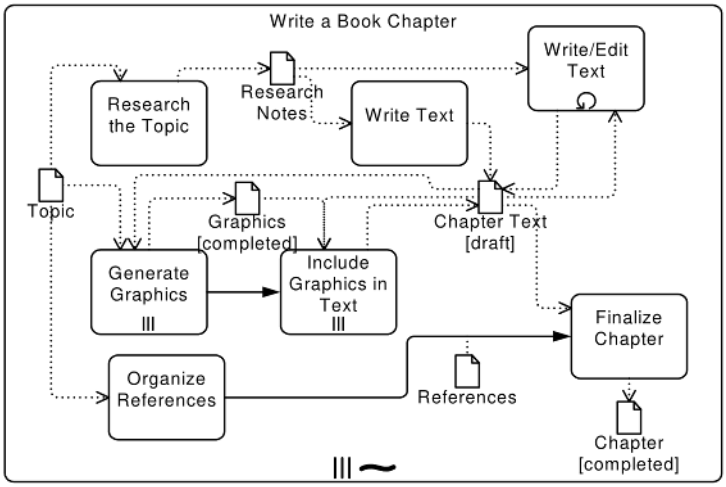


***Abbildung 1**: Adhoc Subprozess in BPMN 2.0 (Object Management Group, 2013).*

4. Diskussion

Der Vergleich der beiden Modellierungssprachen führt zur Aufdeckung von Limitationen der K3 Modellierungssprache gegenüber der deutlich komplexeren Modellierungssprache BPMN 2.0. In K3 wird sich nur auf Arbeitspersonen oder Arbeitsgruppen fokussiert, was systemergonomisch zu kritisieren ist, da es eine Ausgrenzung vieler weiterer Systemelemente bedeutet. Diese liegen bis auf die Informationsflüsse und -relationen somit in K3 außerhalb der betrachteten Systemgrenze. Allerdings darf das Zeichen „Werkzeug“ auch stoffliche und energetische Operationen bzw. Bestandteile von Übertragungsfunktionen eines Arbeitssystems abbilden, was eine systemtheoretische Inkonsistenz von K3 zeigt. Hierdurch wird nur ein Bruchteil der weiteren Systemelemente mit ihren Relationen abgebildet. Von einer systemtheoretischen Betrachtungsperspektive aus sind die ausgeschlossene Aktivität und Information für die

Zeppelin: Confidential GREEN

interne Konsistenz des Arbeitssystem mit einem erheblichen Aufwand verbunden, da theoretisch alle nichtzutreffenden Kombinationen im System modelliert werden müssten. Daher ist bei begrenzten Ressourcen nur eine sehr verkürzende Nutzung in K3 zur prozessualen Modellierung eines Arbeitssystems möglich.

BPMN 2.0 ist im Vergleich zu K3 viel universeller, trennschärfer und detailgetreuer auf unterschiedlichen arbeitswissenschaftlichen Erhebungsebenen (vgl. Luczak et al. 1987) einsetzbar. Durch verschiedene Darstellungsformen wie Konversation, Kollaboration und Multipoollösungen sind alle Modellierungsergebnisse ineinander überführbar und für vielfältige Nutzungsmöglichkeiten in der Praxis zugänglich. Mit K3 lassen sich nur Verfahren (Fokus auf Operationen) und keine Prozesse (Fokus auf Zustände) beschreiben, da in der Modellierung außer Start- und Ende keine weiteren Arbeitssystemzustände abgebildet werden können.

5. Fazit

Die Intention mit K3 eine neue Modellierungssprache zu entwickeln, lag in der Intention, schwach strukturierte Arbeitsprozesse graphisch abbilden zu können. Hierzu wurden graphische Elemente, wie beispielsweise der Blob, die parallele Betrachtung von Informations- und Kontrollflüssen sowie die logische Verkettung von Operationen eines Verfahrens bzw. von Arbeitshandlungen definiert. Alle diese Kernideen sind im heutigen Praxisstandard BPMN 2.0 enthalten. Hieraus resultiert, dass ein Einsatz der graphischen Modellierungssprache K3 gegenwärtig nicht mehr erforderlich ist, da auf die umfassendere Sprache BPMN 2.0 zurückgegriffen werden kann.

6. Literatur

Elstermann M, Fleischmann A, Moser C, Oppl S, Schmidt W, Stary C (2023) Modellierungssprachen für Geschäftsprozesse. In Elstermann M, Fleischmann A, Moser C, Oppl S, Schmidt W, Stary C (Hrsg.), Ganzheitliche Digitalisierung von Prozessen, Wiesbaden: Springer, 71-133.

Fischer M (2000) Von der Arbeitserfahrung zum Arbeitsprozeßwissen, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Foltz C, Killich S, Wolf M (2000) K3 User Guide: Version 0.1. Aachen: Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen.

Freund J, Rücker B (2019) Praxishandbuch BPMN: Mit Einführung in DMN, München: Hanser.

Gadatsch A (2017) Grundkurs Geschäftsprozess-Management, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Goppold M, Müller M-L, Thiem S, Tackenberg S, Frenz M, Nitsch V (2022) Lernmedienentwicklung für handlungs- und gestaltungsorientiertes, Augmented Reality-gestütztes Lernen aus Fehlern an CNC-Drehmaschinen – Zielkonflikte zwischen didaktischem Anspruch und technischer Umsetzung. bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online 43:1–26.

Hammer W (1996) Terminologie und Fachwörterbuch der Arbeitswissenschaft, Braunschweig.

Killich S, Luczak H, Schlick C, Weissenbach M, Wiedenmaier S, Ziegler J (1999) Task modelling for cooperative work. Behaviour & Information Technology, 18:325–338.

Luczak H, Volpert W, Raeithel A, Schwier W (1989) Arbeitswissenschaft: Kerndefinition- Gegenstandskatalog- Forschungsgebiete, Köln: TÜV Rheinland.

Nielen A (2014) Systematik für die leistungs- und zuverlässigkeitsorientierte Modellierung von Arbeitsprozessen mit kontrollflussorientierten Notationssystemen. Aachen: Shaker.

Object Management Group (2013) Business Process Model and Notation (Version 2.02, BMPN 2.0).

SAP (2024) SAP Signavio [Software], Walldorf. https://www.signavio.com/de/.

Tolvanen JP (2014) The business cases of modeling and generators. Code Generation 2014, https://slideshare.net/slideshow/keynote-at-code-generation-2014-the-business-case-of-modeling-and-generators/33446033.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Cognitive Ergonomics in Action: Requirements for Human-Robot Collaboration in Industrial Settings

Yannick METZLER[1], Georgios ATHANASSIOU[2], Felix DREGER[1], Felice TAURO[3], Nooshin ATASHFESHAN[1]

[1] Leibniz Research Centre for Working Environment and Human Factors, Department of Ergonomics, Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund
[2] Jade University of Applied Sciences, Maritime and Logistics Studies, Weserstraße 52, D-26931 Elsfleth
[3] Centro Ricerche Fiat, I-85025 Zona Industriale San Nicola di Melfi, Province of Potenza

Abstract: Emerging intelligent multi-agent work environments, where collaborative robots team up with humans, hold significant potential for competitiveness through efficient and adaptable processes but. We present results from Work Domain Analysis (WDA), a method for deriving requirements for human-centric design of human-robot collaboration. Based on the EU Horizon project SOPRANO, we applied WDA to an industrial use case in the automotive industry. The analysis identified 19 requirements for successful human-robot collaboration, categorized and prioritized with respect to human-factors categories. These requirements contribute to human-centered design by providing understanding of the overall work system and guidance on the successful introduction of collaborative robots in human environments.

Key words: cognitive ergonomics; robots, cobots, multi agent, robot team

1. Background

In 2023, the EU Horizon project SOPRANO (Socially-Acceptable and Trustworthy Human-Robot Teaming for Agile Industries) was launched - a collaborative research initiative aimed at advancing innovations in human-robot collaboration. Partnering with 19 international organizations, the project seeks to design the next generation of intelligent multi-agent systems for manufacturing, construction, and agriculture, enabling seamless interaction between humans and collaborative robots (EU Horizon Europe 2023). These so called cobots are designed for direct human-robot collaboration in shared spaces or close proximity to humans (Peshkin et al. 2001). This is why promoting trust, acceptance, as well as adaptability and team efficiency remain key challenges. Addressing these challenges requires integrating cognitive ergonomics early in multi-human multi-robot (MH-MR) system development to create effective, human-centered work environments (Dreger et al. 2024). This paper presents results from a Work Domain Analysis (WDA) (Vicente 1999; Naikar 2016) for an industrial use case, a socio-technical set of analyses for deriving requirements for successfully designing MH-MR collaboration. By emphasizing the system's constraints and structure, the requirements address critical design principles, considering constraints related to system objectives, essential functions, and user competencies required for seamless task performance.

2. The Use Case

The use case is a car door disassembly line organized into three main workstations. At each workstation, there is a dedicated operator who, following a defined cycle, disassembles the door while checking the integrity of the components. The door is positioned on a cart which height can be adjusted based on workflow requirements. Given the nature of disassembling used components (e.g., a collision may deform a door, making mirror disassembly harder due to damaged screws), process variability is higher than in traditional assembly, despite a defined workflow. The MH-MR collaboration is implemented through the introduction of two distinct robotic solutions. The first involves a cobot that is characterized by its ability to autonomously navigate between the three workstations on the line and assist operators by delivering and handing over tools (e.g., screwdrivers) and components. The second is a UR robot mounted upside down and located at the center of the line. This robot is equipped with a Deprag screwdriver and a RealSense 3D camera, tasked with unscrewing. The MH-MR collaboration and the process are further supported and monitored by ZED cameras installed on both sides of the line, with two cameras per workstation. Thereby, the system can identify the position and the posture of the operators, the position of the door, the status of the disassembly process, and is also capable of managing the robots. The key goals of introducing MH-MR collaboration to the assembly line include: (1) enhancing the reliability of cognitive robotic solutions in manufacturing, (2) developping cost-effective smart automation processes, (3) improving workforce acceptance of advanced collaborative robotics, (4) establishing methodologies for implementing collaborative robotic solutions, (5) boosting productivity while maintaining safety, (6) increasing production flexibility, and (7) improving workstation ergonomics. Five testing scenarios are designed to evaluate key performance indicators aligned with these goals. The scenarios primarily aim to enhance safety, minimize reconfiguration and work cycle time, boost productivity by reducing average disassembly time, and improve accuracy and reliability.

3. Analyzing MH-MR Environments

For analyzing and deriving interaction requirements, we applied the WDA method as part of the Cognitive Work Analysis framework (Naikar 2016; Vicente 1999; Jenkins et al. 2007). WDA focuses on understanding the system's purposes (why it exists) and the means to achieve them (how it operates) without being tied to specific events. By examining the functional structure of the environment, WDA identifies stable properties that either constrain or enable actions. This formative approach emphasizes how the system's affordances and constraints shape work, rather than describing how work is currently or will be performed. WDA employs an abstraction hierarchy to decompose the work environment into five levels:

1. Functional purposes: Why the system exists and what it aims to achieve.
2. Values and priority measures: How the system's performance and goal attainment are evaluated.
3. Purpose-related functions: Activities or steps that fulfil the system’s purposes.
4. Object-related processes: Functions performed by individual objects in the system.
5. Physical objects: Tangible entities (e.g., tools, humans, spaces) involved in the

system.

The levels are interconnected through “means-end” relationships, showing how lower-level components contribute to higher-level goals. By analyzing these links, WDA identifies the interactions and dependencies necessary for system functions. This process supports the extraction of baseline interaction requirements, providing a foundation for early system design.

Figure 1 illustrates the WDA corresponding to the use case and the overall goals associated with the MH-MR collaboration. Red lines indicate crucial means-ends-relationships. The functional purpose of the system at the highest level of the abstraction hierarchy is, as identified, car door disassembly followed by ‘maximize productivity’ and ‘ensure occupational health and safety’. On the level of the values and priority, measures enabling the functional purposes are described, with ‘counts of position and angular localization errors’ as measure of reconfiguration time, ‘counts of interventions to the workflow’, ‘work cycle time reduction’, ‘robot reliability’ and ‘robot accuracy, ‘counts of interruptions’, ‘trust and acceptance’, ‘improvement of cognitive ergonomics’, ‘physical load improvement’, ‘count of safety-critical incidents’, and ‘worker well-being and satisfaction’.

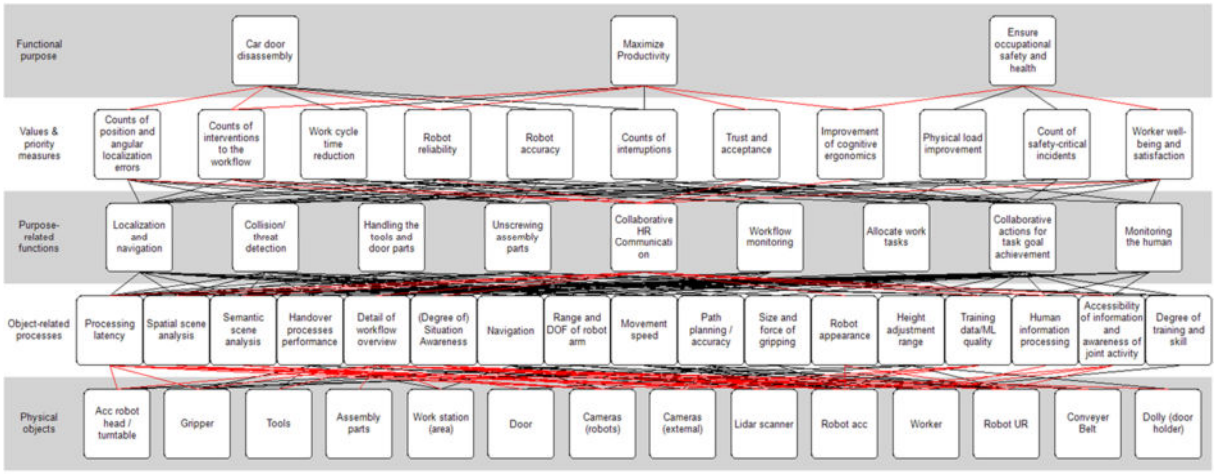


Figure 1. Work domain analysis of the use case.

We then analysed the relationships and dependencies across abstraction levels. For instance, we need to consider how physical constraints, such as limited *robot accuracy*, affect purpose-related functions like *collaborative actions* or *handlings tools and door parts*, up to the level of values and priority measures of *work cycle time reduction*, *trust and acceptance*, and *robot reliability*, to ultimately ensure *car door disassembly* as operationalized in the use case. Additionally, we can identify the system's boundary conditions, meaning the limits to its behaviour. Common constraints include physical limitations (e.g., space, energy, material properties), regulatory requirements (e.g., safety standards, compliance), technological restrictions (e.g., compatibility, capacity), and organizational factors (e.g., roles, responsibilities, resource allocation). Through analyzing the connections within these layers, WDA provides a systematic approach not only for understanding the impact of physical constraints and defining system boundaries, but also for uncovering the functional structure of the work domain. In other words: WDA helps to identify critical system constraints, which can then be converted into interaction design requirements.

4. Results: Requirements for MH-MR Environments

The requirements derived follow the guidelines from the NASA Systems Handbook (2017) and adhere to the recommended framing for requirement description. The requirements use the taxonomy of 'shall', ""should" and 'may', indicating their priority and criticality:

- Shall: Defines high-priority system design requirement that must be met.
- Should: Describe high-priority requirements whose implementation depends on the technical capabilities of the system.
- May: Refers to lower-priority requirements that will be the object of further elaboration during system development.

In addition to requirement descriptions and priorities, each requirement includes connections to the preceding WDA, potential constraints, remedies, and means of verification to ensure a thorough understanding of the underlying reasoning (Table 1). The WDA Node identifies the purpose-related function. Interaction Actors specify the entities expected to interact within the context of MH-MR collaboration. Rationale explains the reason behind the interaction requirement within this collaborative context. Constraints and Challenges highlight potential obstacles and constraints related to implementing the requirement in the collaborative MH-MR environment. The Means of Resolution propose potential solutions for addressing these challenges to achieve successful implementation of the interaction requirements. The Means of Verification provide options for evaluating the effective implementation of these requirements during future phases of the SOPRANO use case.

Table 1: *Some of the Sociotechnical Requirements Derived from the Car Door Disassembly WDA.*

WDA node	Interaction Entities	Requirement Description	Rationale	Constraint/ Challenges	Means of Resolution	Means of Verification
Collaborative HR communication	Worker/ robot	The robot should provide meaningful warnings in failure and error cases using its display.	Prevents safety incidents, provides crucial information to the user, increases acceptance and trust,	Define meaningful warnings for a diverse set of failure cases. Scope failure cases that are meaningful to display	Structured task and failure case analysis. Applying interface design principles to warnings	Scenario analysis, subjective assessment
Allocate work tasks	Worker/ robot	The worker shall always have the authority and the ability to determine or even reject, if necessary, the actions.	Allows the user to experience control and prevents authority-responsibility mismatches	Continuous monitoring of human interactions, Provide appropriate interface at any time (auditory, visual, physical),	Environment sensing, iterative interface design according to ergonomic principles	Task and workflow analysis, Usability analysis, task system design

In the case of car door disassembly, 19 requirements were identified and categorized into six main design concerns: User interface, feedback, and communication sys-

tems; Control and authority sharing; Handover; Workflow monitoring and synchronization; Safety assurance and threat detection; and lastly worker training. The distribution of requirements for each design concern is presented in Figure 2.

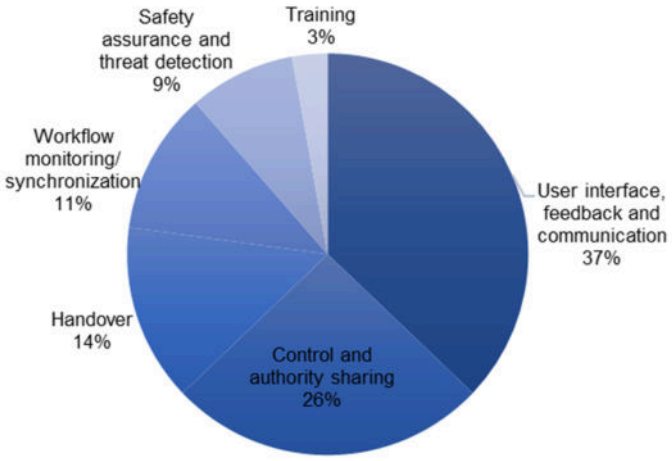


***Figure 2**: Distribution of Sociotechnical Requirements Across Different Design Concerns.*

'User interface, feedback, and communication' and 'Control and authority sharing' include the highest number of sociotechnical requirements. The primary design concern is on the information exchange between workers and robots (i.e., physical objects in the proposed WDA) to foster trust, acceptance, enhanced cognitive ergonomics, and worker well-being and satisfaction (as values and priority measures). To achieve this, the robot should provide meaningful and timely information on its behavior, responsibilities, and current state always. In other words, the main filter for enabling the above-mentioned factors is to ensure and support predictability of the cobot's behavior. For example, the worker must be informed about the cobot approaching the workstation well in advance, the cobot should display intent messages that align with the current joint activity and maintain visibility of its operational status throughout the process. By meeting these interaction requirements, the design can support efficient car door disassembly while ensuring occupational safety and health as functional objectives (row 1 in Table 1).

The second important design concern focuses on the efficient assignment of roles and the avoidance of authority-responsibility mismatches in the workflow (row 2 in Table 1). Clearly defining responsibility and authority within the workflow and its tasks is essential for achieving efficient car door disassembly and maximizing productivity. Clear role and responsibility definition supports primarily the cognitive processes (e.g. decision making) regarding the task in routine situations as well in critical "out-of-the-normal" situations. As the human operator is regarded as the final responsible agent, the design must prioritize mechanisms that grant workers sufficient control over the robot's actions at all stages of the process. Workers shall always have the authority and ability to determine or reject actions, if necessary, as well as the option to stop the robot upon its arrival at the workstation and place it in standby mode. These design principles ensure a balanced sharing of control, enhancing safety, collaboration, and productivity in human-robot interaction systems.

To promote effective collaboration and ensure seamless integration of human and robotic roles within the workflow, it is crucial to establish mutual understanding of subtask interdependence and predictability between workers and robots. This can be achieved through clear communication, training of workers, and a coactive design

approach (Johnson et al. 2011) that clarifies the robot's role and technical capabilities, enabling workers to confidently manage the system and supporting a harmonious workflow.

5. Conclusion

Multi-human, multi-robot systems are becoming increasingly prevalent and advanced. Each agent is inherently complex, and interactions between them introduce additional challenges. Therefore, gaining a comprehensive understanding of the system, identifying potential constraints, and developing solutions to manage them are crucial for the successful design of MH-MR systems. To address this, WDA has been proposed and implemented in the automotive industry as part of the EU Horizon project SOPRANO. The requirements, derived from WDA, aim to facilitate and guide technological development in a human-centered manner. More than half of these requirements pertain to communication system design and control, and authority sharing, ensuring seamless communication between humans and robots. This, in turn, leads to more efficient systems and supports human well-being. However, it should be noted that this is a first and basic, but nevertheless vital step in designing MHR-MR systems from scratch. Finally, the above-mentioned approach is adaptable to other industries. Gained insights can inform industry stakeholders about potential challenges in designing MH-MR environments while maintaining a human-centered approach. Applying WDA and addressing socio-technical requirements from the outset supports the formulation of initial design guidelines, and beyond anticipates future system adaptations as task complexity evolves.

6. References

Dreger F, Karthaus M, Metzler Y, Tauro F, Carrelli V, Athanassiou G, Rinkenauer G (2024): Requirements for Successful Human Robot Collaboration: Design Perspectives of Developers and Users in the Scope of the EU Horizon Project FELICE. In: Human Factors in Robots, Drones and Unmanned Systems. 15th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2024), July 24-27, 2024: AHFE International.

EU Horizon Europe (2023): SOPRANO. Socially-Acceptable and Trustworthy Human-Robot Teaming for Agile Industries. HORIZON.2.4.5 - Artificial Intelligence and Robotics; Grant agreement ID: 101120990: Open Research Europe. Online verfügbar unter https://cordis.europa.eu/project/id/101120990, zuletzt geprüft am 08.01.2025.

Jenkins DP, Stanton NA, Salmon PM, Walker GH, Young MS, Whitworth I (2007): The Development of a Cognitive Work Analysis Tool. In: Don Harris (Hg.): Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics, Bd. 4562. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (Lecture Notes in Computer Science), S. 504–511.

Johnson M, Bradshaw JM, Feltovich PJ, Hoffman RR, Jonker C, van Riemsdijk B, Sierhuis M (2011): Beyond Cooperative Robotics: The Central Role of Interdependence in Coactive Design. In: IEEE Intell. Syst. 26 (3), S. 81–88.

Naikar N (2016): Work Domain Analysis: CRC Press.

NASA (2017): Systems engineering handbook. Washington, D.C: National Aeronautics and Space Administration (NASA SP, 6105, Rev2).

Peshkin MA, Colgate JE, Wannasuphoprasit W, Moore CA, Gillespie RB, Akella P (2001): Cobot architecture. In: IEEE Trans. Robot. Automat. 17 (4), S. 377–390. DOI: 10.1109/70.954751.

Vicente KJ (1999): Cognitive Work Analysis: CRC Press.

Inter-organisationale Kollaboration als Treiber für die praxisnahe Implementierung der Circular Economy

Frauke RICHTER, Dennis KREUTZER, Esther BOROWSKI, Ingrid ISENHARDT

WZL-IQS, RWTH Aachen University,
Campus-Boulevard 30, D-52074 Aachen

Kurzfassung: Der Beitrag fokussiert die Rolle inter-organisationaler Kollaboration im Kontext der Circular Economy (CE). Basierend auf einer Literaturanalyse werden wesentliche Erkenntnisse zu dem Thema aus wissenschaftlichen Veröffentlichungen zusammengeführt, kontextualisiert und diskutiert. Die daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen zu Aufbau und Gestaltung inter-organisationaler Kollaboration für eine erfolgreiche Implementierung der CE in der Praxis umfassen Anreizschaffung, Netzwerkausbau, Bildung eines gemeinsamen Verständnisses, transparente Kommunikation, Daten- und Informationsaustausch sowie Maßnahmen, um Bindung und Motivation aufrechtzuerhalten.

Schlüsselwörter: Circular Economy, inter-organisationale Kollaboration, Zusammenarbeit, Nachhaltigkeit

1. Inter-organisationale Kollaboration im Kontext der Circular Economy

Im Zuge eines zunehmenden Bewusstseins über die Notwendigkeit eines nachhaltigen Wirtschaftens, gewinnt das Konzept der Circular Economy (CE) an Bedeutung. Wesentliches Ziel der CE ist die Schließung von Stoffkreisläufen bei möglichst hoher Werterhaltung der verwendeten Ressourcen (Stahel 2019). Die anvisierte Verlängerung der Nutzungsphase der Ressourcen und damit verbundene Steigerung der Ressourceneffizienz birgt ökonomische und ökologische Potentiale (z. B. durch die Reduzierung umweltschädlichen und kostenintensiven Abbaus von Primärrohstoffen) aufgrund derer die CE zunehmend in den Fokus von Politik und Wirtschaft rückt (Kirchherr et al. 2017). Allerdings erschweren diverse, uneinheitliche Definitionen, Abweichungen im Umfang durch variierende Abgrenzungen und die Betrachtung des Konzeptes auf verschiedenen Untersuchungsebenen das Verständnis (Kirchherr et al. 2017). Um die erfolgreiche Umsetzung von CE-Vorhaben zu unterstützen, eignet sich eine anwendungsorientierte Betrachtung dahingehender Einflussfaktoren.

In einigen wissenschaftlichen Publikationen wird die Zusammenarbeit wesentlicher Stakeholder als Einflussfaktor identifiziert, allerdings wird dem zumeist nur stellenweise und begleitend Berücksichtigung geschenkt (Barquete et al. 2022; Boukhatmi et al. 2023; Chirumalla et al. 2024). Dabei stellt inter-organisationale Kollaboration, d. h. die Zusammenarbeit zwischen mehreren Einheiten zur Erreichung eines gemeinsamen Ziels (Bedwell et al. 2012), einen Einflussfaktor mit hoher Allgemeingültigkeit und somit Relevanz für eine große Zielgruppe unabhängig eines spezifischen Anwendungsfalls dar. Einerseits erfordern die meisten CE-Vorhaben die Zusammenarbeit von mehreren verschiedenen Akteuren, andererseits kann ihre Gestaltung über das Gelingen oder Scheitern des gemeinsamen Vorhabens entscheiden. Danvers et al. (2023) kritisieren, dass inter-organisationale Kollaboration, trotz ihrer maßgeblichen

Rolle zur Steigerung der Zirkularität nicht ausreichend fokussiert wird. An diesem Punkt setzt der vorliegende Beitrag an. Da eine Betrachtung von Circular Economy Vorhaben auf Mikroebene zumeist ein bestimmtes Produkt oder Unternehmen aufgreift und auf Makroebene oftmals als übergeordnete Strategie auf nationaler, teils globaler Ebene dargestellt wird, wurde für den vorliegenden Beitrag die Mesoebene gewählt. Diese Untersuchungsebene fokussiert eine oftmals regionale Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteure mit dem Ziel ein CE-Vorhaben umzusetzen (siehe Abbildung 1) (Kirchherr et al. 2017).

Bedwell et al. (2012) definieren inter-organisationale Kollaboration als einen sich stetig weiterentwickelnden Prozess der Zusammenarbeit zwischen mindestens zwei Einheiten zur Erreichung eines gemeinsamen Ziels. Inter-organisational impliziert dabei, dass die beteiligten Akteure Organisationen z.B. Unternehmen, Forschungseinrichtungen oder politische Institutionen abbilden. To (2016) unterscheidet zwei grundlegende Kollaborationsmodi: formelle und informelle Kollaborationen. Formelle Kollaborationen unterliegen oftmals einem rechtlich verbindliche Rahmenwerk und vertraglichen Abmachungen (Saukko et al. 2020). Bei informellen Kollaborationen bestehen keine derartigen Verpflichtungen (To 2016). Daher eignen sich informelle Kollaborationen nur bei kurzfristigen, weniger ressourcen-intensiven gemeinsamen Vorhaben geringen Umfangs. Unabhängig vom Kollaborationsmodi entwickeln die beteiligten Akteure zumeist Regeln und Normen, sogenannte Strukturen, um ihre (Austausch-)Beziehungen zu steuern (Thomson et al. 2009).

Von dem konkreten Vorhaben abgesehen, sind Kollaborationen an sich bereits von hoher Komplexität. Vorhaben erstrecken sich oft über mehrere Jahre, bestehen aus einer Vielzahl von Aufgaben und involvieren verschiedene Akteure mit jeweils eigenen Perspektiven, Kompetenzen und Interessen (To 2016).

Aufgrund ihrer Einbettung in ein Netzwerk wird die inter-organisationale Kollaboration durch die Strukturen und Dynamiken des zugrundeliegenden Netzwerks geprägt (Woodland und Hutton 2012). Für die Zusammenarbeit zur Erreichung eines gemeinsamen Ziels werden Wissen und Ressourcen ausgetauscht, finanzielle Risiken, Gewinne und Verantwortung geteilt sowie Entscheidungen gemeinsam getroffen (Danvers et al. 2023). Primäres Ziel der Kollaboration ist die Befähigung das gemeinsame Vorhaben erfolgreich durchzuführen und somit die anvisierte Zielsetzung zu erfüllen. Neben der vorgesehenen Arbeitsteilung besteht zudem die Option die eigenen Kapazitäten in Teilen durch Kapazitäten der Partner auszuweiten, indem z. B. Infrastruktur mitgenutzt wird (Thomson et al. 2009).

2. Methodisches Vorgehen

Um die Rolle inter-organisationaler Kollaboration im Kontext der CE aufzuweisen, werden auf Grundlage einer Literaturanalyse wesentliche Erkenntnisse zusammengeführt, kontextualisiert und diskutiert.

Im Rahmen der Literaturanalyse wurde eine Einschränkung von CE auf Second Life Anwendungen, die auf eine Verlängerung der Nutzungsphase abzielen und somit ein grundlegendes Prinzip der CE aufgreifen, eingeschränkt. Vorangestellte CE-Strategien, wie die Vermeidung oder Reduktion des Ressourceneinsatzes, sowie nachgestellte Strategien, wie Recycling wurden vernachlässigt. Diese sind i. d. R. entweder individuelle oder organisationsinterne Entscheidungen, oder stellen weniger nachhaltige Optionen dar, die erst am Ende der Wertschöpfungskette greifen. Auf der wissenschaftlichen Datenbank Scopus wurde die Schlagwortsuche „Circular Economy AND

Second Life Application“ im Suchbereich Titel, Abstract und Schlüsselwörter durchgeführt. Die 307 Ergebnisse wurden durch die Filter Publikationsjahr 2014 bis 2025, englische Sprache und „all open access“ auf 70 Ergebnisse gekürzt (Stand 25.11.2024). Basierend auf den Abstracts wurden Vollbeiträge ausgewählt, die für die Literaturanalyse aufgenommen wurden. Aufgrund der Betrachtung inter-organisationaler Kollaboration, wurden Publikationen, die sich mit einer Zusammenarbeit von Individuen statt Organisationen befassen, aussortiert. Zudem wurden Beiträge, die eine Betrachtung auf Mesoebene vornehmen, ausgewählt. Aufgrund der Zielsetzung einer Ableitung von anwendungsorientierten Handlungsempfehlungen wurden Veröffentlichungen, die einen konkreten Anwendungsfall darstellen, fokussiert. Diesen Kriterien folgend, wurden fünf Vollbeiträge ausgewählt. Darüber hinaus wurden vereinzelt von ihnen referenzierte Veröffentlichungen in die Literaturanalyse aufgenommen. Stellenweise erfolgten Ergänzungen aus wissenschaftlichen Publikationen zu Grundlagen inter-organisationaler Kollaboration.

Basierend auf den Erkenntnissen aus der Literaturanalyse werden branchen- und use-case-unabhängige Handlungsempfehlungen zum Aufbau und zur Gestaltung von inter-organisationaler Kollaboration zur erfolgreichen Umsetzung von CE-Vorhaben abgeleitet.

3. Wesentliche Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen

3.1. Handlungsempfehlungen zum Aufbau inter-organisationaler Kollaborationen zur Umsetzung von CE-Vorhaben

Eine wesentliche Voraussetzung für die Entstehung von inter-organisationaler Kollaboration zur Umsetzung eines CE-Vorhabens ist die Ambition von Akteuren ihre Nachhaltigkeit zu steigern. Dies erfordert, dass Praxisakteure ein Verständnis über die CE und insbesondere damit verbundene, erwartbare Vorteile aufbauen (Chirumalla et al. 2024). Für diese Informationsvermittlung eignen sich verschiedene Medien (z.B. Webseite, Flyer, Poster, Informationsveranstaltungen) sowie Beratungsangebote. Die Wirksamkeit kann durch eine praxisorientierte Darstellung, wie die Aufführung des Vorgehens und der Wirkung von Best Practice Beispielen, erhöht werden. Darüber hinaus verweisen einige wissenschaftliche Publikationen auf die Rolle der Gesetzgebung, die durch Gesetze, Richtlinien und Förderprogramme Anreize setzen kann (To 2016; Boukhatmi et al. 2023). Damit diese Anreize wirken können, müssen sich die Praxisakteure über diese bewusst sein. Dies kann durch leicht zugängliche und verständliche Informationen bewirkt werden, aus denen Zielgruppe, Anforderungen, Vorgehen und Auswirkungen klar hervorgehen. Zusammenfassend bedarf es einer wirksamen Informationsvermittlung in Hinblick auf die CE sowie damit verbundene Anreize, wie Zertifikate und gesetzliche Vorgaben, inklusive deren Vorteile für die Praxisakteure, um ihr Interesse an der Umsetzung von CE-Vorhaben zu erhöhen.

Aus verschiedenen wissenschaftlichen Publikationen geht hervor, dass eine weitere Hürde in einem mangelnden Bewusstsein über mögliche Partner besteht (Barquete et al. 2022). Die Option einer aktiven Suche nach passenden Partnern eignet sich, wenn bereits eine Idee zu einem möglichen gemeinsamen Vorhaben und daraus abgeleitet Anforderungen an weitere Partner bestehen. Grundsätzlich empfiehlt es sich, das eigene Netzwerk auszubauen (Danvers et al. 2023). Dabei können insbesondere Netzwerkveranstaltungen, die von Multiplikatoren (z.B. Wirtschaftsförderungen, Indus-

trie- und Handelskammern) organisiert werden, unterstützen. Um eine zielgerichtete Zusammenarbeit zur Steigerung der Zirkularität zu fördern, können derartige Netzwerkveranstaltungen unter einem übergeordneten Thema, z. B. Nachhaltigkeit, stattfinden.

Grundlage für eine funktionierende inter-organisationale Kollaboration und erfolgreiche Umsetzung von CE-Vorhaben ist die Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses der beteiligten Akteure. Ein zielgerichteter Austausch der Akteure hinsichtlich ihrer Tätigkeiten, Erfahrungen und Kompetenzen hilft die Perspektiven der Partner nachzuvollziehen und führzeitig mögliche Interessenskonflikte aufzudecken (To 2016; Herczeg et al. 2018). Dabei ist eine detaillierte Darstellung der eigenen Kenntnisse und Fähigkeiten insbesondere in Hinblick auf die spätere Aufteilung von Verantwortlichkeiten und Aufgaben wichtig, um das kollaborative Vorhaben realistisch zu planen.

Aufgrund der bereits aufgeführten Problemstellung unterschiedlicher Verständnisse von CE, ist ein Konsens in Hinblick auf das gemeinsame Vorhaben zu schaffen. Einerseits einigen sich die beteiligten Akteure auf eine Zielsetzung und Abgrenzung des Vorhabens, andererseits stellen sie sicher, dass sie das gleiche Verständnis über die verwendete CE-Terminologie haben. Bei einem formellen Kollaborationsmodus entsteht eine rechtlich verbindliche Vereinbarung, welche das gemeinsame Vorhaben inklusive Zielsetzung und Rahmen sowie die abgestimmte Verteilung von Aufgaben und Verantwortlichkeiten zwischen den Partnern festhält (Saukko et al. 2020). Darüber hinaus werden gemeinsam die Strukturen der inter-organisationalen Kollaboration bestimmt (Thomson et al. 2009; To 2016). Diese grundlegenden Punkte des kollaborativen Vorhabens sollten unter Integration und Partizipation aller teilnehmenden Akteure bestimmt werden, um Konsens, Bindung und Vertrauen zu stärken (To 2016).

3.2. Handlungsempfehlungen zur Gestaltung inter-organisationaler Kollaborationen zur Umsetzung von CE-Vorhaben

Auch über die Entstehung der inter-organisationalen Kollaboration hinaus spielen eine transparente Kommunikation und Einbindung aller beteiligten Akteure eine wichtige Rolle (Saukko et al. 2020). Davon abgesehen, dass die Durchführung von kollaborativen Vorhaben einen regelmäßigen Austausch zwischen den Partnern verlangt, fungiert dieser auch als Kontrolle über den Fortschritt und zur Aufdeckung möglicher Missverständnisse und aufkommender Hürden. Zusätzlich zu der zielgerichteten und vorhabenbezogenen Kommunikation kann ein informeller Austausch zwischen den beteiligten Akteuren die Identifikation weiterer Synergien sowie das bereits adressierte gemeinsame Lernen und damit verbunden eine Steigerung von Innovationsstärke und Resilienz unterstützen. Einige wissenschaftliche Veröffentlichungen empfehlen zudem die Einbindung einer zentralen Einheit für die Organisation und Koordination des gemeinsamen Vorhabens und damit verbundenen Aktivitäten hervor (Herczeg et al. 2018).

Zu einer effektiven Kommunikation gehört in Hinblick auf Second Life Anwendungen auch ein funktionierender Informationsaustausch über die betrachteten Produkte, Komponenten bzw. Materialien (Berger et al. 2022). Dahingehend befassen sich einige wissenschaftliche Publikationen mit Datenplattformen, die als digitale Marktplätze fungieren (Berg & Wilts 2019; Boukhatmi et al. 2023). Diese unterstützen die Vernetzung von Akteuren für einen weitreichenden Austausch von Material am Ende eines Lebenszyklus sowie weitere Akteure für dahingehende unterstützende Dienstleistungen, so dass CE-Vorhaben in mehrfacher Hinsicht gestärkt werden. Dabei

müssen wesentliche Anforderungen und Herausforderungen (z. B. die Entwicklung eines Standards für Materialangabe und rechtliche Konformität) (Berg & Wilts 2019; Boukhatmi et al. 2023).

To (2016) betonen, dass diese Komplexität inter-organisationaler Kollaboration nicht unterschätzt werden sollte. Eine frühzeitige Kommunikation der damit verbundenen zu erwartenden Aufwände hilft den beteiligten Akteuren sich darauf einzustellen (To 2016). Um die Bindung durch ein Gemeinschaftsgefühl zu stärken, empfehlen Saukko et al. (2020) eine Fokussierung auf das gemeinsame Vorhaben und die anvisierte Zielsetzung. Zudem kann durch eine Hervorhebung von erreichten Meilensteinen und Zwischenergebnissen ein Erfolgsgefühl vermittelt werden. Derartige Anerkennung helfen sowohl bei formellen inter-organisationalen Kollaborationen mit meist langjährigen Vorhaben als auch informellen inter-organisationalen Kollaborationen, die auf eine freiwillige Beteiligung der Partner setzen, die Motivation aufrecht zu erhalten. Der Erfolg eines kollaborativen Vorhabens ist somit auch an kontinuierliche Bemühungen der beteiligten Akteure in Hinblick auf die Gestaltung der inter-organisationalen Kollaboration gebunden.

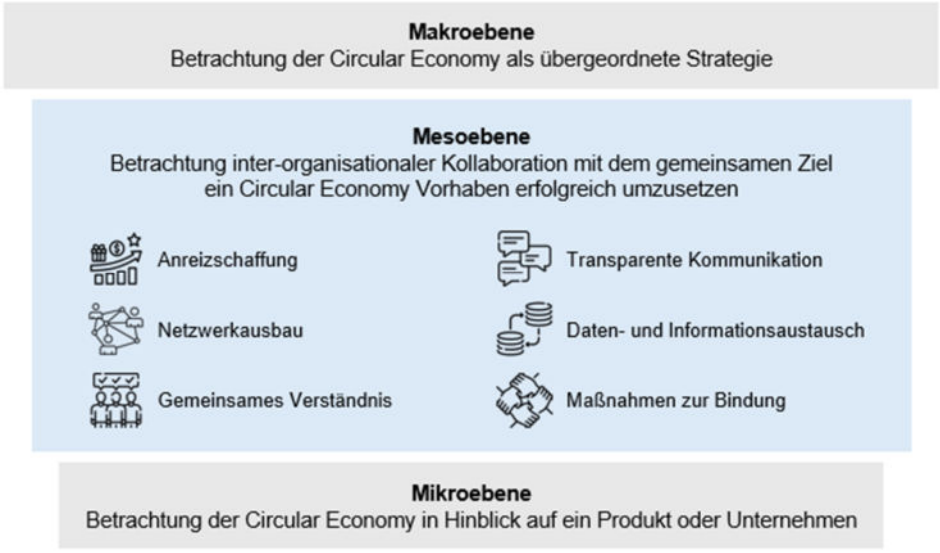


***Abbildung 1**: Schwerpunkte bei einer Betrachtung inter-organisationaler Kollaboration im Kontext der CE auf Mesoebene.*

4. Fazit, Limitationen und weitere Forschungsmöglichkeiten

Inter-organisationale Kollaboration spielt unabhängig des spezifischen Anwendungsfalls eine maßgebliche Rolle für die erfolgreiche Implementierung der CE in der Praxis. Es lassen sich allgemeingültige Handlungsempfehlungen zu Aufbau und Gestaltung von inter-organisationaler Kollaboration ableiten, die das Bewusstsein der Akteure über CE und ihren möglichen Beitrag sowie ihr Netzwerk und potenzielle Partner; die Vermeidung von Missverständnissen und Interessenskonflikten durch Bildung eines gemeinsamen Verständnisses; eine transparente Kommunikation, die auch über den für das Vorhaben notwendigen Informations- und Datenaustausch hinausgeht; sowie kontinuierliche Bemühungen aller in Hinblick auf die Gestaltung der Zusammenarbeit zur Stärkung von Konsens, Bindung und Vertrauen umfassen.

Der vorliegende Beitrag folgt der Forderung von Kirchherr et al. (2018) nach einer anwendungsorientierten Betrachtung des Konzeptes der CE. Der vorliegende Beitrag schafft eine Grundlage zur Fokussierung inter-organisationale Kollaboration als Treiber für die praxisnahe Implementierung der CE, auf der aufgebaut werden kann.

Eine wesentliche Limitation des Beitrags liegt in den für die Literaturanalyse vorgenommen Einschränkungen. An dieser Stelle kann durch eine weitergefasste, systematische Literaturrecherche eine umfassendere Analyse der Darstellung inter-organisationaler Kollaboration im Kontext der CE vorgenommen werden. Da die aufgeführten Handlungsempfehlungen auf Grundlage einer Literaturanalyse abgeleitet wurden, besteht ein weiteres Potenzial in der Einbindung von Praxisakteuren, um diese zu validieren und ergänzen.

5. Literatur

Barquete S, Shimozono AH, Trevisan AH, Castro CG, Gomes L.A.d.V., Mascarenhas J (2022) Exploring the Dynamic of a Circular Ecosystem: A Case Study about Drivers and Barriers. Sustainability 14:1-22.

Bedwell WL, Wildman JL, DiazGranados D, Salazar M, Kramer WS, Salas E (2012) Collaboration at work: An integrative multilevel conceptualization. Human Resource Management Review 22:128-145.

Berg H, Wilts H (2019) Digital platforms as market places for the circular economy—requirements and challenges. NachhaltigkeitsManagementForum 27:1-9.

Berger K, Schöggl JP, Baumgartner, RJ (2022) Digital battery passports to enable circular and sustainable value chains: Conceptualization and use cases. Journal of Cleaner Production 353:1-15.

Boukhatmi Ä, Nyffenegger R, Grösser SN (2023) Designing a digital platform to foster data-enhanced circular practices in the European solar industry. Journal of Cleaner Production 418:1-13.

Chirumalla K, Kulkov I, Parida V, Dahlquist E, Johansson G, Stefan I (2024) Enabling battery circularity: Unlocking circular business model archetypes and collaboration forms in the electric vehicle battery ecosystem. Technological Forecasting and Social Change 199:1-19.

Danvers S, Robertson J, Zutshi A (2023) Conceptualizing How Collaboration Advances Circularity. Sustainability 15:1-23.

Herczeg G, Akkerman R, Hauschild MZ (2018) Supply chain collaboration in industrial symbiosis networks. Journal of Cleaner Production 171:1058-1067.

Kirchherr J, Piscicelli L, Bour R, Kostense-Smit E, Muller J, Huibrechtse-Truijens A, Hekkert M (2018) Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU). Ecological Economics 150:264-272.

Kirchherr J, Reike D, Hekkert M (2017) Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Resources, Conservation and Recycling 127:221–232.

Saukko L, Aaltonen K, Haapasalo H (2020) Inter-organizational collaboration challenges and preconditions in industrial engineering projects. International Journal of Managing Projects in Business 13:999-1023.

Stahel WR (2019) The circular economy. A user's guide. London, New York: Routledge Taylor & Francis.

Thomson AM, Perry JL, Miller TK (2009) Conceptualizing and Measuring Collaboration. Journal of Public Administration Research and Theory 19:23-56.

To CKM (2016) Collaboration modes, preconditions, and contingencies in organizational alliance: A comparative assessment. Journal of Business Research 69:4737-4743.

Woodland RH, Hutton MS (2012) Evaluating Organizational Collaborations: Suggested Entry Points and Strategies. American Journal of Evaluation 33: 366-383.

Studie zur Analyse des Bewegungsverhaltens beim hybriden Arbeiten – Kombination von Sensor- und Befragungsdaten

Konstantin WECHSLER[1], Esin TAŞKAN[2], Alexander BARTON[2], Rolf ELLEGAST[1], Britta WEBER[1]

[1] Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA),
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)
Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin
[2] Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI),
Lortzingstraße 2, D-55127 Mainz

Kurzfassung: Das Bewegungsverhalten in Alltag und Beruf ist seit langem Gegenstand umfangreicher Forschung. Mangelnde Bewegung und langes Sitzen sind mit negativen Gesundheitsfolgen verbunden, während regelmäßige Aktivität Risiken mindern kann. Durch die COVID-19-Pandemie hat Homeoffice an Bedeutung gewonnen, schon vor der Pandemie zeigten Studien Unterschiede im Bewegungsverhalten zwischen Homeoffice und Büroarbeit. Es ist jedoch noch unklar, welche Faktoren bei der Bildschirmarbeit für ein gesundes Maß an Bewegung entscheidend sind. In einer Felduntersuchung wurden hybrid arbeitende Personen während einer Arbeitswoche zu verschiedenen Faktoren befragt und ihr Bewegungsverhalten wurde mit einem Sensor aufgezeichnet. Untersucht wurden Aktivitäten vor, während und nach der Arbeitszeit, Pausen, der Arbeitsweg sowie sportliche Aktivitäten. Die Auswertung bezieht sich auf Parameter des Bewegungsverhaltens sowie der Tagesaktivität wie Schlaf, Arbeitszeit und sonstige Aktivitäten.
Dieser Beitrag stellt die Methodik und den Bewertungsansatz des Forschungsprojektes sowie exemplarische Ergebnisse vor.

Schlüsselwörter: Bildschirmarbeit, Bewegungsverhalten, sedentäres Verhalten, Bewertungsansatz, CUELA

1. Hintergrund

Die COVID-19-Pandemie hat die Arbeitswelt in Deutschland nachhaltig verändert, insbesondere in Bezug auf das Arbeiten im Homeoffice. Vor der Pandemie arbeiteten nur etwa 12,8 % der Beschäftigten gelegentlich von zu Hause, während es 2023 bereits 23,5 % waren (Statistisches Bundesamt 2024). Diese Entwicklung zeigt eine anhaltende Tendenz zu flexiblen Arbeitsmodellen, die auch in Zukunft zunehmend gefragt sein werden.

Ein zentrales Thema in dieser Entwicklung ist das sedentäre Verhalten von Büroangestellten. Insbesondere langes Sitzen ist mit zahlreichen gesundheitlichen Risiken verbunden, einschließlich eines erhöhten Risikos für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes Typ 2 und muskuloskelettalen Beschwerden (Dzakpasu et al. 2021; Ekelund et al. 2019). Die Studien der letzten Jahre zeigten unterschiedliche Ergebnisse. Während manche Untersuchungen generell höhere Sitzzeiten (Fukushima et al. 2021;

Wahlström et al. 2023) und zusätzlich längere ununterbrochene Sitzphasen im Homeoffice fanden (Brusaca et al. 2023), konnte dies in anderen Studien nicht bestätigt werden (Hallman et al. 2021). Andere fanden außerdem einen Rückgang unterschiedlich intensiver körperlicher Aktivität (Wilms et al. 2022).

Die WHO empfiehlt in Bezug auf Ausdaueraktivität, dass Erwachsene mindestens 150 Minuten moderate körperliche Aktivität pro Woche durchführen sollten, was jedoch nur von etwa der Hälfte (Frauen 44,8 %, Männer 51,2 %) der deutschen Erwachsenen erfüllt wird (Richter et al. 2021; Bull et al. 2020). Hybride Arbeitsmodelle nehmen in Deutschland zu, gleichzeitig ist es unklar, welche Faktoren von betrieblicher Arbeit oder Arbeit von zuhause aus entscheidend für gesundes und bewegungsförderliches Arbeiten sind. Daher wird in diesem Beitrag eine Feldstudie vorgestellt in der untersucht wird, ob sich das Bewegungsverhalten von Beschäftigten an Bildschirmarbeitsplätzen zwischen der Arbeit im Homeoffice und im Büro unterscheidet. Außerdem wird nach Unterschieden bei der Betrachtung der reinen Arbeitszeit sowie der gesamten Wachzeit gesucht.

2. Methodik

2.1 Datenerhebung

Es wurden hybrid Arbeitende während einer Arbeitswoche zu verschiedenen Faktoren, inklusive generellen Lebensumständen wie zum Beispiel sportliche Aktivität oder Gesundheitsverhalten, befragt. Das Aktivitätsverhalten wurde mit einem am Oberschenkel getragenen Bewegungssensor erfasst und mit der CUELA-Methode ausgewertet. Sowohl die Aktivität vor, während und nach der Arbeitszeit, die Pausengestaltung und der Arbeitsweg als auch ggf. stattfindende sportliche Aktivität waren hierbei interessant. Es wurden Parameter des Bewegungsverhaltens (Schritte, Haltungen und Haltungswechsel, Aktivitäten, metabolisches Äquivalent (MET)) und auch der Tagesablauf (Schlaf, Arbeitszeit, Pausen und sonstige Aktivitäten) betrachtet. Nach dem Untersuchungszeitraum füllten die Teilnehmenden noch Fragebögen zu Schlafqualität (PSQI – (Buysse et al. 1989)), subjektiver körperlicher Aktivität (IPAQ – (Craig et al. 2003)) und Muskel-Skelett-Beschwerden (CMDQ – (Hedge et al. 1999)) aus.

Es wird das Bewegungsverhalten in Bezug auf die verschiedenen Arbeitsorte ver–glichen, z. B. in Bezug auf generelle Aktivität, Haltungswechsel oder auch Pendelver–halten. Außerdem wird der mögliche Einfluss bzw. mögliche Wechselwirkungen der darüber hinaus erhobenen Parameter in Betracht gezogen, z. B. Betreuungssituation, Entfernung zum Arbeitsort, persönliches Gesundheitsverhalten sowie Muskel-Skelett-Beschwerden.

2.2 Bewertungsansatz

Der CUELA-Bewertungsansatz ordnet die körperliche Aktivität in folgende Basis-Parameter ein: Gesamtanteil sedentäres Verhalten, sedentäres Verhalten in Inter–vallen länger als 30 Minuten, Anteil im Stehen und Anteil in Bewegung. Als sedentär gilt hierbei Verhalten ≤ 1,5 MET in sitzender oder liegender Position. Bewegung kennzeichnet demnach Verhalten ≥ 1.5 MET in aufrechter Position. Außerdem wird die Zahl der Wechsel von sedentären zu nicht-sedentärem Verhalten betrachtet, ebenso wie durchschnittliche MET-Werte. Zusätzlich wird der Anteil in den Bereichen

„inaktiv“ (<1.5 MET), „leichte körperliche Aktivität“ (≥1.5 MET) sowie „moderate bis anstrengende Aktivität“ (≥3 MET) analysiert.

Tabelle 1 zeigt den verwendeten Bewertungsvorschlag für die Aktivitätsanteile. Der Ansatz basiert auf allgemeinen Empfehlungen für eine optimale Mischung aus Sitzen, Stehen und Bewegen während des Arbeitstages sowie gemessenen Aktivitätsdaten für Arbeit und Freizeit aus früheren Studien (Brusaca et al. 2023; Johansson et al. 2020; Wahlström et al. 2023). Der Ansatz verwendet typische Expositionsdaten als Referenz („mittel“) und bewertet weniger Aktivität als „ungünstig“ und mehr Aktivität als „günstig“.

Tabelle 1: *Bewertung des Aktivitätsverhaltens (Aktivitätsanteile pro Arbeitstag).*

	günstig	**mittel**	**ungünstig**
Sedentäres Verhalten [%]	≤ 50	> 50 - ≤ 70	> 70
Sedentäres Verhalten ≥ 30 min [%]	≤ 25	> 25 - ≤ 50	> 50
Stehen* [%]	≥ 20	> 10 - < 20	< 10
Bewegung* [%]	≥ 15	5 - < 15	< 5

*Anmerkung: Die Bewertung bezieht sich in erster Linie auf Büroarbeit und berücksichtigt nicht, dass zu viel Stehen oder Bewegung bei der Arbeit ebenfalls mit Gesundheitsrisiken verbunden sein kann.

3. Ergebnisse

Da sich die Datenerhebung und Analyse beim Erstellen dieses Beitrags noch in der Durchführung befindet, werden die bisherigen Ergebnisse zusammengefasst und deskriptiv umschrieben.

Bisher wurden Daten von 46 Teilnehmenden (26w, 20m) auswertet. Diese hatten ein Durchschnittsalter von 42,2 Jahren und einen durchschnittlichen BMI von 25 (kg/m^2). Insgesamt wurden Daten von 220 Tagen erfasst, dabei wurde an 105 Tagen im Homeoffice, an 91 im Büro und an 24 an beiden Orten gearbeitet. Um das Bewegungsverhalten zwischen Büro- und Homeofficearbeitstagen zu vergleichen, wird entweder die gesamte Wachzeit oder nur die reine Arbeitszeit auf die im Bewertungsansatz beschriebenen Parameter hin analysiert. Neben Varianzanalysen werden auch Kovarianz- und Regressionsanalysen durchgeführt, die die möglichen Einflüsse weiterer Parameter untersuchen sollen. Tabelle 2 zeigt Beispielwerte einiger dieser Parameter.

Tabelle 2: *Beispielwerte möglicher Kovariaten.*

Parameter	***n***
Betreuungsverpflichtung	14
Keine Betreuungsverpflichtung	36
Rauchen	4
Regelmäßige sportliche Aktivität	30
Gelegentliche sportliche Aktivität	11
Keine sportliche Aktivität	5

Um einen Überblick über die Aktivitätsanteile der gesamten Wachzeit zu geben, werden diese in Abbildung 1 gegenübergestellt. Die Mittelwerte der Anteile entsprechen ungefähr einer Verteilung von 60/30/10 (sedentäres Verhalten, Stehen, Bewegung).

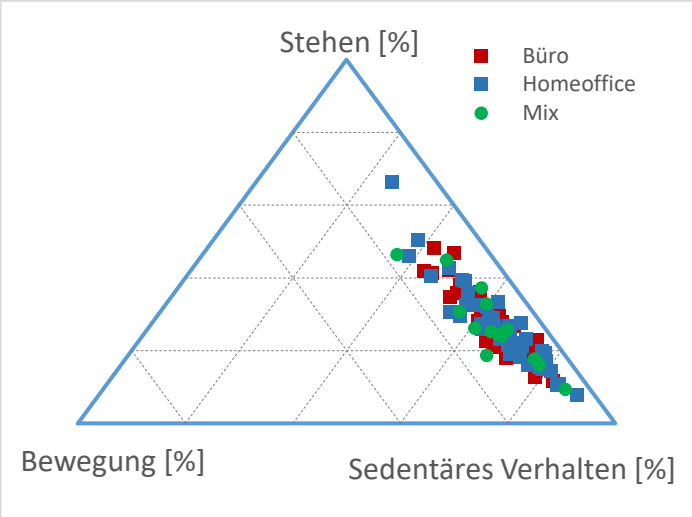


***Abbildung 1**: Aktivitätsanteile der gesamten Wachzeit*

4. Diskussion

Die vorgestellte Methodik und der beschriebene Bewertungsansatz sind praktikabel, um sowohl eine Einschätzung des Aktivitätsverhaltens während der Arbeitszeit als auch während der gesamten Wachzeit zu liefern. Die in Abbildung 1 gezeigte Verteilung entsprechen laut Tabelle 1 für den Anteil an sedentärem Verhalten jeweils in etwa einer mittleren, fürs Stehen einer günstigen und für die Bewegung erneut einer mittleren Bewertung. Es ist zu beachten, dass hierbei Anteile der gesamten Wachzeit und nicht nur des Arbeitstages gezeigt werden. Genauere vergleichende Analysen werden mit dem vollständigen Datensatz durchgeführt.

Die Kombination aus kontinuierlich aufgezeichneten Messdaten und weiteren abgefragten Faktoren zu den Rahmenbedingungen des Alltags ermöglicht eine noch umfassendere Analyse im Vergleich zu Untersuchungsdesigns, bei denen Sensoren nur während der Arbeitszeit getragen werden. Möglicherweise können Wechselwirkungen, z. B. zwischen Pendelweg und Aktivität, oder eine Ausprägung aktiverer Pausengestaltung im Homeoffice identifiziert werden. Vielleicht führen Betreuungsverpflichtungen zu mehr Bewegung im Homeoffice, andererseits fehlt dann potenziell die Zeit für zusätzliche sportliche Aktivität.

Die Teilnehmenden geben keine genaue Beschreibung ihrer Pausenaktivitäten, jedoch lässt sich die erfasste Länge und das Aktivitätsverhalten in den Pausen abschätzen.

Über die Ergebnisse der Fragebögen zu Schlafqualität und Muskel-Skelett-Beschwerden kann außerdem eine prinzipielle Abschätzung getroffen werden, ob sich ein Zusammenhang mit dem Bewegungsverhalten auch in diesen Parametern widerspiegelt.

Die Untersuchungsmethodik kann auf andere Arbeitsfelder mit hohem sedentärem Anteil wie z. B. Fahr- oder Überwachungstätigkeiten ausgeweitet werden.

6. Literatur

Brusaca LA, Hallman DM, Januario LB, Gupta N, Oliveira AB, Mathiassen SE (2023) Working at the office or from home during the COVID-19 pandemic: a cross-sectional study of temporal patterns of sitting and non-sitting among normal-weight and overweight Brazilian office workers. Journal of Activity, Sedentary and Sleep Behaviors 2(1):28.

Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, Carty C, Chaput J-P, Chastin S, Chou R (2020) World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. British journal of sports medicine 54(24):1451-1462.

Buysse DJ, Reynolds III CF, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ (1989) The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. Psychiatry research 28(2):193-213

Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, Pratt M, Ekelund U, Yngve A, Sallis JF (2003) International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. Medicine & science in sports & exercise 35(8):1381-1395.

Dzakpasu FQ, Carver A, Brakenridge CJ, Cicuttini F, Urquhart DM, Owen N, Dunstan DW (2021) Musculoskeletal pain and sedentary behaviour in occupational and non-occupational settings: a systematic review with meta-analysis. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity 18:1-56.

Ekelund U, Tarp J, Steene-Johannessen J, Hansen BH, Jefferis B, Fagerland MW, Whincup P, Diaz KM, Hooker SP, Chernofsky A (2019) Dose-response associations between accelerometry measured physical activity and sedentary time and all cause mortality: systematic review and harmonised meta-analysis. bmj 366.

Fukushima N, Machida M, Kikuchi H, Amagasa S, Hayashi T, Odagiri Y, Takamiya T, Inoue S (2021) Associations of working from home with occupational physical activity and sedentary behavior under the COVID-19 pandemic. Journal of occupational health 63(1):e12212.

Hallman DM, Januario LB, Mathiassen SE, Heiden M, Svensson S, Bergström G (2021) Working from home during the COVID-19 outbreak in Sweden: effects on 24-h time-use in office workers. BMC public health 21:1-10.

Hedge A, Morimoto S, McCrobie D (1999) Cornell musculoskeletal discomfort questionnaire. Ergonomics.

Johansson E, Mathiassen SE, Lund Rasmusse C, Hallman DM (2020) Sitting, standing and moving during work and leisure among male and female office workers of different age: a compositional data analysis. BMC Public Health 20(1):1-11.

Richter A, Schienkiwitz A, Starker A, Krug S, Domanska O, Kuhnert R, Loss J, Mensink G (2021) Gesundheitsfördernde Verhaltensweisen bei Erwachsenen in Deutschland–Ergebnisse der Studie GEDA 2019/2020-EHIS.

Statistisches Bundesamt (2024) Homeoffice 2023 ähnlich weit verbreitet wie im Vorjahr, wird jedoch an weniger Tagen genutzt. Available at: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/06PD24_N032_13.html.

Wahlström V, Januario LB, Mathiassen SE, Heiden M, Hallman DM (2023) Hybrid office work in women and men: do directly measured physical behaviors differ between days working from home and days working at the office? Annals of Work Exposures and Health 67(9):1043-1055.

Wilms P, Schroeder J, Reer R, Scheit L (2022) The impact of “Home Office” work on physical activity and sedentary behavior during the COVID-19 pandemic: a systematic review. International Journal of Environmental Research and Public Health 19(19):12344.

Organisatorische Herausforderungen beim Einsatz kollaborierender Robotik

Nils FEGGELER, Markus HARLACHER

ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V.,
Uerdinger Straße 56, D-40474 Düsseldorf

Kurzfassung: Der zunehmende Einsatz von kollaborierenden Robotern (Cobots) im verarbeitenden Gewerbe geht mit verschiedenen organisatorischen Herausforderungen für die Unternehmen einher. Im Rahmen dieses Beitrags werden zunächst bisher bekannte Herausforderungen aus der Fachliteratur extrahiert. Aus den Ergebnissen wurden thematische Schwerpunkte abgeleitet sowie ein Fragenkatalog erstellt, welcher in Form von Kurzinterviews mit Herstellern, Dienstleistern und betrieblichen Integratoren zur Anwendung kommt. Das Ziel der Befragung ist die Ermittlung von organisatorischen Lösungsansätzen zur Bewältigung der Herausforderungen sowie eine etwaige Kontrastierung von theoretisch antizipierten Hindernissen und praktischen Erfahrungswerten.

Schlüsselwörter: Organisation, Mensch-Roboter-Kollaboration, Cobot, Industrie, Arbeitsgestaltung

1. Motivation und methodisches Vorgehen

Der Einsatz von kollaborierenden Robotern (Cobots) stellt dank eines kontinuierlich erweiterten Anwendungsspektrums einen anhaltenden Trend im verarbeitenden Gewerbe dar; das globale Marktvolumen wird bis 2030 auf 7 Mrd. Dollar geschätzt (IFR 2024; Thormundsson 2024). Cobots bieten eine kostengünstige Möglichkeit zur Flexibilisierung von Produktionsabläufen und zur Übernahme belastender Aufgaben (Peifer 2024). Angesichts des Fachkräftemangels gewinnen sie, insbesondere für KMU, die flexible Lösungen benötigen, aber oftmals nicht auf die kostspieligen Automatisierungslösungen klassischer Industrierobotik zurückgreifen können, an Bedeutung (Jennes & Di Minin 2023; Glück 2022). Bisher ist der umfänglichere Einsatz von Robotik hauptsächlich in größeren Unternehmen ein Thema, kleine Unternehmen (< 50 Beschäftigte) bilden das Schlusslicht (Kluy et al. 2021). Das Forschungsfeld der kollaborierenden Robotik in der Industrie ist noch recht neu. Es bestehen zwar einige empirische Untersuchungen (z. B. Kopp 2022; Leichtmann et al. 2023), jedoch unterliegt das Feld einer hohen Entwicklungsdynamik. Für einen Brückenschlag zwischen Potenzialerschließung und Realisierung gilt es, bestehende Herausforderungen und vor allem deren Adressierung für eine gelungene Anwendung zu identifizieren. Vor diesem Hintergrund ist es von Interesse, bisherige Erkenntnisse mit neuen Erfahrungswerten zu spiegeln.

Hierzu wurden einer Literaturrecherche bislang identifizierte organisatorische Herausforderungen sowie bestehende Lösungsansätze im Kontext der Implementierung von kollaborativer Robotik im Unternehmen ermittelt. Hierbei wurden deutsch- und englischsprachige Suchbegriffe, wie z. B. „Organisation / Organisatorische Herausforderungen / Einführung / Umsetzung / Implementation / Challenges“ in Kombination mit

„Robotik / Cobots / MRK / KMU / SME“ verwendet. Die Auswahl der Ergebnisse aus Primär- und Sekundärliteratur erfolgte anhand von Abstracts sowie Volltexten. Für die Durchführung der Recherche wurde auf die Suchmaschinen Google, Google Scholar, BASE, JSTOR und Scirus zurückgegriffen. Die Ergebnisse sind in Abschnitt 2 dargestellt.

Aus den Ergebnissen wurden thematische Schwerpunkte abgeleitet und hieraus ein Fragenkatalog (Abschnitt 4) erstellt, welcher in Form von strukturierten Kurzinterviews mit Herstellern, Dienstleistern und betrieblichen Integratoren zur Anwendung kam (Ergebnisse in Abschnitt 5). Bei den betrieblichen Integratoren lag der Fokus auf Unternehmen, welche Cobot(s) bereits im Produktionsbetrieb integriert haben. Dies geschieht, um einen Soll-/Ist-Vergleich hinsichtlich im Vorfeld antizipierter bzw. theoretischer Herausforderungen und praktischer Erfahrungswerte im Rahmen dieses Beitrags zu ermöglichen.

2. Stand der Forschung

Anders als bei räumlich getrennten Industrierobotern sollen Mensch und Cobot eine Synergie bilden. Dies führt jedoch zu der Notwendigkeit einer umfangreichen Gefährdungsanalyse und im Falle eines flexiblen bzw. mobilen Cobot-Einsatzes zu einer Re-Zertifizierung bei Anwendungsänderung (Brandstötter & Komenda 2020). Für den kollaborativen Betrieb bestehen zwar mittlerweile eine Vielzahl an − im Cobot integrierten − Sicherheitsfunktionen, wie die Überwachung des Arbeitsraums, der Kraft, der Geschwindigkeit des Cobot-Arms und der Orientierung des Endeffektors (Fraunhofer IGCV 2022). Jedoch müssen Reglementierungen wie EN ISO 12100, DIN EN 62061 und ISO TS 15066 und die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG eingehalten werden. Zu prüfen ist ebenfalls die Arbeitsgeschwindigkeit des Cobots. Schutzzäune um den Cobot würden zwar seine volle Leistungsfähigkeit ermöglichen, jedoch den Gedanken der Kollaboration konterkarieren. Oftmals ist die Anwendung des Cobots im kollaborativen, gedrosselten Modus dagegen nicht wirtschaftlich, was zu einem Scheitern des Projekts führt (Jupke 2021).

Ein Gelingen der Umsetzung der Cobot-Anwendung ist ebenso von der Akzeptanz und dem Vertrauen der Mitarbeitenden abhängig. Der teilautomatisierende Charakter der kollaborierenden Robotik wird tendenziell als Vorstufe zur Vollautomatisierung interpretiert (Kopp et al. 2019). Ängste vor der „Wegrationalisierung“ des Arbeitsplatzes und Mehrbelastung, etwa durch Überwachung der Arbeitsqualität des Cobots, erfordern eine Kommunikationsstrategie und frühzeitige Einbindung der Mitarbeitenden (Jennes & Di Minin 2023, Eder 2020). Darüber hinaus gilt es, die mögliche Zunahme von Leistungsdruck durch die konstante Arbeitsgeschwindigkeit und Ausdauer des Cobots zu adressieren (Kopp 2022)

Notwendig ist darüber hinaus die Spezifizierung arbeitsorganisatorischer Aspekte, wie z. B. der konkreten Arbeitsteilung zwischen Cobot und Mensch. Hierbei bietet es sich an, vor allem repetitive und weniger ergonomische Tätigkeiten an den Cobot auszulagern (Peifer 2023). In diesem Zusammenhang muss jedoch die Gestaltung des Tätigkeitsprofils unter Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit des Cobots erfolgen. Sofern dieser bspw. Schrauben einlegen kann, diese dann jedoch nach wie vor von einem Mitarbeitenden festgedreht werden müssen, wäre der ergonomische Nutzengewinn verschwindend gering (Fischer et al. 2017). Überdies sollte im Sinne einer menschzentrierten Arbeitsplatztransformation den Beschäftigten die Möglichkeit zur Anpassung der Cobot-Anwendung an ihre Bedürfnisse eingeräumt werden sowie die

Zusammenarbeit mit dem Roboter als Team konzipiert werden (Tausch & Kluge 2023). Es ist jedoch zu prüfen, ob unmittelbare Kollaboration überhaupt nötig ist oder eine Kooperation genügt (Barnitzke 2020). Ein weiterer wichtiger Faktor und zugleich ein Hindernis, welches Unternehmen mitunter von der Einführung kollaborierender Robotik abhält, besteht in dem dafür notwendigen Wissen (Jennes & Di Minin 2023). Schwierigkeiten bestehen in der Planungsphase aufgrund mangelnden Wissens und Methoden bereits bei der Identifikation eines geeigneten Arbeitsplatzes, da u. a. die Spezifikation der angestrebten Takt- und Zykluszeiten mitunter nicht möglich ist (Gaede et al. 2018; Andersson et al. 2021). Sollte die Auswahl eines passenden Anwendungsfalls gelingen, werden umfangreiche Kenntnisse hinsichtlich der Cobot-spezifischen Gefährdungsanalyse benötigt. Eine normgerechte Auslegung des robotisierten Arbeitsplatzes stößt in der Unternehmenspraxis auf Hindernisse (Brandstötter & Komenda 2020). Wenngleich die Programmierung eines Cobots durch oftmals installierte Teach-Pendants deutlich leichter zu handhaben ist als bei Industrie-Robotern, so müssen nichtsdestotrotz auch hier Kenntnisse für einen flexiblen Einsatz vorhanden sein (Eder 2020). Zudem muss das tradierte Verständnis von Robotik als rein substitutive Automatisierung überwunden werden. Cobots gelten als erklärungsbedürftige Technologie und werden oft nur als technische Herausforderung betrachtet, während organisatorische Auswirkungen vernachlässigt werden (Kluy et al. 2022; Glück 2022).

3. Struktur des Fragebogens und methodisches Vorgehen

Aufbauend auf den Ergebnissen der Literaturrecherche wurden folgende thematischen Schwerpunkte für die vorgesehenen Interviews definiert:

1. Allgemein: u. a. geplante Zeit für die Implementierung, Art der Anwendung (kollaborativ / koexistenziell), Einsatzbereich, Anzahl der mit der Bedienung des Cobots betrauten Personen
2. Sicherheit: u. a. Umgang mit den umfangreichen Sicherheitsbestimmungen, Wirtschaftlichkeit des etwaig erforderlichen Sicherheitsbetriebs
3. Bedenken: u. a. Sorge der Mitarbeitenden vor Wegfall ihres Arbeitsplatzes oder möglicher Mehrarbeit durch Cobot-Implementierung, Adressierung dieser Bedenken und möglicher Wandel im Verlauf der Umsetzung
4. Arbeitsgestaltung: u. a. Arbeitsteilung zwischen Cobot und Mensch, Produktivitätssteigerung und Entlastung, Nutzung frei gewordener Zeit durch Mitarbeitende und Steigerung der Ergonomie
5. Wissen: u. a. Vorhandensein des benötigten Wissens im Unternehmen, Notwendigkeit des Kompetenzaufbaus

Die Fragen wurden je nach betrieblichem oder dienstleistungsorientiertem Umfeld spezifiziert. Die Interviews wurden mit Einverständnis aufgezeichnet und mithilfe von „noScribe“ transkribiert. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Beitrags lagen sechs durchgeführte und ausgewertete Interviews vor. Hierunter fallen zwei Interviews mit Unternehmen aus der Elektro- bzw. Metallindustrie, die Cobots einsetzen und vier Interviews, mit Unternehmen, die die Einführung von Cobots in der Fertigung begleiten. Dies ist zwar eine geringe Anzahl, die bisherige Ergebnislage gibt nichtsdestotrotz erste Einblicke in aktuelle, betriebliche Herausforderungen und Lösungsansätze.

4. Erste Ergebnisse

Die Dauer der Cobot-Umsetzung ist abhängig von einer Vielzahl an Faktoren und unterliegt einer hohen Bandbreite: *„[…] [bis] alles entsprechend konstruiert ist, dann müssen Teile bestellt werden, muss aufgebaut werden, montiert werden, dann gibt's ne Endabnahme […]"* (U 3) *„irgendwelche [ersten] Bewegungen [des Cobots] meistens in 1-2 Tagen, bis dann eine Maschine mit CE-Erklärung etc. draus wird kann ein halbes Jahr bis Jahr vergehen"* (U 2). Alle erfolgreich umgesetzten Cobot-Anwendungen der Befragten und auch jene, von denen diese darüber hinaus wussten oder gehört hatten, waren nicht-kollaborativer Natur. Die Anzahl der an der Implementierung und darauffolgenden Bedienung des Cobots Beteiligten ist abhängig von der Unternehmensgröße und reicht von wenigen Personen bis hin zu ganzen Abteilungen.

Mangelndes Wissen und ein tradiertes Verständnis von Robotik in den Unternehmen wurden bejaht*: „Es ist viel Halbwissen vorhanden. Es besteht eine Industrieroboterdenke, mit Industrierobotern kann umgegangen werden. Aber es besteht wenig Vorstellung, was so ein Cobot kann." (U 5). „Das Thema Sicherheit und CE-Zertifizierung ist oftmals ein Grauzonenbereich, auch in ganz großen Unternehmen"* (U 2). Eine zentrale Rolle kommt hierbei Schulungen, Workshops und darüber hinaus auch Forschungsverbundprojekten zu.

Bedenken und Ängste der Mitarbeitenden waren zwar teilweise vorhanden, die unbedingte Angst vor der „Wegrationalisierung" des Arbeitsplatzes ist jedoch nicht zu bejahen: *„Das Argument, dass ja ihr Arbeitsplatz wegfallen würde, haben wir noch nicht gehört. Wir erleben eher, dass Arbeitsplätze nicht besetzt werden können."* (U 5). Der Technologie wird das hohe Potenzial zugesprochen, dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken. Eine Mehrbelastung durch den Cobot (etwa durch Kontrolle der Arbeitsergebnisse) wurde verneint.

Im Laufe der Umsetzung haben sich Bedenken darüber hinaus gewandelt: *„Nachdem wir gemerkt haben, was die Leichtbauroboter an der Stelle können, ist bei den Bedenken schnell die Luft rausgewesen", „ja, weil die Leute aber dann auch gesehen haben, dass ich auf dem Cobot keine komplexen Teile mache […] dann sehen die: „Ok, der macht nur Kleinigkeiten""* (U 4). Eine zentrale Rolle kommt jedoch auch nach wie vor der Unternehmens- und Partizipationskultur zu: *„Durch die Lean-Kultur […] [wurden] viele Arbeitsplätze umgestaltet […] das waren auch größere Umgestaltungen, da hatten die Leute auch das Vertrauen immer gehabt, die durften auch immer mit dabei sein und den entsprechenden Einfluss haben"* (U 1)

Wie oben bereits aufgeführt, war keine der Cobot-Anwendung kollaborativ, und darüber hinaus wurde eine kollaborative Arbeitsgestaltung auch nicht als sinnvoll erachtet: „*Wir setzen diese Roboter nicht als Einzelarbeitsplatz ein… ich habe das in vielen Unternehmen schon gesehen. Wenn Sie diese Roboter als Einzelarbeitsplatz einsetzen, wo ein Mitarbeiter davorsteht, dann ist das der Tod jedes Leichtbauroboters"* (U 1). Im Fokus steht nicht die Zusammenarbeit, sondern das Ersetzen von repetitiven, manuellen Tätigkeiten: *„Der Trend geht meines Erachtens dahin, dass Mitarbeitende zu Automatisierungen nicht befragt werden. Die Notwendigkeit ist m. E. jedem klar."* (U 5). Die Frage nach einem Zeitgewinn und einer ergonomischeren Arbeitsgestaltung wurde jedoch von allen Teilnehmenden bejaht: *„[…] [Die Mitarbeiterin] hat ein viel besseres Leben, kann sich hinsetzen, hinstellen wie sie will und muss nicht mehr in so einer komischen Schonhaltung über diesem Halbautomaten hängen"* (U 2)

Die größte organisatorische Herausforderung wurde vom überwiegenden Teil der Interviewten in einer geeigneten Kommunikation (*„Das sind die Menschen, die muss man mitnehmen […]")* (U 1) sowie der Koordination gesehen: „*Wenn wir mit einem*

Inhaber zusammenarbeiten und ihn überzeugen können, dann geht es in kürzester Zeit […] je mehr Stakeholder, desto komplizierte wird das Thema."(U 5)*, „man braucht die richtigen Personen, die das Projekt dann treiben"* (U 3).

Typische Planungsfehler sind unterschätzte Kosten und irrige Vorstellungen von der Cobot-Leistung und der Prozessintegration: *„[…] Menschen glauben, alles mit einem Roboterarm erledigen zu können […] die haben dann die Kukas in den Autowerken im Kopf, die viele kluge Köpfe über Jahre hinweg geplant haben und sagen sich: „So, das will ich jetzt auch für meinen Palettiervorgang"* (U 2).

5. Diskussion der Ergebnisse

Aufgrund der noch geringen Anzahl an Interviews sind die Ergebnisse nicht repräsentativ, folglich wird ein erster Überblick über den aktuellen Stand der Anwendung von Cobots im Vergleich zum Stand der Forschung diskutiert.

Die in der Fachliteratur vielmals diskutierte Frage der kollaborativen Arbeitsgestaltung zwischen Mensch und Roboter scheint in der betrieblichen Praxis kaum bis keine Rolle zu spielen und ist hinsichtlich der sicherheitsrechtlichen Aspekte und damit verbundenen wirtschaftlichen Implikationen deutlich kritischer zu hinterfragen. Der Cobot wird vorrangig als einzutaktendes Arbeitsmittel verstanden. Hier ist es entscheidend, während der Planungsphase die Bestandteile des zu automatisierenden Prozesses präzise mit den technischen Möglichkeiten des Cobots abzugleichen.

Kluy et al. 2022 stellten fest, dass es im Rahmen der Kosten-Nutzen-Kalkulation an Erfolgsberichten zu indirekten Nutzwerten des Cobot-Einsatzes (z. B. Ergonomieverbesserung, Fachkräftegewinnung und gesteigerte Arbeitsmotivation mangelt. Wenngleich schwer quantifizierbar, sprachen die Befragten von mitunter deutlichen Zugewinnen hinsichtlich dieser Aspekte. Ungeachtet des Investitionsrisikos könnte es zu einem fachkräftebedingten Automationszwang kommen.

Zwar wurden teilweise Bedenken der Beschäftigten hinsichtlich der Einführung von Cobots in ihrem unmittelbaren Umfeld bestätigt. Niewerth et al. 2019 beziffern bspw. die mögliche Substitution von Arbeitsplätzen noch als äußerst wichtigen Faktor. Immer verbreiteter scheint jedoch Erleichterung hinsichtlich des sich stetig verschärfenden Fachkräftemangels zu sein. Auch die in Jennes & Di Minin 2023 thematisierte mögliche Mehrbelastung der Mitarbeitenden durch die Einführung des Cobots konnte nicht bestätigt werden. Nichtsdestotrotz bleiben die frühzeitige Einbindung der Mitarbeitenden und eine partizipative Unternehmenskultur für die Cobot-Umsetzung von hoher Bedeutung. Mobile Cobot-Lösungen werden als bedrohlicher wahrgenommen als ortsfeste, der frühzeitigen Anwendung von spezifischen Analyseinstrumenten wie z. B. Leichtmann et al. 2023 kommt hier eine wichtige Rolle zu. Das nach wie vor tradierten Verständnis des Cobots als Industrieroboter sowie der Mangel an Wissen in den Unternehmen sollte mit Workshops und Schulungen adressiert werden.

Es besteht die Notwendigkeit der regelmäßigen Wiederholung der Interviews im Abstand von 2-3 Jahren, um der dynamischen Entwicklung gerecht zu werden. Hierfür wurde ein niederschwelliges Befragungsinstrument entwickelt und initial erprobt. Eine weitere Erprobung und Validierung müssen im Rahmen der Durchführung weiterer Interviews erfolgen.

6. Literatur

Andersson S K L, Granlund A, Bruch J, Hedelind M (2021) Experienced Challenges When Implementing Collaborative Robot Applications in Assembly Operations. In: Int. J. Automation Technol., Vol.15 No.5, 678-688.

Barnitzke A (2020) Cobots: Mehr Kooperation als Kollaboration. In: Automationspraxis. https://automationspraxis.industrie.de/cobot/fachartikel/cobots-mehr-kooperation-als-kollaboration/ Zugegriffen: 09.01.2025.

Brandstötter M, Komenda T (2020) Gegenwart und Zukunft kollaborationsfähiger Robotersysteme. In: GfA (Hrsg) Stellenwert menschlicher Arbeit im Zeitalter der digitalen Transformation. Herbstkonferenz der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., GfA-Press Dortmund (Hrsg.).

Eder S (2020) Change Management bei der Einführung von Mensch-Roboter-Kollaboration & Cobots. Diplomarbeit, Technische Universität Wien, Wien, 56-73.

Fischer M, Kring B-J, Moniz A, Zimpelmann E (2017) Herausforderungen der Mensch-Roboter-Kollaboration. In: lernen & lehren, Heft 125, 32. Jg.

Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik (IGCV), VDMA Bayern (Hrsg) (2022) Leitfaden für den ortsflexiblen Einsatz von kollaborativen Robotern. Fraunhofer IGCV, Augsburg.

Gaede C, Ranz F, Hummel V, Echelmeyer W (2018) A study on challenges in the implementation of human-robot collaboration. In: Journal of Engineering, Management and Operations 1, 29-38.

Glück M (2022) Mensch-Roboter-Kooperation erfolgreich einführen. Springer Vieweg, Wiesbaden, 77

IFR (2024) Collaborative Robots - How Robots Work alongside Humans. https://ifr.org/ifr-press-releases/news/how-robots-work-alongside-humans, zugegriffen: 20.01.2025.

Jennes P, Di Minin A (2023) Cobots in SMEs: Implementation Processes, Challenges, and Success Factors. IEEE International Conference on Technology and Entrepreneurship (ICTE), Kaunas, Lithuania, 80-85.

Jupke M (2021) Mensch-Roboter-Kollaboration: Der Stand der Entwicklung und aktuelle Herausforderungen. In: Meier H, Niemetz M, Reindl A (Hrsg) FMS-Berichte - Seminar zu aktuellen Themen der Elektro- und Informationstechnik. Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg.

Kluy L, Kölmel L, Alt B, Baumgartner M, Deml B, Hornung L, Katic D, Kinkel S, Kopp T, Lorenz M, Nicolai P, Riedel N, Schäfer A, Wurll C (2022) In: Nitsch V, Brandl C, Häußling R, Lemm J, Gries T, Schmenk B (Hrsg) Digitalisierung der Arbeitswelt im Mittelstand 1, Springer Vieweg, Berlin, 90-94.

Kopp T, Schäfer A, Kinkel S (2020) Kollaborierende oder kollaborationsfähige Roboter? In: Industrie 4.0 Management, 2020, 36 (2):19-23.

Kopp T (2022) Vertrauen in Roboter und dessen Beeinflussbarkeit durch sprachliches Framing: Eine empirische Untersuchung der Interaktion mit Cobots am Arbeitsplatz. Dissertation. Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, 142.

Leichtmann B, Hartung J, Wilhelm O, Nitsch V (2023) New Short Scale to Measure Workers' Attitudes Toward the Implementation of Cooperative Robots in Industrial Work Settings: Instrument Development and Exploration of Attitude Structure. In: International Journal of Social Robotics, 2023, 15, 909-930.

Niewerth C, Miro M, Schäfer M (2019). Leitfaden zur Einführung von Mensch-Roboter-Kollaboration: Perspektiven der betrieblichen Interessenvertretung. Ruhr-Universität-Bochum.

Peifer Y (2024) Konzeptionierung eines arbeitswissenschaftlichen Handlungsrahmens zur Einführung und Anwendung einer auf Künstlicher Intelligenz basierten Mensch-Roboter-Kollaboration. Dissertation. Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, 36-41.

Thormundsson B(2024) Collaborative robots worldwide - statistics & facts. Statista (Hrsg) https://www.statista.com/topics/8062/collaborative-robots-worldwide/#topicOverview, zugegriffen: 25.01.2025.

Danksagung: Der Beitrag ist im Projekt „Kompetenzzentrum WIRKsam“ (FKZ: 02L19C600) entstanden; es wird im Rahmen der Fördermaßnahme „Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für diesen Beitrag liegt bei den Autoren.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
„**Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit**“

Verhaltensbasierte Arbeitssicherheit – Sicherheitskultur stärken und unsichere Handlungen reduzieren.

Martina FROST[1], Nora Johanna SCHÜTH[1], Sabrina BONSE[2]

[1] Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V.,
Uerdinger Straße 56, D-40474 Düsseldorf
[2] thyssenkrupp Materials Services GmbH,
thyssenkrupp Allee 1, D-45143 Essen

Kurzfassung: Um unsichere Handlungen und Arbeitsunfälle zu reduzieren sowie das sichere Verhalten von Beschäftigten bei der Arbeit zu fördern, wird häufig die Methode der verhaltensbasierten Arbeitssicherheit, kurz BBS (Behavior Based Safety), angewendet (vgl. Bördlein 2022). In der vorliegenden Studie wurde ein hybrides Trainingskonzept (Online und Präsenz-Lernformate) zur Förderung der verhaltensbasierten Arbeitssicherheit an zwei Pilotstandorten eines produzierenden Unternehmens (N=127) entwickelt, erprobt und evaluiert. Das Training schulte Beschäftigte und Führungskräfte. Ziel war es, langfristig sichere Verhaltensweisen an den Anlagen auf dem Shopfloor zu etablieren und unsichere Handlungen zu reduzieren. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die sicheren Verhaltensweisen von 44 % auf 89 % durch die BBS-Maßnahme steigern ließen. Das Sicherheitsklima lag an beiden Standorten auf einem hohen Niveau. Auch die Zufriedenheit der Beschäftigten und der Führungskräfte mit den Inhalten und der Durchführung der Maßnahmen lag auf einem hohen bis sehr hohen Niveau.

Schlüsselwörter: Arbeitssicherheit, Training, Behavior Based Safety (BBS), sichere Verhaltensweisen, Shopfloor, Evaluation

1. Verhaltensbasierte Arbeitssicherheit – Behavior Based Safety (BBS)

Die verhaltensbasierte Arbeitssicherheit, ist eine verhaltens- und damit personenorientierte Maßnahme des Arbeitsschutzes zur Entwicklung sicherer Verhaltensweisen am Arbeitsplatz. Hierzu wendet BBS die Prinzipien der Verhaltensanalyse im Bereich der Arbeitssicherheit an. Das Vorgehen erfolgt in mehreren Schritten. Zunächst wird das sichere Arbeitsverhalten präzise definiert und dann beobachtet. Zudem wird den Beschäftigten ein Feedback zu ihrem Arbeitsverhalten gegeben und für die Veränderung des Verhaltens werden Ziele definiert. Das gezeigte sichere Verhalten wird positiv verstärkt (Bördlein 2022, S. 17). Die Verstärkung erfolgt sowohl von den Führungskräften als auch von den Beschäftigten untereinander, in dem sicheres Verhalten entsprechende Wertschätzung erfährt (positive Konsequenz) und auf unsicheres Verhalten nicht mit einer Abmahnung oder Kritik (negative Konsequenz) reagiert wird, sondern ein lösungsorientiertes, konstruktives Feedback erfolgt (vgl. auch Bördlein 2022).

In der vorliegenden Studie wurde überprüft, ob sich durch ein hybrides Trainingskonzept in Kombination mit klassischen Ansätzen des BBS, das sichere Arbeitsverhalten, das wahrgenommene Sicherheitsklima, das Commitment zum Team, das richtige Verhalten in unsicheren Situationen und somit auch das Verhalten als „Buddy“

(„Buddy-Prinzip“[1]) steigern lassen. Ziel war es, durch das Training das Arbeitsverhalten der Beschäftigten auf dem Shopfloor langfristig sicherer zu machen und unsichere Handlungen zu reduzieren.

2. Methode

Das Training wurde an einem Pilotstandort eines produzierenden Unternehmens durchgeführt (Standort 1). Für die Evaluation wurde neben diesem Pilotstandort noch ein weiterer Standort (Standort 2) in die Studie einbezogen. Die Evaluation der Trainingsmaßnahme orientierte sich am Zeitablauf und Fortschritt des Trainings (vgl. Abschnitt 2.2).

2.1 Entwicklung und Durchführung des Trainings

Es wurde ein Trainingsverfahren spezifisch für die Bedürfnisse der Beschäftigten auf dem Shopfloor entwickelt. Die Entwicklung erfolgte durch ein Projektteam aus Beschäftigten des Betriebs und einem externen Trainer. Folgende Maßnahmen und Tools wurden durchgeführt:

- ein interner Kick-Off Workshop mit dem Projektteam,
- ein offizieller Kick-Off Workshop mit allen Beschäftigten und Führungskräften (Abholen der Beschäftigten und Erläuterung der Ziele des Projekts),
- zwei Workshops zur Erarbeitung von Standardarbeitsanweisungen (SOPs) sowie der Identifikation unsicherer Handlungen und der Ableitung der zu verändernden Verhaltensweisen an einer Anlage,
- mehrere Workshops zur Stärkung des Commitments aller Beschäftigten und Führungskräfte des Pilotstandorts,
- Definition und Umsetzung der zu verändernden Verhaltensweisen auf dem Shopfloor durch die Beschäftigten inkl. positivem Feedback durch die Führungskräfte und der Beschäftigten untereinander (BBS-Maßnahme),
- sechs digitale Lernvideos für Beschäftigte,
- E-Learning zum Thema verhaltensbasierte Arbeitssicherheit für Führungskräfte.

2.2 Ziele und Durchführung der Evaluation

Die Ziele der Evaluation bestanden zum einen im Nachweis der Wirksamkeit der o. g. Trainingsmaßnahmen (summative Evaluation). Zum anderen sollten Optimierungen der Trainingstools während des Trainings abgeleitet und im Prozess der Entwicklung und Durchführung umgesetzt werden (formative Evaluation). Dabei stellte der Pilotstandort (Standort 1) die Experimentalgruppe (EG), der Standort 2 die Kontrollgruppe (KG) dar. Im Rahmen der Evaluation wurden die nachfolgenden Datenerhebungen an den in Abbildung 1 dargestellten Messzeitpunkten durchgeführt:

1. <u>Status quo Erhebungen (Messzeitpunkt t0)</u>
    - Interviews mit Führungskräften beider Standorte
    - Begehung der beiden Standorte
    - Dokumentenanalyse bei beiden Standorten

[1] Das „Buddy-Prinzip“ stammt ursprünglich aus dem Bereich des Tauchens oder dem Militär und beruht darauf sich gegenseitig als „Buddys“ bzw. Kumpels in unsicheren Situationen abzusichern bzw. aufeinander aufzupassen.

2. Überprüfung der Wirksamkeit des Trainings (summative Evaluation)
   - Fragebogenerhebung zum Sicherheitsklima anhand von fünf Konstrukten (Sicherheitsklimaindex nach Bördlein 2022; Sicherheitsklima unternehmensspezifisch; Commitment gegenüber dem Team (nach Felfe & Franke 2012); Verhalten als Buddy; Verhalten bei unsicheren Zuständen; (vgl. Frost et al. 2024)) an den Standorten 1 & 2 zu den Messzeitpunkten (t1; t2; t3)
   - Verhaltensbeobachtungen durch jeweils zwei Beobachter an Standort 1 zu drei Messzeitpunkten (t1a; t2a; t3a)
   - Fragebogen zur Zufriedenheit der Führungskräfte mit dem gesamten Projekt zum Abschluss des Trainings (Messzeitpunkt t3)
3. Überprüfung der Entwicklung und Implementierung des Trainings (formative Evaluation)
   - Fragebogen zur Zufriedenheit mit SOP und Commitment Workshops (Beschäftigte)
   - Fragebogen zur Zufriedenheit mit Lernvideos (Beschäftigte)
   - Fragebogen zur Zufriedenheit mit den E-Learnings (Führungskräfte)

Die verschiedenen Messzeitpunkte (t0-t3) der Fragebogenerhebungen sowie der Verhaltensbeobachtungen (t1a; t2a; t3a) sind in Abbildung 1 dargestellt. Der Messzeitpunkt t1 lag vor Beginn des Trainingsverfahrens. Die entsprechenden Fragebogenerhebungen fanden im Oktober/November 2023 statt. Die Erhebungen zum Messzeitpunkt t2 fanden nach dem letzten Präsenz-Workshop des Trainings im August 2024 statt. Die letzte Fragebogenumfrage wurde drei Monate nach der letzten Trainingsmaßnahme im Dezember 2024 durchgeführt (t3)). Die Verhaltensbeobachtungen auf dem Shopfloor fanden im Februar, Mai und November 2024 statt.

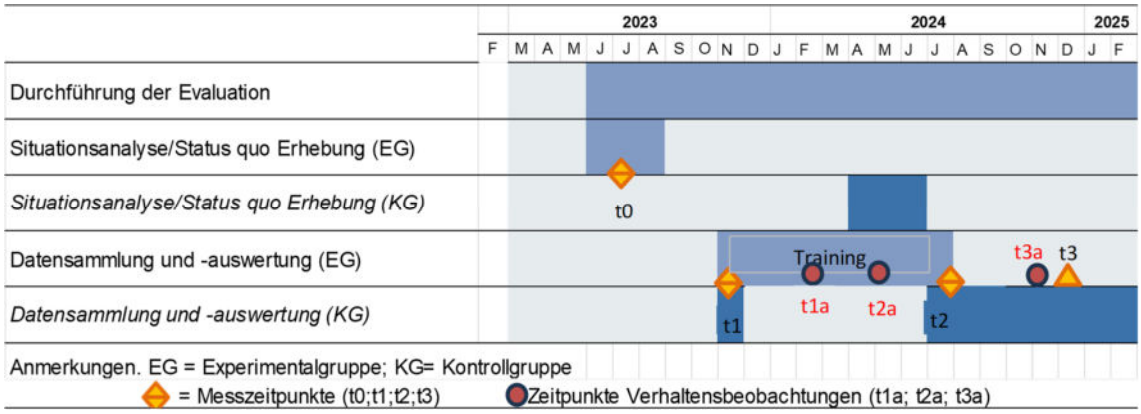


***Abbildung 1**: Ablauf der hybriden Trainingsmaßnahme und Erhebungszeitpunkte t0 bis t3 der Evaluation.*

2.3 Stichprobe/ Teilnehmer des Trainings und der Evaluation

Je nachdem welche Maßnahmen und/oder Tools bei dem Training durchgeführt wurden, unterschied sich die Anzahl der Teilnehmer. Die jeweilige Anzahl ist je nach Erhebungsmethode in der Ergebnisübersicht aufgeführt. Eine Übersicht über die Teilnehmeranzahl der Fragebogenerhebungen zu den drei Messzeitpunkten t1, t2 und t3 ist in Tabelle 1 dargestellt. Zur Auswertung wurde die Anzahl der Teilnehmer aufgrund von Antworttendenzen noch bereinigt bzw. reduziert. Die demografischen Daten der insgesamt 121 Teilnehmer (Standort 1: N=56, 100 % männlich; Standort 2: N=66, 98,5 % männlich) sind dem Beitrag von Frost et al. (2024) zu entnehmen.

Tabelle 1: *Übersicht der Teilnehmeranzahl der Fragebogenerhebungen zu den Messzeitpunkten t1, t2, und t3 zum Sicherheitsklima je nach Standort.*

	t1	t2	t3	t1&t2*	t1&t3*	t1&t2&t3*
Standort 1 / EG	57	40	25	18	13	9
Standort 2 / KG	70	70	-	39	-	-
Gesamt EG & KG	***127***	***120***	***25***	***57***	***13***	***9***

*Anmerkung. *=Teilnehmer, die sowohl an t1 als auch an t2 bzw. t3 an der Befragung teilgenommen haben und deren Daten aufgrund von Codes zugeordnet werden konnten.*

2.4 Auswertungen

Die Auswertungen erfolgten sowohl anhand quantitativer als auch qualitativer Datenanalysen. Die Interviews mit den Führungskräften wurden transkribiert und dann wesentliche Inhalte anhand der qualitativen Inhaltsanalyse (deduktive Kategorienbildung/Strukturierung) nach Mayring (2022) nach zuvor festgelegten Kategorien selektiert und zusammengefasst.

Zur Auswertung der Fragebogenerhebungen zum Thema Sicherheitsklima wurde neben den deskriptiven Statistiken und Häufigkeiten auch eine Varianzanalyse mit Messwiederholung sowie t-Tests für abhängige Stichproben berechnet.

Für die anderen Befragungen zur Zufriedenheit der Beschäftigten und Führungskräfte wurden jeweils die deskriptiven Statistiken und die Häufigkeiten berechnet. Für diese quantitativen Analysen kamen das Statistikprogramm SPSS Version 23 und 29 (IBM Corp. 2015, 2023) sowie das Microsoftprogramm Excel (Microsoft Corporation 2018) zum Einsatz.

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der Status quo Erhebungen (Messzeitpunkt t0)

Die *Interviews mit Führungskräften (N = 5)* beider Standorte zeigen, dass alle Führungskräfte sich ihrer Rolle und ihrer Verantwortung für die Arbeitssicherheit der Beschäftigten sehr bewusst sind und das Thema sehr ernst genommen wird. Zudem wurde von allen Führungskräften angegeben, dass diese alle Informationen zur Verfügung haben, die sie zum Beispiel in einer Notfallsituation benötigen. Auch die Unterstützung beim Thema Arbeitssicherheit durch die Sicherheitsfachkraft und die weiteren Führungskräfte sei uneingeschränkt gegeben. Beim Thema positive Verstärkung bzw. positives Feedback von sicheren Verhaltensweisen sehen die Führungskräfte noch Verbesserungspotenzial (Frost et al. 2024a).

3.2 Ergebnisse zur Wirksamkeit des Trainings (summative Evaluation)

Die Ergebnisse der *Fragebogenerhebung zum Sicherheitsklima* an den Standorten 1 und 2 zu drei Messzeitpunkten (t1; t2; t3) zeigen, dass das von den Beschäftigten wahrgenommene Sicherheitsklima an beiden Standorten insgesamt auf einem guten bis sehr guten Niveau liegt. Die Mittelwerte der fünf Skalen (Sicherheitsklima, Sicherheitsklima unternehmensspezifisch, Team-Commitment, Buddy-Prinzip und Verhalten bei unsicheren Zuständen) liegen sowohl zu t1 als auch zu t2 oberhalb von MW=3,56 (fünfstufige Antwortskala). Zu t1 und zu t2 herrschte an Standort 2 ein höheres wahr-

genommenes Sicherheitsklima als an Standort 1. Zu t3 zeigten sich an Standort 1 ebenfalls hohe Mittelwerte (MW≥3,58) der fünf Skalen. Ein Vorher-Nachher-Vergleich mittels Varianzanalyse mit Messwiederholung zwischen den beiden Standorten war aufgrund einer zu geringen Stichprobengröße nicht möglich. Ein Vergleich der Mittelwerte von t1 und t3 mittels t-Test für abhängige Stichproben (N=13) zeigte, dass die Mittelwerte aller fünf Skalen zu t3 höher lagen als zu t1. Signifikante Mittelwertsunterschiede ergaben sich jedoch nur auf Itemebene.

Die Ergebnisse der *Verhaltensbeobachtungen* an Standort 1 zu drei Messzeitpunkten (t1; t2; t3) zeigen, dass sich über alle sechs beobachteten Verhaltensweisen eine Steigerung der sicheren Verhaltensweisen beobachten ließ. Über alle Verhaltensweisen hinweg konnte die Rate der sicheren Verhaltensweisen von Messzeitpunkt 1 (44 %) zu Messzeitpunkt 3 (89 %) um 45 % gesteigert werden.

Die Ergebnisse der *Fragebogenumfrage zur Zufriedenheit der Führungskräfte (N = 4) mit dem gesamten Projekt* zum Abschluss des Trainings (Messzeitpunkt t3) zeigen, dass alle Führungskräfte dem Konzept des Trainingsverfahrens die Schulnote „sehr gut“ gaben und auch das Gefühl hatten, dass weniger unsichere Situationen auftreten und dass das Training den Beschäftigten hilft, sich sicherer zu verhalten. Ebenso geben alle Führungskräfte an, dass sie das Training für sinnvoll und zweckmäßig halten und die Erarbeitung sicherer Verhaltensweisen weiterhin fortgeführt werden sollte.

3.*3 Ergebnisse der Evaluation der Entwicklung, Implementierung des Trainings (formative Evaluation)*

Die Ergebnisse der *Fragebogenumfrage zur Zufriedenheit mit den durchgeführten SOP und Commitment Workshops* bei den Beschäftigten (N = 55) zeigen, dass alle Beschäftigten eine hohe bis sehr hohe Zufriedenheit mit dem Konzept der Workshops, der Betreuung durch die zwei Trainer sowie mit den verwendeten Methoden angeben. Alle Workshops wurden insgesamt als „sehr gut“ oder „gut“ bewertet. Auch beschreiben die Teilnehmer, dass diese etwas für die tägliche Arbeit mitnehmen konnten (Lern- und Transfererfolg). Einige Beschäftigte nannten sogar konkrete Lernerfahrungen, die sie für den Alltag mitnehmen konnten. Insgesamt meldeten die Beschäftigten zurück, dass es für sie sehr wichtig sei und auch eine große Wertschätzung zeige, dass der Betrieb sich mit dem Thema der Arbeitssicherheit in dieser Ausführlichkeit beschäftigt und etwas für ihre Gesundheit und Sicherheit getan würde (Frost et al. 2024a).

Die Ergebnisse zur *Umfrage zur Zufriedenheit mit den Lernvideos* bei den Beschäftigten (N = 38) zeigte, dass die Videos am häufigsten mit „sehr gut“ oder „gut“ bewertet wurden (63 %). Auch gaben die meisten Beschäftigten an, dass ihnen die Inhalte der Videos geholfen haben sich sicherer zu verhalten (84,2 %). Die Inhalte der Videos waren klar und verständlich (94,5 %) und auch die Anzahl von sechs Videos (84,2 %) und der Umfang der Videos (2-3 Minuten; 68,4 %) wurden von den meisten Beschäftigten als genau richtig bewertet.

Die Ergebnisse der *Führungskräftebefragung zur Zufriedenheit mit den E-Learnings* (N = 5), zeigen, dass das E- Learning als „gut“ bis „sehr gut“ bewertet wird und besonders die Integration in den Arbeitsablauf reibungslos funktioniert hat.

4. Zusammenfassung und Fazit

Bezogen auf die *summative Evaluation* der Trainingsmaßnahmen zeigte sich anhand der Verhaltensbeobachtungen, dass das Training die sicheren Verhaltensweisen langfristig steigern konnte. Die Befragungen zum Sicherheitsklima zeigten für beide Standorte hohe bis sehr hohe Werte bezogen auf das Sicherheitsklima, das Team-Commitment, das Verhalten als Buddy sowie das Verhalten in unsicheren Situationen. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten t1, t2 und t3 ließen sich aufgrund zu geringer Stichprobengrößen und dem bereits hohen Ausgangsniveau nicht nachweisen. Eine Auswertung auf Itemebene zeigte Tendenzen, dass durch die Maßnahmen das Thema der Arbeitssicherheit und des Sicherheitsklimas in den Fokus der Beschäftigten gebracht wurde und eine Sensibilisierung für Verbesserungspotenziale (z. B. mehr Lob und positive Rückmeldungen für sicheres Arbeitsverhalten) erreicht werden konnte. Die Daten weisen darauf hin, dass mehr über die Arbeitssicherheit gesprochen und kleine Unfälle und Beinahe-Unfälle vermehrt gemeldet werden als vor der Durchführung der Trainingsmaßnahmen. Auch die Abschlussbefragung der Führungskräfte belegt, dass das Training einen nachhaltigen Mehrwert für die Arbeitssicherheit an Standort 1 hat.

Bezogen auf die *formative Evaluation* der Trainingsmaßnahmen machten alle Befragungen der Beschäftigten und auch der Führungskräfte deutlich, dass diese mit dem Konzept, den Methoden, den Trainern und dem persönlichen Nutzen der durchgeführten SOP- und Commitment Workshops, der Lernvideos und dem E-Learning sehr zufrieden waren.

5. Literatur

Bördlein, C (2022). Verhaltensorientierte Arbeitssicherheit – Behavior Based Safety (BBS). Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Felfe J, Franke F (2012). COMMIT Commitment-Skalen. Fragebogen zur Erfassung von Commitment gegenüber Organisation, Beruf/Tätigkeit, Führungskraft, Team und Beschäftigungsform – Deutschsprachige Adaptation und Weiterentwicklung der Organizational Commitment Scale von J. P. Meyer und N. Allen. Huber.

Frost M, Schüth, N J, Eggers S (2024) Entwicklung und Evaluation eines hybriden Trainingskonzepts zur verhaltensbasierten Arbeitssicherheit. In: GfA (Hrsg) Arbeitswissenschaft in-the-loop: Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung. Bericht zum 70. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft vom 06. – 08. März 2024. ISBN 978-3-936804-34-8, GfA-Press, Dortmund, Beitrag E.2.7.

Frost M, Bonse S, Braun L, Schüth NJ (2024a) Mit Behavior Based Safety mehr Sicherheit in der Produktion. Ein erfolgreiches Evaluationsprojekt zur verhaltensbasierten Arbeitssicherheit. WERKWANDEL (3) 38-42. Verfügbar unter: https://magazin.werkwandel.de/werkwandel-03-2024/69177254/42.

IBM Corp. (2015). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.

IBM Corp. (2023). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 29.0.2.0 Armonk, NY: IBM Corp.

Mayring P (2022) Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Belz.

Danksagung: Wir bedanken uns bei allen Projektbeteiligten des Unternehmens sowie den Beschäftigten und Führungskräften für die tatkräftige Unterstützung und Mitarbeit bei der Studie.

Soziale Unterstützung am Arbeitsplatz im Wandel der Arbeitswelt – eine Interviewstudie aus der Perspektive von Erwerbstätigen mit Beeinträchtigungen

Sophie TEBORG[1], Lena HÜNEFELD[1], Tomke S. GERDES[2]

[1] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin,
1.2 Arbeitsweltberichterstattung,
Friedrich-Henkel Weg 1-25, D-44149 Dortmund
[2] Technische Universität Dortmund, Fakultät Rehabilitationswissenschaften,
Fachgebiet Arbeit, Inklusion & Technologie,
Emil-Figge-Straße 50, D-44227 Dortmund

Kurzfassung: Die soziale Unterstützung, die beeinträchtigte Erwerbstätige am Arbeitsplatz erhalten, wird von persönlichen, tätigkeitsbezogenen und kontextuellen Faktoren beeinflusst. Dazu gehören auch aktuelle Entwicklungen in der Arbeitswelt. In Interviews mit 28 Betroffenen stellte sich heraus, dass gelingende soziale Unterstützung an einen Prozess des gegenseitigen Kennenlernens geknüpft ist. Die zunehmende Individualisierung, Digitalisierung und Intensivierung von Arbeit können den Aufbau vertrauter sozialer Beziehungen und die Möglichkeiten für soziale Unterstützung im Alltag jedoch hemmen. Gezielte Gelegenheiten für den Aufbau und die Pflege sozialer Kontakte am Arbeitsplatz sind daher wichtig für gelingende Unterstützung im Inklusionskontext.

Schlüsselwörter: Inklusion, Teilhabe, Behinderung, Unterstützung, Arbeitsgestaltung, Arbeitswelt

1. Hintergrund

Soziale Unterstützung ist eine wichtige Ressource für das Wohlbefinden von Erwerbstätigen (Jolly et al. 2021; Mathieu et al. 2019). Sie umfasst Verhaltensweisen, die das soziale, psychologische oder physische Wohlbefinden verbessern (Boutin-Foster 2005). Allerdings wirken sich nicht alle vermeintlich unterstützenden Verhaltensweisen positiv auf das Wohlbefinden von Individuen aus. Entscheidend ist hierbei ihre Kongruenz, d. h. die Passung zwischen der Unterstützung und den Bedürfnissen der unterstützten Person (Thoits 1986; Viswesvaran et al. 1999). Insbesondere im inklusiven Arbeitskontext ergeben sich hierbei spezifische Herausforderungen, etwa durch Unsicherheiten, Ängste oder Vorbehalte im Umgang mit beeinträchtigten Beschäftigten. Unterstützung kann bei unüberlegter Ausführung potenziell als stigmatisierend oder diskriminierend wahrgenommen werden (bspw. Mik-Meyer 2016). Zusätzlich können durch Intensivierung, Individualisierung und Digitalisierung beeinflusste Wandlungsprozesse die zwischenmenschlichen Beziehungen am Arbeitsplatz schwächen, da sie oft die traditionellen Strukturen und Gelegenheiten für soziale Interaktion und Unterstützung reduzieren. Vor diesem Hintergrund verfolgt die vorliegende Studie zwei konkrete Fragestellungen:

1) Was charakterisiert gelingende soziale Unterstützung aus der Sicht von beeinträchtigten Beschäftigten?

2) Welche Arbeitsbedingungen wirken sich förderlich oder hinderlich auf die soziale Unterstützung beeinträchtigter Beschäftigter aus?

2. Methoden

Einem qualitativen Forschungsdesign folgend wurden von Januar bis August 2024 leitfadengestützte Interviews geführt. Die Rekrutierung erfolgte durch gezielte Stichprobenziehung und Schneeballverfahren. Teilnahmevoraussetzungen waren eine (selbsteingeschätzte) gesundheitliche Beeinträchtigung und eine Beschäftigung am 1. Arbeitsmarkt. Bei nicht-sichtbaren Beeinträchtigungen musste mindestens eine Person am Arbeitsplatz über die Beeinträchtigung informiert sein. Der Interviewleitfaden enthielt Fragen zur Arbeitssituation, zur Beeinträchtigung sowie zum sozialen Netzwerk und der sozialen Unterstützung am Arbeitsplatz. Die Interviewdaten wurden mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Kuckartz und Rädiker (2022) in MAXQDA (2020) ausgewertet, wobei das Material in einem induktiv-deduktiven Verfahren kodiert und verschiedenen Kategorien zugeordnet wurde.

Soziodemografische Merkmale

Die Stichprobe umfasst 28 erwerbstätige Personen mit Beeinträchtigung. Davon sind 18 weiblich und 10 männlich. Das Durchschnittsalter beträgt 44 Jahre bei einer Altersspanne von 26–61 Jahren. Die Beeinträchtigungen umfassen die Bereiche Körper (n = 12), Lernen (n = 4), Sensorik (n = 4) und Psyche (n = 3). Zudem haben 5 Personen in mehreren Bereichen Beeinträchtigungen. 18 Befragte haben eine sichtbare, 10 eine nicht-sichtbare Beeinträchtigung. Vertreten sind Berufe aus verschiedenen Bereichen, darunter bürobezogene Tätigkeiten, Tätigkeiten im Bildungs- und Gesundheitswesen oder Tätigkeiten in der Gastronomie.

3. Ergebnisse

3.1 Charakteristika gelingender sozialer Unterstützung

Soziale Unterstützung bewegt sich in einem Spannungsfeld aus Routine und Spontaneität, was sich nach den Bedarfen der unterstützten Person richtet. Einige Befragte schildern, dass ihre Kolleg*innen spontan und unaufgefordert Unterstützung leisten. Soziale Unterstützung läuft dann automatisch ab und wird zu einer Routine.

> *„Also das ist sowieso das Beste, was daraus passieren kann, dass man am Anfang vielleicht darauf hinweist, was kann ich nicht so oder die von sich aus sehen, das kann er nicht so gut und das übernehmen und dann spielt sich es irgendwann ein und dann ist es eine Selbstverständlichkeit“* (5MK, Körperliche Beeinträchtigung).

Bei Personen, die beeinträchtigungs- oder tätigkeitsbedingt schwankende Unterstützungsbedarfe haben, ist eine routinemäßige Unterstützung weniger sinnvoll. Vielmehr ist hier die generelle Verfügbarkeit von Unterstützung wichtig, um Rückhalt und Sicherheit im Arbeitsalltag zu versichern. Eine Befragte beschreibt Unterstützung als *„[…] das Angebot, dass ich jederzeit kommen kann und sprechen kann, wenn ich das*

Gefühl habe, ich brauche irgendwie mehr Hilfe […]“ (26FP, Psychische Beeinträchtigung).

Damit die geleistete Unterstützung auch adäquat ist, müssen den Unterstützenden die Bedürfnisse und Fähigkeiten der beeinträchtigten Person bekannt sein. Deshalb spielt auch die Vertrautheit zwischen Kolleg*innen eine zentrale Rolle. Bei geringer Vertrautheit kann es dazu kommen, dass die Unterstützung weniger treffend ist oder sogar ganz fehlt.

> *„So meine Kollegen würden mich da nicht bevormunden. Habe ich noch nie erlebt. Aber das sind dann eher so Fremde, die meinen das gut, aber die schießen halt völlig übers Ziel hinaus“* (21MK, Körperliche Beeinträchtigung).

Weniger nahestehende Personen unterstützen jedoch nicht per se schlechter. Es gibt auch Beispiele, in denen weniger vertraute Kolleg*innen gute Ideen für Unterstützung haben und diese umsetzen. Die Feinabstimmung der Unterstützung und ihre Etablierung im Arbeitsalltag erfordert dennoch ein tieferes Kennenlernen.

Rücksichtnahme und Verständnis sind ebenfalls wichtig. Die Befragten schildern hier eigene Erfahrungen sowie Beobachtungen darüber, wie andere Kolleg*innen rücksichts- und verständnisvoll behandelt werden. Gleichzeitig wird deutlich, dass das Verständnis für die Beeinträchtigung nicht unbedingt von vornherein besteht, sondern einen prozesshaften Charakter hat, insbesondere bei nicht-sichtbaren oder sich verändernden Beeinträchtigungen.

> *„Aber dieses Verständnis, was heute ist, das gab es früher nicht. Das hat sich auch erst so entwickelt“* (10MK, Körperliche Beeinträchtigung).

Rücksichtnahme und Verständnis werden auch mit einem guten Teamklima in Verbindung gebracht. Eine Befragte sagt bspw. über ihren Arbeitsbereich: *„[…] jeder hat so seine persönliche Macke und wir dürfen auch so sein“* (15FS, Sehbeeinträchtigung). Individuelle Stärken und Schwächen werden akzeptiert und Beschäftigte mit Beeinträchtigung haben keine Sonderrolle im Team.

> *„Es funktioniert einfach, weil wir ein Team sind. Wir halten alle zusammen. Egal, einer mit Behinderung, ohne Behinderung […], wir unterstützen uns untereinander und helfen uns gegenseitig“ (*13MI, Lernschwierigkeiten; Neurodivergenz).

Damit verknüpft ist auch der Austausch von Fähigkeiten und Kompetenzen im Team. Beeinträchtigte Personen sind dann nicht nur Empfänger*innen von Unterstützung, sondern leisten diese auch selber. Damit wird Unterstützung zu einem Tauschgeschäft statt einer einseitigen Investition und kann sich mit der Zeit verstetigen.

> *„Ich helfe Menschen. Die anderen, die helfen mir. Und dann geht es immer hin und her“* (13MI, Lernschwierigkeiten; Neurodivergenz).

3.2 Förderliche und hinderliche Bedingungen für soziale Unterstützung

Inwieweit soziale Unterstützung im Arbeitskontext bereitgestellt wird, hängt auch mit den vorhandenen Arbeitsbedingungen zusammen. Diese können maßgeblich bestimmen, wie sich die Sozialkontakte am Arbeitsplatz ausgestalten und inwiefern diese Unterstützung leisten.

Die Befragten schildern, dass sie Unterstützung vor allem von Personen erhalten, die sich am Arbeitsplatz in unmittelbarer Nähe befinden. An einigen Arbeitsplätzen herrscht auch eine Art räumliche Gemeinschaft, die von gegenseitigem Verständnis und guter Unterstützung geprägt ist.

> *„Also ich beziehe mich mal wieder hier auf den Flur. Also wenn ich Probleme habe oder ich weiß nicht, wie ich das schaffen soll, dann haben alle immer ein offenes Ohr für mich und haben mich auch schon öfter mal aufgebaut […]“* (2FK, Körperliche Beeinträchtigung).

Fehlt der persönliche Kontakt – etwa durch unterschiedliche Arbeitszeiten und -orte – berichten die Befragten hingegen von geringerer oder fehlender Unterstützung.

> *„Ich sitze allein auf weiter Flur. Es gibt keine Kollegen. Es gibt keinen, mit dem ich mich mal austauschen könnte“* (29FM, Mehrere Beeinträchtigungen).

Auch die Nutzung digitaler Technologien ist relevant, da sie bestimmt, wie sich der Kontakt zu Kolleg*innen gestaltet. Ein paar Befragte schildern in diesem Kontext kommunikative Einschränkungen und Auswirkungen auf das soziale Miteinander.

> *„Man hat ein berufliches Sozialleben, man tauscht sich privat aus, man tauscht sich dienstlich aus. Eben nicht nur über Telefon und E-Mail, sondern weil manchmal ist auch das Persönliche das Entscheidende. Und das ist definitiv manchmal auch angenehmer, weil ich mag nicht den ganzen Tag hier alleine in meinem Büro sitzen“* (21MK, Körperliche Beeinträchtigung).

Weiterhin spielt es auch eine Rolle, wie viele Sozialkontakte eine Person in ihrer beruflichen Tätigkeit insgesamt hat. Befragte in isolierten Tätigkeiten berichten häufig von einem Mangel an sozialen Interaktionen und einer damit verbundenen geringeren Unterstützung. Im Gegensatz dazu können arbeitsbedingte Kontakte dazu führen, dass Unterstützungsbedarfe schneller erkannt und angesprochen werden.

> *„[…] also man ist ja gerade mit den, ich sag mal, direkten Vorgesetzten und auch mit dem Team […] im direkten Kontakt so und manche Dinge merkt das Team ja auch dann sofort“* (16FK, Körperliche Beeinträchtigung).

Arbeitsbelastung ist ein weiterer entscheidender Aspekt für die soziale Unterstützung. So zeigen gestresste Kolleg*innen eine geringere Unterstützungsbereitschaft oder sind gar nicht in der Lage, Unterstützungsbedarfe wahrzunehmen.

> „*Man ist immer am Rennen. Man kann eigentlich nichts sonst machen, außer die notwendigsten Aufgaben erledigen. Das ist der Alltag. Also da hat niemand Zeit, irgendwie noch zu sagen, ‚Ach. Soll ich deine Kopie noch erledigen?‘ Das ist gar nicht machbar“* (31FS, Sehbeeinträchtigung).

Neben der direkten Zusammenarbeit spielen auch Gelegenheiten zum informellen sozialen Austausch eine wichtige Rolle, da sie Möglichkeiten zur Stärkung und Pflege von Sozialkontakten bieten und sich so indirekt auf soziale Unterstützung auswirken. In diesem Kontext nennen die Befragten bspw. gemeinsame Pausen, Betriebsausflüge und betriebliche Feiern. Dabei wird es als wichtig erachtet, sich über Themen

abseits der Arbeit auszutauschen und sich privat näher kennen zu lernen. Gleichzeitig schildern einige Befragte, dass soziale Gelegenheiten wie Betriebsausflüge nicht immer barrierefrei sind.

> *„Also einen Betriebsausflug habe ich tatsächlich, seit wir das machen, noch nie mitgemacht. Wenn wir privat was im Team machen […], das habe ich eigentlich immer mitgemacht, weil man sich da auch wieder besser kennt. Und die können sich dann eher darauf einstellen“* (21MK, Körperliche Beeinträchtigung).

4. Diskussion

In den Interviews wird deutlich, dass gelingende soziale Unterstützung oftmals das Ergebnis eines gegenseitigen Kennenlern-Prozesses ist, der Zeit und Gelegenheiten erfordert. Dieser Prozess ermöglicht eine bedarfsgerechte Unterstützung, die sich im Arbeitsalltag zu einer Selbstverständlichkeit entwickeln kann, ohne beeinträchtigte Beschäftigte in eine Sonderrolle zu drängen. Zudem gewinnen die unterstützenden Personen mit der Zeit mehr Sicherheit bei der Unterstützung.

An der Notwendigkeit einer gewissen Vertrautheit wird deutlich, dass gelingende soziale Unterstützung nicht nach einem festen Schema abläuft, sondern individuell ist und von Beeinträchtigung, Arbeitssituation und persönlichen Vorlieben abhängt. Besonders wichtig ist, dass die beeinträchtigte Person sich sicher fühlt, ihre Bedarfe und Wünsche zu kommunizieren. Das gilt insbesondere für Personen mit nicht-sichtbaren Beeinträchtigungen, die ihre Beeinträchtigung aus Angst vor negativen Konsequenzen häufig geheim halten (Kulkarni 2021). Da Menschen am Arbeitsplatz danach streben, sich als möglichst kompetent zu präsentieren (Roberts 2005), sollte das soziale Umfeld deutlich machen, dass das Eingeständnis von Unterstützungsbedarf nicht mit einem Mangel an Kompetenz assoziiert wird. Auch zeigt sich, dass ein sensibler Umgang mit anderen beeinträchtigten Kolleg*innen am Arbeitsplatz für eine beeinträchtigte Person ein Signal für Akzeptanz und Verständnis im sozialen Umfeld darstellen kann und die Kommunikation eigener Bedürfnisse erleichtert.

Die vorhandenen Arbeitsbedingungen haben im Hinblick auf soziale Unterstützung eine Doppelrolle: sie beeinflussen sowohl die Gelegenheiten für Unterstützung im Arbeitsalltag als auch die Entwicklung vertrauter sozialer Beziehungen, die wiederum kongruente Unterstützung erlauben. Bestimmte Arbeitsbedingungen – wie eine vermehrte Isolation durch die Individualisierung von Tätigkeiten, eingeschränkte Kommunikation durch die Nutzung digitaler Technologien oder Zeitdruck durch die Intensivierung von Arbeit – hemmen den Aufbau und die Pflege sozialer Kontakte und die Möglichkeiten für soziale Unterstützung.

Daher ist die Schaffung von Gelegenheiten zum sozialen Austausch in- und außerhalb des Arbeitsalltags wichtig. Neben gezielten Maßnahmen für Inklusion wie Aufklärungskampagnen und Schulungen sollten Arbeitgebende ihrer Belegschaft Räume bieten, inklusives soziales Verhalten im Alltag zu erlernen und anzuwenden. Im Sinne des Curb-Cut Effekts kommen solche Maßnahmen, auch wenn sie vorrangig für Inklusion getroffen werden, nicht nur beeinträchtigten Beschäftigten, sondern der gesamten Belegschaft zugute (Blackwell 2017; Cole 2024).

5. Fazit

Soziale Unterstützung im Kontext von Inklusion ist ein gegenseitiger Lernprozess, der Zeit und Gelegenheit benötigt, um sich entfalten zu können. Arbeit muss so gestaltet sein, dass sie diesen Lernprozess ermöglicht. Wo die Arbeitsbedingungen dem entgegenstehen, müssen gezielt Möglichkeiten des Austauschs geschaffen werden. Auch wenn dies zunächst einen Mehraufwand bedeuten kann, darf es keine Hürde dabei sein, Teilhabe voranzubringen.

6. Literatur

Audiotranskription (2024) F4x. Computer Software. dr.dresing & pehl GmbH, Marburg.

Blackwell, AG (2017) The Curb-Cut Effect. Stanf Soc Innov Rev 15(1): 28-33. https://doi.org/10.48558/YVMS-CC96.

Boutin-Foster, C (2005) Getting to the Heart of Social Support: a Qualitative Analysis of the Types of Instrumental Support that are Most Helpful in Motivating Cardiac Risk Factor Modification. Heart & lung: the journal of critical care 34(1):22-29. https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2004.09.002.

Cole, D, Narayanan, S, & Vickery, S (2024) Does Leader Disability Status Influence the Operational Performance of Teams with Individuals with Disabilities? An Empirical Study in the Apparel Industry. J of Ops Management 70(3):459-481. https://doi.org/10.1002/joom.1289.

Jolly, PM, Kong, DT & Kim, KY (2021) Social Support at Work: An Integrative Review. J Organ Behavior 42(2):229-251. https://doi.org/10.1002/job.2485.

Kuckartz U & Rädiker S (2022) Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden. 5. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

Kulkarni, M (2021) Hiding but Hoping to be Found: Workplace Disclosure Dilemmas of Individuals with Hidden Disabilities. Equal Divers Incl 41(3);491-507. https://doi.org/10.1108/EDI-06-2020-0146.

Mathieu M, Eschleman KJ & Cheng, D (2019) Meta-Analytic and Multiwave Comparison of Emotional Support and Instrumental Support in the Workplace. J Occup Health Psychol 24:387-409. https://doi.org/10.1037/ocp0000135.

MAXQDA. Software für qualitative Datenanalyse, 1989–2024, VERBI Software. Consult. Sozialforschung GmbH, Berlin.

Mik-Meyer, N (2016) Disability and 'Care': Managers, Employees and Colleagues with Impairments Negotiating the Social Order of Disability. Work Employ Soc 30(6):984v999. https://doi.org/10.1177/0950017015617677.

Roberts LM (2005) Changing Faces: Professional Image Construction in Diverse Organizational Settings. AMR 30:685-71.

Thoits PA (1986) Social Support as Coping Assistance. J Consult Clin Psychol 54:416-23.

Viswesvaran, C, Sanchez, JI & Fisher, J (1999) The Role of Social Support in the Process of Work Stress: A Meta-Analysis. J Vocat Behav 54:314-334.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Empirische Evaluation der Technologieakzeptanz, voraussichtlichen Nutzung und Beanspruchung einer Anschlussfunktion im öffentlichen Personennahverkehr

Franka WEHR, Lukas BECKERS, Ludger SCHMIDT

Fachgebiet Mensch-Maschine-Systemtechnik, Universität Kassel, Mönchebergstraße 7, D-34125 Kassel

Kurzfassung: Für die hier vorgestellte Laborstudie wurde ein Konzept einer Anschlussfunktion für Umsteigeverbindungen im öffentlichen Personennahverkehr prototypisch umgesetzt und hinsichtlich Technologieakzeptanz, voraussichtlicher Nutzung und Beanspruchung untersucht. Um Aussagen über die Beanspruchung potenzieller Fahrgäste bei einer Fahrt mit Verspätung und gefährdetem Anschluss treffen zu können, wurde ein Szenario simuliert, bei dem ein Anschlusswunsch mitgeteilt werden kann und eine Rückmeldung über dessen Status gegeben wird, und mit einem Szenario ohne diese Möglichkeit verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Technologieakzeptanz und die voraussichtliche Nutzung der Anschlussfunktion sehr hoch sind. Außerdem ist die Beanspruchung bei einer verspäteten Fahrt mit der Anschlussfunktion signifikant geringer.

Schlüsselwörter: Assistive Technologien, Anzeigen, Mensch-Technik-Interaktion, Technikfolgenabschätzung, Fahrgastinformation

1. Einleitung

Mit der Attraktivitätssteigerung des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) kann nicht nur der Individualverkehr reduziert werden, sondern auch ein Beitrag zum Erreichen der nationalen Klimaschutzziele und der Einhaltung der Zielvorgaben Europas (Bundesministerium der Justiz 2019) geleistet werden. Aamaas et al. (2013) zeigten in einer Studie zum klimatischen Einfluss durch Reiseverhalten, dass der Anteil der Emissionen durch motorisierten Individualverkehr deutlich höher ist als jener durch den öffentlichen Verkehr. Die Autoren betonen, dass individuelle Verhaltensänderungen wie der Wechsel von Reisemodalitäten zu nützlichen Emissionsreduzierungen führen kann. Um Änderungen im Reiseverhalten anzuregen, müssen Nutzungsbarrieren reduziert werden, und der Zugang zu alternativen Reisemodalitäten muss leichter und komfortabler werden (Hamidi & Zhao 2020). Nutzungsbarrieren des öffentlichen Verkehrs sind unter anderem die geringe Kontrolle über die Reisezeiten, geringer Platz in den Fahrzeugen und logistische Schwierigkeiten wie lange Wartezeiten (Ramos et al. 2019). Eine weitere Hürde für den Wechsel vom Auto zum öffentlichen Verkehr ist die Verkettung von Fahrten, die mit dem Auto leichter erscheint (Hensher & Reyes 2000). Ein Hauptgrund vieler Fahrgäste, den öffentlichen Verkehr nicht zu nutzen, sind verpasste Anschlüsse (Chowdhury et al. 2015). Im Personennahverkehr sind den Verkehrsunternehmen die von Fahrgästen tatsächlich genutzten Umsteigeverbindungen nicht bekannt. Einige Verkehrsunternehmen versuchen, den

unkomfortablen Wartezeiten und verpassten Anschlüssen mit manuellen oder automatischen Anschlusssicherungen, so genannten geplanten Anschlüssen, für vermutete Umsteigeverbindungen entgegenzuwirken (Faulhaber et al. 2022).

Ein darüber hinausgehender Lösungsansatz sieht vor, dass dem Fahrgast die Möglichkeit gegeben wird, seinen Anschlusswunsch zu signalisieren, wenn ein Umstieg durch Verspätung eines öffentlichen Verkehrsmittels gefährdet ist, damit das Verkehrsunternehmen den Anschluss sicherstellen und verlässliche Informationen dazu bereitstellen kann. Ein solches Konzept zur Abgabe eines Anschlusswunsches und der Rückmeldung über dessen Status an den Fahrgast wurde prototypisch umgesetzt und hinsichtlich Technologieakzeptanz und voraussichtlicher Nutzung empirisch untersucht. Hierfür wurde Forschungsfrage 1 formuliert.

F1: *Welche Aussagen lassen sich hinsichtlich der Technologieakzeptanz und der voraussichtlichen Nutzung der Anschlussfunktion treffen?*

Weiterhin wurde die Beanspruchung potenzieller Fahrgäste bei einer Fahrt mit Verspätung und gefährdetem Anschluss erfasst. Dabei stellt sich Forschungsfrage 2.

F2: *Wie wirkt sich die Verfügbarkeit der Anschlussfunktion auf die Beanspruchung von potenziellen Fahrgästen in einem Umstiegsszenario aus?*

Um die Forschungsfrage F2 zu beantworten, wird folgende Hypothese untersucht:

Die Beanspruchung potenzieller Fahrgäste unterscheidet sich bei Verfügbarkeit einer Anschlussfunktion von jener ohne Anschlussfunktion.

2. Methode

Die Laborstudie wurde im Within-Subject-Design durchgeführt und setzte sich aus zwei Versuchsläufen (*ohne* und *mit Anschlussfunktion*) zusammen. Das in der Studie verwendete Szenario umfasste eine Anschlusssituation zwischen zwei Fahrzeugen des ÖPNV. Die Teilnehmer sollten sich vorstellen, dass ihre Straßenbahn Verspätung hat, so dass der Anschlussbus ggf. nicht mehr erreicht werden kann. Das Labor wurde für die Studie in zwei Bereiche geteilt. Abbildung 1 gibt einen Eindruck vom Laboraufbau.



***Abbildung 1**: Laboraufbau mit Fahrzeugterminal, Innenanzeiger und Straßenbahnsimulator (links) und Haltestellenanzeiger, Straßenbahnsitzen und Bereich zum Ausfüllen der Fragebögen (rechts).*

Ein Bereich diente dem Ausfüllen der Fragenbögen und als Rückzugsmöglichkeit für den Studienleiter. Der zweite Bereich, in dem die Teilnehmer in das Szenario eintauchten, stellte die Situation in einer Straßenbahn nach. Dafür wartete der Teilnehmer zunächst auf die einfahrende Straßenbahn und konnte ihr Eintreffen an einem Haltestellenanzeiger verfolgen. Nach dem Einstieg konnte der Teilnehmer auf einem

von drei Straßenbahnsitzen Platz nehmen und auf einer Leinwand hinter dem Fahrersitz der Simulation einer Straßenbahnfahrt folgen. Ein Innenanzeiger gab Auskunft über die folgenden Haltestellen und die Anschlussmöglichkeiten am nächsten Halt (Abbildung 2 a). Im Szenario *mit Anschlussfunktion* nutzten die Teilnehmer das Terminal im Fahrzeug (in Abbildung 1 ganz links dargestellt), um ihren Anschlusswunsch für einen Bus abzugeben (Abbildung 2 c und d) und erhielten über den Innenanzeiger (in Abbildung 1 links oben dargestellt) vor Erreichen der Umstiegshaltestelle die Information darüber, dass der Bus wartet (Abbildung 2 b). Im Versuchslauf *ohne Anschlussfunktion* blieben die Teilnehmer darüber im Unklaren. In beiden Versuchsläufen konnte nach Ankunft an der Umstiegshaltestelle am Haltestellenanzeiger (in Abbildung 1 rechts oben dargestellt) abgelesen werden, ob der Bus erreicht werden konnte. Die Reihenfolge der Versuchsläufe wurde permutiert, um Sequenzeffekte zu vermeiden.

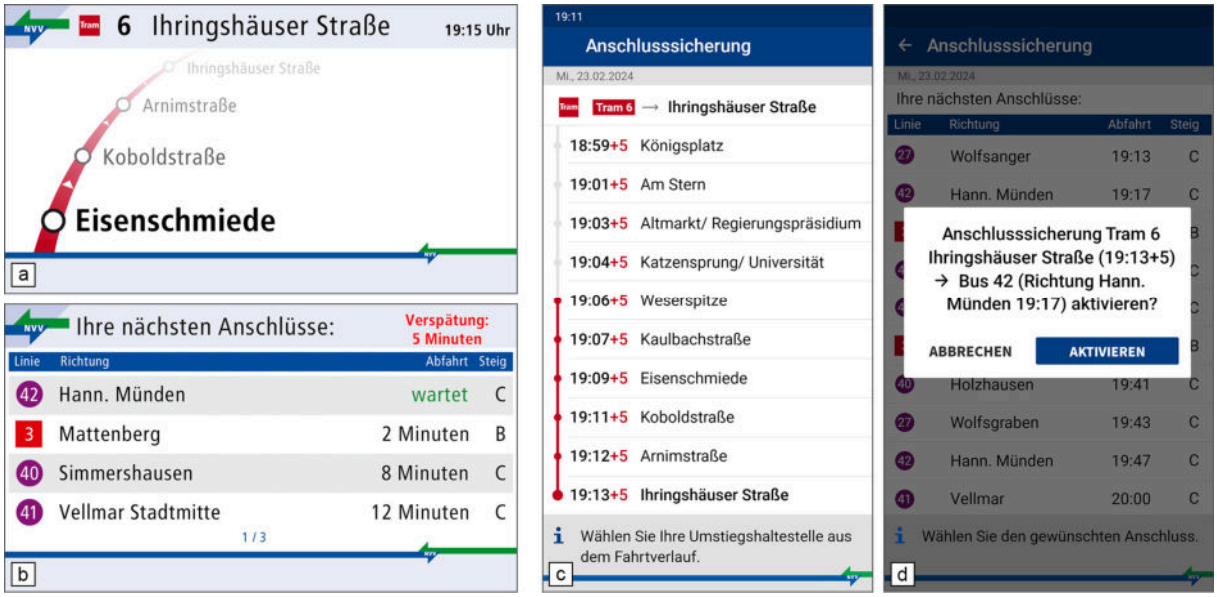


***Abbildung 2**: Darstellungen am Innenanzeiger (a), ergänzt um Wechselanzeige mit Anschlussinformationen (b) und Eingabe des Anschlusswunsches am Terminal (c und d).*

Zu Beginn der Studie erhielten die Teilnehmer eine standardisierte mündliche Einführung. Die Technikaffinität der Teilnehmer wurde mit dem TA-EG-Fragebogen auf einer 5-Punkt-Likert-Skala erhoben (Karrer et al. 2009). Um die aufzuwendende Zeit pro Teilnehmer gering zu halten, wurden zur Erhebung der Technologieakzeptanz und des voraussichtlichen Nutzungsverhaltens vier Aussagen verwendet, die auf den Konstrukten des Technology Acceptance Model (TAM) (Davis 1985) und Items der Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) (Venkatesh et al. 2003) beruhen und für die Evaluation der Anschlussfunktion angepasst wurden. In Tabelle 1 sind die Referenzitems aufgelistet, die aus der UTAUT passend zu Konstrukten des TAM ausgewählt wurden. Die Teilnehmer bewerteten die vier Aussagen auf einer 5-Punkt-Likert-Skala von *stimme zu* bis *stimme nicht zu*. Diese Bewertung erfolgte nur für das Szenario *mit Anschlussfunktion*.

Um die Hypothese zur Beanspruchung zu prüfen, wurde die Beanspruchung nach beiden Versuchsläufen je *ohne* und *mit Anschlussfunktion* anhand des NASA-TLX (Hart & Staveland 1988) erhoben. Die Versuchsdauer pro Teilnehmer betrug ca. eine Stunde.

Tabelle 1: *TAM-Konstrukte mit Aussagen und Referenzitems der UTAUT.*

Konstrukt	Aussage	Referenzitem
Nutzungsabsicht	Ich denke, dass ich die Anschlusssicherung weiterhin benutzen werde.	BI1
Wahrgenommene Einfachheit der Nutzung	Ich finde die Anschlusssicherung einfach zu benutzen	EOU6
Wahrgenommene Nützlichkeit	Die Anschlusssicherung empfinde ich als nützlich.	U6
Einstellung zur Nutzung	Ich bin mit der Funktion der Anschlusssicherung zufrieden.	A1

3. Ergebnisse

Unter den 30 Versuchspersonen befanden sich 15 weibliche und 15 männliche Teilnehmer im Alter zwischen 20 und 65 Jahren (*M* = 32,3 Jahre; *SD* = 15,1 Jahre). Den ÖPNV nutzten elf Teilnehmer täglich, neun Teilnehmer an zwei bis drei Tagen pro Woche, drei Teilnehmer einmal wöchentlich und zwei Teilnehmer seltener als monatlich. Die Stichprobe wies eine Technikaffinität (TA-EG-Wert) von 3,37 (*SD* = 0,34) auf.

Die Ergebnisse zur Technologieakzeptanz erreichten in allen Konstrukten ähnlich hohe Werte, welche in Tabelle 2 aufgelistet sind.

Tabelle 2: *Übersicht der Ergebnisse zur Technologieakzeptanz*

	Nutzungs-absicht	Wahrgenommene Einfachheit der Nutzung	Wahrgenommene Nützlichkeit	Einstellung zur Nutzung
MD	4,77	4,87	4,84	4,84
SD	0,76	0,34	0,37	0,37

Die Ergebnisse der Auswertung des NASA-TLX sind in Abbildung 3 zu sehen. Die Beanspruchung *ohne Anschlussfunktion* erreicht einen Mittelwert von 40,37 (*SD* = 21,4) und *mit Anschlussfunktion* einen Mittelwert von 25,99 (*SD* = 12,7).

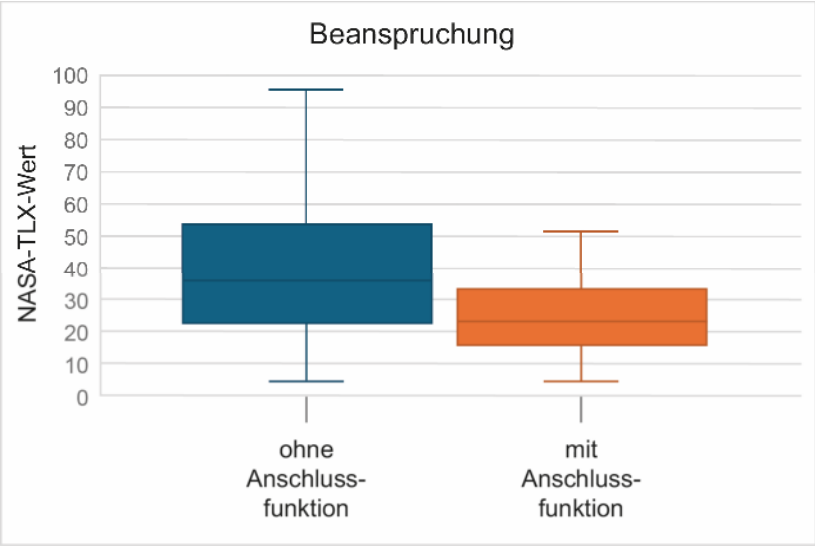


Abbildung 3*: Boxplots der Beanspruchung ohne und mit Anschlussfunktion.*

Für die Daten der Beanspruchung liegt keine Normalverteilung vor. Daher wurde ein Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test berechnet, um die Auswirkung der Nutzung der Anschlussfunktion auf die Beanspruchung zu überprüfen. Bezüglich der Beanspruchung war die Verteilung der Differenzen gemäß visueller Inspektion des Histogramms symmetrisch. Es zeigt sich eine statistisch signifikante Verringerung der Beanspruchungswerte (*MD* = -15,3) *ohne Anschlussfunktion* (*MD* = 35,8) gegenüber *mit Anschlussfunktion* (*MD* = 23,5), $Z = 2{,}993$, $p = 0{,}003$, $r = 0{,}546$. Nach Cohen (1988) liegt ein starker Effekt vor.

Da sich die Hypothese zur Beanspruchung bestätigt, wurden auch die Teilskalen des NASA-TLX auf signifikante Unterschiede untersucht, um genauere Aussagen über den Unterschied in der Beanspruchung bezüglich der Nutzung der Anschlussfunktion treffen zu können. Da die Datensätze der Teilskalen keine Normalverteilung aufweisen, wurden die Verteilungen der Differenzen visuell inspiziert. Aufgrund symmetrischer Verteilungen konnte für die Teilskalen geistige Anforderung, Anstrengung und Frustration der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test durchgeführt werden. Da die Verteilungen der Differenzen der Teilskalen Leistung, körperliche und zeitliche Anforderung nicht symmetrisch waren, wurde hier der Vorzeichen-Test angewandt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: *Übersicht der Teilbeanspruchungen und Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests bzw. des Vorzeichen-Tests.*

	MD ohne Anschluss-funktion	**MD mit Anschluss-funktion**	**Z**	**p**	**Sig.**	**r**
Geistige Anforderung	4,15	7,50	-1,327	0,185	-	-
Körperliche Anforderung	0,30	0,85	0,873	0,383	-	-
Zeitliche Anforderung	4,35	2,70	0,189	0,850	-	-
Leistung	2,15	3,50	0,385	0,700	-	-
Anstrengung	2,35	2,00	1,842	0,065	-	-
Frustration	17,30	1,00	3,896	< 0,001	***	0,710

4. Diskussion

Die Technikaffinität der Stichprobe liegt etwas über dem mittleren Bereich. Die Teilnehmer der Studie scheinen demnach moderat technikaffin zu sein.

Da die Ergebnisse zur Technologieakzeptanz in allen vier Konstrukten sehr hohe Werte zeigen (Tabelle 2), kann davon ausgegangen werden, dass die Anschlussfunktion voraussichtlich genutzt werden wird.

Die Beanspruchung während der Fahrt mit der Anschlussfunktion wird von den Teilnehmern deutlich geringer wahrgenommen als ohne Anschlussfunktion. Unter Betrachtung der Teilskalen der Beanspruchung kann festgestellt werden, dass der Unterschied in der Frustration höchst signifikant ist, also die Frustration der potenziellen Fahrgäste mit der Anschlussfunktion deutlich gesenkt werden kann. Da alle übrigen Teilskalen keinen signifikanten Unterschied aufweisen, wie Tabelle 3 zu entnehmen, scheint die Teilskala Frustration die größte Wirkung auf die Beanspruchung zu haben.

5. Fazit und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Angebot der Anschlusssicherung sehr wahrscheinlich von den Fahrgästen des ÖPNV angenommen und genutzt werden würde. Zudem würde sich voraussichtlich die Frustration, die beim Fahren mit verspäteten Fahrzeugen entstehen kann, deutlich senken und damit die Beanspruchung der Fahrgäste bei Nutzung des ÖPNV verringern. Somit befürworten die Ergebnisse die Einführung einer Funktion zur Anschlusssicherung im ÖPNV. Auf diese Weise können Nutzungsbarrieren abgebaut und der öffentliche Verkehr gestärkt werden.

In dieser Laborstudie wurde zunächst die Umsetzung der Anschlussfunktion mit einem Terminal im Fahrzeug untersucht. Im nächsten Schritt bewerteten Fahrgäste bei einer begleiteten Untersuchung in Straßenbahnen die Anschlussfunktion, die in einer mobilen App des Verkehrsverbundes eingebettet wurde, so dass damit auch der Realitätsgrad erhöht wurde. Die Umsetzung in den öffentlichen Realbetrieb, die nun in einer Feldstudie untersucht werden soll, erfolgte dann in einem dritten Schritt.

6. Literatur

Aamaas B, Borken-Kleefeld J, Peters GP (2013) The Climate Impact of Travel Behavior: A German Case Study with Illustrative Mitigation Options. Environmental Science & Policy 33:273–282.

Bundesministerium der Justiz: Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) (2019), Aufgerufen am 26.10.2022. https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/BJNR251310019.html.

Chowdhury S, Ceder A, Schwalger B (2015) The effects of travel time and cost savings on commuters' decision to travel on public transport routes involving transfers. Journal of Transport Geography 43:151–159.

Cohen J (1988) Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2. Aufl. Hillsdale: Erlbaum.

Davis FD (1985) A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems : theory and results. Massachusetts Institute of Technology. Dissertation

Faulhaber AK, Hegenberg J, Kahnt SE, Lambrecht F, Leonhäuser D, Saake S, Wehr F, Schmidt L, Sommer C (2022) Development of a Passenger Assistance System to Increase the Attractiveness of Local Public Transport. Sustainability 14(7):1–17 (4151).

Hamidi Z, Zhao C (2020) Shaping Sustainable Travel Behaviour: Attitude, Skills, and Access All Matter. Transportation Research Part D: Transport and Environment 88:1–18 (102566).

Ramos S, Vicente P, Passos AM, Costa P, Reis E (2019) Perceptions of the Public Transport Service as a Barrier to the Adoption of Public Transport: A Qualitative Study. Social Sciences 8(5):1–16 (150).

Hart SG, Staveland LE (1988) Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In: Hancock PA, Meshkati N (Eds) Human Mental Workload, Volume 52. Amsterdam: Elsevier, 139–183.

Hensher DA, Reyes AJ (2000) Trip Chaining as a Barrier to the Propensity to Use Public Transport. Transportation 27(4):341–361.

Karrer K, Glaser C, Clemens C, Bruder C (2009) Technikaffinität erfassen – der Fragebogen TA-EG. In: Lichtenstein A, Stößel C, Clemens C (Hrsg.) Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme. Düsseldorf: VDI-Verlag, 194–199.

Venkatesh V, Morris MG, Davis GB, Davis FD (2003) User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. MIS Quarterly 27(3):425–478.

Danksagung: Das Vorhaben U-hoch-3 wurde mit Mitteln des BMBF unter dem Förderkennzeichen 16SV8241 gefördert. Wir danken den Projektpartnern für ihre Unterstützung.

Discussion on Music Therapy Industry and Development of Musical Instruments

CHIANG-CHENG-WEI

National Taiwan University,
Roosevelt Road, Section 4, No. 1, 106319 Taipei,Taiwan (R.O.C.)

Abstract: This study explores the current development and application of the music therapy industry in Taiwan, focusing on addressing challenges faced by clinical psychologists and therapists in therapeutic practices. By integrating principles from human factors engineering, psychology, and acoustics, this research aims to design a novel music therapy instrument that reduces entry barriers for both therapists and patients. The instrument is developed with accessibility and interactivity in mind, enhancing patient engagement and participation during therapy sessions.
The research methodology involves three stages: an initial questionnaire to understand perceptions of music therapy, the conceptual design and prototyping of the instrument, and iterative testing based on clinical feedback. The final design emphasizes ease of use, acoustic optimization, and ergonomic considerations.
Results indicate that the proposed instrument significantly improves the efficiency of therapy and fosters stronger interaction between therapists and patients. Furthermore, the study highlights the potential of incorporating interdisciplinary knowledge to address real-world healthcare challenges, ultimately contributing to the advancement of the music therapy industry in Taiwan.

Keywords: Music therapy, ergonomic design, product development, clinical psychology

1. Introduction

Music therapy, with origins in ancient civilizations like Egypt and Greece, has evolved into a scientific discipline benefiting mental health, rehabilitation, and cognitive development. However, in Taiwan, its application remains limited due to a lack of awareness,suitable tools, and patient engagement strategies, hindering its widespread use in clinical settings.

This study proposes an innovative music therapy instrument that integrates human factors engineering, acoustics, and psychology to enhance therapeutic experiences. Designed to be user-friendly, cost-effective, and interactive, the instrument improves engagement and therapy outcomes by fostering deeper therapist-patient connections.

By combining engineering, psychology, and design, this research highlights the potential of music therapy in Taiwan and demonstrates the importance of interdisciplinary approaches in addressing healthcare challenges.

2. Literature Review

Music therapy has evolved significantly over the centuries, transforming from traditional practices rooted in ancient cultures to a well-recognized therapeutic discipline. This section reviews existing literature across four key areas: the physiological mechanisms of music therapy, the education and training of music therapists, regulatory frameworks in leading countries, and the clinical applications of music therapy.

2.1 Physiological Mechanisms of Music Therapy

Research demonstrates that music therapy influences the human body through various physiological mechanisms. Studies have shown that music activates multiple brain regions associated with emotions, cognition, and memory, such as the frontal lobe, temporal lobe, and hippocampus. Imaging techniques, such as fMRI, reveal structural and functional changes in the brain following music therapy, particularly in treating PTSD and stroke rehabilitation. Additionally, music therapy modulates hormones and neurotransmitters, such as reducing cortisol (stress-related hormone) and increasing serotonin and dopamine (associated with pleasure and mood regulation). These effects contribute to alleviating anxiety, depression, and stress. Furthermore, music therapy has been shown to regulate cardiovascular functions, including heart rate, blood pressure, and respiratory patterns, making it a valuable tool for post-surgery recovery and chronic disease management.

2.2 Education and Training of music Therapists

The professionalization of music therapy has led to the establishment of standardized training and certification programs. Organizations like the World Federation of Music Therapy (WFMT) and the American Music Therapy Association (AMTA) have played pivotal roles in advancing education standards. Programs typically include interdisciplinary coursework in psychology, music, and biomedical sciences, supplemented by clinical internships to ensure practical experience.In addition, continuing education is vital for music therapists to stay updated on evolving therapeutic methods. Conferences, workshops, and collaborative research initiatives promote lifelong learning and foster global collaboration among practitioners.

Different countries have implemented various regulatory frameworks to standardize music therapy practices.

1. United States: Music therapists are required to complete AMTA-approved programs and pass the Board Certification Exam to earn the Music Therapist-Board Certified (MT-BC) credential. Some states also require licensing or registration.
2. United Kingdom: Practitioners must register with the Health and Care Professions Council (HCPC) and complete recognized training programs.
3. Canada and Australia: National associations oversee certification, emphasizing ethical practices and professional development. These frameworks ensure service quality, protect patient rights, and support professional growth in the field.

3. Methodology

This study employed a structured research methodology designed to develop a novel music therapy instrument and evaluate its potential impact. The methodology

was divided into three key stages: preliminary investigation, design and prototyping, and testing and feedback.

3.1 Research Design

The study adopted a mixed-methods approach, combining quantitative and qualitative data collection techniques to ensure a comprehensive understanding of the target users' needs and preferences. This approach facilitated the integration of user feedback into the instrument's iterative design process.

3.2 Stage 1: Preliminary Investigation

3.2.1 Target Group Selection

The target group for this study consisted of adults aged 20 to 65, primarily healthcare professionals, therapists, and individuals without formal music training. This selection was made to ensure the developed instrument would be accessible to users with diverse backgrounds.

3.2.2 Questionnaire Design

A structured questionnaire was distributed to gather data on the participants' perceptions of music therapy, challenges faced during therapy sessions, and their expectations for a therapeutic instrument. The questionnaire covered the following areas:

1. Awareness of music therapy and its perceived benefits.
2. Preferences for instrument design, including ease of use, sound quality, and portability.
3. Barriers to adopting music therapy in their professional or personal practices.

3.3 Stage 2: Design and Prototyping

3.3.1 Design Framework

The design process was guided by principles from human factors engineering, psychology, and acoustics. The goal was to create an instrument that is intuitive, ergonomic, and acoustically optimized for therapeutic use. Key considerations included:

1. Ergonomic Design: Ensuring the instrument is accessible to individuals with limited motor skills or disabilities.
2. Acoustic Optimization: Selecting materials and structural configurations to produce soothing and resonant sounds.
3. Ease of Use: Designing features that enable therapists and patients to use the instrument with minimal training.

3.3.2 Prototyping Process

Computer-Aided Design (CAD) software was used to create initial prototypes. The materials were selected based on acoustic properties and user safety, including non-corrosive steel strings and a wooden resonance box for enhanced sound quality. Prototypes were then manufactured and refined based on design evaluations.

3.4 Stage 3: Testing and Feedback

3.4.1 Pilot Testing

The prototypes were tested in collaboration with therapists and patients in clinical and non-clinical settings. Participants were asked to use the instrument during therapy sessions and provide feedback on its usability, sound quality, and therapeutic effectiveness.

3.4.2 Data Collection and Analysis

Quantitative data, such as user ratings of design features, and qualitative feedback, including open-ended responses, were collected. Data analysis focused on identifying common themes and areas for improvement. Iterative refinements were made based on the feedback to ensure the instrument met user needs effectively.

3.5 Ethical Considerations

All participants provided informed consent prior to their involvement in the study. Data collection adhered to ethical guidelines, ensuring participant confidentiality and voluntary participation.

3.6 Limitations

While this study successfully developed a therapeutic instrument, it was limited by its small sample size and the restricted testing period. Future studies should aim to validate the instrument's effectiveness across larger and more diverse populations.

4. Discussion

This study aimed to address the challenges faced by music therapists and patients in clinical applications by designing an ergonomic and user-friendly therapeutic instrument. The findings and insights gained during the development and testing phases highlight several important aspects worth discussing.

4.1 Comparison with Existing Instruments

Existing therapeutic instruments often suffer from limitations such as high costs, complexity, or lack of adaptability for diverse user groups. In contrast, the proposed instrument prioritizes ease of use, accessibility, and affordability. By integrating human factors engineering and acoustic optimization, the instrument bridges the gap between professional-grade therapeutic tools and accessible designs for broader user groups. The innovative combination of single-string and harmonic double-string configurations demonstrated its ability to cater to both novice and professional users. This dual design ensures that the instrument provides therapeutic benefits without requiring extensive musical training, addressing a major barrier in traditional therapeutic instruments.

4.2 Engagement and Therapeutic Effectiveness

One of the core objectives of the instrument was to enhance patient engagement during therapy sessions. Feedback from pilot tests showed that the instrument's intuitive design and rich acoustic output encouraged active participation from patients. This aligns with research suggesting that active involvement in therapeutic activities fosters better emotional and psychological outcomes.

Furthermore, therapists reported improved interactions with patients, as the instrument served as both a therapeutic tool and a medium for communication. The instrument's design effectively facilitated group therapy sessions and individualized care, showcasing its versatility across different therapeutic contexts.

4.3 Interdisciplinary Approach and Design Implications

The interdisciplinary approach of this study—combining psychology, engineering, and acoustics—was instrumental in achieving a holistic solution. Each discipline contributed critical insights:

1. Engineering: Ensured the instrument was ergonomic and durable.
2. Psychology: Focused on user-centered design and emotional resonance.
3. Acoustics: Optimized the sound quality to elicit therapeutic benefits.

This approach not only enhanced the functionality of the instrument but also demonstrated the value of cross-disciplinary collaboration in addressing complex healthcare challenges. Future research and development could further explore the integration of digital technologies, such as sensors or feedback systems, to enhance the instrument's therapeutic capabilities.

4.4 Challenges and Limitations

Despite its promising results, the study encountered several challenges. The small sample size during pilot testing limited the generalizability of findings. Additionally, time constraints restricted the opportunity for extended testing in diverse clinical settings. These limitations underscore the need for future studies to validate the instrument’s effectiveness with larger and more heterogeneous populations.

Another challenge was balancing the instrument's complexity with ease of use. While the current design is intuitive, further refinements are needed to simplify its operation for patients with severe motor or cognitive impairments.

4.5 Future Perspectives

The findings of this study open up opportunities for further research and development. Future work could focus on:

1. Digital Integration: Incorporating feedback systems or mobile applications to monitor and adjust therapy sessions in real time.
2. Customization: Developing modular designs to adapt the instrument for different therapeutic contexts, such as pediatric or geriatric care.
3. Broader Application: Expanding testing to diverse cultural and clinical environments to understand its global applicability.

4.6 Implications for the Music Therapy Industry

This study contributes to the growing body of evidence supporting the role of music therapy in healthcare. By addressing barriers to accessibility and engagement, the instrument has the potential to advance the industry by providing practical, innovative tools for therapists. Furthermore, the emphasis on interdisciplinary collaboration sets a precedent for future innovations in the field.

5. Conclusion

This study focuses on designing an innovative music therapy instrument by integrating human factors engineering, psychology, and acoustics. The instrument aims to break accessibility barriers, enhance patient engagement, and improve therapist-patient interaction. With its user-friendly, acoustically optimized, and ergonomic design, it caters to users of all skill levels. Pilot testing confirmed its effectiveness in boosting participation, reducing stress, and fostering a positive therapeutic environment.

The research highlights the value of interdisciplinary collaboration, combining insights from various fields to create user-centered solutions for healthcare. Despite its success, the study acknowledges limitations such as a small sample size and brief testing period. It recommends future research with larger populations and advanced technologies, like digital feedback systems, to enhance therapeutic outcomes.

In conclusion, this research advances music therapy practices, demonstrating the potential of innovative instruments to support mental and physical well-being and drive future developments in the field.

6. Reference

Bradt J, Dileo **C,** Potvin N (2013) Music for stress and anxiety reduction in coronary heart disease patients. Cochrane Database of Systematic Reviews 12:CD006577.

Gold C, Solli HP, Krüger V, Lie SA (2009) Dose-response relationship in music therapy for people with serious mental disorders: Systematic review & meta-analysis. Clinical Psychology Rev. 29:193-207.

Maratos AS, Gold C, Wang X, Crawford MJ (2008) Music therapy for depression. Cochrane Database of Systematic Reviews 1:CD004517.

Raglio A, Gianelli MV, Baiardi P, Ubezio MC, Villani D, Sguazzin C, Imbriani M **(2006**) Effects of music therapy on psychological symptoms and heart rate variability in patients with dementia. A pilot study. Current Aging Science 3:242-246.

Acknowledgement: I would like to express my deepest gratitude to my advisor for their invaluable guidance and encouragement throughout this research. I am also grateful to the music therapists, psychologists, and participants who contributed their time and expertise, as well as to my family and friends for their unwavering support. Lastly, I extend my thanks to National Taiwan University for providing the resources necessary to complete this study.

Mikroszenarien zur Technologieanalyse: Duale Interpretation als Persönlichkeitsfaktoren und Technologiezuschreibungen auf Akzeptanzkarten

Philipp BRAUNER

Lehrstuhl für Kommunikationswissenschaft,
RWTH Aachen University,
Campus Boulevard 57, D-52074 Aachen

Kurzfassung: Für eine menschengerechte Technologieentwicklung sind Studien zur Technologiewahrnehmung essenziell. Dieser Artikel stellt Mikroszenarien als integrative Methode vor, um mentale Modelle und die soziale Akzeptanz vieler Technologien mithilfe weniger Einzelitems in Umfragen zu erfassen. Mikroszenarien bieten zwei Interpretationsperspektiven: Perspektive 1) Die durchschnittlichen Technologiebewertungen der Teilnehmenden werden als reflexive Messung latenter Persönlichkeitsmerkmale betrachtet und mit anderen Persönlichkeitsfaktoren verknüpft. Perspektive 2) Die aggregierten Bewertungen werden als Technologiezuschreibungen interpretiert und ermöglichen vergleichende Rankings, die Identifikation kritischer Technologien und deren räumliche Positionierung auf Akzeptanzkarten. Dieser duale empirische Ansatz modelliert akzeptanzrelevante Faktoren sowohl auf individueller Ebene als auch auf Technologieebene.

Schlüsselwörter: Fragebogen, Mentale Modelle, Zuschreibungen, Psychometrie, Technologieakzeptanz, Kognitive Karten

1. Motivation

Das Verständnis der öffentlichen Wahrnehmung von Technologie ist entscheidend, um Forschung, Entwicklung und Governance in Einklang zu bringen und Technologien mit unseren Normen und Werten zu harmonisieren. Es gibt verschiedene Methoden zur Bewertung von Technologien oder darauf aufbauenden Dienstleistungen, von szenario-basierten Ansätzen über Living Labs bis hin zu praktischen Erfahrungen mit verfügbaren Technologien (Tran & Daim, 2008). Empirische Ansätze nutzen dabei meist modellbasierte Ansätze der Technologieakzeptanz, die verschiedene Bewertungsdimensionen und die Absicht zur und die tatsächliche Nutzung in Beziehung setzen (Marangunić & Granić 2015). Andere Ansätze fokussieren affektive Bewertungen und soziale Wahrnehmung (Agogo & Hess 2018). Zudem erfolgt oft eine Abwägung spezifischer wahrgenommener Vor- und Nachteile, die die Akzeptanz beeinflussen (Offermann-van Heek & Ziefle 2019). Eine breite Perspektive, die eine vergleichende Bewertung vieler Technologien und damit eine Meta-Perspektive ermöglicht, wird weitaus seltener umgesetzt (Rahimi 2018). Der Mikroszenarien-Ansatz schließt diese Lücke, da in einem einzelnen Fragebogen viele Technologien anhand weniger ausgewählter Antwortvariablen bewertet werden, um mentalen Modelle zu extrahieren und akzeptanzrelevante Faktoren zu modellieren.

2. Ansatz

Bei Mikroszenarien-Studien werden eine Vielzahl verschiedener kurzer Szenarien präsentiert, deren Bewertung anhand weniger, ausgewählter Antwortvariablen gemessen wird (Brauner 2024). Die erhobenen Daten können sowohl als individuelle Dispositionen interpretiert und mit anderen Persönlichkeitsvariablen in Beziehung gesetzt werden. (als Durchschnittswerte für jeden Teilnehmendem, Perspektive 1) oder als Technologiezuschreibungen (als Durchschnittswerte für jede Technologie, Perspektive 2) analysiert und visuell auf Zuschreibungskarten dargestellt werden.

2.1 Gestaltungsempfehlungen eines Fragebogens mit Mikroszenarien

Die Szenarien können in Form eines kurzen Textes, Bildern oder – in extremen Fällen – nur eines einzigen Wortes dargestellt werden. Detailliertere Beschreibungen können die Technologien besser erklären, wohingegen letzteres rein affektiven Assoziationen der Teilnehmenden zu den Begriffen messbar macht.

Jedes Szenario wird anhand wenigen Antwortitems bewertet. Welche Dimensionen verwendet werden, hängt von der spezifischen Forschungsfrage ab. Beispiele sind etwa Risiko, Nutzen und Gesamtbewertung einer Technologie, um Risiko-Nutzen-Abwägungen zu identifizieren (siehe etwa Sigrist 2007); die Nutzungsabsicht und tatsächliche Nutzung (Marangunić & Granić 2015) um Motive für Softwarenutzung zu untersuchen; die wahrgenommene Sensibilität von Datentypen und die Bereitschaft diese für Life-Logging oder Monitoring am Arbeitsplatz zu teilen (vgl. Tolsdorf et al. 2022); oder andere, zur spezifischen Forschung passende, abhängige Variablen.

Zur Erfassung der Zielvariablen sollten unterschiedliche (orthogonale) Aspekte auf Einzelfragen-Skalen (Single-Item-Scales) genutzt werden. Trotz ihrer Kürze ermöglichen diese oft reliable Messungen (Rammstedt und Beierlein 2014). Die Nutzung von Semantischen Differentialen (e.g., „sicher – risikoreich“) ist sinnvoll: Sie sind kognitiv leicht zu verarbeiten, haben metrische Eigenschaften und einen intuitiven Nullpunkt (Verhagen et al. 2018), womit sie sich auf für visuelle Darstellung als Karte eigenen. Typischerweise können vier bis acht Bewertungsitems eingesetzt werden.

Zur Vermeidung von Reihenfolgeneffekten sollten die Szenarien in zufälliger Reihenfolge abgefragt werden (Revelle und Garner 2024), wobei bei vielen Szenarien (etwa mehr als 15) auch ein Zufallssampling aus dem Szenarienpool genutzt werden kann. Die Zielvariablen sollten in konstanter Reihenfolge abgefragt werden, um den kognitiven Aufwand der Teilnehmenden zu reduzieren (Tourangeau et al. 2000). Insgesamt ermöglicht dies eine kognitiv leichte und dennoch reliable Messung sowohl der individuellen wie auch der technologiebezogenen Zuschreibungen über eine Vielzahl an Technologien (Brauner 2024).

2.2. Interpretation und Darstellung der Daten

Abbildung 1 illustriert einen typischen Datensatz aus einer Fragebogenstudie mit Mikroszenarien. Im obere Datensatz steht jede Zeile für die Antworten der Teilnehmenden, wobei die Spalten typischerweise in Blöcke organisiert sind: Neben Alter, Geschlecht und anderen Nutzervariablen finden sich je mehrere Spalten für jede Abhängige Variable für jede abgefragte Technologie. Hier können durch einfache Mittelwertberechnungen (horizontal durch den Datensatz) die individuellen durchschnittlichen Bewertungen der jeweiligen Teilnehmenden berechnet und als reflexive Messung latenter Persönlichkeitsfaktoren interpretiert werden (Perspektive 1), wobei sich

auch die Reliabilität der Messung, etwa über Cronbachs α oder McDonalds ω, bestimmen lässt. Diese Persönlichkeitsfaktoren lassen sich nun mit anderen Persönlichkeitsmerkmalen auf Zusammenhänge untersuchen (etwa der Einfluss von Alter oder Geschlecht auf die Technologiebewertung).

Ergänzend lassen sich die Bewertungen jeder Technologie als Durchschnitts- und ggf. Streuungswerte über alle Teilnehmenden hinweg berechnen (vertikal durch den Datensatz) und als neuen Datensatz mit den Technologiezuschreibungen abbilden (Perspektive 2). Für jede abgefragte Technologie existiert im resultierenden Datensatz eine Zeile und für jede abgefragte Dimension verschiedene Spalten (etwa mit Mittelwert und Standardabweichung der jeweiligen Technologiebewertung, siehe Abb. 1 unten). Dieser zweite Datensatz dient als Grundlage für weitere Analysen: Die abgefragten Technologien können etwa nach wahrgenommenem Risiko gereiht werden oder es können Zusammenhänge innerhalb der Technologiebewertungen analysiert werden (etwa ob sich die den Technologien zugeschriebene Wert eher durch zugeschriebene Nützlichkeit oder Risiken erklären lässt). Darüber hinaus lassen sich die abgefragten Technologien visuell als Akzeptanzkarten darstellen, indem zwei beliebige Dimensionen (etwa wieder wahrgenommenes Risiko und Nützlichkeit) auf die x- respektive y-Achse abgebildet und alle abgefragten Technologien in einem Streudiagramm visualisiert werden.

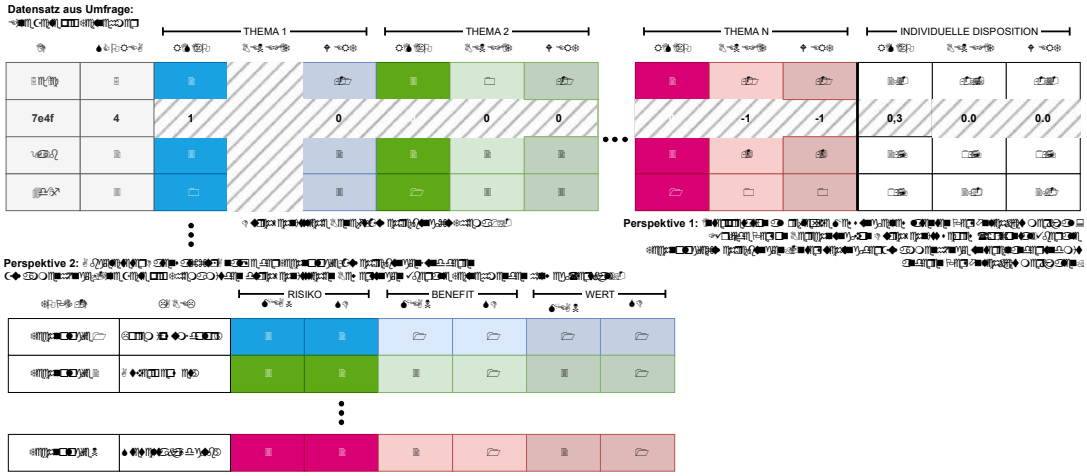


***Abbildung 1**: Datenstruktur der ursprünglichen Daten (eine Zeile pro Person) und dem abgeleiteten Datensatz mit den Technologiezuschreibungen (eine Zeile pro Technologie).*

2.3 Nachteile und Herausforderungen

Mikroszenarien basieren auf der Bewertung vieler, nur kurz beschriebener Technologien, auf wenigen Antwortitems. Konstruktionsbedingt kann diese Kürze zu einer hohen Varianz in den Daten führen.

Die Qualität einzelner Antwortitems lässt sich im Gegensatz zur der von Skalen nicht bewerten (etwa über Cronbachs α). Insofern sollte vorab darauf geachtet werden, dass unidimensionale und bereits erprobte Single-Item-Skalen genutzt werden (vgl. Rammstedt und Beierlein 2014). Auch lassen sich Interaktionseffekte in der Bewertung zwischen den abgefragten Themen und den Teilnehmenden nicht gut untersuchen. Hier können Mikroszenarien nur Anhaltspunkte liefern, die dann in Folgestudien über klassische Methoden untersucht werden können.

Beim Studiendesign ist es wichtig, dass eine gute Szenariobeschreibung ein klares mentales Modell bei den Teilnehmenden evoziert und dadurch eine präzise Bewertung

in Bezug auf die Forschungsfrage ermöglicht. Aufgrund der Vielzahl an Szenarien müssen beim Mikroszenario-Ansatz die Szenarien daher prägnant formuliert und die Antwortmöglichkeiten gut interpretierbar sein. Insofern ist eine intensive Vorabtestung der Beschreibungen und Bewertungsitems unerlässlich.

2.4 Abgrenzung zu anderen Ansätzen

Mikroszenarien schließen eine methodische Lücke, stehen jedoch in Beziehung zu anderen Ansätzen mit spezifischen Vor- und Nachteilen.

Vignetten-Studien untersuchen, welche Merkmale die Bewertung von Personen, Dingen oder Dienstleistungen beeinflussen (Bertogg et al. 2020), indem ein Basis-Szenario mit ausgewählten Dimensionen parametrisiert wird. Mikroszenarien hingegen fokussieren verschiedene Themen eines gemeinsamen Forschungsraums.

Die Conjoint-Analyse (CA) analysiert Produkte basierend auf Attributen und deren Stufen über Präferenzentscheidungen (Luce und Tukey 1964) und erlaubt deren Priorisierung. Mikro-Szenarien hingegen ermöglichen mehrerer Zielvariablen pro Szenario und bieten für diese eine differenziertere Analyse als die CA.

Die Produkt-Positionierung aus dem Marketing kartiert Produkte oder Marken grafisch nach verschiedenen Dimensionen. Während diese Methode neue Platzierungsoptionen identifiziert, ermöglicht der hier präsentierte Ansatz das Verständnis öffentlicher Wahrnehmungen und individueller Dispositionen.

Das Paradigma der psychometrischen Risikowahrnehmung von (Slovic 1987) hat viele Überschneidungen mit Mikroszenarien, fokussiert jedoch weniger der individuellen Dispositionen, sondern die Wahrnehmung und Kartographie der Technologen. Mikroszenarien sind generischer und lassen beliebige Evaluationsdimensionen zu, was sie in für Forschender oft praktikabler macht.

3. Beispiel: Ergebnisse einer Studie mit Mikroszenarien zu KI-Zuschreibungen

In einer Studie mit N = 1100 Teilnehmenden wurden die Erwartungen an Künstliche Intelligenz (KI) mit dem Mikroszenario Ansatz erfasst (Brauner et al. 2024b). Von 71 Projektionen über die Fähigkeiten und Auswirkungen von KI haben Teilnehmenden 15 zufällig ausgewählte Szenarien anhand von 4 Zielvariablen bewertet: Die Erwartung, ob das Szenario in den nächsten 10 Jahren eintreffen wird, eine Bewertung des wahrgenommenen Risikos und der Nützlichkeit, sowie eine allgemeine Bewertung, ob die Entwicklung zu individuellen Werten passt. Die Bewertungsdimensionen wurden jeweils als 6-stufiges Semantisches Differential abgefragt (e. g., „*positiv – negativ*“).

Insgesamt zeigt sich, dass die Teilnehmenden die skizzierten Szenarien zur Künstlicher Intelligenz im Gesamtmittelwert als eher wahrscheinlich beurteilten und ihnen ein höheres Risiko und eine geringe Nützlichkeit zuschreiben. Insgesamt wurden die Szenarien Mehrheitlich als eher negativ betrachtet.

Eine Interpretation der Daten hinsichtlich der Perspektive 1 (reflexive Messung individueller Differenzen) ergab schwache Zusammenhänge zwischen Nutzerfaktoren und der Erwartung, ob die Szenarien eintreffen werden. Stärkere Zusammenhänge zeigten sich zwischen dem Alter der Teilnehmenden und deren Technik- und der KI-Bereitschaft hinsichtlich des wahrgenommenen Risikos (negativ) und der wahrgenommenen Nützlichkeit (positiv) und die zugeschriebene Passung mit individuellen Werten (positiv). Die Ergebnisse zeigten außerdem, dass KI- und Technikbereitschaft Risiko-, Nutzen-, und Wertzuschreibungen moderieren und sich diese damit durch geeignete Schulungskonzepte adressieren lassen.

Für die Perspektive 2 zeigte eine Regressionsanalyse der Technologiezuschreibungen, dass sich der wahrgenommene Wert von KI-Anwendungen über ein Modell aus wahrgenommenen Risiko und Nützlichkeit zu 96,5% ($r^2 = 0.965$) erklären lässt ($F_{(3,67)} = 612.3,\ p < .001$), wobei die wahrgenommene Nützlichkeit einen stärkeren Einfluss auf den Wert hat ($\beta = +.0.672, p < .001$) als das wahrgenommene Risiko ($\beta = -.490, p < .001$). Diese Risiko -Nutzen Abwägung lässt sich auch in einem Streudiagramm mit den abgefragten KI-bezogenen Themen und deren Wertung hinsichtlich Risiko (x-Achse) und Nützlichkeit (x-Achse) visualisieren und ggf. besonders un- oder kritische Themen identifizieren (siehe Abbildung 2).

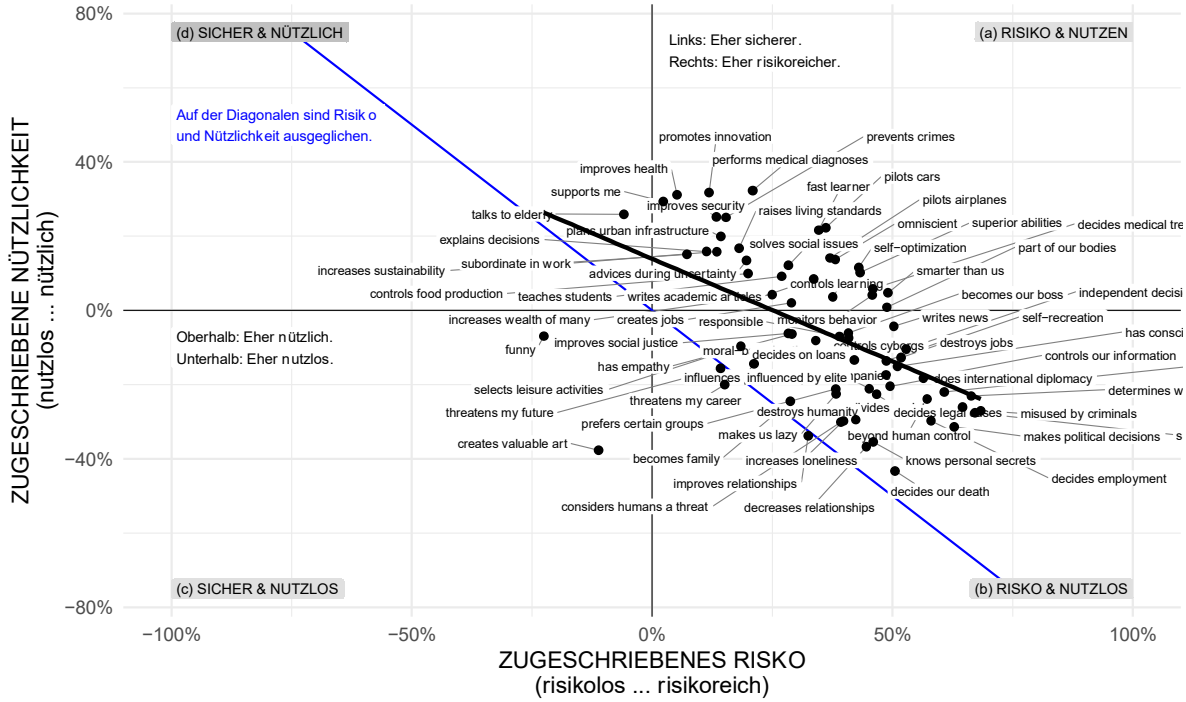


***Abbildung 2**: Beispiel der Risiko-Nutzen Abwägung bei 71 fiktiven KI-Zukunftsszenarien (N=1100).*

4. Diskussion

Dieser Beitrag hat Mikroszenarien als quantitative Methode zur Messung von Technologieakzeptanz erläutert. Wesentlich an dieser Methode ist, dass nicht eine ausgewählte Technologie detailliert bewertet wird, sondern viele ähnliche Technologien oder Szenarien mit wenigen Fragebogenitems grob. Dies ermöglicht die Interpretation erhobener Daten einerseits als reflexive Messung von latenten Persönlichkeitsmerkmalen (Perspektive 1) und andererseits als Bewertung der Technologie (Perspektive 2). Die Daten aus Perspektive 1 können mit anderen Nutzervariablen verknüpft und auf Zusammenhänge zwischen Persönlichkeit und Technologiebewertungen untersuchen werden. Daten aus Perspektive 2 ermöglichen eine Bewertung verschiedener (meist ähnlich gelagerter Technologien) und die zugängliche visuelle Darstellung der Technologiebewertung auf „Akzeptanzkarten“. Damit können Ausreißer visuell identifiziert und Zusammenhänge bei den Zuschreibungsdimensionen analysiert werden.

Die Methode ist komplementär zu anderen empirischen Methoden der Technologieakzeptanzforschung (etwa die detaillierte Bewertung einzelner Technologien oder

Technologieszenarien durch Fragebögen), ist für Forschende einfach aufzusetzen und für die Teilnehmenden mit geringem kognitivem Aufwand zu beantworten und kann interessante Einblicke in mentale Modelle und Technologiezuschreibungen bieten. Motivation und Vorgehen werden in einem Methodenartikel substantiiert (Brauner 2024) und um ausführbaren R Code auf github komplementiert (https://github.com/braunerphilipp/MappingAcceptance).

6. Literatur

Agogo, D. und Hess, T. J. (2018). “How does tech make you feel?” a review and examination of negative affective responses to technology use. Eur. J. Inf. Syst. 27, 570–599. 10.1080/0960085X.2018.1435230.

Bertogg, A., Imdorf, C., Hyggen, C., Parsanaglou, D., und Stoilova, R. (2020). Gender discrimination in the hiring of skilled professionals in two male-dominated occupational fields: a factorial survey experiment with real-world vacancies and recruiters in four European countries. Soziol. Sozialpsychol. 72, 261–289. 10.1007/s11577-020-00671-6.

Brauner P (2024): Mapping acceptance: micro scenarios as a dual-perspective approach for assessing public opinion and individual differences in technology perception. Frontiers Psychology 15:1419564. 10.3389/fpsyg.2024.1419564.

Brauner P. et al. (2024b): Mapping Public Perception of Artificial Intelligence: Expectations, Risk-Benefit Tradeoffs, and Value As Determinants for Societal Acceptance, Preprint on arXiv:2411.19356.

Luce, R. D., Tukey, J. W. (1964). Simultaneous conjoint measurement: a new type of fundamental measurement. J. Math. Psychol. 1, 1–27. 10.1016/0022-2496(64)90015-X.

Marangunić, N. und Granić, A. (2015). Technology acceptance model: a literature review from 1986 to 2013. Univ. Access Inf. Soc. 14, 81–95. 10.1007/s10209-014-0348-1.

Offermann-van Heek, J. und Ziefle, M. (2019). Nothing else matters! Trade-offs between perceived benefits and barriers of AAL technology usage. Front. Public Health 7:134. 10.3389/fpubh.2019.00134.

Rahimi, B., Nadri, H., Lotfnezhad Afshar, H. und Timpkas, T. (2018). A systematic review of the technology acceptance model in health informatics. Appl. Clin. Inform. 9, 604–634. 10.1055/s-0038-1668091.

Rammstedt, B. und Beierlein, C. (2014). Can't we make it any shorter?: the limits of personality assessment and ways to overcome them. J. Ind. Differ. 35, 212–220. 10.1027/1614-0001/a000141

Revelle, W. und Garner, K. M. (2024). “Measurement: reliability, construct validation, and scale construction,” in Handbook of Research Methods in Social and Personality Psychology, 3. Auflage, Cambridge University Press.

Siegrist, M., Keller, C., Kastenholz, H., Frey, S. und Wiek, A. (2007). Laypeople's and experts' perception of nanotechnology hazards. Risk analysis : an official publication of the Society for Risk Analysis, 27(1), 59–69. 10.1111/j.1539-6924.2006.00859.x.

Slovic, P. (1987). Perception of risk. Science 236, 280–285. 10.1126/science.3563507

Tolsdorf, J., Reinhardt, D. und Iacono, L. L. (2022). Employees' privacy perceptions: exploring the dimensionality and antecedents of personal data sensitivity and willingness to disclose. Proc. Privacy Enhanc. Technol. 2022, 68–94. 10.2478/popets-2022-0036.

Tourangeau, R., Rips, L. J. und Rasinski, K. (2000). The Psychology of Survey Response. Cambridge: Cambridge University Press.

Tran, T. A., Daim, T. (2008). A taxonomic review of methods and tools applied in technology assessment. Technol. Forecast. Soc. Change 75, 1396–1405. 10.1016/j.techfore.2008.04.004.

Verhagen, T., Hooff, B. und Meents, S. (2018). Toward a better use of the semantic differential in is research: an integrative framework of suggested action. J. Assoc. Inf. Syst. 16, 108–143. 10.17705/1jais.00388.

Danksagung: Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder – EXC-2023 Internet of Production – 390621612. Besonderer Dank gilt Julia Offermann, Ralf Philipsen, Julian Hildebrandt und Martina Ziefle für viele inspirierende Ideen.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Entwicklung und Einsatz von Optimierungswerkzeugen in der prospektiven Bewertung physischer Belastungen

Konstantin WAGNER

Technische Universität Dresden, Fakultät Maschinenwesen,
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,
Professur für Arbeitswissenschaft,
Dürerstr. 26, D-01062 Dresden

Kurzfassung: Gefährdungsbeurteilungen zur Evaluierung physischer Belastungen am Arbeitsplatz sind unerlässlich für den Gesundheitsschutz von Beschäftigten. Anhand gesicherter, spezieller Screeningmethoden kann der Ist-Zustand der Belastungsintensität abgeschätzt werden. Die zuletzt aus dem Projekt MEGAPHYS (2020) hervorgegangenen Leitmerkmalmethoden (LMM) erlauben hierbei die Beurteilung körperlicher Mischbelastungen. Sie richten sich vorrangig an betriebliche Praktiker, erfordern aber zeitgleich vertieftes ergonomisches Fachwissen und einen erheblichen Zeitaufwand. Daher ist ihre Anwendung bei Beurteilung heterogener, komplexer Belastungen ohne ausreichende Werkzeugunterstützung praktisch kaum realisierbar. Es fehlt zudem an Verfahren, um aus der evaluierten Belastungsintensität systematisch auf die jeweiligen Ursachen zurückzuschließen. Es soll eine Anwendung entstehen, welche die skizzierten Probleme aufgreift und die LMM für Anwender im Bereich Intralogistik und manuelle Kommissionierung optimiert. Es sollen Lösungen entstehen, die bei Bewertung körperlicher Mischbelastungen einen Rückschluss auf die Belastungsursachen in Abhängigkeit des multifaktoriellen Wirkgefüges und des Arbeitsablaufs zulassen. Weiterhin soll untersucht werden, wie sich eine solche Anwendung bereits in die Auslegung intralogistischer Prozesse unter Beachtung von Nutzermerkmalen integrieren lässt.

Schlüsselwörter: manuelle Kommissionierung, physiologische Beanspruchung, Leitmerkmalmethode, Optimierung, Restrukturierung

1. Motivation

Prozesse in der manuellen Kommissionierung gelten als besonders arbeitsintensiv, wobei sie häufig teilweise oder gar nicht automatisiert sind (Vijayakumar & Sgarbossa, 2021). In Deutschland sind davon besonders kleine und mittlere Unternehmen (KMU) betroffen, welche aufgrund der dynamischen Geschäftsentwicklung und Komplexität der Arbeitssituation seltener auf Automatisierungslösungen zurückgreifen können (Bauer et al. 2016). Die Konsequenz davon ist ein hoher Anteil von körperlichen Belastungen. Diese stellen spezifische Anforderungen an die Ableitung ergonomischer Lösungen, da i. d. R. verschiedene Belastungsarten mit diversen Belastungsmerkmalen in unterschiedlich starker Ausprägung sequentiell am Arbeitstag auftreten. Bei längerer Exposition können Muskel-Skelett Erkrankungen (MSE) sowie Herz-Kreislauferkrankungen die Folge sein (Kittelmann et al. 2023). Dabei ist in der Intralogistik

zu erwarten, dass die zunehmende Komplexität der Abläufe, ein steigender Frauenanteil sowie der demografische Wandel eine begründete Arbeitsplatzgestaltung erfordern, sodass eine biomechanische Überforderung der Beschäftigten vermieden werden kann. Daher ist ein effizienter Rückschluss auf die Veränderung der Belastungsausprägung aus der multiplen Belastungsbewertung unerlässlich.

2. Problemstellung

In Deutschland sind Arbeitgeber nach dem Arbeitsschutzgesetz zur Durchführung von Gefährdungsbeurteilungen verpflichtet. In Bezug auf physische Belastungen bedeutet dies, dass anhand valider Methoden der Ist-Zustand der Belastungsintensität abzuschätzen ist. Die von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) gemeinsam mit der Deutschen gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) als Ergebnis des Projektes „Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen“ (MEGAPHYS) ausdifferenzierten Methoden bieten die Möglichkeit einer umfassenden und methodisch soliden Analyse und Bewertung der physischen Belastungsarten (s. BAuA 2019a; BAuA 2019b; DGUV 2020). Mithilfe der hervorgegangenen Leitmerkmalmethoden (LMM) haben insbesondere KMU die Chance, begründete, zielführende und weniger erfahrungsgeleitete Stellschrauben der Gestaltung abzuleiten. Gleichzeitig erschwert die Komplexität der LMM’s deren Anwendung. Die Methode richtet sich an betriebliche Praktiker (BAuA 2019b), erfordert aber zeitgleich vertieftes ergonomisches Fachwissen und einen erheblichen Zeitaufwand. Grund hierfür ist das komplexe, mehrstufige Verfahren, welches der Beachtung vieler formal quantifizierter und qualitativer Regeln sowie Interpolationsmöglichkeiten bedarf.

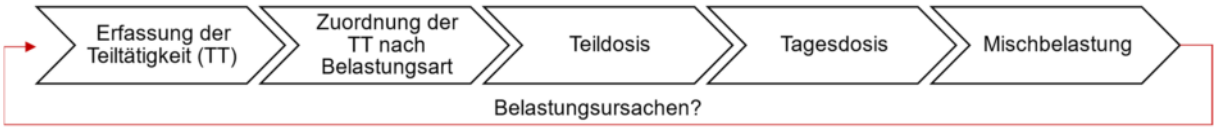


***Abbildung 1**: Methodische Vorgehensweise der Gefährdungsbeurteilung mit den Leitmerkmalmethoden (Abbildung in Anlehnung an: Kamusella & Schmauder, 2021).*

Abbildung 1 zeigt die methodische Vorgehensweise der Gefährdungsbeurteilung mit den LMM. In der Analyse werden zunächst sämtliche Teil-Tätigkeiten (TT) eines Arbeitstages an einem Arbeitsplatz manuell erfasst. Der dafür benötigte Aufwand steigt mit jeder TT, da diverse, relevante Belastungsmerkmale und ihre Ausprägung je TT zu erfassen sind. Jede TT wird anschließend einer Belastungsart zugeordnet und separat bewertet, wobei zwischen den sechs physischen Belastungsarten „Heben, Halten und Tragen“, „Ziehen und Schieben“, „Ganzkörperkräfte“, „Körperzwangshaltungen“, „Manuelle Arbeitsprozesse“ sowie „Körperfortbewegung“ unterschieden wird. Daraus ergibt sich für jede TT eine Teildosis. Danach werden TT der gleichen Belastungsart nach ihrer Intensität sortiert und zu einer Tagesdosis je Belastungsart aggregiert. Mehrere TT verschiedener Belastungsarten können weiter zu einer körperbereichsbezogenen Mischbelastung zusammengefasst werden (BAuA 2019a; Kamusella & Schmauder 2021).

Schlussendlich kann damit das Risiko einer körperlichen Überbelastung für jeden Körperbereich abgeschätzt werden. Allerdings fehlt es aufgrund der Vielfalt an Eingangsparametern und dem beschriebenen, multifaktoriellen Wirkgefüge an Verfahren, um aus der evaluierten Belastungsintensität systematisch auf die jeweiligen Ursachen

zurückzuschließen. Es genügt nicht, Risiken zu identifizieren. Notwendig sind zielgerichtete Maßnahmen zu ihrer Reduzierung. Eine Abschätzung dieser ist insbesondere für Belastungsarten mit nichtlinearer Zeitwichtung derzeit nur schwer möglich und erfolgt iterativ unter Anwendung der Trial-and-Error Methode. Daher existieren kaum Möglichkeiten, entsprechende Schritte bereits im logistischen Planungsprozess zu berücksichtigen. Dies wird in der Methode dadurch begünstigt, dass ihre Anwendung entweder durch Formblätter als Pen & Paper Methode oder durch PDF-Formulare mit integrierter Rechenhilfe umgesetzt wurde (BAuA 2023), wodurch bei mehreren Dokumenten die Übersichtlichkeit erschwert ist.

Vor diesem Hintergrund wird in dem aktuellen, von der industriellen Gemeinschaftsforschung und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz geförderten Forschungsprojekt MEGAPHYS-opt (Förderkennzeichen: 01|F23438N) eine Vereinfachung der Methodik für die Anwendungsdomäne Intralogistik angestrebt. Im Rahmen des Projekts soll verschiedenen Fragestellungen nachgegangen werden, welche den Analyseaufwand reduzieren und die Ergebnisqualität verbessern sollen. Der Fokus liegt hierbei, neben der Datenerfassung und -aufbereitung, auf der Entwicklung einer Methodik zur Ableitung zielgerichteter Stellschrauben ausgehend vom Bewertungsergebnis.

3. Ziel- und Fragestellung

Abbildung 2 zeigt die Aspekte, welche bei der konkreten Anwendung der LMM relevant sind. Die Inhalte in roter Farbe weisen auf die Forschungsschwerpunkte hin, welche künftig bearbeitet werden sollen.



***Abbildung 2**: Teilbereiche der Gefährdungsbeurteilung mit den Leitmerkmalmethoden untergliedert nach den Aspekten: Analyse, Bewertung und Gestaltung. Die mit roter Farbe hervorgehobenen Themen zeigen die geplanten Forschungsschwerpunkte.*

Die Grafik zeigt, dass die Aspekte Analyse und Gestaltung erweitert und die Methodik vollständig in eine Softwarelösung integriert werden. Bisher ist die Erfassung relevanter Eigenschaften ausschließlich manuell durch Beobachtungsanalysen möglich. Dies soll verbessert werden, indem typische Variationen der Belastungsmerkmale und daraus resultierend Analysebausteine für die Anwendungsdomäne Intralogistik entwickelt werden. Dadurch kann die Belastungssituation nicht nur bei Ist-Zuständen, sondern auch bereits im Planungszustand betrachtet werden und die Komplexität reduziert sich. Die Bewertung bzw. damit verbundene Berechnung der Teil- und Tagesdosen sowie der Mischbelastung bleibt von der Verfahrensvorschrift unter Achtung zugrundeliegender Algorithmen gleich. Im Bereich Gestaltung, welcher sich vor allem auf die Interpretation des Ergebnisses bezieht, erfolgt die Entwicklung und Implementierung eines Algorithmus, welcher es ermöglicht, die Belastungsursachen

und damit den Arbeitsplatz effizient optimieren zu können. Es ergeben sich daraus folgende Forschungsfragen:

1) Wie kann die Datenaufnahme in Bezug auf Effizienz bei Gewährleistung der Qualität vereinfacht werden?
2) Wie können Belastungsursachen effizient erkannt werden?
3) Können anhand identifizierter Belastungsursachen plausible und wirksame Maßnahmen automatisch abgeleitet werden?
4) Wie lässt sich ein Algorithmus zur Identifikation von Belastungsursachen effizient parametrisieren?
5) Wie kann eine Softwarelösung realisiert werden, welche den betrieblichen Praktiker bei der Arbeitsplatzanalyse unterstützt, gleichzeitig aber die Ergebnisqualität gegenüber der Ursprungsmethode gewährleistet?

4. Methodik

Die vorgesehene Methodik folgt der grundsätzlichen Vorgehensweise zur ergonomischen Gestaltung nach DIN 614-1: 2009-06. Abbildung 3 zeigt das geplante Vorgehen, wobei die Teilbereiche 1-7 in die Stufen des Gestaltungsprozesses eingeordnet sind.

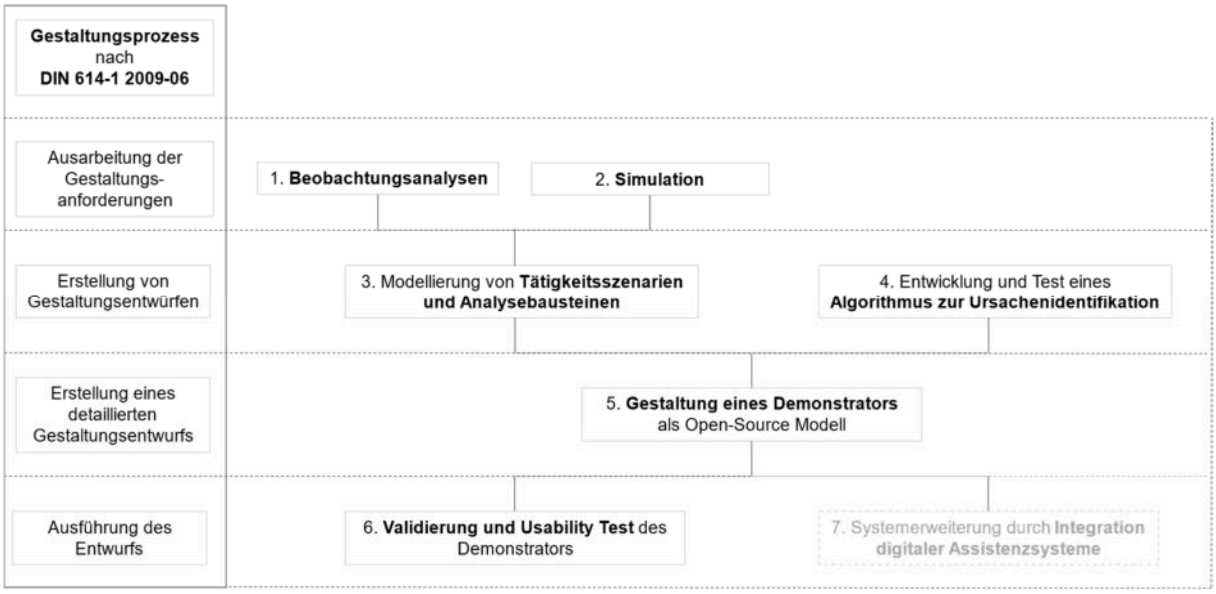


***Abbildung 3**: Methodisches Vorgehen. Die einzelnen Bearbeitungspunkte sind den Stufen des Gestaltungsprozesses nach DIN 614-1: 2009-06 zugeordnet (Darstellung des Gestaltungsprozess links in Anlehnung an: Schmauder & Spanner-Ulmer, 2022).*

Wie in Abbildung 3 erkennbar ist, finden zunächst Beobachtungsanalysen an realen Arbeitsplätzen mit Kommissionierprozessen statt. Es wird untersucht, inwiefern die Datenerhebung mit den LMM für den Bereich Intralogistik und manuelle Kommissionierung erleichtert werden kann. Aufbauend auf den Ergebnissen sollen konkrete Tätigkeitsszenarien und Analysebausteine entwickelt werden. Dabei sollen die Merkmale restrukturiert und repräsentative, branchentypische Tätigkeitsszenarien vordefiniert werden, um eine Analyse unter Beachtung der Nutzeranthropometrie schon im Planungszustand zu ermöglichen. Anschließend werden die Bausteine gemeinsam mit dem Algorithmus zur Ursachenidentifikation in eine neue Softwarelösung integriert,

welche als Open-Source-Modell implementiert wird. Diese beinhaltet auch die in MEGAPHYS (2020) entwickelten Berechnungsalgorithmen. Abschließend wird das Modell validiert und hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit getestet.

5. Fazit und Ausblick

Die praktische Anwendung der LMM soll für typische intralogistische Prozesse und deren Ausführungsbedingungen anpasst werden. Dafür sollen zu Beginn Gestaltungsanforderungen mithilfe von Beobachtungs- und Parameteranalysen gefunden werden. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden gemeinsam mit einem Verfahren zur Identifikation von Belastungsursachen in ein Softwareframework integriert, welches schlussendlich validiert und getestet werden soll. Damit soll die Datenerhebung und -aufbereitung bei Anwendung der LMM vereinfacht und MSE perspektivisch durch die angepasste Methodik prospektiv vorgebeugt werden.

6. Literatur

BAuA [Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin]. 2019a. Gefährdungsbeurteilung bei physischer Belastung – die neuen Leitmerkmalmethoden (LMM) : baua: Bericht kompakt. Dortmund: BAuA. DOI: 10.21934/baua: berichtkompakt20190930.

BAuA [Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin]. 2019b. MEGAPHYS: Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz: Gemeinsamer Abschlussbericht der BAuA und der DGUV. Band 1. Dortmund: BAuA. DOI: 10.21934/baua: bericht20190821.

BAuA [Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin]. (2023). Hinweise zur Nutzung des PDF-Formulars zur belastungsartspezifischen Zusammenfassung der Beurteilungen mit den Leitmerkmalmethoden über verschiedene Teil-Tätigkeiten eines Arbeitstages (LMM-Multi-E). Abgerufen am: 31.01.2025. Verfügbar unter: https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung/Gefaehrdungsbeurteilung/Leitmerkmalmethode/pdf/Hinweise-LMM-Multi-E.pdf.

Bauer, W., Bender, M., Braun, M., Rally, P., & Scholtz, O. (2016). Leichtbauroboter in der manuellen Montage – einfach EINFACH anfangen. Erste Erfahrungen von Anwenderunternehmen. IRB Mediendienstleistungen, Stuttgart. Abgerufen am: 29.01.2025. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/319263100_Leichtbauroboter_in_der_manuellen_Montage_-_einfach_EINFACH_anfangen_Erste_Erfahrungen_von_Anwenderunternehmen DGUV [Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung]. 2020. DGUV Report 3/2020: MEGAPHYS:

Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz: Abschlussbericht zum Kooperationsprojekt von BAuA und DGUV. Band 2. Abgerufen am: 30.01.2025. Verfügbar unter: publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3635

DIN EN 614-1 (2009): Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Gestaltungsgrundsätze: Begriffe und allgemeine Leitsätze. Berlin: Beuth.

Kamusella, C. & Schmauder, M. (2021). Exoskelette bei manuellen Kommissionieraufgaben? (Teil 1 von 2). In: Sicher ist sicher 10/2021, S. 475-481.

Kittelmann, M., Adolph, L., Michel, A., Packroff, R., Schütte, M., & Sommer, S. (Hrsg.). (2023).

Handbuch Gefährdungsbeurteilung. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. DOI: 10.21934/baua:fachbuch20230531

Schmauder, M., & Spanner-Ulmer, B. (2022). Ergonomie: Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation (2., überarbeitete Auflage). Hanser. DOI: https://doi.org/10.3139/9783446473584

Vijayakumar, V., & Sgarbossa, F. (2021). A literature review on the level of automation in picker-to-parts order picking system: Research opportunities. IFAC-PapersOnLine, 54(1), 438–443. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.050

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Change Fatigue am Arbeitsplatz: Untersuchung des Zusammenhangs von Change Fatigue mit demografischen und betrieblichen Faktoren

Sylvia FRANKE-JORDAN[1], Sophie BERGER[1], Jessica HEILFORT[2]

[1]CIMTT Zentrum für Produktionstechnik und Organisation, Technische Universität Dresden, D-01062 Dresden
[2]Professur für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Dresden, D-01062 Dresden

Kurzfassung: Change Fatigue (Veränderungsmüdigkeit) beschreibt die Erschöpfung oder Überforderung von Beschäftigten durch wiederholte oder konkurrierende Veränderungsinitiativen. Dies kann das Engagement der Mitarbeitenden und den Erfolg organisationaler Veränderungen beeinträchtigen. In einer Querschnittsbefragung mit 2808 Beschäftigten in Deutschland wurde erhoben, wie verbreitet Change Fatigue in deutschen Unternehmen ist und ob Unterschiede zwischen der Transformations-region Lausitz und den anderen Regionen Deutschlands bestehen. Untersucht wurden auch Zusammenhänge mit ausgewählten demografischen und betrieblichen Faktoren. Ein Drittel der Befragten sind von Change Fatigue betroffen. Mitarbeitende in Großunternehmen sind signifikant stärker betroffen als Mitarbeitende in KMU.

Schlüsselwörter: Change Fatigue, Veränderungsmüdigkeit, deskriptive Analyse, Korrelationsanalyse, Veränderung am Arbeitsplatz, organisatorischer Wandel

1. Change Fatigue

Unternehmen müssen organisatorische Veränderungen vornehmen, um ihre internen Abläufe zu verbessern, die Effizienz zu steigern und auf äußere Anforderungen angemessen reagieren zu können (McMillan & Perron 2013). Während frühere Forschung vor allem den Widerstand gegen Veränderungen als Hauptursache für das Scheitern von Initiativen betrachtete, gewinnt das Phänomen der Veränderungsmüdigkeit (Change Fatigue) seit den 2010er Jahren zunehmend an Bedeutung (Beaulieu et al. 2023). Change Fatigue beschreibt einen Zustand psychischer und emotionaler Erschöpfung, die durch wiederholte, parallele oder kontinuierliche Veränderungsprozesse entsteht und die individuellen Anpassungsressourcen überfordert (Bernerth et al. 2011; McMillan & Perron 2013). Die Veränderungsmüdigkeit kann sowohl affektive (z. B. Resignation) als auch kognitive (z.B. Motivationsverlust) Dimensionen umfassen (Bernerth et al. 2011). Obwohl Change Fatigue zunehmend als Barriere für erfolgreiche Veränderungsprozesse erkannt wird, fehlt es bislang an einer einheitlichen konzeptionellen Definition (Beaulieu et al. 2023).

1.1 Abgrenzung zu verwandten Konzepten

Im Kontext organisationaler Veränderungen wird Change Fatigue von verwandten Konzepten abgegrenzt. So bezieht sich Change Zynismus auf eine pessimistische Einstellung gegenüber organisationalen Veränderungen und wird häufig von Misstrauen gegenüber Führungspositionen begleitet (Reichers et al. 1997). Bei Widerstand gegen Veränderung (Change Resistance) wird in der Literatur nur teilweise ein klarer Unterschied zu Change Fatigue umrissen. Während Widerstand ein aktives oder passives Verhalten beschreibt, das darauf abzielt, Veränderungen bewusst zu verzögern oder zu verhindern, zeigt sich Change Fatigue vorwiegend in passiven Reaktionen auf Überforderung, bspw. reduzierte Motivation und Apathie (McMillan & Perron 2013). Auch Burnout grenzt sich ab, da es sich um ein breiteres Syndrom emotionaler, mentaler und physischer Erschöpfung handelt, während Change Fatigue spezifisch durch die Dynamik und Intensität von Veränderungsprozessen bedingt ist (Beaulieu et al. 2023). McMillan & Perron (2013) schreiben, dass beide Konzepte häufig gleichzeitig auftreten, eine Korrelation zwischen beiden bisher aber nicht nachgewiesen werden konnte. Die fehlende theoretische Konsistenz erschwert eine klare Abgrenzung und erschwert die Entwicklung spezifischer Maßnahmen zur Bewältigung (Brown & Abuatiq 2020; McMillan & Perron 2013).

1.2 Individuelle und organisationale Folgen von Change Fatigue

Die kontinuierliche Konfrontation mit Veränderungen stellt einen Stressor dar, der bei Mitarbeitenden zu psychischer und physischer Erschöpfung führen kann (Bernerth et al. 2011). Typische Folgen sind ein Rückgang der Arbeitszufriedenheit, geringeres Engagement und eine gesteigerte Kündigungsabsicht (Bernerth et al. 2011; Brown et al., 2018). Fehlzeiten, Produktivitätsverluste und erhöhte Fluktuationsraten wurden ebenfalls als Konsequenzen von Change Fatigue identifiziert (Beaulieu et al. 2023). Zusätzlich erhöht Change Fatigue die Wahrscheinlichkeit, dass Mitarbeitende mit Apathie und Rückzug reagieren, wodurch der Erfolg von Veränderungsinitiativen gefährdet wird (McMillan & Perron, 2013). Zwar konnte kein direkter Zusammenhang zwischen Change Fatigue und Veränderungserfolg nachgewiesen werden, jedoch wird Change Fatigue als Mediator zwischen Change Zynismus und Veränderungserfolg betrachtet (Ouedraogo & Ouakouak 2020).

1.3 Prädiktoren von Change Fatigue

Die Entwicklung von Veränderungsmüdigkeit wird durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Die Studienlage zu den Einflussfaktoren von Change Fatigue zeigt teilweise widersprüchliche Ergebnisse, insbesondere im Hinblick auf die Rolle der Berufserfahrung. Nachfolgend werden die unterschiedlichen Befunde kurz dargestellt. Die Dauer der Betriebszugehörigkeit und Erfahrungen mit früheren Veränderungsprozessen korrelieren in der Studie von Ouedraogo & Ouakouak (2020) positiv mit der Anfälligkeit für Change Fatigue. Andererseits waren in einer Studie von Vestal (2013) Pflegekräfte in der initialen Phase ihrer Laufbahn anfälliger für Change Fatigue im Vergleich zu erfahrenen Mitarbeitenden in der Pflege. Begründet wurde es durch die erhöhten Anforderungen und Unsicherheiten, mit denen die Mitarbeitenden konfrontiert sind. In einer anderen Untersuchung zeigte sich wiederum, dass neue Pflegekräfte im Team niedrigere Werte für Change Fatigue aufwiesen als erfahrenere Pflegekräfte

(Brown et al. 2018). Darüber hinaus wurde festgestellt, dass Männer tendenziell höhere Werte für Change Fatigue aufweisen als Frauen (Brown et al. 2018). Auf Teamebene konnten Camilleri et al. (2019) feststellen, dass etablierte Teams häufiger von Veränderungsmüdigkeit betroffen sind als neu gegründete Teams. Als möglichen Grund nennt das Autorenteam, dass etablierte Teams ihre Routinen anpassen mussten, was zu einer erhöhten mentalen Belastung führte. Auf organisationaler Ebene wirken sich die Häufigkeit und Intensität von Veränderungs-initiativen verstärkend auf Change Fatigue aus (Bernerth et al. 2011; McMillan & Perron 2013). Unzureichende Anpassungsressourcen, steigende Arbeitsbelastung und fehlende Erholungsphasen verstärken den Druck auf die Mitarbeitenden, während gleichzeitig ein Gefühl des Kontrollverlusts über die eigene Arbeitssituation entstehen kann (Brown et al. 2018; McMillan & Perron 2020; Vestal 2013). Ein Zusammenhang zwischen der Größe von Krankenhäusern – gemessen an der Anzahl der Betten – und Change Fatigue bei Mitarbeitenden wurde in einer Untersuchung von Brown et al. (2018) identifiziert. Dabei zeigte sich, dass mit zunehmender Größe auch die Veränderungsmüdigkeit der Mitarbeitenden steigt.

Anhand der Prädiktoren aus der Literatur und den erfassten Variablen im Fragebogen wurden für die vorliegende Untersuchung folgende Hypothesen untersucht:

H1: Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Tätigkeitsdauer in der aktuellen beruflichen Rolle und Change Fatigue.
H2: Es gibt einen Zusammenhang zwischen Geschlecht und Change Fatigue.
H3: Es gibt einen Zusammenhang zwischen Betriebsgröße und Change Fatigue.

Da die Studie im Rahmen eines Projekts mit Fokus auf die Region Lausitz durchgeführt wurde, sollte ein Gruppenvergleich stattfinden:

H4: Arbeitsnehmende aus der Lausitz sind aufgrund des Strukturwandels stärker von Change Fatigue betroffen.

Außerdem wurde auch das das Alter als soziodemografische Variable mit einbezogen. Daraus ergibt sich die Hypothese:

H5: Es gibt einen Zusammenhang zwischen Alter und Change Fatigue.

2. Methodik

Die Studie wurde im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundprojekts „PerspektiveArbeit Lausitz“ durchgeführt. Ein Querschnittsdesign wurde gewählt, um erste Einblicke in das wenig erforschte Thema Veränderungsmüdigkeit am Arbeitsplatz zu gewinnen. Mittels Telefoninterview-Befragung von Beschäftigten aus deutschen Unternehmen im Jahr 2024 wurden Zusammenhänge zwischen demografischen und betrieblichen Faktoren sowie der Veränderungsmüdigkeit analysiert, als Basis für weiterführende Forschung.

2.1 Stichprobenbeschreibung

Die Stichprobe umfasste N = 2.808 Mitarbeitende in Deutschland (46,5 % männlich, 53,4 % weiblich, 0,1 % divers). Das Durchschnittsalter betrug 44,71 Jahre (SD = 13,46, MD = 45). 65,2 % waren in Mikro-, Klein- oder mittelständischen Unternehmen (KMU) tätig. Produzierendes Gewerbe (17,1 %), Gesundheits- und Sozialwesen (15 %) sowie Öffentliche Verwaltung/Verteidigung/Sozialversicherung (13,3 %) sind die häufigsten

Branchen. Die Teilnehmenden arbeiteten durchschnittlich etwa 12 Jahre in ihrer Position und hatten eine durchschnittliche wöchentliche Arbeitszeit von 36,3 Stunden (SD = 7,4). Insgesamt war die Stichprobe charakterisiert durch einen überwiegenden Anteil älterer Angestellter ohne akademischen Hintergrund, die in unterschiedlichen Branchen tätig sind.

2.2 Erhebungsinstrument

Die Datenerhebung erfolgte mit einem Fragebogen, der in deutscher Sprache verfasst und wissenschaftlich validierte Skalen, standardisierte demografische Fragen sowie Fragen zu berufs- und unternehmensbezogenen Merkmalen enthielt. Die Veränderungsmüdigkeit wurde mit der Change Fatigue Skala nach Bernerth et al. (2011) gemessen. Die Skala besteht aus sechs Items, die jeweils spezifische Dimensionen der Veränderungsmüdigkeit beleuchten. Die Teilnehmenden wurden gebeten, ihr Maß an Zustimmung zu den Aussagen auf einer Likert-Skala anzugeben (1 = „stimme überhaupt nicht zu“ bis 7 = „stimme vollkommen zu“). Die Items sowie die Skala aus der englischen Originalfassung wurden von den Autorinnen in die deutsche Sprache übertragen.

2.3 Statistische Analyse

Zur Beschreibung der Variablen wurden deskriptive Statistiken berechnet. Für kategoriale Daten wurden Häufigkeitsverteilungen erstellt, während kontinuierliche Variablen durch Mittelwerte, Standardabweichungen, Mediane, Modalwerte sowie Minima und Maxima dargestellt wurden. Die Beziehungen zwischen Change Fatigue und den metrischen Variablen Alter sowie Tätigkeitsdauer in der aktuellen beruflichen Rolle (Hypothesen H1 und H5) wurden mittels einer Korrelationsanalyse nach Kendall (τ) untersucht. Der Kendall-τ-Korrelationskoeffizient wurde nach Bühl (2014) interpretiert als sehr geringer Zusammenhang ($|\tau| \leq 0{,}2$), geringer Zusammenhang ($|\tau| \leq 0{,}5$), mittlerer Zusammenhang ($|\tau| \leq 0{,}7$), hoher Zusammenhang ($|\tau| \leq 0{,}9$), oder sehr hoher Zusammenhang ($|\tau| > 0{,}9$). Für die Überprüfung der Hypothesen H2, H3 und H4, die die Zusammenhänge zwischen den kategorialen Variablen Geschlecht, Region, Betriebsgröße und Change Fatigue untersuchen, wurden Chi-Quadrat-Tests auf Unabhängigkeit mit entsprechend umcodierten Daten und zusammengefassten Kategorien durchgeführt. Die Effektstärke wurde mittels Cramér’s V berechnet und interpretiert: V = 0,1 als kleiner Effekt, V = 0,3 als mittlerer Effekt, V = 0,5 als großer Effekt (Cohen, 1988). Beide Verfahren wurden gewählt, um Zusammenhänge zwischen den Variablen zu analysieren.

3. Ergebnisse

Die Change Fatigue Skala zeigte hohe Reliabilität (Cronbachs Alpha = 0,89, CR = 0,94) und gute Validität (CFI = 0,993, TLI = 0,988, RMSEA = 0,062, AVE = 0,71). Tabelle 1 enthält eine Auswahl der deskriptiven Statistiken für Change Fatigue. Der Summenscore CF_Total, der alle sechs Items zusammenfasst, zeigt einen Mittelwert von M = 20,53 mit einer Standartabweichung von SD = 9,25, was eine hohe Variabilität in der Wahrnehmung von Veränderungsmüdigkeit widerspiegelt. Insgesamt 33,4 % der Befragten sind von Change Fatigue betroffen. Der Mittelwert liegt insgesamt im unteren bis neutralen Bereich der Skala. Die Mittelwerte der einzelnen Items CF_A bis

CF_E liegen zwischen M = 3,16, SD = 1,83 (CF_B) und M = 3,41, SD = 1,80 (CF_E), was die neutrale bis leicht ablehnende Haltung gegenüber den Aussagen zu Belastungen und Beanspruchungen durch Veränderungsinitiativen widerspiegelt. Das letzte Item der Change Fatigue Skala (CF_F) hebt sich leicht von den anderen Aussagen ab. Der Mittelwert von 4,00 (SD = 1,78) zeigt, dass die Befragten dieser Aussage häufiger zustimmen. Dies deutet darauf hin, dass der Wunsch nach einer Phase der Stabilität im Betrieb bei den Befragten präsenter ist als die Überforderung durch die Anzahl oder Intensität der bisherigen Veränderungen.

Tabelle 1: *Deskriptive Statistik Change Fatigue-Befragung, Technische Universität Dresden 2024.*

Variable	M	SD	MD	Modus	Min	Max
”Mein Arbeitgeber hat zu viele Veränderungsmaßnahmen ergriffen.” (CF_A)	3,28	1,74	3	1	1	7
”Ich bin müde von all den Veränderungen in meinem Betrieb“ (CF_B)	3,16	1,83	3	1	1	7
”Die Menge der stattfindenden Veränderungen in meinem Betrieb ist überwältigend” (CF_C)	3,32	1,74	3	4	1	7
”Wir werden dazu aufgefordert, zu viele Dinge in unserem Arbeitsbereich zu verändern” (CF_D)	3,37	1,73	3	4	1	7
”Es fühlt sich an, als würde man uns ständig dazu auffordern, hier etwas zu ändern.” (CF_E)	3,41	1,80	3	1	1	7
“Ich würde gern eine Phase der Stabilität sehen, bevor wir irgendetwas anderes in meinem Betrieb verändern.” (CF_F)	4,00	1,78	4	4	1	7
Change Fatigue Summenscore (CF_Total)	20,53	9,25	20	6	6	42

Anmerkung: M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, MD = Median

Die Korrelationsanalyse nach Kendall ergab einen schwachen, aber signifikanten negativen Zusammenhang zwischen dem Alter der Befragten und Change Fatigue ($\tau = -0{,}038$, $p = 0{,}004$). Mit zunehmendem Alter waren die Beschäftigten tendenziell weniger von Change Fatigue betroffen. Außerdem gab es einen sehr schwachen positiven Zusammenhang mit der Tätigkeitsdauer in der aktuellen beruflichen Rolle ($\tau = 0{,}027$, $p = 0{,}037$). Eine mögliche Erklärung könnte der erwartete Ressourcenaufwand beim Verlassen etablierter Routinen sein. Beide Zusammenhänge sind zwar statistisch signifikant, jedoch praktisch gering.
Die Zusammenhänge zwischen den kategorialen Variablen Geschlecht, Region sowie Betriebsgröße und Change Fatigue wurden mithilfe von Chi-Quadrat-Tests auf Unabhängigkeit untersucht. Die Ergebnisse zeigten einen statistisch signifikanten, jedoch sehr schwachen Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und Change Fatigue ($\chi2(1) = 5{,}648$, $p = 0{,}017$, $V = 0{,}045$). Für die Region (Lausitz vs. Rest Deutschlands)

wurde kein statistisch signifikanter Zusammenhang festgestellt ($\chi2(1) = 1{,}366$, $p = 0{,}242$, $V = 0{,}022$). Ein deutlicherer Zusammenhang wurde bei der Betriebsgröße beobachtet ($\chi2(1) = 48{,}679$, $p < 0{,}001$, $V = 0{,}132$). Die Effektstärke deutete auf einen schwachen Effekt hin. Insgesamt konnten die Hypothesen H1, H2, H3 sowie H5 durch die Korrelationsanalyse nach Kendall und die Chi-Quadrat-Tests empirisch bestätigt werden. Allerdings erwiesen sich die identifizierten Zusammenhänge als schwach.

4. Diskussion

Mit diesem sehr großen Datensatz konnte ein guter Gesamtüberblick über die Verbreitung von Change Fatigue in deutschen Unternehmen gegeben werden. Der Datensatz wurde in einem definierten Zeitraum im Jahr 2024 erhoben und stellt somit eine Momentaufnahme dar. Die Befragung lässt keine Rückschlüsse auf die Art, Anzahl und den Erfolg vergangener Veränderungen zu, was aber für die Ableitung von Implikationen für die betriebliche Praxis wünschenswert wäre. Ebenfalls liefert die Stichprobe keine Information zur Position der Befragten in der jeweiligen betrieblichen Hierarchie. Wünschenswert wäre, Aussagen zum Erleben von Change Fatigue bei Führungskräften zu erfassen, da sie Schlüsselpersonen beim Umsetzen von betrieblichen Veränderungsinitiativen sind.

5. Literatur

Beaulieu, L., Seneviratne, C., & Nowell, L. (2023). Change fatigue in nursing: An integrative review. Journal of Advanced Nursing, 79(2), 454–470. https://doi.org/10.1111/jan.15546.

Bernerth, J. B., Walker, H. J., & Harris, S. G. (2011). Change fatigue: Development and initial validation of a new measure. Work & Stress, 25(4), 321–337. https://doi.org/10.1080/02678373.2011.634280.

Brown, R., & Abuatiq, A. (2020). Resilience as a strategy to survive organizational change. Nursing Management, 51(2), 16–21. https://doi.org/10.1097/01.NUMA.0000651180.42231.ef.

Brown, R., Wey, H., & Foland, K. (2018). The Relationship Among Change Fatigue, Resilience, and Job Satisfaction of Hospital Staff Nurses. Journal of Nursing Scholarship, 50(3), 306–313. https://doi.org/10.1111/jnu.12373.

Bühl, A. (2014). SPSS 22: Einführung in die moderne Datenanalyse (14., aktualisierte Aufl). Pearson.

Camilleri, J., Cope, V., & Murray, M. (2019). Change fatigue: The frontline nursing experience of large-scale organisational change and the influence of teamwork. Journal of Nursing Management, 27(3), 655–660. https://doi.org/10.1111/jonm.12725.

Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed). L. Erlbaum Associates.

McMillan, K., & Perron, A. (2013). Nurses Amidst Change: The Concept of Change Fatigue Offers an Alternative Perspective on Organizational Change. Policy, Politics, & Nursing Practice, 14(1), 26–32. https://doi.org/10.1177/1527154413481811.

McMillan, K., & Perron, A. (2020). Change fatigue in nurses: A qualitative study. Journal of Advanced Nursing, 76(10), 2627–2636. https://doi.org/10.1111/jan.14454.

Ouedraogo, N., & Ouakouak, M. L. (2020). Antecedents and outcome of employee change fatigue and change cynicism. Journal of Organizational Change Management, 34(1), 158–179. https://doi.org/10.1108/JOCM-05-2019-0141.

Reichers, A. E., Wanous, J. P. & Austin, J. T. (1997). Understanding and managing cynicism about organizational change. The Academy of Management Executive, 11(1), 48–59.

Vestal, K. (2013). Change Fatigue: A Constant Leadership Challenge. Nurse Leader, 11(5), 10–11. https://doi.org/10.1016/j.mnl.2013.07.005.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Einfluss der Messmethodik auf die Ermittlung des Tageslärmexpositionspegels in einer Schweißerei

Sandra GROOS[1], Jonathan BECHTEL[2], Nicolas SÄNGER[2], Karsten KLUTH[2]

[1] Institut für Allgemeinen Maschinenbau (IAM), Technische Hochschule Köln, Steinmüllerallee 1, D-51643 Gummersbach
[2] Institut für Produktionstechnik, Arbeitswissenschaft/Ergonomie, Universität Siegen Paul-Bonatz-Straße 9-11, D-57068 Siegen

Kurzfassung: Lärm am Arbeitsplatz gilt als ernstzunehmende und häufig auftretende Gefährdung von Arbeitnehmern. Bei der Wahl der anzuwendenden Methodik der Schallmessung (ortsfest oder personenbezogen) gibt es in den Verordnungen und Technischen Regeln keine konkreten Vorgaben. Bei vergleichenden Messungen in einer Schweißerei an zwei repräsentativen Arbeitstagen konnten deutliche Abweichungen zwischen beiden Messmethoden festgestellt werden. Im Ergebnis lagen die Werte der ortsfesten Messung im Werksflur und an den Arbeitsplätzen in den Schweißkabinen jeweils unter dem unteren Auslösewert. Bei der personenbezogenen Messung hingegen lag sowohl der Tageslärmexpositionspegel als auch der Spitzenschalldruckpegel über dem oberen Auslösewert.

Schlüsselwörter: Lärm, Tageslärmexpositionspegel, Gefährdungsbeurteilung, ortsfeste Messung, personenbezogene Messung, Schweißerei

1. Einleitung

Die Lärmschwerhörigkeit war gemäß den Fallzahlen der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) im Jahr 2019 die am häufigsten anerkannte Berufskrankheit in Deutschland (vgl. Strehl et al. 2022). Trotz der laufenden Transformationsprozesse in der Arbeitswelt sind weiterhin viele Beschäftigte täglich an ihrem Arbeitsplatz einer gehörgefährdenden Lärmexposition ausgesetzt. Das trifft nach Hecker et al. (2008) vor allem auf die metallverarbeitende Industrie zu, sodass sich in diesem Bereich ein besonderer Bedarf zur schalltechnischen Untersuchung der Lärmsituation ergibt. Zum Schutz der Beschäftigten und der Gewährleistung einer langfristigen und nachhaltigen Tätigkeitsausübung ohne Beeinträchtigungen sind die Unternehmen daher dazu verpflichtet, die Lärmexposition an Arbeitsplätzen mit Lärmbelastung verlässlich zu bestimmen und anhand geltender Gesetze und Richtlinien zu bewerten. Die im Jahr 2007 erschienene und zuletzt 2021 geänderte Lärm- und Vibrationsarbeitsschutzverordnung (vgl. LärmVibrationsArbSchV, 2021) ist dabei maßgeblich für die Beurteilung von Lärm im beruflichen Umfeld. Die technischen Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (TRLV) geben den aktuellen Stand der Technik und Wissenschaft wieder und stellen diesen im Hinblick auf die Umsetzung der LärmVibrationsArbSchV im Betrieb umfangreich dar. Der zweite Teil der TRLV Lärm thematisiert die Messungen von Lärm nach den Vorgaben der LärmVibrationsArbSchV und umfasst dabei den Messvorgang von Planung der Messung bis zur

Auswertung der Ergebnisse. Unterschieden wird bei der Messung gemäß TRLV Lärm Teil 2 (2017) zwischen einer personengebundenen Messung mittels an der Person getragenem Messgerät (Dosimeter) oder einer ortsfesten Messung durch ein fest aufgestelltes Schallpegelmessgerät. Dabei wird unter 5.2 (1) empfohlen, den ortsbezogenen Lärmexpositionspegel für die Festlegung von Lärmbereichen zu nutzen und den personenbezogenen Lärmexpositionspegel für Beschäftigte, die bei ihrer Arbeit an verschiedenen Orten kurzzeitig lärmintensiven Tätigkeiten ausgesetzt sind. Unter 5.3 der TRLV Lärm Teil 2 (2017) wird dem Messenden explizit offengelassen, ob die Messung ortsfest oder personenbezogen durchgeführt wird. Ebenso wird in der DGUV Information 209-023 (2021) auf die Zulässigkeit beider Messmethoden verwiesen.

Insbesondere bei komplexen Arbeitssituationen mit schwankenden Schallpegeln stellt sich die Frage, ob beide Messverfahren zu gleichwertigen Ergebnissen kommen. Insbesondere die Ortsfeste Messung wird – wie in der TRLV Lärm Teil 2 empfohlen – meist angewendet, um in einzelnen Industriebereichen das Vorhandensein eines Lärmbereichs zu untersuchen. Deshalb sollte unter Einsatz unterschiedlicher Messtrategien (ortsfest, arbeitsplatzbezogen und personenbezogen) validiert werden, welchen Einfluss die Messmethodik auf das Messergebnis und damit auf die im Nachgang einzuleitenden Schutzmaßnahmen hat.

2. Methodik

Zur Untersuchung des Einflusses der Messmethodik auf den Tageslärmexpositionspegel wurden die in der Metallindustrie besonders lärmintensiven Arbeitsplätze in einer Schweißerei ausgewählt (vgl. u. a. DGUV Information 209-023, 2021; Zhang et al. 2024; Ekefre et al. 2024; Rahimi-Moghadam & Khanjani 2015). Um hierbei der komplexen Tätigkeitsstruktur infolge wechselnder Arbeitsgänge verschiedenartiger Bauteile Rechnung zu tragen und repräsentative Daten zu erhalten, wurde eine umfangreiche Methodik angewandt. Neben der Abfrage der subjektiven Beurteilung der Lärmsituation mittels Fragebögen und der Analyse des Arbeitsbereiches im Hinblick auf potenzielle Lärmquellen wurde eine umfangreiche Tätigkeits- und Bauteilanalyse sowie eine Arbeitsablaufanalyse zur Abschätzung der Tätigkeitszeitanteile durchgeführt (vgl. Bechtel et al. 2025). Mittels unterstützender Vorversuche zur Messung von grundlegenden Orientierungswerten, lärmintensiven Einzeltätigkeiten und dem Untersuchen vermuteter Einflüsse, konnten durch die angewandte Methodik Messtage mit repräsentativen Arbeitsschichten ausgewählt werden.

2.1 Messtechnik und Messgrößen

Für die Schallmessungen standen zwei Schallpegelmesser (NTI AL 1 mit Messmikrofon MC230 und NTI XL2 mit Messmikrofon M2210) sowie zwei Lärmdosimeter (Svantek SV 102+ und Larson Davis Modell 700) zur Verfügung. Die ermittelten Messgrößen waren der A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel L_{Aeq} sowie der C-bewertete Spitzenschalldruckpegel L_{Cpeak}. Lediglich beim Lärmdosimeter LDM 700 musste auf die Messung des Spitzenschalldruckpegels verzichtet werden, da eine C-Bewertung des Pegels parallel zur A-Bewertung nicht möglich war.

2.2 Messstrategie und Versuchsdesign

Die arbeitsplatzbezogene Messung erfolgte stichprobenartig und sollte damit alle zur Lärmexposition relevanten Tätigkeiten abbilden. Hierzu wurden an zwei repräsentativen Arbeitstagen zufällig verteilte Messungen in den Schweißkabinen von vier Beschäftigten durchgeführt. Am 1. Messtag fanden die Messungen an den MP5 bis MP8 statt. Am 2. Messtag wurde der MP6 durch den MP9 ersetzt (vgl. Abb. 1). Die Einzelmessdauer wurde auf 26 min festgelegt, damit sich je vier Messzeiträume pro Beschäftigten und pro Messtag im Rahmen der normalen Arbeitszeit ergaben. Damit folgte aus 15 geplanten Einzelmessungen je Tag eine geplante Gesamtmessdauer von 13 Stunden, womit die in der DIN EN ISO 9612 (2023) geforderte Mindestgesamtdauer von 10 Stunden erreicht wurde.

Um die Lärmsituation der Schweißerei als Summe aller Lärmemissionen der einzelnen Arbeitsplätze abschätzen zu können und einen Eindruck von der Gesamtsituation in der Halle zu erhalten, wurde eine ortsfeste Langzeitmessung an MP1 (Messtag 1) und MP3 (Messtag 2) über 8 Stunden pro Tag durchgeführt.

Für die personenbezogene Langzeitmessung trug der Schweißer in Schweißkabine 4 (SK4) am 1. Messtag ein Dosimeter. Am 2. Messtag wurde die Dosimetermessung am Schweißer in SK3 durchgeführt.

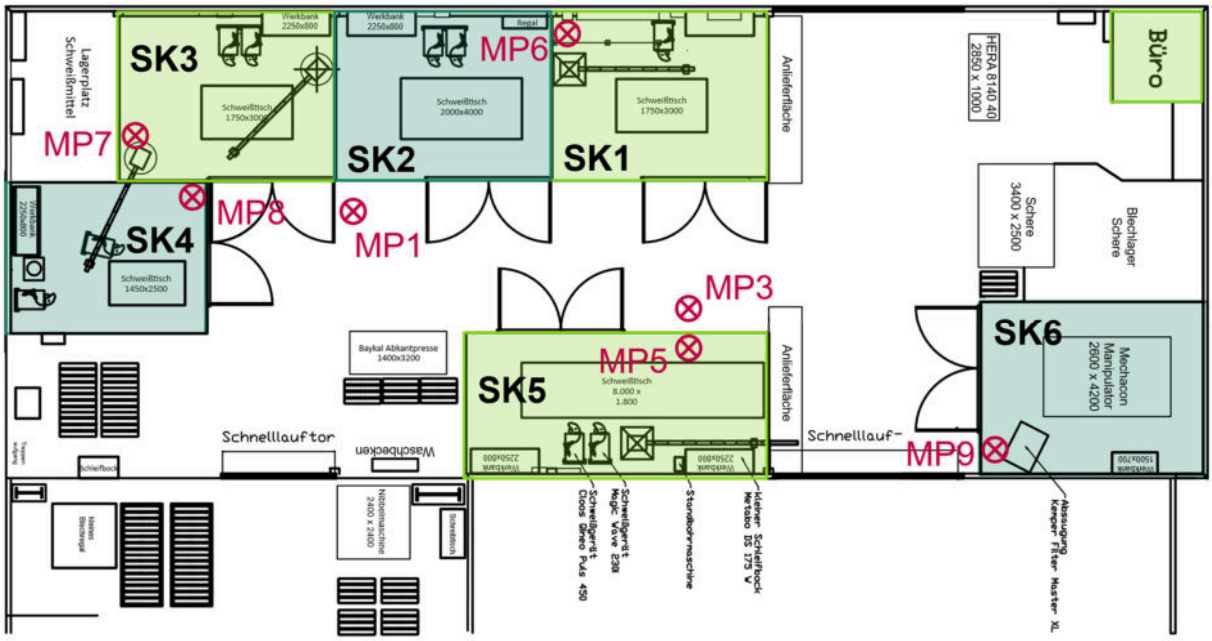


***Abbildung 1**: Übersicht der Schweißerei mit den Schweißkabinen (SK) 1-6 sowie den Messpunkten (MP) 1 und 3 sowie 5-9.*

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die Messorte der einzelnen Messstrategien sowie deren Messdauer und -größen noch einmal übersichtlich dargestellt.

Tabelle 1: *Übersicht über Messablauf, Messorte sowie Messgrößen.*

Messtag 1	**Messtag 2**
Arbeitsplatzbezogene Messungen	**Arbeitsplatzbezogene Messungen**
MP5 – MP9 (Schweißkabinen) 4 Mal je 26 min pro Kabine	MP5 – MP9 (Schweißkabinen) 4 Mal je 26 min pro Kabine
L_{Aeq} und L_{Cpeak}	L_{Aeq} und L_{Cpeak}
Ortsfeste Langzeitmessung	**Ortsfeste Langzeitmessung**
MP1 (Flur der Schweißerei), 8 h	MP3 (Flur der Schweißerei), 8 h
L_{Aeq} und L_{Cpeak}	L_{Aeq} und L_{Cpeak}
Personenbezogene Langzeitmessung	**Personenbezogene Langzeitmessung**
Schweißer SK4, 8h	Schweißer SK3, 8h
L_{Aeq}	L_{Aeq} und L_{Cpeak}

3. Ergebnisse

Zur Ermittlung der Lärmexposition der Schweißer wurden Schallmessungen entsprechend dem zuvor dargestellten Versuchsdesign an insgesamt zwei Messtagen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen werden im Folgenden vorgestellt und im Hinblick auf die sich daraus ableitende Lärmexposition ausgewertet.

3.1 Arbeitsplatzbezogene Messung

Die zusammengefassten Messergebnisse der arbeitsplatzbezogenen Messungen in der Schweißerei sind in Tabelle 2 dargestellt. Insgesamt ergaben sich für beide Messtage zusammengenommen eine Messdauer von 12 h 24 min und ein energieäquivalenter Dauerschallpegel von 80,4 dB(A). Unter Berücksichtigung der Pause mit L_{Aeq} = 51,6 dB(A) für eine Dauer von 45 min sowie der täglichen Arbeitszeit von 7 h mit L_{Aeq} = 80,4 dB(A) ergab sich der Tageslärmexpositionspegel zu $L_{ex,8h}$ = 79,8 dB(A). Der C-bewertete Spitzenschalldruckpegel konnte nur am ersten Messtag erfasst werden und betrug 128,9 dB(C).

Tabelle 2: *Zusammengefasste Messergebnisse der arbeitsplatzbezogenen Messungen.*

Messtag 1			**Messtag 2**	
Dauer [h:min]	L_Aeq [dB (A)]	L_Cpeak [dB (C)]	Dauer [h:min]	L_Aeq [dB (A)]
06:34	80,8	128,9	06:04	80,0

3.2 Ortsfeste Langzeitmessung

Die Ergebnisse der ortsfesten Messung im Werksflur der Halle sind in Tabelle 3 aufgeführt. In Summe ergibt sich dabei für den ersten Messtag eine Messdauer von 7 h 2 min mit einem energieäquivalenten Dauerschallpegel von 77,3 dB(A) und für den

zweiten Messtag eine Dauer von 7 h und 18 min mit 75,3 dB(A). Der Spitzenschalldruckpegel betrug am ersten Messtag 131,1 dB(C) sowie am zweiten Messetag 118,9 dB(C). Unter Berücksichtigung eines L_{Aeq} von 51,6 dB(A) während der 45-minütigen Pausenzeit pro Arbeitstag, ergab sich für die ortsfesten Messungen ein theoretischer Tageslärmexpositionspegel von $L_{ex,8h}$ = 76,7 dB(A) für den ersten sowie $L_{ex,8h}$ = 74,9 dB(A) für den zweiten Messtag.

Tabelle 3: *Messergebnisse der ortsfesten Langzeitmessung der Schweißerei im Werksflur.*

Messtag 1			**Messtag 2**		
Messdauer [h:mm]	L_Aeq [dB(A)]	L_Cpeak [dB(C)]	Messdauer [h:mm]	L_Aeq [dB(A)]	L_Cpeak [dB(C)]
01:48	75,5	-	02:00	75,6	117,8
02:40	77,1	131,1	02:44	75,8	117,7
02:34	78,3	117,8	02:34	74,5	118,9
07:02	**77,3**	**131,1**	**07:18**	**75,3**	**118,9**

3.3 Personenbezogene Langzeitmessung

Die Messergebnisse der Ganztagesmessung mittels Lärmdosimeter von Schweißer SK4 (Messtag 1) und Schweißer SK3 (Messtag 2) sind in Tabelle 4 aufgeführt. Die Messung umfasste jeweils einen ganzen Arbeitstag inklusive der insgesamt 45 min Pausenzeit. Der Tageslärmexpositionspegel betrug für den ersten Messtag 91,4 dB(A) und 86,1 dB(A) für den zweiten Messtag. Der Spitzenschalldruckpegel konnte vom Dosimeter des ersten Messtages nicht aufgenommen werden, betrug aber für den zweiten Messtag 137,2 dB(C).

Tabelle 4: *Messergebnisse der Lärmdosimeter der Schweißer.*

	Messdauer [h:mm]	L_Aeq [dB(A)]	L_Cpeak [dB(C)]
Messtag 1	08:02	91,4	-
Messtag 2	07:48	86,1	137,2

4. Diskussion

Die Ergebnisse der drei unterschiedlichen Messmethoden zeigen, dass der Messort einen starken – und für die Auslösewerte relevanten – Einfluss hat. Bei den arbeitsplatzbezogenen Messungen in den Schweißkabinen konnte ein Tageslärmexpositionspegel von $L_{ex,8h}$ = 79,8 dB(A) und ein C-bewerteter Spitzenschalldruckpegel von 128,9 dB(C) ermittelt werden. Beide Werte liegen unter dem in der LärmVibrationsArbSchV (2021) festgelegten unteren Auslösewert von $L_{ex,8h}$ = 80 dB(A) bzw. $L_{p,C,peak}$ = 135 dB(C). Auch bei der ortsfesten Langezeitmessung im Werksflur wurden mit maximal $L_{ex,8h}$ = 76,7 dB(A) und $L_{p,C,peak}$ = 131,1 dB(C) Werte unterhalb des unteren Auslösewertes erfasst. Unter der Maßgabe dieser erfassten Messwerte sind gemäß

dem Ampelmodell der LärmVibrationsArbSchV (2021) keine besonderen Gehörschutzmaßnahmen zu ergreifen.

Werden jedoch die Ergebnisse aus der Dosimetermessung (personenbezogene Langzeitmessung) herangenommen, wurde mit Werten von $L_{ex,8h}$ = 91,4 dB(A) am ersten Messtag und $L_{ex,8h}$ = 86,1 dB(A) am zweiten Messtag sowie einem Spitzenschalldruckpegel von $L_{p,C,peak}$ = 137,2 dB(C) sogar der obere Auslösewert ($L_{ex,8h}$ = 85 dB(A) und $L_{p,C,peak}$ = 137 dB(C)) überschritten.

Auf Basis der Messergebnisse aus der personenbezogenen Messung, bei der die oberen Auslösewerte überschritten wurden, müssen umfangreiche Lärmschutzmaßnahmen eingeleitet werden, zu denen maßgeblich eine Gehörschutztragepflicht, die Kennzeichnung der Lärm-Arbeitsplätze, die arbeitsmedizinische Pflichtvorsorge und ein Lärmminderungsprogramm gehören.

Die durchgeführte Vergleichsstudie zeigte, dass in lärmintensiven Arbeitsbereichen die personenbezogene Dosimetermessung der ortsfesten Messung vorgezogen werden sollte.

6. Literatur

Bechtel J, Groos S, Sänger N, Kluth K (2025) Analyse des Tageslärmexpositionspegels in der Schweißerei unter Einbeziehung dynamischer Arbeitsabläufe. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.) Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit. Dortmund: GfA_Press, in diesem Band.

DIN EN ISO 9612: Akustik – Bestimmung der Lärmexposition am Arbeitsplatz – Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 (Ingenieurverfahren) (2023). Beuth Verlag, Berlin.

DGUV-Information 209-023 (2021) Lärm am Arbeitsplatz. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V., Berlin.

Ekefre A, Ekanem I, Aniekan I (2024) Physical survey on the health hazards of welding activities on welding operators in Uyo, Nigeria. Ibom medical Journal 18:302-312.

Hecker C, Drechsel-Schlund C, Francks H-P, Plinske W, Butz M (2008) Dokumentation des Berufskrankheiten-Geschehens in Deutschland. Daten und Fakten zu Berufskrankheiten: -Lärmschwerhörigkeit, -Durch Infektionserreger oder Parasiten verursachte Krankheiten. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V., Berlin.

Lärm- und Vibrationsarbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) vom 6. März 2007 (BGBl. I S. 261), zuletzt geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 21. Juli 2021 (BGBl. I S. 3115).

Rahimi-Moghadam S, Khanjani N (2015): Evaluation of hearing loss and changes in blood pressure of welders in a 4 year period. International Journal of Occupational Hygiene 5(4):172-176.

Strehl C, Quade N, Brose M (2022) Die Zukunft der Prävention von Hautkrebs durch Sonnenstrahlung. Abgerufen am 27.11.2024. https//forum.dguv.de/ausgabe/5-2022/artikel/die-zukunft-der-praevention-von-hautkrebs-durch-sonnenstrahlung.

TRLV Lärm Teil 2: Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung – Messung von Lärm (2017). GMBI, S. 609, Nr, 34/35.

Zhang C, Wang J, Wang H, Zhang H (2024) Surveillance of noise exposure level in industrial enterprises – Jiangsu Province, China, 2022. Front. Public Health 12.

Danksagung: Dieser Beitrag wurde im Rahmen des Projekt Plan_CV erstellt. Innerhalb der Bund-Länder-Förderung FH-Personal wird das Projekt Plan-CV mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz (GWK) gefördert (Förderkennzeichen 03FHO109).

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Hybrides, multilokales Arbeiten im Team: Virtuell vs. Präsenz

Patricia TEGTMEIER, Bettina LAFRENZ

Fachgruppe „Human Factors, Ergonomie“,
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA),
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund

Kurzfassung: Im Rahmen mobilen Arbeitens haben sich Videobesprechungen für die Arbeit in Echtzeit von verschiedenen Standorten der jeweiligen Beschäftigten etabliert. Berichtet werden Ergebnisse aus einem Laborexperiment zu Teamarbeit mittels Videokonferenzsystem im Vergleich zur Präsenz. In 16 zufällig zusammengestellten Teams bearbeiteten 61 Teilnehmende zwei 90-minütige Teamaufgaben an einem gemeinsamen Besprechungstisch sowie über ein Videokonferenzsystem. Von den Teilnehmenden präferierten 51 Personen die Präsenzbesprechung. Bei vergleichbaren Teamleistungen in beiden Besprechungen wurde Passung der Umgebung für die Aufgabe in der Präsenzbedingung deutlich höher bewertet. Diskutiert wird dies mit Blick auf die genannten Gründe für die Präferenz.

Schlüsselwörter: Besprechungen, virtuelle Teams, Task-Environment Fit

1. Einleitung

Mobiles Arbeiten und hybride Arbeitsmodelle, meist eine Kombination aus dem Arbeiten von zu Hause und im Büro, sind heute kaum noch aus der Arbeitswelt wegzudenken. Waren es 2019 lediglich 28 Prozent der Beschäftigten mit einer Vereinbarung zur Arbeit von zu Hause, die mehr als einen Tag in der Woche von zu Hause arbeiteten, waren es im Jahr 2023 63 Prozent (Backhaus & Entgelmeier 2024). Informationsbasierte Einzelarbeit lässt sich mit entsprechender technischer Ausstattung leicht multilokal gestalten. Interaktive Teamaufgaben lassen sich in hybriden Arbeitsmodellen an einem ausgewiesenen Präsenztag nach Absprache mit allen Beteiligten im Unternehmen realisieren. Damit steigt jedoch der Planungsaufwand und die individuelle Flexibilität des Arbeitsortes wird eingeschränkt. Alternativ haben sich Videobesprechungen für die Arbeit in hybrid arbeitenden Teams etabliert. Bei hybriden Arbeitsmodellen mit im Schnitt 1 bis 2 Tagen Arbeiten von zu Hause (Backhaus & Entgelmeier 2024) ergibt sich daraus die Herausforderung, auf die individuellen Wünsche ebenso wie aufgabenbezogene Motive der Beschäftigten sowie den Notwendigkeiten kooperativer Teamarbeit einzugehen und mit dem betrieblichen Angebot in Einklang zu bringen.

2. Ausgangslage

Standaert et al. (2021) identifizieren vier Ziele von Besprechungen: Informationsaustausch, Entscheidungsfindung, Kommunikation von Meinungen, Emotionen und Anliegen sowie Aufbau von Beziehungen. Von besonderer Bedeutung für diese Ziele werden folgende Aspekte berichtet: *Die Stimmen anderer Teilnehmender hören, Gemeinsame Computerbildschirme und/oder Arbeitsbereiche nutzen, Co-Location erleben, Körpersprache und Gestik Teilnehmender sehen, Mimik anderer erkennen* sowie

Beobachten, was die anderen betrachten. Von diesen sehen die Autoren die ersten vier auch für Videobesprechungen als gegeben, wenn auch die Qualität hinsichtlich Körpersprache, Gestik und Mimik reduziert sein kann. Sind Konfliktlösung und/oder Teambuilding zentrale Ziele einer Besprechung empfiehlt das Autorenteam Präsenz oder Telepräsenz. Auch Thejls Ziegler und Lütge (2024) zeigen auf, dass eine Co-Location als wichtiges Element für gemeinsame Kreativaufgaben gesehen wird. Dagegen fanden van Gent et al. (2024) keinen Unterschied verschiedener Besprechungsmodalitäten für die Wahrnehmung sozialer Präsenz oder dem Aufgabenengagement.

In einigen Studien zeigen sich Videobesprechungen insbesondere zur Bearbeitung kreativer Teamaufgaben im Ergebnis quantitativ und qualitativ unterlegen (Bachmann et al. 2022; Brucks & Levav 2022). Macchi und De Pisapia (2024) finden dagegen in ihrer Studie hierzu keinen Einfluss der Besprechungsmodalität, wohl aber signifikant höhere Vertiefung in die Aufgabe sowie ein höheres Flow-Erleben in der Präsenzbedingung. Gleichzeitig wird eine geringere emotionale Beanspruchung in der Videobedingung berichtet. Brucks und Levav (2022) fanden schlechtere Einschätzungen für die Koordination der Interaktion und die Teamdynamik in Videobedingungen allerdings ohne Auswirkungen auf die Teamleistungen.

Es liegen kaum Studien vor, die direkt nach einer Präferenz für eine Besprechungsmodalität gefragt haben. Eine Ausnahme bilden hier Thejls Ziegler und Lütge (2024). In ihrer Interviewstudie bevorzugte von den 27 Interviewten die Mehrheit Besprechungen in Präsenz und lediglich drei Personen Videobesprechungen. Letztere betonten die wahrgenommene höhere Effizienz und die strukturiertere Konversation von Videobesprechungen. Ein weiterer wichtiger Aspekt war ein gewisser Schutz von weniger eloquenten Personen vor der Dominanz anderer im Team. Für Personen mit Präsenzpräferenz standen das Bedürfnis nach physischer Nähe, sowie die gemeinsame Kreativität im Vordergrund. Allerdings fand die Datenerhebung zwischen November 2020 und Juni 2021 statt, so dass diese starke Präferenz und der Wunsch nach sozialer Näher noch durch den Einfluss der Maßnahmen gegen die Sars-CoV-2 Pandemie gefärbt sein könnte.

Im Projekt „Kognitiven Ergonomie bei der virtuellen Teamkommunikation“ führt die BAuA u. a. vergleichende Laborstudien zu Teamarbeit mittels Videokonferenzsystem und in Präsenz durch. Aus den Ergebnissen der Untersuchungen sollen Gestaltungshinweise zur Teamarbeit für die Praxis abgeleitet werden. In diesem Beitrag werden Ergebnisse zur Teamperformanz, der subjektiven Passung der Besprechungsmodalität für kreative Teamaufgaben (Task-Environment Fit), der wahrgenommenen Interaktionsgüte sowie zur individuellen Präferenz für eine der beiden Besprechungsformen aus der ersten Studie berichtet.

3. Methode

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um einen randomisierten Laborversuch im gemischten Design mit zwei Besprechungsmodalitäten (Präsenz und Videokonferenzsystem) als Within-Faktor und Rechnerkonfiguration in der Videobesprechung (nur Laptop oder Laptop mit externem Monitor, Maus und Tastatur = Desktop) sowie Pause (mit oder ohne Kurzpause innerhalb der Besprechungen) als Between-Faktoren. Ein positives Votum der Ethikkommission der BAuA liegt vor. Von allen Teilnehmenden wurde eine informierte Zustimmung eingeholt.

Teilnehmende lösten zwei 90-minütige Kreativaufgaben im Team. Die Teams entwarfen in der Rolle einer Werbeagentur einmal ein Werbeplakat für einen Saft und einmal für einen Veranstaltungstag. Die Aufgaben unterteilten sich in die Phasen:

Brainstorming, Auswahl der besten Ideen und Erstellung der Plakate mittels PowerPoint. Damit wurden die Besprechungsziele Informationsaustausch und -generierung, Entscheidungsfindung sowie Kommunikation von Meinungen und Konsensbildung abgedeckt. Zwischen den Teamaufgaben lag eine 15-minütige Erholungspause.

Zur Durchführung der Videobesprechungen standen den Teilnehmenden ein 14" Laptop, ein Headset sowie eine externe Kamera zur Verfügung, in der Desktop-Konfigurationsbedingung ergänzt um einen externen 24" Monitor, eine externe Tastatur sowie eine Maus. In der Präsenzbedingung erfolgte die Bearbeitung mit einem 75“ interaktives Multi-Touch Display, eine Funkmaus sowie eine Funktastatur. Alle Fragebogeneintragungen erfolgten über ein 10.4" Tablet pro Person in EU-Survey.

Die Bewertung der Teamleistung erfolgte durch einen Gesamtwert, der sich aus der Anzahl der generierten Ideen, deren Diversität, der Qualität der ausgewählten Ideen sowie der Umsetzung in Plakatform zusammensetzt. Diese wurden von einem dreiköpfigen Rater-Team individuell anhand eines gemeinsam erstellten Beurteilungsleitfadens bepunktet (0 = gering, 2 = hoch). Im Anschluss wurden die Punkte je Team und Besprechungsmodalität gemittelt. Aus Brucks und Levav (2022) wurden Items zur negativen Teamdynamik, z. B. „Wie oft kritisierte ein Gruppenmitglied Ihre Ideen?“, sowie Koordinationsproblemen, z. B. „Wie oft sprachen versehentlich zwei Personen gleichzeitig?“, (1 = gar nicht, 5 = ständig) übernommen. Der Task-Environment Fit wurde mit drei Items in Anlehnung an den TAM (Davis, 1989) eingeschätzt, z. B. „Die Aufgabenumgebung hatte einen positiven Einfluss auf den Umfang der Aufgabenerfüllung“ (1 = gar nicht, 5 = voll und ganz). Die Präferenz für eine der beiden Modalitäten wurde als Einfachentscheidung gefragt und in offenen Antworten die drei wichtigsten Gründe dafür ergänzt. Zusätzliche wurden soziodemografische Daten erhoben.

Um festzustellen, ob es Unterschiede hinsichtlich der Teamleistung, dem subjektiven Task-Environment Fit, wahrgenommenen Koordinationsproblemen sowie negativer Teamdynamik zwischen den beiden Modalitäten gab, wurden gemischte lineare Modelle (ML) mittels IBM SPSS (Version 29) mit Probanden (bzw. Teams im Fall der Leistung) als Zufallseffekt und Modalität als festem Effekt gerechnet. Verglichen wurden diese jeweils mit einem Nullmodell ohne fixe Effekte sowie einem komplexen Modell mit der Rechnerkonfiguration und Pausenbedingung sowie den Interaktionen mit der Modalität als zusätzliche fixe Effekte. Plots ergaben keine offensichtlichen Abweichungen von der Normalität. P-Werte wurden jeweils durch Likelihood-Ratio-Tests ermittelt. Das Niveau für den α-Fehler wurde auf 5 Prozent festgelegt. Berichtet werden nachfolgend die Vergleiche zwischen den End- und dem Nullmodellen.

Die qualitative Auswertung der offenen Antworten zur Präferenz basiert auf der Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2014). Dabei wurde durch ein dreiköpfiges Team ein mehrstufiges Verfahren der Kategorienbildung und Codierung angewandt. Zunächst wurden literaturbasiert deduktive Codes gebildet. Diese wurden anhand des Materials um induktive Codes ergänzt. Das endgültige Codierungsschema umfasste 4 Hauptcodes mit 18 Untercodes. Im Anschluss wurde das gesamte Material erneut mittels MAXQDA kodiert. Etwaige Uneinigkeiten wurden im Team geklärt.

4. Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt nahmen 61 Personen (29 w, 31 m, 0 d, 1 fehlend) im Alter von 18 bis 64 Jahren (M = 37,7, SD = 14,3) an der Studie teil. Diese verteilten sich auf 16 zufällig zusammengestellten Teams zwischen drei und sechs Personen (Median 4). Von den 16 Teams waren zwei reine Männergruppen und 14 gemischt.

Für keinen der Vergleiche ergab sich eine signifikante Modellverbesserung durch die Aufnahme der Rechnerkonfiguration oder Pause. Mit Blick auf die Teamleistung ergab sich weder für die absolute Anzahl generierter Ideen ($\chi2(1) = 100{,}001$, $p = 0.975$) noch für die qualitative Bewertung durch das Raterteam ($\chi2(1) = 1{,}267$, $p = 0.260$) eine Modellverbesserung durch die Aufnahme der Modalität als festem Effekt. Die erreichte Teamleistung lag bei $M_{Präsenz} = 14{,}13$ ($SD = 2{,}85$) und $M_{Video} = 14{,}78$ ($SD = 2{,}54$) von 22 möglichen Punkten, die Zahl generierter Ideen bei $M_{Präsenz} = 29{,}44$ ($SD = 25{,}17$) und $M_{Video} = 29{,}31$ ($SD = 17{,}22$).

Die Aufnahme von Modalität verbesserte die Modelle zu Koordinationsproblemen ($\chi2(1) = 14{,}719$, $p < 0.001$), negativer Teamdynamik ($\chi2(1) = 4{,}971$, $p = 0.026$) und dem Task-Environment Fit ($\chi2(1) = 16{,}037$, $p < 0.001$). Modalität reduzierte die wahrgenommenen Koordinationsprobleme signifikant von 2,07 (SE = 0,07), um 0,33 Punkte (SE = 0,01) in der Präsenzbedingung. Die Wahrnehmung negativer Teamdynamik verringerte sich in der Präsenzbedingung signifikant von 2,01 (SE = 0,01), um 0,11 Punkte (SE = 0,05). Modalität erhöhte den subjektiven Task-Environment Fit von 3,14 (SE = 0,12), um 0,53 Punkte (SE = 0,12) in der Präsenzbedingung.

Anders von Brucks und Levav (2022) oder Bachmann et al. (2022) berichtet, übereinstimmend mit den Ergebnissen von Macchi und De Pisapia (2024), zeigten sich zwischen den Besprechungsmodalitäten keine signifikanten Unterschiede in der Anzahl der im Brainstorming generierten Idee. Auch in der Qualität der Teamleistung unterschieden sich die Modalitäten nicht. Trotzdem wurde der Task-Environment Fit für die Präsenzbedingung mit Blick auf den Umfang und die Qualität der Aufgabenerfüllung sowie dem Entscheidungsprozess durch die Teilnehmenden signifikant höher bewertet. Negative Teamdynamik wurde wie auch Koordinationsprobleme wurde insgesamt als eher niedrig wahrgenommen, wobei die Präsenzbedingung, wie in der Studie von Brucks und Levav (2022), eine weitere Verbesserung der Koordination und Teamdynamik aufzeigt. Die vergleichbare Leistung in beiden Modalitäten legt nahe, dass der Unterschied hinsichtlich der wahrgenommenen Koordinationsprobleme und ungünstiger Teamdynamik nicht für die Teamleistung bedeutsam war.

Von den Teilnehmenden präferierten 51 Personen (24 m, 27 w) die Präsenzbesprechung und 9 (5 m, 4 w) die Videovariante (für eine Person fehlte dieser Fragebogenteil). Die Verteilung der Präferenzen ist damit ähnlich zu Thejls Ziegler und Lütge (2024). Der Altersmedian in der Gruppe pro Video lag bei 31 Jahren, in der pro Präsenzgruppe bei 35 Jahren.

Die Inhaltsanalyse der offenen Antworten ergab die vier Hauptcodes: Techniknutzung, Aufgabenbearbeitung, Teamgefühl sowie individuelles Wohlbefinden. Hier zeigen sich deutliche Unterschiede in der Verteilung zwischen den beiden Präferenzgruppen. Antworten zur Präferenz für die Präsenz (PP) wurden im gros zur Aufgabenbearbeitung und zum Teamgefühl vercodet. Dagegen wurden die Antworten derer mit Videopräferenz (PV) im Schwerpunkt im individuellen Wohlbefinden sowie der Aufgabenbearbeitung Code gruppiert. Bei einer differenzierteren Betrachtung über die Subcodes (s. Abb. 1) fällt auf, dass mit Blick auf die Aufgabenbearbeitung von PV die Effizienz der Bearbeitung im Video positiv hervorgehoben wurde. Ebenfalls häufig vercodet wurden Antworten zu Vorteilen von Videobesprechungen generell für ein ortsflexibles, multilokales Arbeiten „Mobiles arbeiten mit vielen verschiedenen Personen möglich“. Auch unter den PP gab es häufig Antworten die hier eine bessere Effizienz gegeben sahen. Stärker wurden für die Präsenzbesprechung Vorteile für die Koordination der Kommunikation hervorgehoben *„Absprachen sind leichter; ausversehene Unterbrechungen kommen nicht so häufig vor“*. Keine der PV-Antworten bezog sich auf das Teamgefühl. Anders in der PP, in der insbesondere der Austausch auf persönlicher Ebene *„Smalltalk neben der eigentlichen Arbeitsaufgabe ist besser möglich“*

und die *„offene Atmosphäre“* als Vorteil dieser Bedingung genannt wurden. Sowohl Antworten PV als auch PP finden sich fast wortgleich im Subcode Impression Management *„Man fühlt sich weniger beobachtet“*, *„Man traut sich eher was zu sagen“*, wobei der Anteil der Nennungen in der PV deutlich ausgeprägter war. Ausschließlich in der PV wurde das größere Platzangebot durch die Arbeit an Einzelarbeitsplätzen genannt. Mit Blick auf die Techniknutzung wurden in der PV eher die Möglichkeiten Besprechungen aufzuzeichnen und der Zugriff auf weitere Assistenzsysteme und Software positiv hervorgehoben, wohingegen in der PP ähnlich der Studie von van Gent et al. (2024) die fehlende Technikverlässlichkeit in der Videobedingung thematisiert wurde sowie positiv die Möglichkeit der gemeinsamen Ressourcennutzung in Präsenz *„Abwechseln bei Umsetzung der Ideen während der Aufgabe möglich“*.

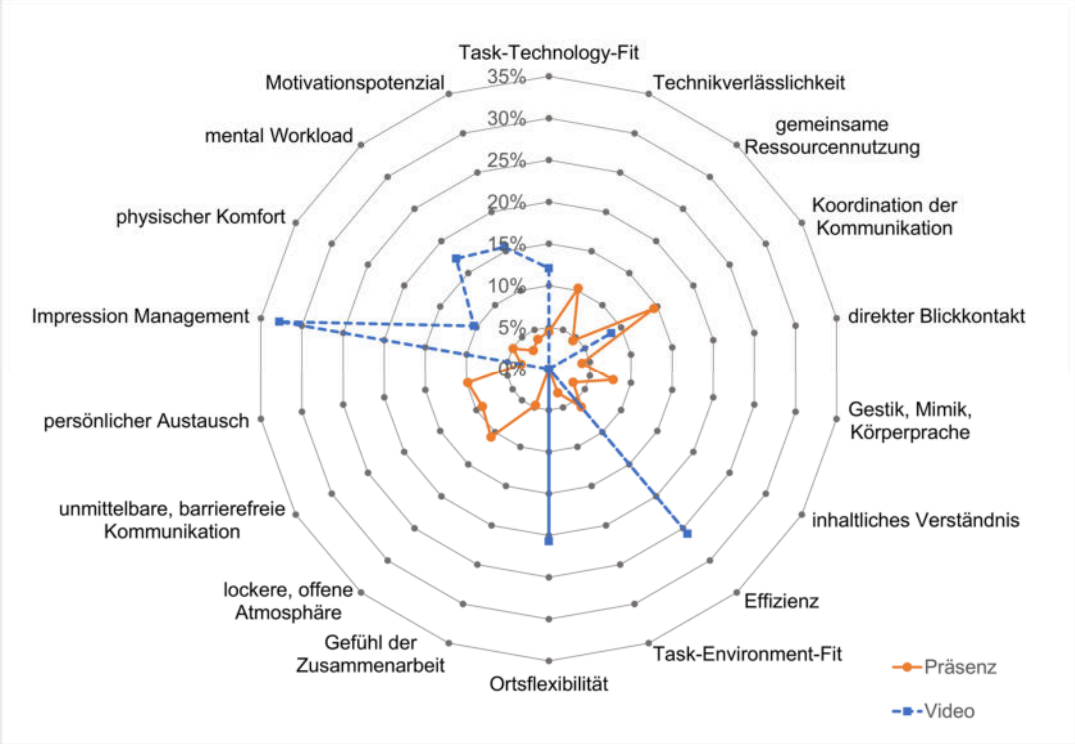


***Abbildung 1**: Verteilung der verwendeten Subcodes der Begründungen für eine Präferenz von Video- oder Präsenzbesprechungsformaten.*

Von Personen mit der reinen Laptopausstattung wurde die im Vergleich zur Präsenz schlechtere Hardware-Ausstattung negativ hervorgehoben *„Bildschirmgröße war sehr wichtig, überdurchschnittlich bei Präsenz, unterdurchschnittlich (für moderne Bürogeräte) bei Videoübertragung“.* Obwohl sich aus der Literatur ableiten lässt, dass Beschäftigte häufig mit einer Laptopkonfiguration in ähnlicher Größe an Videobesprechungen teilnehmen (Brucks & Levav, 2022), wurde in den offenen Antworten eine deutliche Kritik an einer solchen Ausstattung geübt. In den Desktop-Bedingungen wurde die Hardware-Ausstattung hingegen nicht thematisiert.

Speziell zu den Subcodes Impression Management und Teamgefühl zeigen sich starke Parallelen zu den Ergebnissen von Thejls Ziegler und Lütge (2024) mit der Wahrnehmung der Videobedingung von den PV als geschützterem Raum. Die im Vergleich zur Präsenz als reduziert wahrgenommene Detektionsmöglichkeiten für Mimik und Gestik wurden von PV als positiv wahrgenommen, wohingegen PP Mimik und Gestik für die Aufgabenbearbeitung als vorteilhaft genannt wurden. Es ist daher schwierig in diesem Punkt die Präferenzen beider Gruppen in Einklang zu bringen. In

den Antworten zum Teamgefühl spiegelt sich die bei Thejls Ziegler und Lütge (2024) beschriebene Bedeutung persönlicher Details wider, um die inhaltliche Interaktion mit mehr Menschlichkeit anzureichern.

Betrachtet man das Ungleichgewicht zwischen der Anzahl an Teilnehmenden mit PP zu PV, ist auch aktuell der Gegensatz zum praktizierten ortsflexiblen Arbeiten auffällig. Damit bleibt die Herausforderung bestehen, die individuellen Wünsche der Beschäftigten nach Nähe im Team und den Flexibilitätsmöglichkeiten hinsichtlich des Arbeitsortes in Einklang zu bringen. Interessant wären hier Untersuchungen, inwieweit verschiedenen Ausformungen hybrider Zusammenarbeit den Wunsch nach persönlicher Zusammenarbeit unterstützen können.

5. Zusammenfassung

Während Videokonferenzen für bestimmte Aufgaben und Personen eine effiziente und individuell angenehme Alternative darstellen können, bevorzugen viele die direkte Interaktion aufgrund der als besser wahrgenommenen sozialen und kommunikativen Qualitäten. Präsenztreffen sind daher vorteilhaft für Aufgaben, die eine hohe soziale Präsenz und ein starkes Engagement für die Aufgabe erfordern. Ist physische Präsenz hingegen durch eine gewünschte Flexibilität des Arbeitsortes erschwert, können auch Videokonferenzen genutzt werden, um kreative Aufgaben mit ähnlicher Qualität im Team zu bearbeiten wie in Präsenz. Sinnvoll ist es dann auf eine adäquate technische Ausstattung zu achten. Zukünftige Forschung sollte die dynamische Interaktion zwischen Kommunikationsmodalität, Aufgabentyp und den Bedürfnissen der Teilnehmenden weiter untersuchen.

6. Literatur

Bachmann T, Bloch A, Bravo KQ. (2022) Teamarbeit in Präsenz vs. remote – Unterschiede im individuellen Erleben, der Kommunikation und der Teamleistung. Organisationsberatung, Supervision, Coaching, 29, 449-462.

Backhaus N, Entgelmeier I. (2024) Arbeiten von zu Hause: Vereinbarungen, Arbeitsbedingungen, Wohlbefinden und Gesundheit. In WBfSW Statistisches Bundesamt (Destatis), Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung (BiB) (Hrsg.) (Hrsg.), Sozialbericht 2024. Ein Datenreport für Deutschland (S. S. 159-167). Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung.

Brucks MS, Levav J. (2022) Virtual communication curbs creative idea generation. Nature, 605, 108-112.

Davis FD. (1989) Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, 13, 319-340.

Macchi G, De Pisapia N. (2024) Virtual reality, face-to-face, and 2D video conferencing differently impact fatigue, creativity, flow, and decision-making in workplace dynamics. Scientific Reports, 14, 10260.

Standaert W, Muylle S, Basu A. (2021) How shall we meet? Understanding the importance of meeting mode capabilities for different meeting objectives. Information & Management, 58, 103393.

Thejls Ziegler M, Lütge C. (2024) Advantages and disadvantages of video conferencing and direct interaction: a conceptual framework for evaluating hybrid work models. International Journal of Ethics and Systems, ahead-of-print.

van Gent S, Langefeld A, Held N, Cremers A, Loots G, Gunkel SNB. (2024) An experimental comparison of participants' experience in face-to-face, video, and virtual reality meetings. Frontiers in Virtual Reality, 5.

Kuckartz U. (2014) Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 2 ed.; Beltz Juventa: Weinheim/Basel, Germany.

Danksagung: Ein besonderer Dank gilt Herrn Philipp Hagen für die Unterstützung in der Versuchsdurchführung und im Codierprozess.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Förderung von Sinn in der Arbeit im Kontext der Personal- und Organisationsentwicklung (POE)

Judith SCHÖNER

Lehrstuhl für Betriebspädagogik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Zschokkestr. 32, D-39104 Magdeburg

Kurzfassung: Der Beitrag stellt das geplante Vorgehen eines Dissertationsprojektes vor, um es in der Doktorand*innen-Werkstatt zu diskutieren. Zunächst werden die Konzepte des Sinns in der Arbeit und des Doppelanspruchs in der Personal- und Organisationsentwicklung (POE) vorgestellt und zusammengeführt. Eine entsprechende Forschungslücke wird identifiziert, für die Forschungsziel und -frage formuliert werden. Zur Beantwortung wird die Dokumentarische Methode als methodologisch-methodischer Rahmen vorgeschlagen. Daten sollen mithilfe von Gruppendiskussionen mit Personal- und Organisationsentwickler*innen erhoben und mit dem Ziel einer sinngenetischen Typenbildung ausgewertet werden. Im Ergebnis könnten z. B. Gruppen identifiziert werden, die sich mehr/ weniger an der Sinnförderung von Beschäftigten/ bei sich selbst/ in der Organisation orientieren.

Schlüsselwörter: Sinnvolle Arbeit, Sinn in der Arbeit, Meaningful work, Personalentwicklung, Organisationsentwicklung, Weiterbildung

1. Einleitung

Der Beitrag stellt das Forschungsdesign eines Dissertationsprojektes vor, welches die Förderung von Sinn in der Arbeit durch die Personal- und Organisationsentwicklung (POE) untersuchen soll. Zur Erläuterung des Forschungsgegenstandes gibt Abschnitt 2 einen kurzen Überblick über das Konzept des Sinns in der Arbeit. Abschnitt 3 skizziert den Doppelanspruch in der POE nach Geißler (2006) und Abschnitt 4 führt beides, Sinn in der Arbeit und Doppelanspruch in der POE, zusammen. Hieraus lässt sich das Forschungsziel ableiten, welches in Abschnitt 5 vorgestellt wird und mithilfe des geplanten methodischen Vorgehens erreicht werden soll. Zuletzt werden die Anliegen an die Doktorand*innen-Werkstatt dargelegt (Abschnitt 6).

2. Sinn in der Arbeit

Stress und psychische Belastung nehmen in Krisenzeiten weiter zu und Beschäftigte erleben ihre Arbeit als weniger sinnvoll (Hardering 2020). Dabei bietet das Erleben von Sinn in der Arbeit große Potenziale für Beschäftigte und Organisationen, wie z.B. größere Arbeitszufriedenheit und geringere Kündigungsabsichten sowie höheres Arbeitsengagement und Commitment (Allan et al. 2019). Angesichts dieser Potenziale rückt das Thema zunehmend in den Fokus der Personalentwicklungsforschung (Bailey et al. 2019; You et al. 2021). You et al. (2021) heben z. B. das Potenzial von Sinn in der Arbeit für eine ganzheitliche Herangehensweise der Personalentwicklung hervor, die humanistische und wertebasierte Aspekte stärker in den Fokus rückt als bisher.

Noch entschiedener formulieren es Lips-Wiersma und Morris (2018, S. 3):

" However, the quest for meaningful work is much more than an individualised quest for self-realisation, or an organisational quest for employee engagement. It is a socio-political project, concerned with sustaining and enriching our humanity and therefore our capacity to respond to the local and global challenges which face us and the planet."

Sinn in der Arbeit wird dabei mithilfe der nachfolgend abgebildeten Landkarte des Sinns definiert, welche die Dimensionen „Integrität mit dem Selbst", „Entfaltung des vollen Potenzials", „Verbundenheit mit Anderen" sowie „Dienst an Anderen" umfasst und die Spannungen zwischen Sein und Tun sowie zwischen Selbst und Anderen illustriert (Lips-Wiersma & Morris 2018).

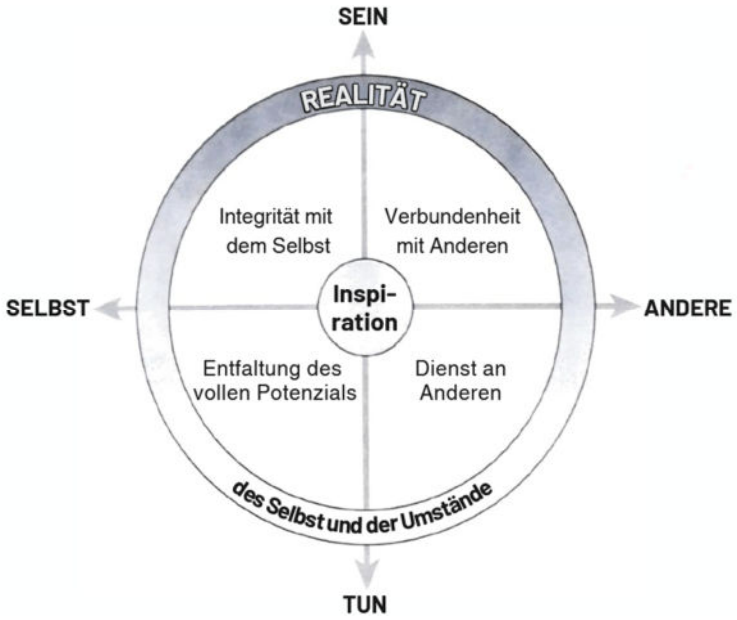


***Abbildung 1**: Landkarte des Sinns mit Schlüsseldimensionen (Lips-Wiersma & Morris 2018, S. 195, eigene Übersetzung).*

3. Doppelanspruch in der POE

Geißler (2006) betrachtet verschiedene Zeithorizonte oder (Management-)Ebenen als der POE zugehörig: „operative und strategische Maßnahmen" der POE sowie das „normenprüfende und -begründende" POE-Management (Geißler 2006, S. 211). Die operativen und strategischen Maßnahmen dienen der Verbesserung der Arbeitsleistung und tragen so zum „Grundsatzkriterium der *Effektivität* wirtschaftlichen Erfolgs- und Gewinnstrebens" bei. Einer pädagogischen Perspektive entsprechend und in Tradition der Organisationsentwicklung wird dieses Kriterium um das „Grundsatzkriterium der *Selbstbestimmung und Humanität*" (Geißler 2006, S. 211; Hervor. i. Orig.) ergänzt, sodass ein Doppelanspruch entsteht. Dabei soll letzteres der Legitimitätsüberprüfung dienen und beispielsweise für die Ermittlung berechtigter Leistungsansprüche herangezogen werden, wenn sich die Frage nach der Bewertung oder Verbesserung von Arbeitsleistung stellt. Eine solche Legitimitätsüberprüfung fällt der normenprüfenden und -begründenden POE zu und dient als Richtschnur für strategische und operative Maßnahmen. Zudem ist es Aufgabe der POE, zwischen den Organisa-

tionsakteur*innen zu vermitteln, die Arbeitsleistung verschieden definieren und unterschiedliche Ansprüche an deren Verbesserung haben (Geißler 2006). Nachfolgende Tabelle illustriert die beiden Grundsatzkriterien und ihre Implikationen für die POE.

Tabelle 1: *Implikationen zweier Grundsatzkriterien für die Personal- und Organisationsentwicklung (eigene Darstellung in Orientierung an Geißler 2006, S. 210-212)-*

Doppelanspruch der zwei Grundsatzkriterien	
Effektivität wirtschaftlichen Erfolgs- und Gewinnstrebens	**Selbstbestimmung und Humanität**
Leistungsoptimierung: Verbesserung der Arbeitsleistung	Legitimitätsüberprüfung: Ermittlung berechtigter Leistungsansprüche
Operative und strategische Maßnahmen der POE	Normatives (normenprüfendes und -begründendes) POE-Management
Ermittlung des Bedarfs (Bildung, organisationale Rahmenbedingungen), Durchführung und Evaluation	Planung, Durchführung und Evaluation konsensstiftender Verfahren zur Überprüfung und Ermittlung berechtigter Ansprüche (Leistung, organisationale Rahmenbedingungen)

4. Integration von Doppelanspruch in der POE und Sinn in der Arbeit

Gerade hinsichtlich der normativen Ebene der POE bzw. dem Grundsatzkriterium der Selbstbestimmung und Humanität lassen sich Parallelen zum Sinn in der Arbeit ziehen. So findet sich beispielsweise die Selbstbestimmung in der Landkarte des Sinns von Lips-Wiersma und Morris (2018) in den Dimensionen *Integrität mit dem Selbst* und *Entfaltung des vollen Potenzials* wieder. Darüber hinaus geht es den Autorinnen bei der Förderung von Sinn in der Arbeit in letzter Konsequenz um die Stärkung der Humanität (siehe Zitat in Abschnitt 2). Auch You et al. (2021) argumentieren, dass die Einbeziehung von Sinn in der Arbeit zur Stärkung einer humanistischen und werteorientierten Perspektive der POE führen kann. Sie identifizieren einen Fokus auf Sinn in der Arbeit sogar als Möglichkeit für die POE, die humanistische und die leistungsorientierte Perspektive auszubalancieren bzw. in einer ganzheitlichen Sicht zu integrieren. In Rückbezug auf Geißler (2006) würde dies eine Integration von Leistungsoptimierung und Legitimitätsüberprüfung bzw. der beiden Grundsatzkriterien bedeuten. So scheint die Förderung von Sinn in der Arbeit eine Möglichkeit für die POE darzustellen, eine humanistische Haltung einzunehmen ohne die Leistungsorientierung zu vernachlässigen.

5. Ziel und Vorgehen des Dissertationsprojektes

Aus dem Forschungsstand lassen sich Potenziale einer Orientierung an Sinn in der Arbeit für die POE ableiten. Infolgedessen werden Personal- und Organisationsentwickler*innen als tragende Akteur*innen für die Förderung von Sinn in der Arbeit identifiziert und angehalten, evidenzbasierte Interventionen zur Unterstützung des Sinnerlebens zu entwickeln (Bailey et al. 2019). Welche Perspektive aber haben Personal- und Organisationsentwickler*innen hierauf? Dem widmet sich das Dissertationsprojekt und setzt sich zum Ziel, aus der Praxis heraus zu rekonstruieren, inwiefern die Förderung von Sinn in der Arbeit handlungsleitend für Personal- und Organisationsentwick-

ler*innen ist. Dafür wird das methodologisch-methodische Vorgehen der Dokumentarischen Methode gewählt, welche der „Rekonstruktion der praktischen Erfahrungen von Einzelpersonen und Gruppen“ dient und „Aufschluss über die Handlungsorientierungen [gibt], die sich in der jeweiligen Praxis dokumentieren“ (Nohl 2006, S. 8).

Ergänzend zum Forschungsziel wird folgende Forschungsfrage formuliert: *Inwiefern orientieren sich Personal- und Organisationsentwickler*innen an der Förderung von Sinn in der Arbeit und in welchen Praktiken zeigt sich dies?*

5.1 Datenerhebung

Bezüglich der Gewinnung potenzieller Studienteilnehmer*innen ist zunächst festzuhalten, dass das Dissertationsprojekt einem integrierten Verständnis von POE folgt, welches die Entwicklung von Personal und Organisation nicht als getrennte Funktionen betrachtet, sondern als zusammengehörige, miteinander zu verschränkende (z. B. Becker 2013; Geißler 2006; Neuberger 1994). Zugehörige Aktivitäten umfassen „Maßnahmen der Bildung, der Förderung und der Organisationsentwicklung“ (Becker 2013, S. 5) bzw. Aktivitäten der „Person-, Team- und Organisations-Entwicklung“ (Neuberger 1994, S. 13). Entsprechende Stellenbezeichnungen können also variieren und werden in der Datenerhebung insofern gleichermaßen berücksichtigt, als dass nicht die Stellenbezeichnungen, sondern die der POE zuzurechnenden Aktivitäten ausschlaggebend sind.

Zudem soll die Datenerhebung in Organisationen erfolgen, in denen mindestens zwei ausdifferenzierte Stellen der POE bestehen – im Unterschied zu Organisationen, in denen Themen der POE z.B. im Rahmen der Geschäftsführung und/oder des Personalmanagements bearbeitet werden. Personen, die solche Stellen der POE besetzen, sollen für Gruppendiskussionen gewonnen werden. Statt organisationsübergreifend sollen die Gruppendiskussionen jeweils innerhalb einer Organisation durchgeführt werden, sodass die Diskussionen in Realgruppen an einem für alle gleichermaßen bekannten Ort stattfinden (Loos & Schäffer 2001).

Nach einer kurzen Projektvorstellung und Erläuterungen zur Anonymisierung soll folgende Einstiegsfrage die eigentliche Gruppendiskussion anstoßen:

Wenn Sie jetzt an Ihre Organisation, die Beschäftigten – also einfach an ihre Arbeit insgesamt denken: Welche Rolle spielt denn da Sinn in der Arbeit, Sinnerleben, Sinnerfüllung, Sinnhaftigkeit, die Förderung von Sinn oder wie auch immer Sie es nennen würden?

Die Vagheit bzw. Begriffsreihung soll dabei ermöglichen, „daß die Teilnehmenden ihre Beiträge so formulieren können, daß sie ihren Orientierungsrahmen entsprechen. Sie können sich gewissermaßen den thematischen und orientierungsbezogenen Aspekt an einer unscharf formulierten Frage heraussuchen, der zu ihren Relevanzsetzungen paßt“ (Loos & Schäffer 2001, S. 53). Die gesamte weitere Moderation ist auf ein Minimum zu reduzieren und zielt mit erster Priorität auf die Herstellung von Selbstläufigkeit ab, um möglichst die für die Gruppe üblichen Diskursstrukturen (Sprecher*innenwechsel, gegenseitige Bezugnahmen etc.) zu reproduzieren (Bohnsack 2021, Loos & Schäffer 2001).

5.2 Auswertung und Interpretation

Zentral für die Auswertung sind die formulierende und reflektierende Interpretation. Erstere fasst Textpassagen zu Themen und ggf. Unterthemen zusammen, um so den allgemein verständlichen Inhalt verdichtet darzustellen (*was* wird gesagt?). Der zweite

Interpretationsschritt zielt „auf die Rekonstruktion und Explikation des *Rahmens*, innerhalb dessen das Thema abgehandelt wird, auf die Art und Weise, *wie* […] das Thema behandelt wird“ (Bohnsack 2021, S. 139, Hervor. i. Orig.). Zudem arbeitet die Dokumentarische Methode kontinuierlich mit Vergleichen (komparative Analyse), sowohl innerhalb desselben Materials als auch über unterschiedliche (in diesem Fall) Gruppendiskussionen hinweg. So können nach und nach Dimensionen herausgearbeitet werden, die sich gleichen oder aber unterscheiden, und welche die Grundlage für die Typenbildung darstellen (Loos & Schäffer 2001). Mit dem Dissertationsprojekt wird eine sinngenetische Typenbildung (Bohnsack 2013) verfolgt, sodass im Ergebnis beispielsweise (idealtypische) Gruppen entstehen könnten, die sich mehr/ weniger an der Sinnförderung von Beschäftigten/ bei sich selbst/in der Organisation orientieren.

6. Anliegen an die Doktorand*innen-Werkstatt

Hinsichtlich der Diskussion in der Doktorand*innen-Werkstatt interessiert mich insbesondere, inwiefern sich das dargestellte Forschungsdesign als stimmig zeigt. Zunächst kann geprüft werden, ob sich die Darlegung der Konzepte des Sinns in der Arbeit, des Doppelanspruchs der POE, deren Zusammenführung und die daraus abgeleitete Forschungslücke sowie Forschungsfrage als stringent erweisen. Hieran schließt sich an, ob der gewählte methodologische Rahmen und das methodische Vorgehen dem Forschungsgegenstand angemessen sind. Zudem freue ich mich über Einschätzungen zum Feldzugang und zur Datenerhebung mithilfe der Gruppendiskussion.

7. Literatur

Allan BA, Batz-Barbarich C, Sterling HM & Tay L (2019). Outcomes of Meaningful Work: A Meta-Analysis. Journal of Management Studies 56(3):500–528. https://doi.org/10.1111/joms.12406.

Bailey C, Yeoman R, Madden A, Thompson M & Kerridge G (2019). A Review of the Empirical Literature on Meaningful Work: Progress and Research Agenda. Human Resource Development Review 18(1):83–113. https://doi.org/10.1177/1534484318804653.

Becker M (2013). Personalentwicklung: Bildung, Förderung und Organisationsentwicklung in Theorie und Praxis. Schäffer-Poeschel.

Bohnsack R (2013) Typenbildung, Generalisierung und komparative Analyse: Grundprinzipien der dokumentarischen Methode. In Bohnsack R, Nentwig-Gesemann I, Nohl AM (Hrsg.), Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Grundlagen qualitativer Sozialforschung (3., aktualisierte Aufl.). Wiesbaden: Springer VS, 241-270.

Bohnsack R (2021). Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden (UTB Erziehungswissenschaft, Sozialwissenschaft, Bd. 8242, 10., durchgesehene Auflage). Opladen, Toronto: Verlag Barbara Budrich. http://www.blickinsbuch.de/item/169daf895baeb9e5aff2464436ba288d.

Geißler H (2006) Integration von Personal- und Organisationsentwicklung in der beruflichen Bildung. In Arnold R (Hrsg.), Handbuch der Berufsbildung (2., überarb. und aktualisierte Aufl.). VS Verl. für Sozialwiss., 204-224.

Hardering F (2020). Sinn in der Arbeit: Überblick über Grundbegriffe und aktuelle Debatten (1st ed. 2020). Springer eBook Collection. Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-30816-2.

Lips-Wiersma M, Morris L (2018) The map of meaningful work. A practical guide to sustaining our humanity (Second edition). London: Routledge. https://doi.org/10.4324/9781351252065.

Loos P, Schäffer B (2001) Das Gruppendiskussionsverfahren. Theoretische Grundlagen und empirische Anwendung (Qualitative Sozialforschung, Bd. 5). Opladen: Leske + Budrich.

Neuberger O (1994). Personalentwicklung (2nd ed.). Basistexte Personalwesen Ser: v.2. Walter de Gruyter GmbH. https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=4943566.

Nohl AM (2006) Interview und dokumentarische Methode. Anleitungen für die Forschungspraxis (Qualitative Sozialforschung, Bd. 16, 1. Aufl.). Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss. http://bvbr.bib-bvb.de:8991/F?func=service&doc_library=BVB01&doc_number=014649010&line_number=0002&func_code=DB_RECORDS&service_type=MEDIA.

You J, Kim S, Kim K, Cho A & Chang W (2021). Conceptualizing meaningful work and its implications for HRD. European Journal of Training and Development 45(1):36–52. https://doi.org/10.1108/EJTD-01-2020-0005.

Von der IT- zur Prozessbranche: Eine Analyse der Anforderungen der XR-Industrie und ihrer Qualifizierungsangebote für ein holistisches XR-Literacy-Modell

Samira KHODAEI, Johanna M. WERZ, Esther BOROWSKI, Ingrid ISENHARDT

Lehrstuhl für Informations-, Qualitäts- und Sensorsysteme in der Produktion (Prof. Robert Schmitt), RWTH Aachen, Campus-Boulevard 30, D-52074 Aachen

Kurzfassung: Technologien wie XR, Blockchain, KI und Avatare formen das dreidimensionale Internet 4.0 und revolutionieren dadurch die Arbeitswelt 5.0. XR-Branchenverbände betonen zunehmend die Bedeutung von Kompetenzen, die über reine Programmierkenntnisse hinausgehen. XR-Literacy vereint Medien-, IT- und Datenkompetenzen und stellt Schlüsselqualifikationen ins Zentrum für immersive Arbeitswelten. Der Beitrag deckt die Kompetenzlücken in Bereichen wie ELSA-Kriterien, Datenkompetenzen und Rezeptionsfähigkeiten auf. Ganzheitliche Aus- und Weiterbildungsprogramme sowie standardisierte Qualifikationsrahmen sind entscheidend, um Fachkräfte für Arbeit 5.0 zu qualifizieren. Diese Maßnahmen fördern die Transformation der Arbeit durch souveräne Mediennutzung und stärken die Menschzentrierung in der XR-Branche.

Schlüsselwörter: eXtended Reality, Qualifizierung, Literacy, XR Industry, Metaverse Skills

1. Einleitung

Erweiterte Realität (engl. eXtended Reality: XR) ist Teil einer Innovation, die neuen Arbeitswelten eröffnet und seit 2023 als immersiver Zugang zum Metaverse diskutiert wird (Lee et al. 2021; Dwivedi et al. 2022; IUK-Technologie 2022; Stephens et al. 2022). Als XR werden Medieninnovationen verstanden, die als Sammelbegriff für immersive Technologien wie Virtual Reality (VR), Mixed Reality (MR) und Augmented Reality (AR) bezeichnet werden. Als Teil der digitalen Transformation verändern XR Medien die Zusammenarbeit durch neue Formen der Interaktion, Visualisierung und Kommunikation entscheidend (Langer 2020). Ihre Kernmerkmale bestehen darin, dass sie im Vergleich zu existierenden digitalen oder tertiären Medien digitalisierte Informationen einblenden, überblenden oder Nutzende direkt in eine künstliche Umgebung versetzen. Sie werden daher im Vergleich zu anderen Medien als immersiver beschrieben (Langer 2020; Skarbez et al. 2021). Zahlenreiche Veröffentlichungen beschäftigen sich mit Medienwirkungsfragen und der Bedeutung für die zwischenmenschlichen Zusammenarbeit (Daling 2024) (Daling et al. 2023) Schiffeler 2021). Allerdings bleibt trotz eines wachsenden Marktes (Statista 2023), regelmäßiger Präsenz auf Hype-Zyklen (Perri 2022) und erfolgreicher Anwendungen in der Arbeitswelt der endgültige Durchbruch im Massenmarkt weiterhin aus (Langer 2020).

Dennoch befindet sich die Branche in Deutschland und weltweit im Wachstum (Strategic Market Research LLP 2022), wobei sie inkrementelle bis disruptive Entwicklungen in den letzten 5 Jahren aufweist (Dwivedi et al. 2022). In Stellungnahmen der

XR-Vereine der vergangenen Jahre wird formuliert, dass sich die XR-Branche von einer sehr technischen IT- zu einer Prozessbranche wandelt (Runde 2021b) und daraus ein erhörter Beratungsbedarf zu diesen Medien erforderlich ist (Runde 2021b). Europäische Branchenvertreter*innen verfolgen verschiedene Standardisierungsbestrebungen im Bereich XR. Diese verdeutlichen, dass die Diskussionen weit über den Datenschutz hinausgehen. Im Fokus stehen tiefgreifende moralische Fragen zu Motivation, Ausgestaltung und Sinnhaftigkeit von XR. Ziel ist es, die gesellschaftliche Dimension dieser disruptiven Technologien zu erfassen (Stephens et al. 2022). Das bedeutet, neben technischem Wissen und Programmier- und Designfähigkeiten verändern sich zunehmend die Anforderungen an qualifizierte Fachkräfte (Stephens et al. 2022). Grundlegende Kenntnisse in der Mensch-Technik-Interaktion sowie ein systemisches Verständnis von System-, Unternehmens- und Change-Prozessen gewinnen zunehmend an Bedeutung, um XR-Applikationen über den Prototypenstatus hinaus zu entwickeln und als integralen Bestandteil in Geschäftsprozesse zu implementieren. Es fehlt an einem strukturierten Modell, dass die Wechselwirkung zwischen Produktions- und Wahrnehmungswirkung beschreibt. Um XR-Technologien effektiv in Arbeitsprozesse zu integrieren, ist es entscheidend, die Erkenntnisse der Arbeitsforschung in die Praxis zu übertragen. Das WIN:A-Projekt (Wissens- und Innovations-Netzwerk: Arbeitsforschung) entwickelt hierfür bedarfsgerechte Transferkonzepte. Mit Hilfe dieser Konzepte wird die digitale Transformation menschzentrierter gestaltet, um den Erwartungen der Arbeitswelt 4.0 gerecht zu werden.

Durch ein XR-Literacy-Modell sollen diese Kompetenzanforderungen systematisch an den Entwicklungs- und Rezeptionsprozess von XR-Medien angelehnt werden (Khodaei et al. 2023). Der Begriff Literacy ist als Kontinuum zu verstehen, das Wissen, Fähigkeiten und Werte miteinander verbindet (Potter 2021). Hierbei müssen Produktions- und Rezeptionshandlungen von Entwickler*innen und Nutzenden holistisch als Wechselspiel betrachtet werden (siehe Abbildung 1) (Khodaei et al. 2023).

Dieser Beitrag untersucht deshalb die Frage, welche XR-Kompetenzen werden nach aktuellem Bedarf der Industrie als relevant gesehen und welche Lücken bestehen in einem holistischen XR-Literacy-Modell? Die Analyse von Aus- und Weiterbildungsprogrammen sowie die Zusammenfassung einer Metastudie decken zentrale Schlüsselkompetenzen und bestehende Lücken in der Qualifizierung von XR-Fachkräften auf, die aus Sicht der Arbeitswissenschaften für eine sich wandelnde Arbeitswelt benötigt wird, um den Transfer von Forschungsergebnissen in die betriebliche Praxis zu fördern.

2. Prozessorientiertes XR-Literacy-Modell

Um der Branchenforderung nach prozessorientierten Kompetenzen gerecht zu werden, ist das folgende XR-Literacy-Modell entwickelt worden (siehe Abbildung 1). In Abgrenzung zu einem anderen bestehenden Modell von Chang et al. (2023), das versucht XR-Literacy in Digital Literacy einzuordnen (Chang et al. 2023), ist das vorliegende zyklische Modell eine Anlehnung an Media Literacy nach Potter (2021). Es berücksichtigt zyklische Entwicklungsprozesse und positioniert Sinnfragen zur Technologie in die Mitte aller Prozessschritte. Durch diese Betrachtung von XR-Medien als Interaktionsprozess zwischen Entwickler*innen und Nutzer*innen werden Wissen und Fähigkeiten deutlich, die stark beforscht aber in Aus- und Weiterbildungsprogrammen für XR-Fachkräften kaum vermittelt werden (siehe Abbildung 1).

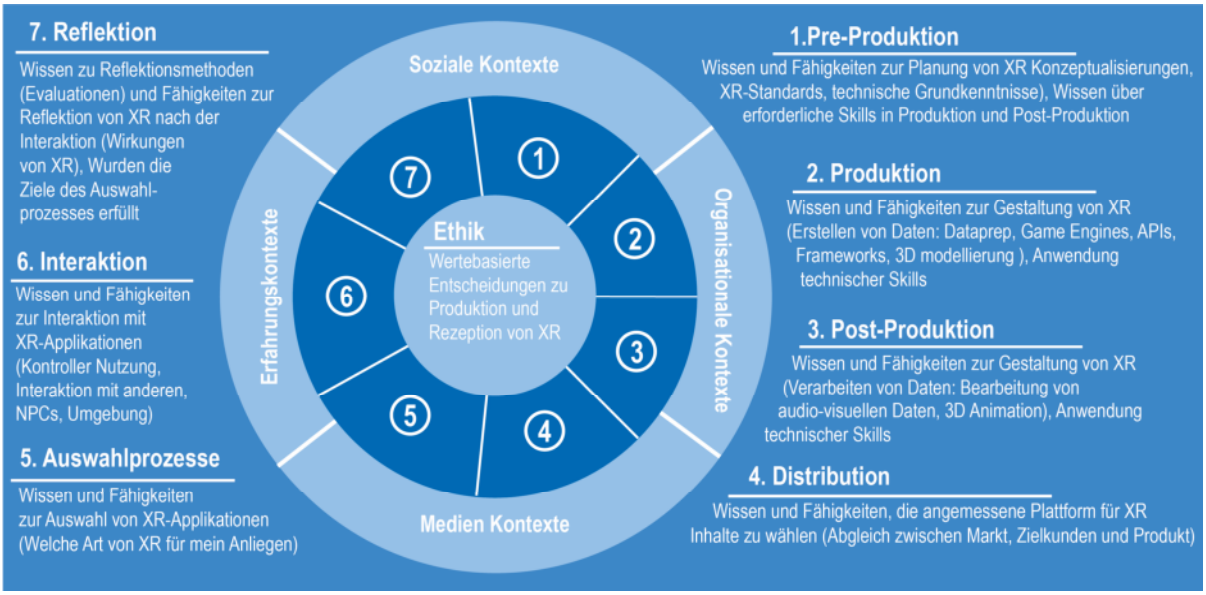


Abbildung 1: *XR-Literacy-Modell nach Khodaei et al. 2023.*

Die dargestellte Grafik visualisiert ein XR-Literacy-Modell, das für die Entwicklung und Nutzung von XR-Medien entscheidend ist. Im Zentrum des Zyklus stehen Kompetenzen im Zusammenhang mit ethischen und moralischen Fragestellungen. In der mittleren Ebene befinden sich insgesamt sieben Segmente, die die einzelnen Phasen in der Entwicklung und Rezeption von XR-Medien repräsentieren. Jeder der sieben Schritte steht für einen spezifischen Aspekt innerhalb des Produktions- und Rezeptionsprozesses. Der Produktionsprozess besteht aus Pre-Produktion, Produktion, Post-Produktion und Distribution. Die Rezeptionsseite besteht aus Auswahl, Interaktion und Reflektion. Die vier übergeordneten Kontextbereiche bilden die äußere Ebene der Grafik, und veranschaulichen soziale, organisationale, medienbezogene sowie Erfahrungskontexte, in denen die Phasen stattfinden. Sie repräsentieren die zusätzlichen äußeren Einflussfaktoren, die bei der Entwicklung und Nutzung von XR-Medien berücksichtigt werden sollten.

Für den deutschsprachigen Raum wurden von 2017 bis 2021 im Rahmen des Projektes Applikationszentrum V/AR ca. 30 Berichte zum Thema Qualifizierung und Kompetenzen zu XR-Medien veröffentlicht und analysiert, in deren Rahmen ebenso Qualifikationsprofile analysiert und bewertet wurden (VdC Fellbach e.V. 2021). Ziel des Projekts war es unter anderem die Interessen der Technologieanwender aus der Wirtschaft gegenüber Bildungsanbietern zu vertreten. Das Ergebnis dieser Metastudie zeigt, dass sich die Jobprofile in der Branche nicht mit den erforderlichen Kompetenzen die aktuell in Studiengängen und Lehrbüchern vermittelten decken. Eine Empfehlung, die in der Arbeitsforschung immer wieder verdeutlicht wurde (Hohlbaum et al. 2023). Die die Autoren der Metastudien formulieren aus dieser Lücke heraus die Notwendigkeit, Studiengänge und Ausbildungsmaterialien zu überarbeiten (Runde 2021a). und betonen in einem Positionspapier der Verbände, die Notwendigkeit XR-Entwicklung holistisch zu erfassen (Runde 2022). In der Studiensammlung wurden die Bedarfe methodisch aus der Branche heraus klassifiziert. Dabei zeigt sich, dass die Interviewpartner*innen häufig den Übergang von der IT- zur Prozessbranche noch nicht vollständig berücksichtigt haben, wodurch Qualifikationen im IT-Bereich tendenziell höher gewichtet werden als erforderlich.

3. Methodisches Vorgehen: Literaturreview von Kursinhalten

Die allgemeine Suche von Aus- und Weiterbildungsprogrammen zum Thema XR bzw. VR, AR und MR ergab weltweit rund 20 Angebote, wobei sich die Suche auf Grund von sprachlichen Barrieren vor allem auf den Europäischen und Nord-Amerikanischen Sprachraum bezog. Für diesen Beitrag wurden exemplarisch Anbieter im deutschen Sprachraum gewählt, um die Möglichkeiten der XR-Aus- und Weiterbildung darzustellen: Dazu gehört der Ausbildungsberuf zum Immersiven Mediengestalter*in, ein Bachelor-Studiengang mit stärkerem Design-Bezug, sowie zwei Weiterbildungsprogramme mit unterschiedlichen Zielgruppen. Die eine Weiterbildung richtet sich an eine nicht näher definierte, aber sehr breite Zielgruppe, während die andere auf Trainer*innen abzielt (VR-Trainer*in). Die einzelnen in den Angeboten vermittelten Methoden, Inhalte und der Ablauf wurden in das vorgestellte XR-Literacy-Modell einsortiert.

3.1 Relevante Kursprogramme

Tabelle 1: *Übersicht der analysierten Kursprogramme.*

	Bezeichnung	Art	Dauer [ECTS]	Fach	Anbieter	Abschluss
1	Gestalter*in für immersive Medien	Präsenz	180	Medien-praxis	Öffent.	anerkannter Ausbildungs-beruf
2	Augmented and Virtual Reality Design	Präsenz	180	Medien-wissenschaft	Öffent.	Bachelor of Arts
3	Spezialisierung Erweiterte Realität für alle	Online	~ 40	Informatik	Öffentl. / privat	Weiterbildung
4	Virtual Reality VR-Trainer*in	Online	65	Pädagogik	Privat	Weiterbildung

3.2 Einordnung der Lehrinhalte in das XR-Literacy-Model

Die Klassifizierung der Modulinhalte in das XR-Literacy-Modell erfolgte in drei Schritten. Zunächst wurden die Inhalte aus dem Modulhandbüchern nach den Kategorien Wissen, Fähigkeit und Wert kategorisiert. Dann wurde ermittelt, ob diese Inhalte eher für die Medienproduktion oder Rezeption relevant sind. Wenn Kompetenzen in verschiedenen Phasen oder gar durchgängig relevant waren, dann wurden sie entsprechend mehrfach genannt. Anschließend wurden, wenn vorhanden, die Lerntaxonomien und Methoden zu den entsprechenden Phasen zugeordnet, um festzustellen, ob sich Schwerpunkte im Zyklus ergeben. In einem finalen Schritt wurden sich überschneidende Lehrinhalte von verschiedenen Programmen zusammengefasst und gekennzeichnet.

4. Ergebnisse: Modell von XR-Literacy

Der Abgleich des XR-Literacy-Modells mit Ausbildungsformaten zeigt eine stärkere Betonung der Medienproduktion gegenüber der Medienrezeption. Beispielsweise wird oft betont, wie wichtig Kenntnisse in Computer-Grafik und Rendering sind, etwa die Fähigkeit, 3D-Modelle für virtuelle Umgebungen zu erstellen und anzupassen. Entsprechend sind die geforderten Kompetenzen in den Produktions- und Postproduk-

tionsphasen häufig sehr praxisnah. Alle Programme setzen darauf, Prototypen schrittweise und iterativ zu entwickeln sowie einen menschenzentrierten Ansatz zu verfolgen, ohne dabei konkrete Methoden Standards vorzugeben. Die Phasen auf der Produktionsseite sind daher meist sehr interaktiv und praxisnah gestaltet. Die Phasen der Rezeptionsseite sind oft weniger konkret und beschränken sich meist auf die Vermittlung theoretischen Wissens. Beispielsweise wird in allen Programmen die Geschichte von XR behandelt sowie Diskussionen über Nutzen und Wirtschaftlichkeit angestoßen.
Die Analyse zeigt, dass in den wenigsten Programmen Standardwissen wird zu Interaktionseffekten mit XR-Medien, Methoden, wie Beobachtungsstudien oder Eyetracking-Studien oder Studienergebnisse zu Anlerneffekten aus psychologischer oder soziologischer Forschung vermittelt. Die Ausbildungsformate sind häufig sehr konkret, wenn es um die Medienproduktionsphasen geht, während die Medienrezeption und humanwissenschaftliche Grundlagen oft abstrakt bleiben.

Zusammenfassend zeigt die Analyse, dass die Qualifizierung für XR-Medien derzeit einen Fokus auf praxisnahe Produktions- und Postproduktionsphasen legen, während Aspekte der Medienrezeption, kritischen Reflexion und interaktiven Wirkung von XR-Medien sowie deren wissenschaftliche Fundierung nur begrenzt integriert sind.

5. Fazit und Ausblick

Der Beitrag verdeutlicht bestehende Lücken und Herausforderungen bei der Vermittlung von XR-Kompetenzen, insbesondere in den Bereichen Prozesswissen, Reflexion und ethische Standards. Diese Fähigkeiten werden oft nebenbei in der Praxis erlernt werden, ohne formale Standards zu sichern. Dies birgt das Risiko, dass zentrale Kompetenzen für die kontextabhängige XR-Entwicklung unzureichend vermittelt werden, was den Erfolg gefährden kann.

Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass die Umsetzung von holistischen XR-Literacy-Modellen essenziell ist, um Qualifizierungsprogramme und Zertifizierungen für XR-Medien voranzubringen. Besonders wichtig ist die Identifizierung und Schließung von Lücken in den Bereichen der XR-Ethik, Datenkompetenzen und Rezeptionsfähigkeit, um den effektiven Einsatz der Technologien zu fördern. Darüber hinaus sollten zur Identifizierung geeigneter Kompetenzen und Lehrmethoden für die Vermittlung von Interaktions- und Rezeptionsmethoden in XR zusätzliche Methoden entwickelt und angewendet werden, um weitere implizite Kompetenzen aufzudecken.
Künftige Forschung sollte darauf fokussieren, standardisierte XR-Qualifikationsrahmen zu entwickeln und XR-Kompetenzen in bestehende Lehrpläne zu integrieren, um die Nutzenden auf die sich entwickelnden Anforderungen von Arbeit 5.0 vorzubereiten. Ein holistisches XR-Literacy-Modell definiert dabei zukunftsorientierte Kompetenzen für eine effiziente, adaptive und menschenorientierte Arbeitsgestaltung. Ein solches Modell schafft zukunftsorientierte Kompetenzen, stärkt den Wissenstransfer zwischen Forschung und Unternehmen und unterstützt die digitale Transformation im Kontext von Arbeit 5.0.

6. Literatur

Chang C-Y, Kuo H-C, Du Z (2023): The role of digital literacy in augmented, virtual, and mixed reality in popular science education: a review study and an educational framework development. In: Virtual Reality 27 (3), S. 2461–2479. DOI: 10.1007/s10055-023-00817-9.

Daling LM (2024): Gear it up! Human potential in manual assembly - subjective evaluations and performance effects of augmented and virtual reality in industrial training. RWTH Aachen University

Daling LM, Tenbrock M, Isenhardt I, Schlittmeier SJ (2023): Assemble it like this! – Is AR- or VR-based training an effective alternative to video-based training in manual assembly? Applied ergonomics 110, 104021 (2023). doi:10.1016/j.apergo.2023.104021 / pages [1]-12. DOI: 10.18154/RWTH-2023-04247.

Dwivedi YK, Hughes L, Baabdullah AM, Ribeiro-Navarrete S, Giannakis M, Al-Debei MM, Dennehy D, Metri B, Buhalis D, Cheung CM, Conboy K, Doyle R, Dubey R, Dutot V, Felix R, Goyal DP, Gustafsson A, Hinsch C, Jebabli I, Janssen M, Kim Y-G, Kim J, Koos S, Kreps D, Kshetri N, Kumar V, Ooi K-B, Papagiannidis S, Pappas IO, Polyviou A, Park S-M, Pandey N, Queiroz MM, Raman R, Rauschnabel PA, Shirish A, Sigala M, Spanaki K, Wei-Han Tan G, Tiwari MK, Viglia G, Wamba SF (2022): Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. In: International Journal of Information Management 66. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542.

Hohlbaum, K; Deutz, C; Koonen, A; Collienne, NM (2023): Transfer als Medium und Methode: RWTH Aachen University.

IUK-Technologie F-V (2022): Fakt oder Fiktion? Technologien und Use Cases für das (Industrial) Metaverse. Fraunhofer-Verbund IUK-Technologie. Berlin. Online verfügbar unter: https://www.iuk.fraunhofer.de/content/dam/iuk/de/Download/technologien%20und%20Use%20Cases%20f%C3%BCr%20das%20(Industrial)%20Metaverse.pdf.

Khodaei S, Abdelrazeq A, Isenhardt I (2023): Beyond XR Literacy. The Artificialization of Human Senses. In: Lars Christian Grabbe, Andrew McLuhan, Tobias Held (Eds.): Beyond Media Literacy. 1. Auflage Welt | Gestalten, 7. Marburg: Büchner-Verlag.

Langer, E (2020): Medieninnovationen AR und VR. Berlin, Heidelberg: Springer.

Lee L-H, Braud T, Zhou P, Wang L, Xu D, Lin Z, Kumar A, Bermejo C, Hui P (2021): All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda. Online verfügbar unter: http://arxiv.org/pdf/2110.05352v3.

Perri L (2022): Neues in der digitalen Verwaltung aus dem Gartner Hype Cycle 2022. Gartner, Inc. Zugriff am 08.01.2025. Online verfügbar unter: https://www.gartner.de/de/artikel/neues-in-der-digitalen-verwaltung-aus-dem-gartner-hype-cycle-2022.

Potter, WJ (2021): Media Literacy. 10. Auflage. Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC, Melbourne: SAGE.

Runde C (2021a): Anforderungen an die V/AR-Bildung. Bericht #15: Kompetenzaufbau V/AR. Identifikation notwendiger V/AR-Kompetenzen aus der Perspektive der Wirtschaft und Forschung. Virtual Dimension Center Fellbach, Kompetenzzentrum für Virtuelle Realität und Kooperatives Engineering w.V. Fellbach. Online verfügbar unter: https://www.vdc-fellbach.de/fileadmin/user_upload/Applikationszentrum_VAR_-_Bericht__15_-_AP_3_-_Kompetenzaufbau_-_VAR-Bildungsanforderungen_v13.pdf.

Runde C (2021b): Kompetenz-Matching: Bericht #17: Beratungsbedarfe V/AR. Virtual Dimension Center Fellbach, Kompetenzzentrum für Virtuelle Realität und Kooperatives Engineering w.V. Fellbach. Online verfügbar unter: https://www.vdc-fellbach.de/fileadmin/user_upload/Applikationszentrum_VAR_-_Bericht__17_-_AP_4_-_Beratungsbedarfe_XR_v07.pdf

Runde C (2022): XR-Qualifikation hinkt Bedarfen hinterher. Virtual Dimension Center Fellbach, Kompetenzzentrum für Virtuelle Realität und Kooperatives Engineering w.V. Fellbach. Online verfügbar unter: https://doi.org/10.6084/m9.figshare.19683174.v1.

Skarbez R, Smith M, Whitton MC (2021): Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum. In: Frontiers in Virtual Reality 2, Article 647997, S. 2–8. DOI: 10.3389/frvir.2021.647997.

Statista (2023): AR & VR: market data & analysis. In: Statista Market Insights 2023.

Stephens M, Mathana, Havens JC, McBride K, Vashishtha H, Al Hajeri S, Mangina E (2022): The IEEE Global Initiative on Ethics of Extended Reality (XR) Report—Metaverse and Its Governance. Edited by The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York, NY, USA.

Strategic Market Research LLP (2022): Metaverse Market Statistics - A $678.80 Billion Industry Size by 2030; The Next Big Thing. Online verfügbar unter: https://www.globenewswire.com/news-release/2022/10/12/2532866/0/en/Metaverse-Market-Statistics-A-678-80-Billion-Industry-Size-by-2030-The-Next-Big-Thing.html. Zugriff am 14.10.2022.

VdC Fellbach e.V. (2021): Applikationszentrum V/AR. Mithilfe von Runde C. Zugriff am 08.01.2025. Online verfügbar unter: https://www.vdc-fellbach.de/leistungen/projektentwicklung/landesprojekte/applikationszentrum-var/.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Kompetenzmanagement als Erfolgsfaktor – Wie KMU menschenzentrierte KI-Systeme erfolgreich einführen und nutzen können

Elena KICK[1], Kira BRUCKER[2], Tobias KOPP[1], Steffen KINKEL[1]

[1] Institut für Lernen und Innovation in Netzwerken, Hochschule Karlsruhe, Moltkestraße 30, D-76133 Karlsruhe
[2] Hochschule Karlsruhe, Moltkestraße 30, D-76133 Karlsruhe

Kurzfassung: Spezifische Kompetenzen im Kontext des menschenzentrierten Einsatzes von Künstlicher Intelligenz (KI) und damit auch das Kompetenzmanagement gewinnen in der heutigen dynamischen Arbeitswelt zunehmend an Bedeutung. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) stehen jedoch vor großen Herausforderungen, um die Kompetenzanforderungen von KI bewältigen zu können. Anhand von 12 Expert*inneninterviews mit Vertreter*innen aus KMU untersuchen wir, welche KI-bezogenen Kompetenzen als besonders relevant angesehen werden und wie Unternehmen diese individuell identifizieren. Die Ergebnisse zeigen, dass eine strukturierte Ermittlung des Kompetenzbedarfs nur selten durchgeführt wird. Die strategische Bedarfsermittlung von KI-Kompetenzen ist jedoch von entscheidender Bedeutung, um die Wettbewerbsfähigkeit und den langfristigen Erfolg dieser Unternehmen zu sichern und die Potenziale von KI effizient und verantwortungsvoll zu nutzen.

Schlüsselwörter: Künstliche Intelligenz, KI-Kompetenzen, Kompetenzanforderungen, Kompetenzbedarfsermittlung, Kleine und mittlere Unternehmen

1. Kompetenzanforderungen durch Künstliche Intelligenz

Technologien der künstlichen Intelligenz (KI) halten zunehmend Einzug in verschiedenste Bereiche der Arbeitswelt und haben sich zu einem zentralen Faktor entwickelt, der Organisationen in vielerlei Hinsicht beeinflusst. Neben den erheblichen Potenzialen zur Prozessoptimierung, Effizienzsteigerung und Innovationsförderung, führt der Einsatz von KI zu veränderten Arbeitsprozessen und Berufsbildern und damit einhergehend zu neuen Anforderungen an die Qualifikationen und Kompetenzen der Mitarbeitenden (André & Bauer 2021, Kauffeld & Schaper 2021). Unternehmen sind seit jeher auf die Kompetenzen ihrer Mitarbeitenden angewiesen, um wettbewerbsfähig zu sein. Mit der zunehmenden Verbreitung von KI und der damit einhergehenden dynamischen Veränderung des Arbeitsumfelds verändern sich die Kompetenzbedarfe jedoch rasant und es werden immer wieder neue Anforderungen an Beschäftigte gestellt. Vor diesem Hintergrund gewinnt das Kompetenzmanagement zunehmend an Bedeutung (André & Bauer 2021; Kauffeld & Maier 2020). Dies betrifft neben Kompetenzen zur effizienten Nutzung von KI auch Kompetenzen zur fundierten Entscheidung für oder gegen den Einsatz von KI (Rampelt et al. 2025). Eine Übersicht an notwendigen Kompetenzen für eine durch KI geprägte Arbeitswelt liefern

Ehlers et al. (2024). Diese gehen über KI-Grundkenntnisse und rein instrumentelle Anwendungskompetenzen hinaus und umfassen vielmehr auch kritisch-reflexive und kreative Gestaltungskompetenzen (s. Abbildung 2.

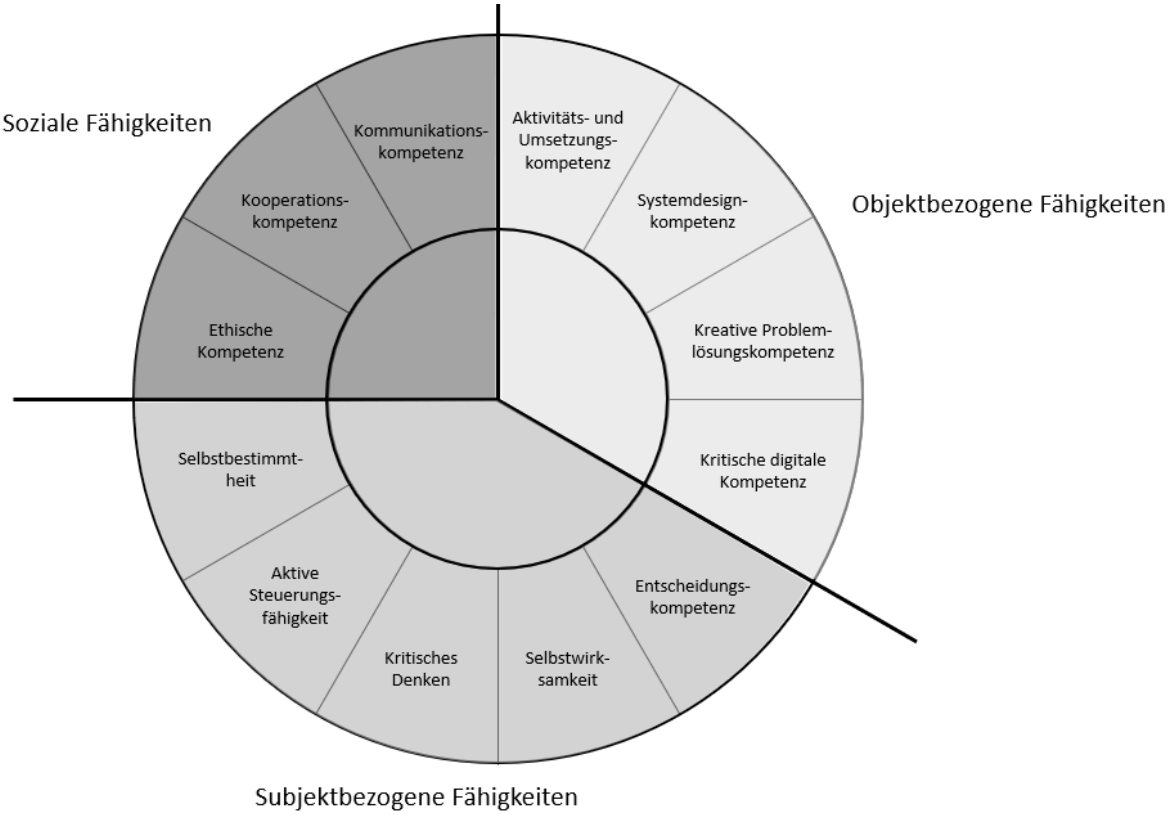


***Abbildung 1**: Kompetenzstrukturmodell für KI-Kompetenzen, nach Ehlers et al. 2024.*

Die 12 identifizierten KI-Kompetenzfelder lassen sich gemäß Ehlers et al. (2024) in drei Kompetenzbereiche gliedern:

(1) *Objektbezogene Fähigkeiten* umfassen Kompetenzen, die sich auf die Arbeit, Tätigkeit und Aufgabe beziehen und für eine effektive KI-Nutzung notwendig sind. Hierzu zählen zum Beispiel die Aktivitäts- und Umsetzungskompetenz, um Neuerungen im Bereich der KI in den eigenen Arbeitskontext zu integrieren und dem Thema offen und kritisch bewusst zu begegnen oder Kreative Problemlösekompetenz, um KI-Lösungen zur Ideenfindung, Visionsentwicklung oder zur kreativen Problemlösung eizusetzen und damit eine Verbindung zwischen technischen und menschlichen Systemen zur Lösung komplexer Probleme zu ermöglichen.

(2) *Subjektbezogene Fähigkeiten* sind Kompetenzen für die persönliche Entwicklung eines jeden einzelnen. Diese sind für Menschen erforderlich, um in einer KI-geprägten Welt handeln zu können und KI-Konzepte und -Werkzeuge verantwortlich und reflektiert einzusetzen. Sie schließen beispielsweise Entscheidungskompetenz zum KI-unterstützen Abwägen von Wahlmöglichkeiten oder Treffen von Entscheidungen ein oder Kritisches Denken, um zu bewerten, wie KI-Systeme Handlungen und Entscheidungen beeinflussen und diese sowie deren Auswirkungen zu beurteilen.

(3) *Soziale Fähigkeiten* beziehen sich auf Kompetenzen für das soziale Umfeld, die Organisation und die Welt insgesamt. Diese Kompetenzen werden benötigt, um

KI im sozialen Umfeld angemessen einzusetzen, wie zum Beispiel Ethische Kompetenz, um ethisch relevante KI-bezogene Sachverhalte kritisch zu reflektieren und ein Bewusstsein für verantwortungsvolles Handeln zu schaffen oder Kommunikationskompetenz, zur situationsgerechten und zielgruppenspezifischen Kommunikation zu KI-bezogenen Themen.

Diese Kategorisierungen verdeutlichen die Wichtigkeit von sowohl Fachkompetenzen zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit, als auch überfachliche (nicht-) digitale Kompetenzen, um in einer stetig wandelnden Arbeitswelt handlungsfähig zu sein und auf die sich schnell verändernde Anforderungen reagieren zu können (Bolwin et al. 2024; Enders et al. 2018). Eine Studie von Baumgartner et al. (2024) mit insgesamt 215 Vertreter*innen deutscher Unternehmen ergab jedoch, dass noch erhebliche Lücken in den benötigten unternehmensinternen Kompetenzen zur erfolgreichen KI-Einführung und -nutzung vorhanden sind. Auch wenn bereits 49,3 % der befragten Unternehmen KI nutzen und weitere 22,8 % planen, KI in naher Zukunft einzusetzen, mangelt es vor allem an KI-bezogenen Grundkompetenzen, die von den Unternehmen als sehr wichtig erachtet werden, wie beispielsweise ein Grundverständnis der Funktionalität oder Anwendungsmöglichkeiten von KI-Lösungen (Baumgartner at al. 2024). Diese vorhandenen Lücken gilt es zu schließen, um eine effiziente KI-Nutzung gewährleisten zu können. Neben der Neubesetzung von Positionen mit entsprechend qualifiziertem Personal spielt auch die gezielte Qualifizierung bestehender Mitarbeitenden eine zentrale Rolle (Grote et al. 2012). Um die benötigten Kompetenzen im Unternehmen decken zu können, muss der unternehmensinterne Bedarf zuvor identifiziert werden.

2. Kompetenzbedarfsermittlung in KMU

Eine gezielte Kompetenzbedarfsermittlung soll sicherstellen, dass die im Unternehmen benötigten Kompetenzen zur Verfügung stehen und die Mitarbeitende optimal für ihre Aufgaben und dem Umgang mit KI qualifiziert sind. Dies gewährleistet die nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit und den langfristigen Erfolg des Unternehmens (Schnalzer at al. 2022). Der wachsende und stetig veränderte Bedarf an Kompetenzen im Zusammenhang mit der Nutzung von KI stellt eine zentrale Herausforderung dar. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sehen sich hierbei jedoch mit größeren Schwierigkeiten konfrontiert als große Unternehmen. Sowohl finanzielle als auch personelle Engpässe in KMU führen dazu, dass sich diese Unternehmen nicht systematisch und stetig mit ihrem Kompetenzbedarf auseinandersetzen und meist keine spezialisierten Fachkräfte für die Personalentwicklung zur Verfügung stehen. Häufig übernehmen die Geschäftsführung oder andere Mitarbeitende in einer generalistischen Rolle sämtliche Angelegenheiten der Personal- und Kompetenzentwicklung (Decius & Schaper 2021). Hinzu kommen fehlende zeitliche Ressourcen, die eine Priorisierung des operativen Tagesgeschäftes, anstatt langfristig ausgerichteten Aufgabenbereichen, wie der Kompetenzbedarfsermittlung, zur Folge haben (Virgillito 2018). Zusätzlich fehlt oftmals das Bewusstsein für die Notwendigkeit einer Bedarfsermittlung, wodurch die Kompetenzbedarfsermittlung eher als Belastung denn als Investition in langfristige Mehrwerte betrachtet wird (Mesaros et al. 2009). Diese Herausforderungen erschweren eine effektive und stetige Kompetenzbedarfsermittlung und somit eine präzise und zukunftsorientierte Ermittlung der benötigten KI-Kompetenzen.

Um zu ermitteln, wie KMU derzeit bei der Ermittlung von Kompetenzbedarfen für KI-bezogene Kompetenzen tatsächlich vorgehen, welchen Herausforderungen sie dabei

begegnen und welche Optimierungspotenziale sich ableiten lassen, wurden qualitative Expert*inneninterviews mit 12 Unternehmensvertreter*innen aus KMU durchgeführt. Diese wurden anschließend volltranskribiert und anhand einer qualitativen Inhaltsanalyse mit deduktiv-induktiver Kategorienbildung ausgewertet (Mayring & Fenzl 2014). Die Interviewpartner*innen setzen sich aus fünf Geschäftsführenden, fünf Fachkräften aus dem Personalwesen sowie zwei Personen aus anderen Fachbereichen zusammen. Die entsprechenden Unternehmen sind in der Dienstleistungsbranche, der Produktion oder dem Handel tätig und haben überwiegend bereits KI im Einsatz.

3. Ergebnisse der Expert*innenbefragung zur Kompetenzbedarfsermittlung

Aus den Ergebnissen der qualitativen Befragung geht hervor, dass einige Kompetenzen im Zuge der verstärkten Nutzung von KI besonders relevant sind und weiter an Bedeutung gewinnen werden. So wird im Bereich der objektbezogenen Fähigkeiten beispielsweise die kritische digitale Kompetenz und die kreative Problemlösekompetenz als zentrales Element für den erfolgreichen Einsatz von KI hervorgehoben. Dies begründen die Expert*innen mit der Notwendigkeit, sich vorstellen zu können „was will ich am Ende von der KI eigentlich heraushaben, also welches Ziel möchte ich erreichen [und] damit aber auch dann mit dem Ergebnis kreativ weiterzuarbeiten“ (I4). Außerdem sind „ein Bewusstsein, was das eigentlich ist, das Thema KI“ (I5), dessen Auswirkungen und das Wissen darüber, wie man die gesammelten Daten „aufbereiten muss, um sie der KI zur Verfügung zu stellen“ (I1) wichtige Aspekte für die Nutzung von KI. Die Kompetenz des kritischen Denkens sowie die kritische und analytische Herangehensweise wurde im Bereich der subjektbezogenen Fähigkeiten als wichtigste Kompetenz genannt: „Man muss natürlich auch ganz vorsichtig und achtsam sein, zu schauen, was wirft die KI mir eigentlich aus? Ist es richtig, ist es gut, kann ich dem vertrauen und was mache ich damit?“ (I4). Ein großer Stellenwert wurde darüber hinaus auch den sozialen Kompetenzen beigemessen. Hierbei spielen laut den Expert*innen vor allem die ethische Kompetenz eine zentrale Rolle und eine „gewisse Sensibilität auch für das Thema“ (I4). Nutzende müssen verantwortungsvoll handeln und „Inhalte oder Code [nicht] einfach so […] übernehmen, ohne sie auf ihre Herkunft und Qualität zu überprüfen“ (I5) sowie beurteilen können, ob man diesen „vertrauen [kann]“ (I4).

Abgesehen von den geschilderten konkreten Erwähnungen blieben die meisten der in Ehlers‘ et al. (2024) Kompetenzstrukturmodell enthaltenen KI-Kompetenzen unberücksichtigt. Dies verdeutlicht, dass noch erhebliche Lücken im Bewusstsein um weitere notwendige KI-Kompetenzen in den befragten KMU bestehen. Dies wirft die Frage auf, inwiefern KMU eine strukturierte und effiziente Kompetenzbedarfsermittlung von KI-Kompetenzen vornehmen können, wenn diese keinen ganzheitlichen Überblick über diese Kompetenzen der Arbeitswelt haben. Aus den Ergebnissen der qualitativen Befragung ging im Allgemeinen hervor, dass lediglich zwei der zwölf KMU das Kompetenzmanagement als eine Kernaufgabe innerhalb des Unternehmens betrachten, die von der „Employer Branding Abteilung [übernommen wird] […], weil die darauf spezialisiert sind“ (I3). In den meisten befragten KMU wird das Kompetenzmanagement jedoch von lediglich einer Person verantwortet, die gleichzeitig weitere Aufgabenbereiche betreut. Kompetenzmanagement gilt hier entsprechend nur als Nebentätigkeit mit untergeordnetem Stellenwert. Dies hängt unter anderem auch damit zusammen, dass ein erheblicher Mangel im Bewusstsein der Notwendigkeit einer strukturierten und nachhaltigen Kompetenzbedarfsermittlung besteht. Die befragten

KMU haben „sich da einfach noch nicht so konkret Gedanken drüber gemacht, dass das Thema […] überhaupt existiert“ (I6) und sehen den „Extraaufwand einfach nicht gerechtfertigt, weil er in dem Sinne keinen Mehrwert bringt“ (I12). Diese Einstellung ist eng damit verbunden, dass KMU auf dem Arbeitsmarkt „einfach keinen [finden], […] der diese Kompetenzen [hat]“ (I8) und „klassisches Training“ (I5) nicht zielführend sei, sondern kostspielige „Consultant[s]“ (I5) notwendig seien. Dies unterstreicht die Bedenken der Unternehmen, den identifizierten KI-Kompetenzbedarf nicht decken zu können. Neben dieser fehlenden Notwendigkeit wird die strukturierte Kompetenzbedarfsermittlung „ein bisschen auf die lange Bank geschoben, weil erst mal so das Alltagsgeschäft laufen muss“ (I1). Dies hängt unmittelbar mit fehlenden Ressourcen zusammen. Sowohl personelle als auch finanzielle und zeitliche Engpässe verstärken diese Problematik. Besonders häufig wurde auch der hohe Managementaufwand genannt. Auch das Fehlen der nötigen Expertise stellt eine wesentliche operative Herausforderung dar, da es meist „kein großartiges Know-how“ (I1) gibt. Es mangelt beispielweise an Erfahrungswerten für eine systematische Vorgehensweise oder der Auswahl geeigneter unternehmensinterner Ansprechpersonen für die Formulierung von benötigten Bedarfen. Darüber hinaus wird die Kompetenzbedarfsermittlung im Bereich der Soft Skills als besonders herausfordernd betrachtet, da diese aus Sicht der Befragten schwer quantifizierbar sind. Vor allem in Bezug zur KI-Nutzung und Einführung gewinnen jedoch vor allem diese Kompetenzen an Bedeutung und sind „sehr wichtig in der Zukunft“ (I2).

4. Implikationen für die Bedarfsermittlung von KI-Kompetenzen in KMU

Die Ergebnisse der Expert*innenbefragung verdeutlichen die Relevanz und die Notwendigkeit, KI-Kompetenzen zu identifizieren, um diese daraufhin fördern zu können. Dabei sind neben einem technologischen Grundverständnis auch weichere Kompetenzen, wie kritisches Denken und ethisches Verantwortungsbewusstsein, von zentraler Bedeutung. Diese Kompetenzen ermöglichen den Mitarbeitenden, KI reflektiert, kreativ und verantwortungsvoll einzusetzen. Die Auswertungen zeigen jedoch, dass vor allem KMU vor besonderen Herausforderungen stehen, wenn es um die systematische Ermittlung ihres Bedarfs an KI-Kompetenzen geht. Da in KMU oftmals das Kompetenzmanagement als Nebentätigkeit wahrgenommen wird, ist eine stärkere Einbindung der Geschäftsführung erforderlich. Nur durch ein klares Commitment der Leitungsebene kann die Bedarfsermittlung relevanter KI-Kompetenzen prioritär bearbeitet, die Förderung dieser proaktiv vorangetrieben und langfristig im Unternehmen verankert werden. Dabei muss die Kompetenzbedarfsermittlung auf überfachliche Kompetenzen ausgeweitet und diese stärker fokussiert sowie Strategien entwickelt werden, um diese systematisch zu fördern. Die Bedarfsermittlung von KI-Kompetenzen in KMU ist dabei nicht nur eine operative Aufgabe, sondern auch eine strategische Herausforderung mit weitreichenden Auswirkungen auf die Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit dieser Unternehmen. Ein systematisches Vorgehen bspw. in Anlehnung an North & Reinhardt (2018) und gezielte Unterstützungsmaßnahmen durch bspw. eine Kompetenzmatrix oder Kompetenzmanagementtabelle können den Unternehmen helfen, sich nachhaltig auf die Anforderungen einer durch KI geprägten Arbeitswelt vorzubereiten und einen effizienten und nachhaltigen menschenzentrierten KI-Einsatz gewährleisten.

5. Literatur

André, E. & Bauer, W. (2021). Kompetenzentwicklung für Künstliche Intelligenz. https://doi.org/10.48669/PLS_2021-2.

Baumgartner, M., Horvat, D., Kinkel, S. & Kick, E. (2024). KEY COMPETENCES FOR THE ADOPTION OF AI-BASED INNOVATIONS IN ORGANISATIONS. International Journal of Innovation Management, 28(09n10). https://doi.org/10.1142/S1363919624400024.

Bolwin, L., Engler, J. F., Goecke, H., Hünnemeyer, V. R., Mertens, A., Stefan Baron et al. (2024). Future Skills 2030 - Welche Kompetenzen für den Standort Baden-Württemberg heute und in Zukunft erfolgskritisch sind. Pforzheim / Köln. Verfügbar unter: https://www.agenturq.de/unsere-konzepte/konzepte-fur-die-betriebspraxis/future-skills-studie-2030-2/#_.

Decius, Julian; Schaper, Niclas (2021): Ein Instrument zur strategischen Kompetenzentwicklung in mittelständischen gewerblichen Betrieben: Die Kompetenzmanagementtabelle (KMT). In: Gr Interakt Org 52 (2), S. 261–277. DOI: 10.1007/s11612-021-00566-w.

Ehlers, U.-D., Lindner, M. & Rauch, E. (2024). Ergebnisse einer Befragung von baden-württembergischen Organisationen zum Stand der KI-Einführung. In NextEducation (Hrsg.), AIComp: Future Skills für eine von KI beeinflusste Lebens- und Arbeitswelt.

Enders, T., Hieronimus, S., Meyer-Guckel, V. & Schünemann, I. (2018). Wie Future Skills die Personalarbeit verändern (Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V., Hrsg.). Essen: McKinsey & Company (Düsseldorf) Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft. Verfügbar unter: https://www.future-skills.net/analysen/wie-future-skills-die-personalarbeit-veraendern.

Grote, S., Kauffeld, S. & Frieling, E. (2012). Einleitung: Vom Wettbewerb zur Kompetenz. In S. Grote, S. Kauffeld & E. Frieling (Hrsg.), Kompetenzmanagement: Grundlagen und Praxisbeispiele (2., überarbeitete Auflage, S. 1–14). Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

Kauffeld, S. & Maier, G. W. (2020). Digitalisierte Arbeitswelt. Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO), 51(1), 1–4. https://doi.org/10.1007/s11612-020-00508-y.

Kauffeld, S. & Schaper, N. (2021). Kompetenzdiagnose: Modelle, Instrumente und Tools. Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO), 52(2), 197–201. https://doi.org/10.1007/s11612-021-00583-9.

Mayring, P. & Fenzl, T. (2014). Qualitative Inhaltsanalyse. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung (S. 543–556). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18939-0_38.

Mesaros, L., Vanselow, A. & Weinkopf, C. (2009). Fachkräftemangel in KMU. Ausmaß, Ursachen und Gegenstrategien (Arbeitskreis Mittelstand). Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung Abt. Wirtschafts- und Sozialpolitik.

North, K., Reinhardt, K. & Sieber-Suter, B. (2018). Kompetenzmanagement in der Praxis. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-16872-8.

Rampelt, F., Klier, J., Kirchherr, J. & Ruppert, R. (2024). KI-Kompetenzen in deutschen Unternehmen: Schlüssel zu einer Jahrhundertchance für Deutschland (Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V., Hrsg.). Essen: McKinsey & Company (Düsseldorf) Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft.

Schnalzer, K., Karapidis, A., Dworschak, B. & Mozer, P. (2022). Vorgehensweise zur Kompetenzbedarfsermittlung in Organisationen.

Virgillito, A. (2018). Einführung eines strategischen Kompetenzmanagements in nicht-forschungsintensiven KMU. In D. Horvat, N. Schaper, A. Virgillito & J. Decius (Hrsg.), Gestaltung eines strategischen Kompetenzmanagements – Lösungsansätze und Instrumente für nichtforschungsintensive, mittelständische Unternehmen (S. 79–94). Stuttgart: Fraunhofer IRB.

Förderhinweis: Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Projekts KARL. Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ (Förderkennzeichen 02L19C250) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Wie (de-)motivierend kann künstliche Intelligenz sein? Menschenzentrierte Gestaltung von Entscheidungen einer künstlichen Intelligenz im Bereich der Personaleinsatzplanung

Dominik BENTLER, Claudio KRAUSE, Günter W. MAIER

Arbeits- und Organisationspsychologie, Universität Bielefeld, Universitätsstraße 25, D- 33615 Bielefeld

Kurzfassung: Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Prüfung des Einsatzes künstlicher Intelligenz (KI) im Bereich der Personaleinsatzplanung. Um zu erklären, wie sich KI-Entscheidungen im Bereich der Personaleinsatzplanung auf die Arbeitseinstellungen (z. B. Motivation und Zufriedenheit) der Mitarbeitenden auswirken, kombiniert die vorliegende Studie wissenschaftliche Erkenntnisse aus den Bereichen der psychologischen Arbeitsgestaltungs- sowie der Technologieakzeptanzforschung. Die Ergebnisse zeigen positive Haupteffekte menschzentrierter Entscheidungen einer KI auf zahlreiche arbeitsbezogene Konstrukte, z. B. Arbeitszufriedenheit, intrinsische Motivation. Darüber hinaus können die nachgewiesenen Effekte durch Mediationspfade von Arbeitsgestaltungskriterien und Facetten der Technologieakzeptanz erklärt werden.

Schlüsselwörter: Künstliche Intelligenz, Arbeitsgestaltung, Technologieakzeptanz, Arbeitszufriedenheit, Arbeitsmotivation

1. Einleitung und Theorie

Die zunehmende Digitalisierung des Wirtschaftslebens führt zu weitreichenden Veränderungen in der Welt von Organisationen (Nyagadza 2022). Die Auswirkungen der Systemgestaltung von KI auf die Bedürfnisse der Mitarbeitenden werden bislang wenig berücksichtigt (Hagemann et al. 2023). Insbesondere, wenn KI-Aufgaben in organisatorischen Prozessen übernehmen, die bisher von Menschen ausgeführt wurden, ist es notwendig, das bisher erfolgreiche Verhalten der ersetzten Menschen auf eine KI zu übertragen. Es ist bereits bekannt, dass Entscheidungen, die von intelligenten Technologien getroffen werden, den gleichen Effekt auf die Mitarbeiterzufriedenheit und das Vertrauen haben wie Entscheidungen, die von menschlichen Entscheidungsträgern getroffen werden (Hellwig et al. 2023). Unternehmen stehen daher vor der Herausforderung, KI-Entscheidungen so zu gestalten, dass sie an die Bedürfnisse der Mitarbeiter angepasst sind. In Folge der Einführung von KI in organisatorische Prozesse wird der Einfluss der Arbeitsgestaltung durch den Einsatz dieser technologischen Lösungen diskutiert (Parker & Grote 2022). Wie KI, Akzeptanz von KI-Entscheidungen und Arbeitsgestaltung sinnvoll miteinander verknüpft werden können, wird im Folgenden erläutert.

1.1 Arbeitsgestaltung

Insbesondere die Veränderungen der Arbeitsgestaltung durch den Einsatz von KI stehen im Fokus aktueller Forschung (Reinhard et al. 2023). Studien haben gezeigt,

dass die Arbeitsgestaltung durch den Einsatz von digitalen Technologien stark beeinflusst werden kann (Parent-Rocheleau & Parker 2022). Auch für den Bereich der Personaleinsatzplanung wurde bestätigt, dass der Einsatz von KI einerseits Autonomie und soziale Unterstützung als zwei Arbeitsgestaltungsmerkmale reduziert (Rani & Furrer 2021), andererseits aber auch die Arbeitsbelastung erhöht (Lehdonvirta 2018). In all diesen Studien wurde der Technologieeinsatz von denjenigen Personen bewertet, die bei ihren Arbeitstätigkeiten direkt mit der KI interagieren. Die von einer KI getroffenen Entscheidungen sind jedoch entscheidend für die Ausprägung der Arbeitsgestaltung derjenigen Mitarbeitenden, die von der KI mit Arbeitsaufgaben beauftragt werden. Es ist zu prüfen, ob die Kriterien der Arbeitsgestaltung ausschließlich durch die KI eingeschränkt werden oder ob es Optionen in der Gestaltung einer KI gibt, die dazu führen können, auch positive Effekte durch den Einsatz von KI zu erzielen.

1.2 Technologieakzeptanz

Während bisherige Ansätze zur Erklärung der Technologieakzeptanz stets davon ausgingen, dass entweder die Nutzenden an die Technologie angepasst werden müssen oder dass die Nutzung der Technologie vereinfacht und benutzerfreundlich gestaltet werden kann (Venkatesh & Bala 2008), lassen sich diese Erkenntnisse nur bedingt auf die Nutzung von KI übertragen. Neben den konventionellen Ansätzen der Technologieakzeptanzforschung zeichnet sich insbesondere für die Anwendung von KI ein weiteres Forschungsfeld ab, das sich auf KI-spezifische Kriterien wie Erklärbarkeit konzentriert (Rabethge & Bentler 2023). Da die Nutzenden von KI oft nicht mehr direkt mit der Technologie interagieren, aber dennoch direkt von Entscheidungen einer KI betroffen sind, z. B. wenn eine KI in der Personaleinsatzplanung Arbeitsaufträge zuweist, müssen diese Entscheidungen für die Nutzenden nachvollziehbar sein. Somit muss der Fokus der Technologieakzeptanz nicht auf der Interaktion und Bedienung von Technologien liegen. Vielmehr muss die Gestaltung von Entscheidungen einer KI an die Bedürfnisse der Beschäftigten angepasst werden. Jedoch bestehen noch immer heterogene Perspektiven bezüglich der Gestaltung von KI aus den zahlreichen beteiligten Forschungsdisziplinen (Mazarakis et al. 2023). Darüber hinaus haben Studien gezeigt, dass die menschzentrierten Ziele der KI-Entwickler noch nicht mit den menschzentrierten Bedürfnissen der Nutzenden übereinstimmen (Bingley et al. 2023).

1.3 Konzeptueller Rahmen

Die vorliegende Studie befasst sich mit der menschenzentrierten Gestaltung von KI im Bereich der Personaleinsatzplanung. Die Herausforderung besteht daher darin, bereits im Vorfeld zu analysieren, welche Auswirkungen die Entscheidungen einer KI auf die Arbeitstätigkeiten sowie einhergehend die Arbeitsgestaltung in den jeweiligen Anwendungsbereichen haben und wie sich diese Veränderungen der Arbeitstätigkeiten auf die Mitarbeitenden auswirken. Es wurde bereits ein Verfahren erprobt, um relevante Entscheidungsinhalte einer KI im Arbeitskontext zu diagnostizieren und auf eine KI zu übertragen (Bentler et al. 2023). Aufbauend müssen Algorithmen geschaffen werden, die es einer KI ermöglichen, diese Diagnoseergebnisse zu verarbeiten, zu kombinieren und Vorschläge für eine menschenzentrierte Personaleinsatzplanung zu berechnen. Nach den Erkenntnissen der Technologieakzeptanzforschung muss eine KI nicht nur in der Lage sein, auf der Grundlage wirtschaftlicher Parameter optimale Personaleinsatzentscheidungen vorzuschlagen, sondern auch menschenzentrierte

Faktoren in den Entscheidungsprozess einbeziehen. Die Entscheidungen der KI haben einen deutlichen Einfluss darauf, wie vielfältig die zugewiesenen Tätigkeiten sein können und mit welchen Arbeitskollegen zusammengearbeitet wird. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, inwieweit die Bedürfnisse der Mitarbeitenden selbst bei der Beantwortung der Fragen beachtet werden können und inwieweit den Mitarbeitenden ein Mitspracherecht bei der Entscheidungsfindung eingeräumt wird. Die Berücksichtigung von Arbeitsgestaltungskriterien stellt einen vielversprechenden Mehrwert für die Gestaltung menschenzentrierter KI-Entscheidungen dar. Denn Personaleinsatzentscheidungen haben einen wesentlichen Einfluss darauf, wie Mitarbeiter ihre Arbeit wahrnehmen (Mlekus & Maier 2021). Darüber hinaus lassen sich die validierten Messmethoden der Arbeitsgestaltung sehr gut zur Quantifizierung von Arbeitstätigkeiten einsetzen und bilden damit eine ideale Grundlage für die Datenverarbeitung durch eine KI. Wenn eine KI-Informationen über die veränderten Bedingungen der Arbeitsgestaltung verarbeiten und in ihren Entscheidungen berücksichtigen kann, würde sich dies positiv auf die Technologieakzeptanz und andere Arbeitseinstellungen wie Arbeitszufriedenheit und Arbeitsmotivation auswirken. Diese Annahmen führen dazu, dass folgende Hypothesen in der vorliegenden Arbeit überprüft werden.

H1: Es gibt einen signifikanten Haupteffekt von Entscheidungen einer KI im Bereich der Personalplanung auf (a) Arbeitszufriedenheit, (b) extrinsische Arbeitsmotivation, (c) intrinsische Arbeitsmotivation, (d) affektive Bindung an die Organisation, (e) Verfahrensgerechtigkeit, (f) Arbeitsstress und (g) Absicht, künstliche Intelligenz einzusetzen.

H2: Der Haupteffekt von Entscheidungen einer KI im Bereich der Personaleinsatzplanung auf Arbeitseinstellungen und Verhaltensabsichten wird durch Merkmale der Arbeitsgestaltung vermittelt.

H3: Der Haupteffekt von Entscheidungen einer KI im Bereich der Personaleinsatzplanung auf Arbeitseinstellungen und Verhaltensabsichten wird durch die wahrgenommene Nützlichkeit der KI vermittelt.

H4: Der Haupteffekt von KI-Entscheidungen im Bereich der Personaleinsatzplanung auf Arbeitseinstellungen und Verhaltensabsichten wird seriell über die Arbeitsgestaltungsmerkmale als ersten Mediator und die wahrgenommene Nützlichkeit des Systems als zweiten Mediator vermittelt.

2. Methode

Die Studie wurde als Between-Subject-Design mit einem zweifachgestuften Faktor mit $N = 192$ ($M_{Alter} = 29.11$ Jahre, $SD_{Alter} = 7.89$, Altersspanne 20 bis 65 Jahre; 63.00 % weiblich, 37.00 % männlich) durchgeführt. Das Entscheidungsmuster einer KI wurde manipuliert und den Teilnehmenden über Vignetten präsentiert. In den Vignettenbeschreibungen wurde detailliert beschrieben, wie die KI die Merkmale der Arbeitsgestaltung für die Personaleinsatzplanung berücksichtigt. In der Experimentalbedingung wurde die KI so präsentiert, dass diese die Merkmale der Arbeitsgestaltung möglichst umfassend berücksichtigt werden. In der Kontrollbedingung hat die KI die Faktoren der Arbeitsgestaltung bei der Berechnung der Personaleinsatzplanung nicht berücksichtigt. Im Anschluss an die Präsentation der Vignettentexte wurden die Teilnehmenden gebeten, die Arbeitsgestaltung einzuschätzen sowie Angaben zur Arbeitseinstellungen im Selbstbericht zu machen.

3. Ergebnisse

Zur Prüfung der ersten Hypothese wurde eine multiple Regression berechnet. Wie in Tabelle 1 abgebildet, haben die menschenzentrierten Entscheidungen einer KI signifikante Effekte auf Arbeitszufriedenheit, intrinsische Arbeitsmotivation, affektive Bindung an die Organisation, Gerechtigkeit, Stress und die Intention die KI zu nutzen. Die extrinsische Arbeitsmotivation der Teilnehmenden wurde durch die KI Entscheidungen nicht beeinflusst. Hypothese 1 wird demnach bestätigt, mit Ausnahme von H1b.

Tabelle 1: *Ergebnisse der multiplen Regressionsanalyse zu den Haupteffekten von menschzentrierten KI-Entscheidungen auf arbeitsbezogene Ergebnisse.*

	B	*SE*	*t(191)*	*p*	95% CI		R^2
					LL	*UL*	
Arbeitszufriedenheit	.91	.13	7.02	<.001	.65	1.16	.21
Extrinsische Motivation	.16	.15	1.12	.26	-.12	.45	.01
Intrinsische Motivation	.41	.14	2.89	.004	.13	.69	.04
Affektive Bindung	.58	.14	4.20	<.001	.31	.85	.09
Gerechtigkeit	.95	.13	7.44	<.001	.70	1.20	.23
Stress	-.65	.14	-4.69	<.001	-.92	-.37	.10
Intention zur Nutzung	1.13	.12	9.45	<.001	.90	1.37	.32
Arbeitsgestaltung	.68	.09	7.41	<.001	.50	.86	.22
Wahrgenommene Nützlichkeit	1.07	.12	8.81	<.001	.83	1.31	.29

Um die Hypothesen 2 - 4 zu testen, wurde das Mediationsmodell 6 mit dem Process-Makro berechnet (Hayes 2022). Die Arbeitsgestaltungskriterien sind im Modell auf Position des ersten Mediators berücksichtigt. Die wahrgenommene Nützlichkeit bildet den zweiten Mediator. Neben der seriellen Mediation über die beiden Mediatoren untersucht das Modell auch die einfachen Mediationen der KI-Entscheidungen als unabhängige Variablen über die Arbeitsgestaltung bzw. die wahrgenommene Nützlichkeit auf die arbeitsbezogenen Outcomes als abhängige Variablen. Der in Hypothese 2 angenommene Mediationseffekt von menschzentrierten KI-Entscheidungen über die Arbeitsgestaltungskriterien wurde für alle abhängigen Variablen mit Ausnahme der extrinsischen Arbeitsmotivation und des Arbeitsstresses unterstützt, s. Tabelle 2. Die Mediation in Hypothese 3 von menschzentrierter KI über die wahrgenommene Nützlichkeit auf die abhängigen Variablen wurde vollkommen bestätigt, s. Tabelle 2. In Hypothese 4 wurde die serielle Mediation menschzentrierter KI-Entscheidungen über die Arbeitsgestaltungskriterien und die wahrgenommene Nützlichkeit auf die Arbeitseinstellungen angenommen, welche auch vollständig bestätigt wurde, s. Tabelle 2.

Tabelle 2: *Ergebnisse der indirekten Auswirkungen von menschenzentrierten KI-Entscheidungen auf Arbeitseinstellungen, vermittelt durch Arbeitsgestaltung und wahrgenommene Nützlichkeit.*

	B	*SE*	*t*	*p*	95% CI		*B*	*SE*	*t*	*p*	95% CI	
					LL	*UL*					*LL*	*UL*
	Arbeitszufriedenheit						Affektive Bindung					
Direkter Effekt	.24	.13	1.88	.06	-.01	.50	-.03	.15	-0.21	.83	-.32	.26
Indirekter Effekt												
Insgesamt	.67	.11			.46	.90	.61	.10			.43	.81
KI > AG > AV	.41	.09			.25	.58	.33	.08			.17	.51
KI > WN > AV	.15	.06			.05	.28	.16	.06			.06	.29
KI > AG > WN > AV	.11	.04			.04	.19	.12	.03			.05	.19
	Extrinsische Motivation						Intrinsische Motivation					
Direkter Effekt	-.14	.17	-0.79	.43	-.48	.20	-.04	.16	-0.28	.78	-.37	.28
Indirekter Effekt												
Insgesamt	.30	.12			.06	.54	.46	.12			.29	.70
KI > AG > AV	.03	.10			-.16	.22	.21	.09			.04	.40
KI > WN > AV	.16	.07			.04	.30	.14	.07			.01	.30
KI > AG > WN > AV	.11	.05			.03	.21	.10	.05			.01	.20
	Gerechtigkeit						Stress					
Direkter Effekt	.39	.14	2.81	.01	.11	.66	-.34	.16	-2.07	.04	-.66	-.02
Indirekter Effekt												
Insgesamt	.56	.10			.39	.76	-.30	.13			-.59	-.08
KI > AG > AV	.16	.08			.00	.32	-.09	.09			-.27	.07
KI > WN > AV	.24	.07			.12	.40	-.13	.07			-.28	-.01
KI > AG > WN > AV	.17	.05			.09	.27	-.09	.05			-.19	-.01
	Intention der Nutzung											
Direkter Effekt	.25	.09	2.71	.01	.07	.42						
Indirekter Effekt												
Insgesamt	.89	.10			.70	1.08						
KI > AG > AV	.22	.06			.12	.34						
KI > WN > AV	.39	.08			.24	.56						
KI > AG > WN > AV	.28	.05			.19	.38						

Anmerkung: KI = Entscheidungen der Künstlichen Intelligenz im Bereich der Personaleinsatzplanung, AG = Faktoren der Arbeitsgestaltung, WN = Wahrgenommene Nützlichkeit, AV = Abhängige Variable

4. Diskussion

Die Ergebnisse liefern somit einen Beitrag zur menschzentrierten Gestaltung von KI und zeigen, warum die Arbeitsgestaltung bei der Gestaltung von KI-Entscheidungen im Bereich der Personaleinsatzplanung berücksichtigt werden sollte. Bei der Gestaltung von KI muss demnach im Sinne von Technologieakzeptanz nicht nur die Mensch-

Technik-Interaktion berücksichtigt werden, sondern insbesondere auch die Veränderungen der Arbeitstätigkeiten selbst.

Prospektive Anforderungsanalysen eignen sich, um diese Auswirkungen frühzeitig zu erfassen und menschenzentrierte KI-Gestaltung gewährleisten zu können. Darüber hinaus empfiehlt sich für zukünftige Forschung die Berücksichtigung psychologischer Wirkmechanismen und Theorien, z. B. Self-Determination-Theory (Deci et al. 2017) oder das Job-Demand-Resources-Model (Gonzalez-Mulé et al. 2021), um die psychologischen Effekte des KI-Einsatzes weiter spezifizieren zu können.

5. Literatur

Bentler D, Gabriel S, Latos B, Maier GW (2023) Prozessmodell Personalorientierter Entscheidungsgestaltung Einer Künstlichen Intelligenz. Personal Quarterly, S. 18–23.

Bingley WJ, Curtis C, Lockey S, Bialkowski A, Gillespie N, Haslam SA Et Al. (2023) Where Is The Human In Human-Centered AI? Insights From Developer Priorities And User Experiences. Computers In Human Behavior 141, 107617.

Deci EL, Olafsen AH, Ryan RM (2017) Self-Determination Theory In Work Organizations: The State Of A Science. In: Annu. Rev. Organ. Psychol. Organ. Behav. 4, 19–43.

Gonzalez-Mulé E, Kim MM, Ryu JW (2021) A Meta-Analytic Test Of Multiplicative And Additive Models Of Job Demands, Resources, And Stress. Journal Of Applied Psychology 106, 1391–1411.

Hagemann V, Rieth M, Suresh A, Kirchner F (2023) Human-AI Teams-Challenges For A Team-Centered AI At Work. Frontiers In Artificial Intelligence 6, 1252897.

Hayes AF (2022) Introduction To Mediation, Moderation, And Conditional Process Analysis. A Regression-Based Approach. New York, London: The Guilford Press.

Hellwig P, Buchholz V, Kopp S, Maier GW (2023) Let The User Have A Say - Voice In Automated Decision-Making. Computers In Human Behavior 138, 107446.

Lehdonvirta V (2018) Flexibility In The Gig Economy: Managing Time On Three Online Piecework Platforms. New Technol Work Employ 33, 13–29.

Mazarakis A, Bernhard-Skala C, Braun M, Peters I (2023) What Is Critical For Human-Centered AI At Work? - Toward An Interdisciplinary Theory. Frontiers In Artificial Intelligence 6, 1257057.

Mlekus L, Maier GW (2021) More Hype Than Substance? A Meta-Analysis On Job And Task Rotation. Frontiers In Psychology 12, 633530.

Nyagadza B (2022) Sustainable Digital Transformation For Ambidextrous Digital Firms: Systematic Literature Review, Meta-Analysis And Agenda For Future Research Directions. Sustainable Technology And Entrepreneurship 1, 100020.

Parent-Rocheleau X, Parker SK (2022) Algorithms As Work Designers: How Algorithmic Management Influences The Design Of Jobs. Human Resource Management Review 32, 100838.

Parker SK, Grote G (2022b) More Than 'More Than Ever': Revisiting A Work Design And Sociotechnical Perspective On Digital Technologies. Applied Psychology 71, 1215–1223.

Rabethge N, Bentler D (2023) Measuring The Impact Of Picture-Based Explanations On The Acceptance Of An AI System For Classifying Laundry. Artificial Intelligence, Social Computing And Wearable Technologies. AHFE 2023 Hawaii Edition, December 4-6, 2023: AHFE International.

Rani U, Furrer M (2021) Digital Labour Platforms And New Forms Of Flexible Work In Developing Countries: Algorithmic Management Of Work And Workers. Competition & Change 25, 212–236.

Reinhard P, Li MM, Leimeister JM (2023) Towards An Employee-Centered Design For Human-AI Collaboration: How Work Design Theory Informs The Design Of AI Systems. SSRN Journal.

Venkatesh V, Bala H (2008) Technology Acceptance Model 3 And A Research Agenda On Interventions. Decision Sciences 39: 273–315.

Angaben zur Förderung: Der Beitrag basiert auf Forschungsarbeiten, welche mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des „Kompetenzzentrums Arbeitswelt.Plus“ (FKZ: 02L19C104) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut wird. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

KI-Einsatz in Neuordnungsverfahren – KINO

Johanna TELIEPS

Bundesinstitut für Berufsbildung,
Friedrich-Ebert-Allee 114-116, D-53113 Bonn

Kurzfassung: Das Projekt KINO des Bundesinstituts für Berufsbildung untersucht die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Künstlicher Intelligenz, insbesondere von ChatGPT als führendem Large Language Model, als Unterstützungsinstrument in der Ordnungsarbeit. Unter anderem wird ein klassisch durchgeführtes Neuordnungsverfahren (Bauzeichner*in) begleitet. Ziel ist es, systematisch zu eruieren, aus welchen Quellen sich eine zu entwickelnde Ausbildungsordnung mit Ausbildungsrahmenplan speist. Offene Fragen während des Neuordnungsverfahrens werden in das LLM eingepflegt, um analysieren, inwieweit Diskussionen oder Arbeitsschritte im Neuordnungsverfahren beschleunigt oder unterstützt werden können. Dies soll dazu dienen, Abstimmungsschleifen zu verkürzen und den Prozess zu optimieren.

Schlüsselwörter: Künstliche Intelligenz, Ausbildungsordnung, Neuordnungsverfahren, Prozessoptimierung, Sozialpartner

1. Ausgangslage

Zunehmend findet der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) Einzug in alle Teile der Gesellschaft. Insbesondere die rasante Entwicklung von Large Language Models (LLMs) wie z. B. ChatGPT bietet ganz neue Möglichkeiten im Erstellen von Texten, Analysen und Auswertungen. Doch KI hat auch ihre Grenzen: Kreativität, Emotionalität, Intentionalität und informelles Wissen fehlen einer KI. Auch sind Ergebnisse einer KI nicht unreflektiert zu übernehmen, da eine KI teilweise konfabuliert, also halluziniert. Dennoch können insbesondere Routinearbeiten von ihr übernommen, auf Plausibilität überprüft und weitergenutzt werden. Zunehmend gewinnt somit auch die Frage, welchen Einfluss KI auf die Berufsbildung hat und wie sich Berufe dadurch verändern, an Bedeutung. Das Projekt KINO widmet sich aber nicht den Auswirkungen des Einsatzes von KI auf einzelne Berufe und den dafür erforderlichen Kompetenzen, sondern betrachtet die internen Prozesse und somit die Möglichkeiten und Grenzen von KI in der Ordnungsarbeit. So wird angenommen, dass sich auch die Ordnungsarbeit (s. Kapitel 2) durch den Einsatz von KI verändern wird, ohne dabei vom Konsensprinzip und der Sozialpartnerhoheit abzuweichen. Auch wird davon ausgegangen, dass die Möglichkeiten von KI begrenzt sind und die Arbeit der Sachverständigen sich nicht durch KI ersetzen lässt. Um einen gelungenen Konsens im Entstehungsprozess von Ausbildungsordnungen erzielen zu können, bedarf es Fachwissen und Erfahrungen aus der Praxis, kritisches Denken sowie die Perspektive aller beteiligter Sozialpartner. Dies kann und soll nach derzeitigem Stand von KI nicht ersetzt werden.

In dem hier vorgestellten Projekt KINO des Bundesinstitutes für Berufsbildung (BIBB) wird untersucht, welche Möglichkeiten der Einsatz von KI, im Besonderen von Chat GPT als dem führendem LLM, als Unterstützungsinstrument in der sogenannten

Ordnungsarbeit (Neuordnung, also Modernisierung von Ausbildungsverordnungen) bietet. Gleichzeitig sollen auch die Grenzen aufgezeigt werden, an die eine KI stößt und die die Arbeit der Prozessbeteiligten unverzichtbar machen.

2. Ordnungsverfahren als systematischer Prozess zur Modernisierung von Ausbildungsordnungen

Die Modernisierung oder Neuordnung einer dualen, staatlich anerkannten Berufsausbildung erfolgt am BIBB in einem qualitätsgesicherten Prozess, wie er im Berufsbildungsgesetz (BBiG) im Paragraphen 90 vorgesehen ist. Nach einer sogenannten Eckwerteberatung, in der die beteiligten Akteure zentrale inhaltliche Weichenstellungen vornehmen, beauftragt das zuständige Bundesministerium (in der Regel das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, BMWK) das BIBB mittels einer Weisung mit der Erstellung eines Entwurfs der Ausbildungsordnung und des Ausbildungsrahmenplan. Hierfür werden von den Sozialpartnern (Arbeitgeberverbände und Fachgewerkschaften) Sachverständige aus der betrieblichen Ausbildungspraxis benannt. Die Einbindung der Perspektiven der Unternehmen als auch der Auszubildenden soll eine hohe Relevanz der Ergebnisse für die betriebliche Praxis und eine entsprechende Passgenauigkeit der Inhalte sicherstellen; die Beteiligung des Bundes und der Länder hat das Ziel, den bildungspolitischen Rahmenbedingungen gerecht zu werden.

Das Hauptverfahren umfasst in der Regel vier bis sechs zweitägige Sitzungen, die sich über einen Zeitraum von etwa dreiviertel Jahr erstrecken. An diesen Sitzungen nehmen das erlassende Fachministerium sowie das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) als Einvernehmensministerium teil. Während dieser Sitzungen werden Ausbildungsinhalte, der Bedarf an überbetrieblicher Ausbildung, die Prüfungsanforderungen und die Prüfungsinstrumente intensiv diskutiert und im Konsens abgestimmt. Parallel dazu erarbeiten die Länder den Rahmenlehrplan für die Berufsschulen. Die Inhalte der berufsschulischen und betrieblichen Curricula werden aufeinander abgestimmt und in einer Gemeinsamen Sitzung beraten. Nach der festgestellten Entsprechung beginnt die Erlassphase, die eine Rechtsförmlichkeitsprüfung sowie verschiedene Gremiendurchläufen beinhaltet (BIBB 2023).

Durch die frühzeitige Einbindung aller relevanten Akteure der Berufsbildung wird eine hohe Akzeptanz der finalen Ordnungsmittel sichergestellt, was deren erfolgreiche Implementierung in der Ausbildungspraxis erleichtert. Dieser partizipative Ansatz fördert nicht nur die beruflichen Handlungskompetenzen der angehenden Fachkräfte, sondern vermittelt auch überfachliche Qualifikationen wie Kommunikationsfähigkeit, Methodenkompetenz, kritisches Denken und gesellschaftliche Verantwortung. Dadurch werden die Absolventinnen und Absolventen nicht nur für ihren Beruf qualifiziert, sondern auch zur gesellschaftlichen Teilhabe befähigt.

3. Vorgehen bei der Analyse

Neben begleitenden Untersuchungsschritten wurde ab Januar 2024 hauptsächlich ein klassisch, das heißt qualitätsgesichert, stattfindendes Neuordnungsverfahren (Bauzeichner*in) zusätzlich von einem vom Neuordnungsverfahren unabhängigen Mitglied des Projektteams begleitet. Diese Begleitung diente dazu, systematisch zu eruieren, aus welchen Quellen sich eine zu entwickelnde Ausbildungsordnung mit

Ausbildungsrahmenplan speist. Parallel dazu wurden Informationen, die einer KI zugänglich sind, dieser zur Erstellung eines möglichen Entwurfs einer Ausbildungsordnung zugeführt. Hierunter fallen beispielsweise verschiedene Ausbildungsordnungen, die in den letzten Jahren erlassen wurden, und eine Übersicht über die möglichen Strukturmodelle. Außerdem wurde die KI mit den Quellen versehen, die intern zu Beginn eines Neuordnungsverfahrens vorliegen. Dazu zählen die Eckwerte zu den wichtigsten Punkten der angestrebten Ausbildungsordnung sowie die Begründungen für die Modernisierung, die nicht öffentlich zugänglich sind. Daneben wurde die KI mit Trainingsmaterialien versehen, die verschiedene Dokumente aus dem BIBB-internen Qualitätsmanagement umfassen, zum Beispiel eine Strukturverordnung, die die Anordnung der Paragraphen und standardisierte Textbausteine enthält.

Am Ende werden die fertigen Entwürfe verglichen, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu identifizieren. Daraus lassen sich Grenzen und Unterstützungsmöglichkeiten der KI ableiten. Zur Gewährleistung der Intersubjektivität erstellen die einzelnen Projektmitglieder jeweils eine Ausbildungsordnung mit Ausbildungsrahmenplan, um Unterschiede beim Promptverlauf nach Möglichkeit zu nivellieren.

Parallel zum begleiteten Neuordnungsverfahren wurden die Zwischenstände der KI-Entwürfe dazu genutzt zu analysieren, inwieweit sich Diskussionen oder sonstige Arbeitsschritte ggf. beschleunigen oder unterstützen lassen. Dies betrifft vor allem Formulierungen wie die Wahl der geeigneten Verben auf der entsprechenden Taxonomiestufe, die formalen Anforderungen der Rechtsförmlichkeitsprüfungen und die Vorgaben aus der Strukturverordnung und der Hauptausschussempfehlung 158 (BIBB 2013).

Ziel war und ist es, Potentiale zur Beschleunigung und Flexibilisierung von Neuordnungsverfahren herauszuarbeiten und zu beschreiben. Dabei sollen die Grundprinzipien der Neuordnungsverfahren wie die Beteiligung der Sozialpartner und das Konsensprinzip nicht verletzt werden. Vielmehr war und ist das Anliegen zu zeigen, wie die Konsensfindung der beteiligten Partner unterstützt werden kann, indem beispielsweise Diskussionen über Formalia abgekürzt werden. Durch sprachlich korrekte, durch KI erzeugte Vorschläge von Formulierungen vollständiger Handlungen oder neuer Kompetenzen sollte die Arbeit der Sachverständigen unterstützt werden. Auch für Ausnahmefälle wie ein erforderliches Abweichen von Eckwerten wurden Unterstützungsmöglichkeiten eruiert: Als es sich ergab, dass das Strukturmodell geändert und eine passendere Berufsbezeichnung im Verfahren gefunden werden sollte, wurde die KI zur Identifizierung eines geeigneteren Strukturmodells und einer neuen Berufsbezeichnung befragt und sollte Vor- und Nachteile der Optionen auflisten. Es bestand die Erwartung, dass anhand der erweiterten und vertieften Informationen über mögliche Optionen im Sachverständigenverfahren idealerweise schneller und auf breiterer Basis eine Entscheidung getroffen und begründet werden könnte.

4. Erste Ergebnisse

Die Erwartungen an eine KI-gestützte Beschleunigung und Verschlankung des Hauptverfahrens haben sich nur teilweise erfüllt. Nach derzeitigem Stand ist ChatGPT auch mit engem Training auf die verfahrensspezifischen Anforderungen einer einzelnen Modernisierung einer Ausbildungsordnung nur in der Lage, Ausgaben auf dem Niveau von Tischvorlagen zu machen. Diese Ergebnisse werden als konform mit den Annahmen des Projektes angesehen, nach denen die Arbeit mit den Sachverständigen nicht ersetzt, sondern unterstützt werden soll. Die ersten Vorschläge für Inhalte

der Ausbildungsordnung und des Ausbildungsrahmenplans können mit den Sachverständigen diskutiert, verworfen, erweitert, reduziert und ergänzt werden.

Übergeordnete Fragestellung wie die nach einem möglichen Strukturmodell, das eine Differenzierung innerhalb einer Berufsausbildung ermöglicht, ließen die KI an ihre Grenzen kommen. Gleiches galt bei der Detektierung eines möglichen Dissens zwischen den Ordnungsmitteln der betrieblichen wie der schulischen Seite, wie er in der Praxis überraschend zum Ende des Hauptverfahrens auftrat.

Nicht erreicht werden konnte bislang das Ziel, dass Ergebnisse aus den Sitzungen mit den Sachverständigen auf Vollständigkeit und Entsprechung hinsichtlich der Vorgaben geprüft werden. Die Besonderheiten einer rechtsförmlichen Sprache, die Anforderungen an Paragraphen und deren Inhalte in der Ausbildungsordnung sowie die präzisen Formulierungen von Endqualifikationen im Ausbildungsrahmenplan, mit denen die KI trainiert wurde, werden bislang nur unzureichend berücksichtigt.

Auffällig ist, dass suggestivere Rückfragen (Prompts) zu Antworten führen, die auf den ersten Blick plausibel scheinen, einer sachverständigen Prüfung aber nicht standhalten. So werden beispielsweise optionale Paragraphen angeboten, die nicht in einer Ausbildungsordnung enthalten sein dürfen und die in den Trainingsdaten nicht vorkommen.

Eine weitere Erkenntnis bezieht sich auf die unterschiedlichen Ausgaben auf identische Prompts. Diese können in geringem Maße mit der dynamischen Entwicklung begründet werden. Andererseits beobachten auch andere Forscher, dass ChatGPT „stärker“ und „schwächere“ Phasen zu durchlaufen scheint, die sich auf die Qualität der Ergebnisse auswirkt. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass von einer Güte im Hinblick auf eine Reliablität nicht ausgegangen werden kann.

Darüber hinaus entwickelt das KINO-Team die These, dass einige Qualitätsmängel in den Ergebnissen systembedingte Einschränkungen eines LLM sind und in der Natur der KI begründet liegen.

5. Ausblick und Diskussion

Die Anwendungen von KI sind dynamisch und ändern sich in kürzesten Zeiträumen. Auch während der Projektlaufzeit von KINO waren Entwicklungen zu beobachten, die die Erkenntnisse aus der ersten Phase überdenken ließen. Neuere Modelle mit beispielweise größerer Tokenzahl oder Bearbeitungsmodi sowie weniger Halluzination erforderten, dass Arbeitspakete teilweise wiederholt wurden. Dies lässt vermuten, dass die weiteren Entwicklungen so manche Einschränkungen in den Ergebnissen aufheben werden. Auch könnten andere KIs, die nicht auf der Basis von LLMs aufsetzen, hilfreich sein.

In einem nächsten Arbeitsschritt wird sich KINO mit dem BMJ dazu austauschen, um den Bereich der Rechtsförmlichkeitsvorprüfung idealerweise zu unterstützen.

6. Literatur

BIBB (Bundesinstitut für Berufsbildung): Empfehlung 158 des Hauptausschusses des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB) zur Struktur und Gestaltung von Ausbildungsordnungen – Prüfungsanforderungen vom 12.12.2013. Bundesanzeiger Amtlicher Teil vom 13.01.2014, S1.

BIBB (Bundesinstitut für Berufsbildung, Hrsg.): Ausbildungsordnungen und wie sie entstehen. 9. Aufl. Bonn 2023.

Danksagung: Die Teilnahme am Frühjahrskongress wäre nicht möglich gewesen ohne das KINO-Team Dr. Oliver Nahm, Dr. Inga Schad-Dankwart und Marcel Schiemann. Wir danken Stephanie Conein für die Einladung, an der Session teilzunehmen, und allen Kolleginnen und Kollegen der Ordnungsarbeit sowie der Projektgruppe „KI als Arbeitsmittel“. Nicht zuletzt den Sachverständigen und weiteren Beitragenden im Neuordnungsverfahren „Bauzeichner*in“.

Evaluation einer Trainingsintervention zur Förderung des arbeitsbezogenen Lernens bei der Nutzung von KI-basierten Chat-Anwendungen

Hannah Louisa KRÜGER[1], Julian DECIUS[1], Julian ISMAIL[1]

[1] Organisationspsychologie, Universität Bremen, Enrique-Schmidt-Straße 1, D-28359 Bremen

Kurzfassung: Die Entwicklung von KI-basierten Chat-Anwendungen wie Microsoft Copilot revolutioniert die Art und Weise, wie wir lernen und arbeiten, jedoch sind die Ergebnisse und die Effektivität solcher Anwendungen vom Nutzungsverhalten abhängig. In einem Feldexperiment mit 40 Auszubildenden wurde eine Trainingsintervention zum Arbeiten und Lernen mit Microsoft Copilot evaluiert. Einen Effekt der Intervention auf Lernergebnisse konnte lediglich auf das selbstberichtete Nutzungsverhalten gezeigt werden, nicht jedoch auf kognitive oder affektive Lernergebnisse. Limitationen sowie zukünftige Forschungsperspektiven werden diskutiert.

Schlüsselwörter: Künstliche Intelligenz, Arbeitsbezogenes Lernen, Training, Feldexperiment, Intervention

1. Einleitung

Die Entwicklung von KI-basierten Chat-Anwendungen wie Microsoft (MS) Copilot revolutioniert die Art und Weise, wie wir lernen und arbeiten (Dai et al. 2023; Decius 2024), indem sie individualisiertes, begleitetes Lernen sowohl in der Bildung als auch im Arbeitskontext ermöglicht (Zhai et al. 2022). Studien zeigen jedoch, dass die Ergebnisse und die Effektivität solcher Anwendungen abhängig sind vom Nutzungsverhalten, insbesondere der verwendeten Prompts (Sawalha et al. 2024). Deshalb sollen in dieser Studie die folgenden zwei Forschungsfragen beantwortet werden:

1. Wie effektiv ist ein Training für die Vermittlung von Prompting-Strategien im Hinblick auf den kurz- und mittelfristigen Lernerfolg bei der Nutzung von MS Copilot?
2. Wie beeinflusst die Anwendung von Prompting-Strategien während und nach dem Training den Lerntransfer?

2. Theoretischer Hintergrund

Der Sammelbegriff des arbeitsbezogenen Lernens beschreibt alle Formen des Lernens, die im Arbeitskontext stattfinden und kann in formales, informelles und selbstreguliertes Lernen unterteilt werden (Decius et al. 2024). Während formales Lernen stärker extern strukturiert ist und curriculare Lernverhalten wie den Besuch eines Kurses umfasst, sind informelles und selbstreguliertes Lernen nicht curricular und finden außerhalb formell festgelegter Lernkontexte statt (Cerasoli et al. 2018; Sitzmann & Ely 2011).

Im Rahmen dieser Studie liegt der Fokus auf der Förderung des informellen und selbstregulierten Lernens durch die Nutzung von KI-Tools.

Spätestens seit der Veröffentlichung von OpenAIs ChatGPT revolutionieren KI-basierte Chatanwendungen die Art und Weise, wie wir lernen und arbeiten. KI-basierte Chat-Anwendungen zeichnen sich durch ihre hochentwickelte Fähigkeit aus, komplexe Aufgaben auszuführen und menschliche, kohärente Gespräche zu führen (Dai et al. 2023). Ihr Ziel ist es, Gespräche zu simulieren, Feedback zu geben, Fragen zu beantworten und Unterstützung zu bieten (OpenAI 2023).

KI-basierte Chatanwendungen sind in der Lage, verschiedene Arten von Inhalten zu verarbeiten, Anschlussfragen zu beantworten (Zhai et al. 2021) und einen konsistenten Gesprächsstil beizubehalten. Dadurch können sie realistische, natürliche Dialoge führen (Qadir 2023). Aktuelle Forschung zeigt aber auch, dass die Nutzung von KI-Tools im Lernkontext zu einer Reduktion des Lernerfolgs (Bastani & Bastani et al. 2024) sowie der Gefahr einer Abhängigkeit vom Tool und einer damit einhergehenden gehinderten eigenständigen Problemlösekompetenz (Dai et al. 2023) führen kann.

Studien zeigen, dass die Effektivität solcher Tools maßgeblich vom Nutzungsverhalten und der KI-Kompetenz abhängig ist (Garg & Rajendran 2024; Sawalha et al. 2024; Sheese et al. 2024). Die KI-Kompetenz, ein relativ neues Konzept, wird als sozio-technische Kompetenz des Menschen, bestehend aus Wissen und Erfahrung beschrieben (Pinski & Benlian 2023) und umfasst das Wissen über die technologische Funktionalität und Benutzerfreundlichkeit von KI. Weiterhin umfasst die KI-Kompetenz die Fähigkeit des Prompt Engineerings. Prompt Engineering ist eine Technik zur strategischen Gestaltung von Eingaben in generative KI-Tools und spielt eine entscheidende Rolle bei der Erzielung präziser, hilfreicher und korrekter Antworten (Wang et al. 2024).

Generative KI-Modelle benötigen klare Anweisungen und spezifische Vorgaben, um eine Aufgabe „zu verstehen“ und angemessen darauf zu reagieren. Effektives Prompt Engineering erfordert daher, dass Nutzende die betrieblichen und technologischen Grundlagen der KI verstehen und sicherstellen, dass Prompts präzise und klar formuliert sind, um die Tokenisierung, also die Umwandlung von unstrukturiertem Text in numerische Sequenzen zu optimieren und die Antwortgenauigkeit zu verbessern (Garg & Rajendran, 2024).

Das Ziel der Trainingsintervention besteht darin, Prompting-Strategien und KI-Kompetenzen zu ermitteln, die die Teilnehmenden befähigen, mithilfe von KI-basierten Chatanwendungen für den Anwendungskontext relevante, hilfreiche und korrekte Ergebnisse zu erzielen. Zusätzlich sollen Methoden vermittelt werden, wie solche Anwendungen in das selbstregulierte, arbeitsbezogene Lernen integriert und zur Förderung von eigenständigen Problemlösekompetenzen genutzt werden können. Daraus abgeleitet lautet die Hypothese wie folgt:

H1: Teilnehmende in der Experimentalgruppe zeigen nach der Trainingsintervention signifikant bessere a) kognitive, b) affektive und c) behaviorale Lernergebnisse als Teilnehmende in der Wartekontrollgruppe.

3. Methoden

Die Stichprobe dieser Studie besteht aus 40 Auszubildenden (94,9% männlich; Alter: *M* = 19,3 Jahre) eines deutschen Unternehmens der Chemieindustrie in den Bereichen Anlagenmechanik, Elektrotechnik und Chemie im ersten Lehrjahr.

Die Gruppen wurden durch stratifizierte Randomisierung (Kernan et al. 1999) in

Bezug auf die beruflichen Ausbildungsrichtungen zugewiesen. Da die Stichprobe aus Auszubildenden aus drei verschiedenen Fachrichtungen bestand, stellte diese Methode sicher, dass die verschiedenen Ausbildungsberufe gleichmäßig auf beide Gruppen verteilt wurden.

Die Studie wurde als Feldexperiment durchgeführt, wobei ein Warte-Kontrollgruppen-Design zur Evaluation der Intervention implementiert wurde. Dabei wurden die Teilnehmenden entweder der experimentellen Gruppe zugewiesen und nahmen an der ersten Trainingsintervention teil, oder sie wurden der Wartekontrollgruppe zugewiesen und erhielten das Training mit einer vierwöchigen Verzögerung.

Vor dem ersten Training nahmen beide Gruppen an einer Baseline-Messung teil, bei der alle Lernergebnisse und Kontrollvariablen erfasst wurden. Zudem gab es Messungen zwei, vier, sechs und acht Wochen nach dem ersten Training, an denen beide Gruppen erneut teilnahmen. Darüber hinaus wurden die unmittelbaren Ergebnisse direkt nach jedem Training in der jeweiligen teilnehmenden Gruppe erfasst.

Insgesamt nahm jede Gruppe sechs Mal an der Messung teil. Wie Tabelle 1 jedoch zeigt, sank die Teilnahmebereitschaft im Laufe der Studie, sodass zum letzten Messzeitpunkt lediglich 13 Datensätze erfasst werden konnten.

Die Messung des Lernerfolgs fand mithilfe eines pseudonymisierten Online-Fragebogens statt, der kognitive, affektive und behaviorale Lernergebnisse (Kraiger et al. 1993) abdeckt.

Für das kognitive Lernergebnis wurde ein Wissentest zum Thema der Trainingsinhalte durchgeführt. Der Wissenstest bestand aus 15 Fragen zu Prompting-Strategien und 15 Fragen zum Lernen mit KI. Alle Fragen wurden im Multiple-Choice-Format mit null bis vier richtigen Antwortmöglichkeiten beantwortet. Weiterhin wurde die wahrgenommene KI-Kompetenz erhoben (Carolus et al. 2023).

Für das affektive Lernergebnis wurden die KI-bezogene Selbstwirksamkeit (Wang & Chuang, 2024) erhoben.

Für das behaviorale Lernergebnis wurde das MS-Copilot-Nutzungsverhalten vor und nach dem Training mit selbst entwickelten Fragen erhoben (z. B. „Bitte gib an, wie häufig du in den letzten 2 Wochen/4 Wochen KI-basierte Chatanwendungen wie MS Copilot zum Arbeiten/zum Lernen genutzt hast.“). Weiterhin wurde vier Wochen nach dem ersten Training ein Fokusgruppengespräch mit den Ausbilder*innen geführt, um Fremdeinschätzungen zum MS-Copilot-Nutzungsverhalten sowie Lernverhalten der Auszubildenden zu erhalten. Alle Skalen wurden auf einer 5-Punkt-Likert-Skala im Selbstbericht beantwortet.

Tabelle 1: *Stichprobengröße zu den Messzeitpunkten.*

	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**
Experimentalgruppe	20	20	19	15	0	16	7
Wartekontrollgruppe	20	0	13	13	18	12	6

4. Ergebnisse

4.1 Fragebogenergebnisse

Tabelle 2 zeigt die deskriptiven Ergebnisse aller quantitativ erhobenen Lernergebnisse. Zwar sind bei den Wissenstests deskriptiv leichte Steigungstendenzen unmittelbar nach den Trainings ableitbar, jedoch sind diese Unterschiede ebenso wie bei der KI-Kompetenz sowie der KI-bezogenen Selbstwirksamkeit nicht signifikant ($p > .05$).

Einzig beim selbstberichteten Nutzungsverhalten von MS Copilot bei der Arbeit finden sich signifikante Unterschiede zwischen der Experimentalgruppe und der Wartekontrollgruppe bei T2, also zwei Wochen nach der ersten Trainingsintervention ($p < .001$, Cohen's $d = 1.29$), ebenso wie beim Nutzungsverhalten von MS Copilot zum Lernen ($p = .006$, Cohen's $d = 1.12$). Somit erhält lediglich H1c Unterstützung, dass Teilnehmende in der Experimentalgruppe signifikant höhere behaviorale Lernergebnisse zeigen als Teilnehmende in der Wartekontrollgruppe. Die Hypothesen H1a und H1b müssen dementsprechend verworfen werden.

Bemerkenswert ist darüber hinaus, dass sich die Experimental- und die Wartekontrollgruppe schon bei der Baseline-Erhebung (T0) teilweise signifikant unterscheiden. Dies deutet darauf hin, dass aufgrund der kleinen Stichprobe die Randomisierungseffekte noch nicht greifen konnten.

Tabelle 2: *Deskriptive Ergebnisse.*

		T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**
Wissenstest Lernen mit KI	EG	44.68 (6.0)	47.40 (5.13)	44.05 (9.7)	46.07 (7.07)		40.56 (8.69)	41.86 (7.24)
	WKG	44.50 (7.93)		42.69 (7.77)	42.85 (9.03)	50.57 (5.65)	38.8 (10.51)	37.83 (11.27)
Wissenstest Prompting	EG	42.45 (4.72)	45.20 (5.84)	43.37 (7.35)	42.33 (5.74)		39.56 (6.51)	40.71 (5.96)
	WKG	41.83 (5.49)		41.15 (7.85)	42.46 (7.84)	47.36 (6.37)	39.67 (6.58)	42.50 (7.89)
KI-Kompetenz	EG	3.50 (0.31)	3.59 (0.26)	3.53 (0.36)	3.38 (0.64)		3.41 (0.58)	3.47 (0.45)
	WKG	3.16 (0.58)		3.22 (0.48)	3.28 (0.55)	3.50 (0.68)	3.41 (0.6)	3.47 (0.64)
KI-Selbstwirksamkeit	EG	3.04 (0.42)	3.38 (0.37)	3.16 (0.61)	3.10 (0.57)		3.28 (0.48)	3.38 (0.58)
	WKG	3.08 (0.54)		3.13 (0.47)	3.15 (0.45)	3.16 (0.81)	3.17 (0.32)	3.15 (0.33)
Transfermotivation	EG	4.26 (0.68)	4.26 (0.61)	4.03 (0.84)	3.72 (1.12)		3.58 (0.75)	3.68 (0.75)
	WKG	3.62 (0.92)		3.58 (0.69)	3.63 (0.75)	3.86 (1.05)	3.33 (0.72)	3.58 (1.01)
Nutzungsverhalten Arbeit	EG	**2.18*** (1.10)		**2.84*** (0.90)	2.53 (0.74)		2.33 (1.11)	2.86 (1.35)
	WKG	1.67 (1.03)		1.77 (0.73)	2.15 (1.07)		2.83 (1.19)	3.83 (0.98)
Nutzungsverhalten Lernen	EG	2.05 (1.00)		**2.89*** (0.94)	2.53 (0.74)		2.40 (1.12)	3.14 (1.35)
	WKG	1.72 (1.13)		1.77 (1.09)	1.92 (1.19)		2.75 (0.87)	3.5 (1.22)

Anmerkung. Mittelwerte und Standardabweichungen (in Klammern). EG = Experimentalgruppe, WKG = Wartekontrollgruppe. *EG unterscheidet sich signifikant von KG ($p < 0.01$).

4.2 Ergebnisse des Fokusgruppengesprächs

In einem Fokusgruppengespräch mit drei Ausbilder*innen des Chemieunternehmens, die die Auszubildenden betreuen, wurde der Lerntransfer der Teilnehmenden diskutiert. Das Gespräch zeigte, dass – der Selbstauskunft der Teilnehmenden widersprechend – MS Copilot trotz Ermutigung durch die Ausbilder*innen in den vier Wochen nach der ersten Intervention weiterhin kaum eigeninitiativ im Ausbildungsbetrieb genutzt wurde. Tabelle 3 zeigt einige exemplarische Aussagen der Ausbilder*innen zur MS-Copilot-Nutzung.

Tabelle 3: *Exemplarische Auszüge des Fokusgruppengesprächs.*

Ausbilder A	„Man musste immer wieder vermehrt Hinweise auf Copilot geben, damit die das dann auch genutzt haben, dann haben sie es auch genutzt. Aber vielleicht ein oder zwei aus der gesamten Gruppe sind da eigenständig schon draufgekommen." „Man merkt, dass sie sich echt schwergetan haben, die Fragen präziser darzustellen und mit Copilot zu interagieren."
Ausbilder B	„Ich glaube, dass es da noch einer längeren Implementationsphase bedarf, bis das in Fleisch und Blut übergeht." „Die haben unheimlich Probleme, gezielt eine Frage zu stellen. Und wenn sie dann einmal festgestellt haben, „scheiße", das hat nicht gut geklappt, switchen sie direkt wieder ins alte Muster zu Google." „Ich würde für mich jetzt einfach noch mal gedanklich in mich gehen, dass das vielleicht für ne Prüfungsvorbereitung im 4. Lehrjahr gut wäre. Da würde ich hingehen und das nochmal machen. Weil sie dann nochmal weiter sind."
Ausbilder C	„Ich habe auch schon mal mitbekommen, dass einer der Azubis was eingegeben hat bei der Testvorbereitung. Und den Satz, den er da eingegeben hat, den kann nicht mal eine KI verstehen. […] Der wollte da was schreiben, um eine Antwort zu bekommen, aber manche der Azubis stoßen da grammatikalisch oder rechtschreibtechnisch an ihre Grenzen. […] Bei Copilot muss man genau fragen, um eine Antwort zu bekommen. Und wenn die dann keine gute Rückmeldung bekommen, dann geben die schon auf und gehen dann auf Google."

5. Diskussion

Das Ziel dieser Studie bestand darin, die Effektivität einer Trainingsintervention zum Arbeiten und Lernen mit MS Copilot im Ausbildungskontext zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigen, dass lediglich in der Häufigkeit der Nutzung von MS Copilot zu Arbeits- sowie Lernzwecken ein signifikanter Zuwachs stattgefunden hat. Bei den affektiven und kognitiven Lernergebnissen lassen sich zwar teilweise deskriptive Tendenzen ableiten, jedoch keine Aussagen über signifikante Unterschiede treffen. Dafür mag es verschiedene Gründe geben, die im Folgenden erläutert werden.

Ein Grund könnte in der Natur der Stichprobe liegen. So baut diese Studie auf einer relativ kleinen Stichprobe auf, wodurch basierend auf einem post-hoc-Sensitivitätstest ein Effekt erst ab einer Effektstärke von Cohen's d = 1.06 (bei α =.05) überhaupt festgestellt werden kann. Zudem bestand die Stichprobe aus Auszubildenden im ersten Ausbildungsjahr in eher technisch geprägten Berufen. Wie auch im Fokusgruppengespräch festgestellt, könnte eine Trainingsintervention mit weiter fortgeschrittenen Auszubildenden und in administrativen oder kaufmännischen Ausbildungsberufen effektiver sein, da bereits mehr Grundwissen und Anwendungsfälle in Bezug zu MS Copilot bei den Teilnehmenden angenommen werden könnte.

Ein weiterer Grund könnte darin liegen, dass die Inhalte der Trainingsintervention sehr kompakt innerhalb einer 3.5-stündigen Veranstaltung vermittelt wurden. Hier

könnte es zukünftig sinnvoller sein, die Lerninhalte über mehrere kleine Einheiten zu verteilen und somit eine Wiederholung der Inhalte zu ermöglichen.

Nichtsdestotrotz zeigt die vorliegende Studie, dass in Unternehmen auch im Ausbildungskontext ein erhebliches Interesse an KI-Kompetenzen vorhanden ist, das Interesse und die Transfermotivation der Teilnehmenden jedoch stärker gefördert werden muss. Zukünftige Forschung sollte darauf abzielen, das Trainingskonzept in weiteren Zielgruppen, besonders in Bezug auf den Tätigkeitsbereich (beispielweise kaufmännische oder administrative Ausbildungsberufe) und Fortschritt in der Ausbildung sowie anhand größerer Stichproben zu evaluieren.

6. Literatur

Bastani H*, Bastani O*, Sungu A* (*geteilte Erstautor:innenschaft), Ge H, Kabakcı Ö, & Mariman R (2024) Generative AI can harm learning. The Wharton School Research Paper.

Carolus A, Koch MJ, Straka S, Latoschik ME, Wienrich C (2023) MAILS - Meta AI literacy scale: Development and testing of an AI literacy questionnaire based on well-founded competency models and psychological change- and meta-competencies. Computers in Human Behavior: Artificial Humans, 1(2).

Cerasoli CP, Alliger GM, Donsbach JS, Mathieu JE, Tannenbaum SI, Orvis KA (2018) Antecedents and Outcomes of Informal Learning Behaviors: a Meta-Analysis. Journal of Business and Psychology 33(2): 203–230.

Dai Y, Liu A, Lim CP (2023) Reconceptualizing ChatGPT and generative AI as a student-driven innovation in higher education. Procedia CIRP 119: 84–90.

Decius J (2024) Das Potenzial des informellen Lernens am Arbeitsplatz: Ein Überblick zum Status Quo und eine Forschungsagenda. Psychologische Rundschau.

Decius J, Knappstein M, Klug, K (2024) Which Way of Learning Benefits Your Career? The Role of Different Forms of Work-related Learning for Different Types of Perceived Employability. European Journal of Work and Organizational Psychology, 33(1):24-39.

Garg A, Rajendran R (2024) Analyzing the Role of Generative AI in Fostering Self-directed Learning Through Structured Prompt Engineering. In A. Sifaleras & F. Lin (Eds.), Lecture Notes in Computer Science. Generative Intelligence and Intelligent Tutoring Systems 14798: 232–243.

Kernan W., Viscoli CM, Makuch RW, Brass LM, Horwitz RI (1999) Stratified randomization for clinical trials. Journal of clinical epidemiology, 52(1): 19-26.

Kraiger K, Ford JK, Salas E (1993) Application of cognitive, skill-based, and affective theories of learning outcomes to new methods of training evaluation. Journal of Applied Psychology 78(2): 311–328.

OpenAI (2023) OpenAI Official Website. Introducing ChatGPT - Learn more. Accessed Sept.19, 2023. https://openai.com/blog/chatgpt/.

Pinski M, Benlian A (2023) AI Literacy – Towards Measuring Human Competency in Artificial Intelligence. Proceedings of the 56th Hawaii International Conference of System Sciences 165-174.

Qadir J (2023) Engineering Education in the Era of ChatGPT: Promise and Pitfalls of Generative AI for Education. In 2023 IEEE Global Engineering Education Conference EDUCON: 1–9.

Sawalha G, Taj I, Shoufan A (2024) Analyzing student prompts and their effect on ChatGPT's performance. Cogent Education 11.

Sitzmann T, Ely K (2011) A meta-analysis of self-regulated learning in work-related training and educational attainment: what we know and where we need to go. Psychological bulletin 137(3).

Wang YY, Chuang YW (2024) Artificial intelligence self-efficacy: Scale development and validation. Education and Information Technologies 29(4): 4785–4808.

Wang M, Wang M, Xu X, Yang L, Cai D, Yin M (2024) Unleashing ChatGPT's Power: A Case Study on Optimizing Information Retrieval in Flipped Classrooms via Prompt Engineering. IEEE Transactions on Learning Technologies 17: 629–641.

Zhai X, Chu X, Chai CS, Jong MSY, Istenic A, Spector M, Liu JB, Yuan J, Li Y (2021) A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020. Complexity 1–18.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt dem kooperierenden Unternehmen der Chemieindustrie für die konstruktive Zusammenarbeit.

Virtually Extended Telepresence: Overcoming obstacles of using telepresence robots in practice

Franziska LEGLER[1], Lena FRANZKOWIAK[1], Hendrik HAWER[2], Alexej FEDELHEIMER[2], Marc SCHWARZKOPF[1], Angelika C. BULLINGER[1]

[1] Chair for Ergonomics and Innovation, Chemnitz University of Technology, Erfenschlager Straße 73, D-09125 Chemnitz
[2] Mobile-Etage GmbH, Natruper Str. 14, D-49076 Osnabrück

Abstract: Daily knowledge work routines have changed in recent years. Face-to-face meetings are increasingly being replaced by technology-mediated communication. As face-to-face situations are the gold standard for communication, technologies aim to mirror face-to-face situations. Applying Skarbez and colleagues' model of presence, the paper identifies obstacles to achieving this goal in common technology-mediated communication such as videoconferencing and telepresence robots (TPRs). Also using the model, the paper discusses how a combination of TPRs with virtual reality can overcome these obstacles. Several specific characteristics of a virtually extended telepresence system are described in terms of technical implementation and effects on telepresence. Implications for the performance and social connectedness of work teams are discussed.

Key words: technology-mediated communication, telepresence, virtual reality, social presence, knowledge work, social connectedness

1. Introduction

Whereas a few years ago, knowledge work meetings took place mainly on site and enabled face-to-face contact between meeting partners, new forms of technology-mediated communication are finding their way into everyday working life. As a result of globalization, the potential of digitalization and new work models, employees are spread across different locations. In addition, as a result of the COVID-19 pandemic, more and more people are working from home. These two factors have led to a sharp increase of videoconferencing. Technology-mediated communication aims to enable as much natural verbal or non-verbal communication and social interaction as possible. The aim is to create face-to-face-like interactions, so that physical separation becomes less important and a sense of 'being together' arises. However, it has long been known that videoconferencing has disadvantages compared to face-to-face meetings, such as less attention paid to the meeting partners and a reduced overall sense of social presence (Hauber et al. 2005). One reason is multitasking during videoconferencing (Cao et al. 2021). As social presence is an important antecedent of team members' social connectedness (Tietz et al. 2021), there is a risk that technology-mediated communication will lead to a decline in personal relationships at work. Social connectedness arises “when a person is actively involved with another person, object, group or environment, and that involvement promotes a sense of comfort, well-being and

anxiety-reduction" (Hagerty et al. 1993, p. 293) and is a predictor of successful knowledge sharing in teams (Tietz et al. 2021). Telepresence robots (TPRs) are another form of technology-mediated communication. TPRs are mobile, remotely operated videoconferencing systems (Löffler et al. 2022) that allow drivers to autono-mously navigate in distant local environments. Performing actions in a distant environ-ment shows potential to further enhance the sense of 'being together' and adds an important social cue used in face-to-face contact, namely proxemics (Goffman 1967). Although the use of TPRs is increasing in healthcare and education, its use in everyday work meetings is still rare. Following, the paper applies a theoretical model of presence to explain why videoconferencing and TPRs are unsuitable for mirroring face-to-face interactions (Chapter 2), and also applies the model to discuss how virtually extended telepresence can overcome these obstacles (Chapter 3). Finally, conclusions are drawn for meeting efficiency and social connectedness of work teams (Chapter 4).

2. Skarbez and colleagues' model of presence

Based on a meta-analysis, a model of presence has been introduced by Skarbez et al. (2017). It aims to explain the emergence of telepresence in technology-mediated communication. Following the definition of the International Society for Presence Research, telepresence, or short presence, is defined as the partial or complete absence of an individual's perception that a current experience is filtered through and/or generated by technology (Skarbez et al. 2017). This represents the desired situation where communicators fade out the medium and a face-to-face-like situation emerges. Nevertheless, Skarbez et al. (2017) define the overall concept of 'presence' as "perceived realness of a mediated or virtual experience" (p. 96:16). Table 1 provides an overview of the three main model components, including definitions and selected influencing factors, and an assessment of the extent to which video-conferencing and TPR enable high levels of components, based on their respective characteristics. The assessment is always from the point of view of one communicator (the driver in case of TPRs). From the model, it can be deduced that feelings of telepresence are highest when all three model components are high or compensate for each other.

As can be seen from Table 1, component 'place illusion' is rated as low for videoconferencing and relatively low for the use of TPRs. Both technologies transmit two-dimensional video streams. TPRs allow at least some 'possible actions' (e.g., changing the visual perspective by driving) and the TPR is actually located in the distant environment, improving self-location. Nevertheless, 'place illusion' is reduced, mainly because videoconferencing and TPR operation are done via PC, laptop or smartphone applications. Due to small screens of devices, the actual environment is very salient. Conversely, due to the streaming of real content in real time, 'plausibility illusion' is high for both technologies. This is different, for example, in fully virtual environments where plausibility has to be designed. In terms of 'social presence illusion', both technologies allow verbal and non-verbal interaction. However, a problem for both technologies is eye contact, an important social cue (Bohannon et al. 2013). Users always have to decide whether to look into the camera or at the transmitted video.

In conclusion, both technologies lack, in particular, the ability to fade out the real environment, and immersion is relatively low due to the equipment used, which limits the sense of telepresence as the media technology used is always salient. In addition, TPRs only show added value for work tasks that require a lot of movement, which is

rare in normal office meetings and may explain their infrequent use in everyday work.

Table 1: *Comparing feasibility of videoconferencing and TPR (driver view) to enable high levels of components (grey) and influencing factors of the model of presence (Skarbez et al. 2017).*

Model component	Definition	video conference	TPRs
Place Illusion (spatial presence)	"Illusory (false) feeling of being in a remote or virtual place" (p. 96:16)	low	medium
- placeness	"feeling of being in a real place" (p. 96:16)	medium	medium
-self-location/ embodiment	"sensation of being physically situated in the environment" (p. 96:13)	low	medium
- possible actions	"perception of possibilities to act in that environment" (p. 96:13)	low	medium
- immersion / stimulus fidelity	"objective characteristic" (p. 96:3) "the sensorimotor and effective valid actions it supports" (p. 96:23)	medium	medium
Plausibility Illusion	"illusion that what is apparently happening is really happening" (p. 96:6)	high	high
- coherence	"the set of reasonable circumstances that can be demonstrated by the scenario without introducing unreasonable circumstances" (p. 96:6)	high	high
Social Presence Illusion	"the illusory (false) feeling of being together with and engaging with a real sentient being" (p. 95)	medium	medium
- communicative immersion	"ability of the medium to transmit communicative signals (voice, eye contact, posture, etc.)" (p. 96:5)	medium	medium
- communicative coherence	" 'Appropriate' behavior of the other sentient being or beings" (p. 96:5)	high	high
- co-presence illusion/ company	"sense of being together with another… awareness that another being exists" (p. 96:4)	high	high

3. Potentials of Virtually Extended Telepresence

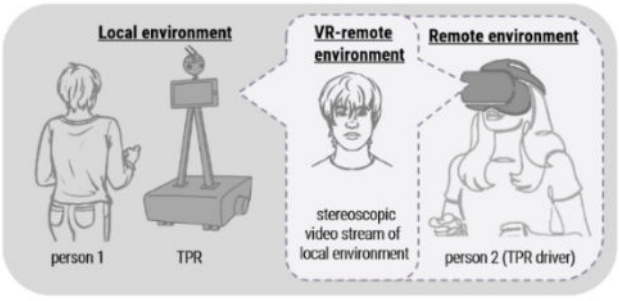


Figure 1*: Visualization of a virtually extended telepresence system.*

Today, TPRs can be extended with virtual reality (VR). In a virtually extended telepresence system (see Figure 1), the TPR driver (person 2) in the remote environment wears a Head-Mounted Display (HMD) and operates the TPR via controllers or intuitive hand tracking. The TPR is equipped with a stereoscopic, preferably 360°, camera and three-dimensional microphones, enabling stereoscopic video streaming with a natural

field of view and three-dimensional audio transmission from the local environment into the VR-remote environment. TPR drivers can be displayed via personalized avatars, including lip-sync plug-ins. A virtual camera is placed in the VR-remote environment to capture the avatar in real time and transmit it to the TPR screen.

Several advantages for the TPR driver result from the novel characteristics of the virtual extension of TPRs. Table 2 provides an overview of specific characteristics, the expected positive impact on the components of the model of presence, and a possible technical implementation in a virtually extended telepresence system.

Table 2: *Novel characteristics of a virtually extended telepresence system compared to currently available telepresence systems and effects on telepresence components.*

characteristic	positive impact on model components	technical implementation
A) HMD hides the actual remote environment	overall telepresence, Place illusion	HMD with natural field of view of minimum 130° horizontal and 180° sagittal
B) Stereoscopic view with 3-DoF	Place illusion (immersion, placeness, self-location)	ideal: stereoscopic video stream from 360° stereo camera with natural stereo base of about 6.3 centimeter (Dodgson 2004) fallback: switching between 360° mono camera (movement, all-round view) and stereo camera (still image, detail view) to reduce data rate
C) Spatial audio	Place illusion (immersion, placeness, self-location)	using spatializer plugins (Unity) to spatially transfer voices and ambient noise recorded by 360° microphones from the local environment into VR-remote environment
D) Realistic size proportions of accompanying person and environment and estimation of distances	Place illusion (placeness, immersion, self-location) Social presence illusion (communicative immersion)	stereoscopic video stream enables size and distance estimation + using zoom functions of stereoscopic/ mono cameras or digital zoom in VR-remote environment to set default settings that enable impression of life-size person and objects from video stream
E) Improving impression of eye-contact	Social presence illusion (communicative immersion)	height adjustment of the TPR combined with an adjustment of TPR camera and virtual camera angle to compensate for displacement of eyes and screens
F) Natural pointing gestures	Social presence illusion (communicative immersion) Place illusion (possible actions)	selecting an area of interest by ray-casting from the HMD in the VR-remote environment and aligning a free-moving laser pointer based on the relative orientation of the HMD to the TPR camera's coordinate system
G) Estimation of TPR lateral extension	Place illusion (self-location/ embodiment, possible actions)	integration of 3D model of the TPR (avatar like representation of user in VR) or a simple optical bounding box below user in VR signaling lateral extension of the TPR

A) By using HMDs to control the TPR, visual information from the actual remote environment (see Figure 1) are hidden for TPR drivers. Instead, only visual information from the local environment is perceivable in the VR-remote environment as the human field of view (Cummings & Bailenson 2016) is completely covered. This increases place illusion and the overall sense of telepresence.

B) Using natural stereo bases (Dodgson 2004) in stereoscopic video streams, the resulting spatial visual perception is similar to the perception of the actual real environment on site (placeness). Due to the size of camera rigs, natural stereo bases are likely to be exceeded, but should be as close as possible. At the same time, natural head movement with three degrees of freedom (3-DoF) creates a sense of being situated in the local environment (self-location). Both enhance place illusion.

C) Implementing spatial audio in VR enhances self-location in the local environment (placeness). In face-to-face interactions, human audiovisual perception also spatially localizes the voice of the interaction partner as well as ambient sounds. Therefore, enabling spatial auditory cues increases place illusion.

D) The ability to perceive life-size, realistic size proportions of objects and people from the local environment (placeness) in the VR-remote environment simultaneously promotes place illusion and social presence illusion through the feeling of actually facing a life-size person. Similarly, stereoscopic view allows size proportions and distances to be estimated. This enhances place illusion, but also contributes to social presence illusion, as people use and interpret distances from another person (proxemics; Goffman 1967), thereby enhancing communicative immersion.

E) In videoconferencing systems and conventional TPRs, a displacement exists between the camera (top) and the eyes of the remote person on the screen (bottom) (Nguyen & Canny 2009). In virtually extended telepresence, this displacement can be compensated for, thereby improving the impression of eye contact. As eye contact is a critical contributor to rich social interaction (Bohannon et al. 2013), it supports the social presence illusion by enhancing communicative immersion.

F) Pointing to specific objects or directions is a typical form of non-verbal communication. Pointing directs and controls the attention of an interaction partner, contributing to social presence illusion (communicative immersion). In virtually extended telepresence, TPR drivers can naturally align a laser pointer based on ray-casting from the HMD center (e.g., Droste et al. 2018). Thus, no eye tracking is required. In addition, pointing followed by a corresponding response from the interaction partner is a specific action that the TPR driver can perform to manipulate the local environment (possible action), thereby enhancing place illusion.

G) The ability to signal the lateral extension of the TPR in the VR-remote environment enhances embodiment and self-location. Secondly, it helps the TPR driver to decide whether a lane or gap is wide enough to drive through, improving autonomy (possible actions) in local environments. Both improve place illusion.

4. Discussion

The paper applies Skarbez et al.'s (2017) model of presence to identify obstacles in common technology-mediated communication, such as videoconferencing and TPR, to the emergence of feelings of telepresence. It argues how virtually extended telepresence can overcome these obstacles by increasing feelings of social presence and overall telepresence. Since social connectedness and knowledge sharing in work teams are based on social presence (Tietz et al. 2021), the goal should be to enhance

communicative immersion (see Table 1), predisposing the use of virtually extended telepresence. Furthermore, due to its immersive nature, distraction should be reduced by bounding mental capacity in the VR-remote environment. This will further reduce multi-tasking and distraction of communication partners, thereby improving meeting performance. Benefits are expected, e.g., when one team member is working abroad for an extended period of time while the team remains in the same location.

The positive effects of improving social presence illusion for TPR drivers do not necessarily apply to their interaction partners. Due to the use of HMDs, an avatar of the TPR driver or a live video showing the TPR driver with eyes covered by the HMD is displayed on the screen. This is likely to have a negative impact on communicative immersion, coherence and also overall immersion (see Table 1). Therefore, studies on effects of virtually extended telepresence should also consider the perspective of the interaction partners in the local environment. Although theoretical application of Skarbez et al.'s (2017) model of presence is helpful for estimating the effects of technical improvements, the model has not yet been empirically tested in its entirety.

6. References

Bohannon L S, Herbert A M, Pelz J B, Rantanen E M (2013) Eye contact and video-mediated communication: A review. Displays, 34: 177-185.

Cummings J J, Bailenson J N (2016) How Immersive Is Enough? A Meta-Analysis of the Effect of Immersive Technology on User Presence. Media Psychology 19:272-309.

Cao H., Lee C-J, Iqbal S., Czerwinski M, Wong P N Y, Rintel S, Hecht B, Teevan J, Yang L (2021) Large Scale Analysis of Multitasking Behavior During Remote Meetings. In: Kitamura Y. et al. (Eds.) Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '21). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 448, 1–13.

Dodgson N A (2004) Variation and extrema of human interpupillary distance. In: Woods A J et al. (Eds.) Proc. SPIE Vol. 5291, Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems, 36-46.

Droste M, Letellier J, Sieck J (2018) An interactive classical VR concert featuring multiple views. In: Winschiers-Theophilus H. et al. (Eds) AfriCHI '18: Proceedings of the Second African Conference for Human Computer Interaction: Thriving Communities, 1-4.

Goffman E (1967) Interaktionsrituale. Über Verhalten in direkter Kommunikation. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.

Hagerty B M K, Lynch-Sauer J, Patusky KL, Bouwsema M (1993) An Emerging Theory of Human Relatedness. Journal of Nursing Scholarship, 25: 291–296.

Hauber J, Regenbrecht H, Hills A, Cockburn A, Billinghurst M (2005) Social presence in two-and three-dimensional videoconferencing. Assessed Jan 14, 2024. https://ir.canterbury.ac.nz/server/api/core/bitstreams/3bd08a19-73ae-4158-b7c2-5170c38a7fdf/content.

Löffler T, Hernandez F, Kögel, A (2022) Telepräsenzroboter – Neue Potentiale für die Telearbeit. Accessed Jan 14, 2025. https://digitalzentrum-chemnitz.de/downloads/ng-telepraesenzroboter/.

Nguyen D T, Canny J (2009) More than face-to-face: empathy effects of video framing. In: Olsen D R & Arthur R B (Eds.) Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '09). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 423–432.

Skarbez R, Brooks F P Jr, Whitton M C (2017) A Survey of Presence and Related Concepts. ACM Comput. Surv. 50(6), Article 96, 1-39.

Tietz S, Kneisel E, Werner K (2021) Erfolgreicher Wissensaustausch in virtuellen Teams – Wie wichtig ist soziale Präsenz? Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 75:424–437.

Acknowlegements: This research took place within the scope of project “TeleVeR-bundenheit” (funding code 16SV9138) supported by German Federal Ministry of Education and Research. The authors acknowledge this financial support by German Federal Ministry of Education and Research. The funding agency did not have an impact on authoring and submission of this paper.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Riders – Schnelllieferdienste mit dem Rad und physikalische und psychische Belastung und Beanspruchung

Nastaran RAFFLER, Mark PRISMAK, Nick KLEINEWALTER,
Thomas WILZOPOLSKI, Detlef SAYN, Omar EL-EDRISSI, Christian FREITAG

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e. V. (IFA),
Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

Kurzfassung: Im Bereich der Schnelllieferdienste wird zunehmend auf den Einsatz von Fahrrädern und Pedelecs zurückgegriffen. Zur Untersuchung der physikalischen und psychischen Belastungen, denen die Bedienenden („Riders“) ausgesetzt sind, werden Expositionen durch Feldmessungen und Fragebögen erfasst. Der vorliegende Beitrag stellt das Forschungsprojekt vor und präsentiert exemplarische Ergebnisse bezüglich der Vibrationseinwirkungen sowie der Körperhaltungen. Erste Auswertungen der Expositionsdaten zeigen insbesondere hohe Vibrationen, die bereits nach 2 bis 3 Stunden die zulässigen Grenzwerte für die Tagesbelastung überschreiten können. Darüber hinaus wurden signifikante Zeitanteile in nicht-neutralen Körperhaltungen festgestellt, insbesondere in Positionen, die zu einer Extension der Handgelenke führen. Angesichts dieser vorläufigen Ergebnisse sind weiterführende Untersuchungen notwendig, um repräsentative Expositionsdaten zu erheben und darauf basierend geeignete Präventionsmaßnahmen zu entwickeln.

Schlüsselwörter: Riders, Schnelllieferdienste, Vibration, Körperhaltungen, Psychische Stress

1. Einleitung

Um die Problematik des dichten Verkehrs in den Städten anzugehen und gleichzeitig einen positiven Beitrag zur Verlangsamung des Klimawandels zu leisten, setzen immer mehr Lieferdienste Fahrräder und Pedelecs ein, um kleine Bestellungen zu transportieren. Dieser Trend kann unter anderem ein Grund für den starken Anstieg der Zweiradunfälle in Deutschland in den vergangenen Jahren sein. Neben dem Zeitdruck und verkehrsbedingten psychischen Belastungen erfährt das Fahrpersonal bei der Nutzung der Zweiräder nach langjähriger Anwendung eine Vielzahl an physikalischen Expositionen, die irreversibel die Gesundheit beeinträchtigen können. Darunter fallen u.a. Vibrations-, Lärm-, Strahlungsbelastungen sowie Belastungen durch Hebe- und Tragevorgänge mit ungünstigen Körperhaltungen.

Da diese „Fahrzeuge“ erst seit neuestem in der Berufswelt Einzug gefunden haben, gibt es kaum Kenntnisse über die Intensität der physikalischen Expositionen, die auf die Bedienenden in der realen Arbeitswelt einwirken.

Um eine messwertbasierte ergonomische Bewertung des Arbeitsplatzes und eine Gefährdungsbeurteilung nach Lärm- und Vibrations- Arbeitsschutzverordnung durchzuführen, werden vor Ort Untersuchungen im Bereich der Schnelllieferdienste benötigt. Ziel dieses Projektes ist es die psychischen und physikalischen Expositionen im Rahmen von Routinetätigkeiten durch Feldmessungen und Fragebögen zu ermitteln.

In diesem Beitrag werden die geplanten Untersuchungen und teils vorläufigen Ergebnisse der Arbeitsbelastungen vorgestellt.

2. Methode

2.1 Mechanik

Zur Detektion mechanischer Daten wie z. B. Leistung, Geschwindigkeit, Trittfrequenz und ebenso GPS-Daten werden die Pedale des zu untersuchenden Fahrrads/-Pedelecs mit einem Garmin Rally RS200 Powermeter ersetzt (Abbildung 1, Nr.1). Die mit einer Garmin Uhr (Forerunner 255) gespeicherten Daten werden in die von IFA entwickelte Analyse Software „CUELA“ importiert und ausgewertet.

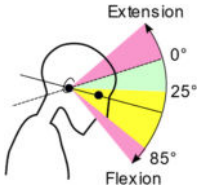
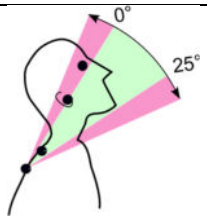
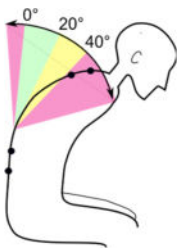
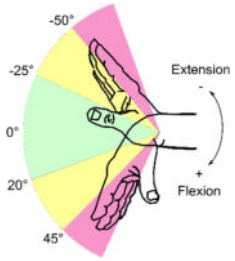


***Abbildung 1**: Untersuchung der mechanischen und physikalischen Expositionen; 1: Garmin Rally RS200 Powermeter, 2: Beschleunigungsaufnehmer auf dem Sattel und Sattelstütze, 3: beschleunigungsaufnehmer auf dem Lenkergriff und Lenkerstange, 4: Anbringung der IMU- Sensoren am Körper.*

2.2 Körperhaltungen

Die Körperhaltungen werden mit dem Xsens-Link-Messsystem mittels auf der Haut angebrachter kabelgebundenen Sensoren gemessen, die aus Beschleunigungsaufnehmer, Gyroskope und Magnetometer bestehen (Abbildung 1, Nr. 4). Die Auswertung der Körperwinkel wird durch die von IFA entwickelte Analyse Software „CUELA“ (Hermanns et al. 2008) gemäß ISO 11226:2000-12 und DIN EN 1005-4:2009-01 mit Angaben durch prozentualen Zeitanteile pro Gesamtmessdauer in der jeweiligen Kategorie ausgewertet. Die Tabelle 1 zeigt gemessenen Körperwinkel und die dazu gehörigen Risikokategorien, die für diesen Beitrag ausgewählt sind.

Tabelle 1: *Gemessene Körperwinkel mit dazugehörigen Winkelbereichen für Risikokategorie: neutral, moderat und ungünstig.*

Körper-Winkel	**Kopf-Neigung**	**Hals-Flexion/ Extension**	**Rücken-Krümmung**	**Handgelenk-Flexion/ Extension**
Kategorie				
neutral	0° bis 25°	0° bis 25°	0° bis 20° <0° mit Rücken-unterstützung	20° bis -25°
moderat	25° bis 85°		20° bis 40°	20° bis 45° -25° bis -50°
ungünstig	< 0° oder > 85°	< 0° oder > 25°	< 0° oder > 40°	> 45° oder < -50°

2.3 Vibrationen

Die Expositionen durch Vibrationen werden an zwei Einleitungsstellen untersucht. Die Ganzkörper-Vibrationen (GKV) werden durch den Sattel in das Gesäß eingeleitet und die Hand-Arm-Vibrationen (HAV) werden durch den Lenkergriffen an das Hand-Arm-System weitergeleitet. Deshalb werden die Expositionen durch dreiachsige Beschleunigungsaufnehmer angebracht auf dem Sattel sowie auf dem Lenkergriff gemessen und mittels Svantek 106 mit einer Abtastrate von 6000 Hz detektiert und ausgewertet (DIN EN ISO 5349-1:2001-12 ; DIN EN ISO 5349-2:2015-12 ; ISO 2631-1:1997-05).

Für GKV (HAV) werden Effektivwerte der frequenzbewerteten Beschleunigungen für jede Achse als a_{wx}, a_{wy}, a_{wz} (a_{hwx}, a_{hwy}, a_{hwz}) berechnet. Die Expositionswerte für Hand-Arm-Vibrationen werden zusätzlich als Schwingungsgesamtwert a_{hv} als quadratischer Mittelwert dargestellt:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

Bei einer Tagesexpositionsdauer T_i, wird der Tages-Vibrationsexpositionswert $A(8)$ wie folg berechnet:

$$A(8) = \max\left\{1{,}4a_{\mathrm{wx}}\sqrt{\frac{T\mathrm{i}}{8\mathrm{h}}}; 1{,}4a_{\mathrm{wy}}\sqrt{\frac{Ti}{8\mathrm{h}}}; a_{\mathrm{wz}}\sqrt{\frac{Ti}{8\mathrm{h}}}\right\}, \qquad Ah(8) = a_{\mathrm{hv}}\, a_{hv}\sqrt{\frac{Ti}{8h}}$$

Für die Beurteilung der Tages-Vibrationsexposition $A(8)$ werden Expositionsauslöse- und Grenzwerte nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung herangezogen. Abbildung 1 zeigt die Expositionsbereiche und die dafür erforderlichen Maßnahmen für die Prävention.

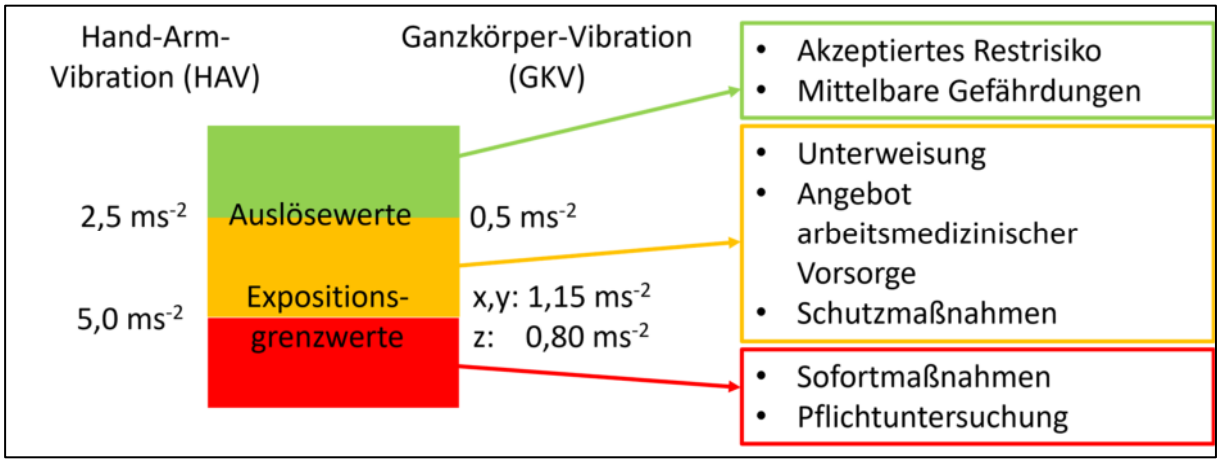


***Abbildung 2**: Auslöse- und Grenzwerte für eine Tages-Vibrationsexposition nach Vibrations-Arbeitsschutzverordnung für Ganzkörper- und Hand-Arm-Vibrationen mit dazugehörigen erforderlichen Präventionsmaßnahmen.*

2.4 Psychische Belastungen

Zur Erfassung arbeitsbezogener Beanspruchungsfolgen der psychischen Belastungen wird ein Fragebogen „Irritations-Skala“ eingesetzt. Die Irritations-Skala besteht aus 8 Items, die auf einer siebenstufigen Likert-Skala eingeschätzt werden und sowohl von Führungskräften als auch von gering qualifizierten Arbeitskräften verstanden werden.

2.5 Muskel-Skelett Beschwerden

Zur Erfassung der Beschwerden im Muskel-Skelett Bereich wird ein modifizierter Nordic Questionnaires eingesetzt.

3. Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden bis jetzt neun Teilnehmende (1 weiblich, 8 männlich) während ihrer Routinetätigkeit untersucht. Die anthropometrischen und mechanischen Daten sind für Fahrrad und Pedelecs in der Tabelle 2 zusammengefasst.

***Tabelle 2:** Anthropometrischen und mechanische Daten der untersuchten Personen.*

Fahrzeugart	Messung Anzahl	Messdauer mit Wartezeiten [min]	Messdauer Fahren	Körperlänge [cm]	Gewicht [kg]	Alter [Jahre]	gefahrene Kilometer / h	Geschwindigkeit km/h	Leistung Pedale [Watt]
Fahrrad	4	107 ± 21	63 ± 13	170 ± 8	67 ± 11	37 ± 11	9 ± 3	15 ± 1	52 ± 32
Pedelecs	5	122 ± 47	58 ± 24	179 ± 6	90 ± 18	33 ± 9	8 ± 2	19 ± 2	27 ± 35

Bei der Betrachtung der anthropometrischen Daten fällt der Unterschied im Bereich des Gewichts zwischen Fahrrad- und Pedelec Bedienenden besonders auf. Während die Fahrradbedienenden im Mittel 76 kg gewogen haben, waren die Pedelec Fahrenden im Mittel 90 kg schwer. Betrachtet man die gefahrene Strecke pro Stunde erkennt man kaum einen Unterschied zwischen den beiden Fahrzeugarten (9 und 8 km), obwohl die mittlere Geschwindigkeit beim Fahren von Pedelecs deutlich höher ermittelt wurde (19 km/h) als beim Fahren von Fahrrädern (15 km/h). Beim Bedienen von Fahrrädern wurden etwa doppelt so hohe Leistungswerte erfasst (52 W) im Vergleich zu denen, die bei der Nutzung von Pedelecs gemessen wurden (27W).

Da die vorläufigen Auswertungen der Körperwinkel nach Fahrzeugart keine deutlichen Unterschiede gezeigt haben, sind die Ergebnisse für die Körperhaltungen in der Tabelle 3 für alle Teilnehmende zusammengefasst. Der höchste Zeitanteil im ungünstigen Bereich liegt bei 53 ± 22 % für Hals-Flexion/Extension. Was ins Auge spring sind die hohen Anteile im moderaten Bereich für Kopf-Neigung, Rücken-Krümmung ebenso wie Handgelenk-Flexion/Extension. Während die meisten nicht-neutralen Anteile bei Kopf-Neigung Bewegungen nach unten beinhalten, wurden bei der Handgelenkhaltung hauptsächlich Bewegungen nach oben (Extensionen) beobachtet.

Tabelle 3: *Auswertung der Körperwinkel durch Prozentuale Zeitanteile pro Gesamtmessung in drei Risikokategorien neutral. Moderat und ungünstig.*

Winkel **Kategorie [%]**	**Kopf-Neigung**	**Hals-Flexion/ Extension**	**Rücken-Krümmung**	**Handgelenk - Flexion/ Extension Links**	**Handgelenk -Flexion/ Extension Rechts**
neutral	60 ± 15	47 ±22	62 ± 23	58 ± 23	63 ± 19
moderat	37 ± 16		45 ± 20	37 ± 19	36 ± 22
ungünstig	4 ± 6	53 ± 22	4 ± 6	6 ± 7	3 ± 4

Die Belastungsauswertung der Vibrationen sind in der Tabelle 4 je nach Einleitungsstelle und Fahrzeugart angegeben. In diesem Beitrag werden die Expositionsdaten im Bereich Hand-Arm auf die rechte Seite begrenzt. Da die meisten Teilnehmende in einer sechsstündiger Schicht tätig waren, wurde der Tagesvibrationsexpositionswert $A(8)$ dementsprechend berechnet und liegt im Mittel bei 1,2 m/s² im Bereich der GKV für beide Fahrzeugarten. Im Gegensatz dazu beträgt der $A(8)$ für HAV 2,6 m/s² beim Bedienen des Fahrrads und 3,1 m/s² beim Bedienen von Pedelecs als Mittelwert. Bei der Betrachtung der zulässige Arbeitsdauer, sowohl für Auslösewerte als auch für Grenzwerte fallen die extrem geringen Daten besonders auf. Während der Grenzwert im Bereich GKV nach 1,5h bzw. 1,4h für Fahrrad und Pedelec erreicht wird, beträgt die Arbeitsdauer für den Grenzwert im Bereich HAV 13,7h und 7,4h für Fahrrad und Pedelec im Mittel.

Tabelle 4: *Auswertung der Vibrationen für den Bereich Ganzkörper-Vibrationen und Hand-Arm-Vibrationen.*

Fahrzeugart	Einleitungs-stelle	*A*(8) für 6h [m/s²]	Arbeitsdauer bis zum Auslösewert [h]	Arbeitsdauer bis zum Grenzwert [h]
Fahrrad	GKV	1,2 ± 0,1	06 ± 01	1,5 ± 0,2
Pedelecs	GKV	1,2 ± 0,2	0,6 ± 0,1	1,4 ± 0,3
Fahrrad	HAV Rechts	2,6 ± 0,6	3,4 ± 1,3	13,7 ± 5,2
Pedelecs	HAV Rechts	3,1 ± 0,7	1,8 ± 1,0	7,4 ± 3,9

Die Ergebnisse der psychischen Belastungen sowie Muskel-Skelett Beschwerden können erst nach dem Abschluss der Datenerhebung zusammengefasst werden.

4. Zusammenfassung

Die bisher erhobenen Expositionsdaten zeigen, dass beim Einsatz von Fahrrädern und Pedelecs im Kontext von Schnelllieferdiensten sowohl hohe Vibrationseinwirkungen als auch belastende Körperhaltungen auftreten. Langjährige Expositionen gegenüber diesen Faktoren können das Risiko für irreversible Berufskrankheiten erhöhen. Obwohl bei Pedelecs, trotz der höheren Geschwindigkeiten, drastisch niedrigere Pedalleistungen gemessen wurden, konnte kein deutlicher Anstieg der gefahrenen Strecke pro Stunde beobachtet werden. Gleichzeitig wurde jedoch ein erheblicher Anstieg der Hand-Arm-Vibrationen festgestellt, was zu einer deutlich reduzierten zulässigen Arbeitsdauer führt. Vor diesem Hintergrund ist es notwendig, weiterführende Untersuchungen durchzuführen, um die Expositionen präziser zu erfassen und darauf basierend gezielte Präventionsmaßnahmen zu entwickeln.

6. Literatur

DIN EN ISO 5349-1:2001-12 Mechanische Schwingungen - Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen.

DIN EN ISO 5349-2:2015-12 Mechanische Schwingungen - Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen - Teil 2: Praxisgerechte Anleitung zur Messung am Arbeitsplatz.

Hermanns I., Raffler N., Ellegast R.P., Fischer S., Göres B. (2008) Simultaneous field measuring method of vibration and body posture for assessment of seated occupational driving tasks. International Journal of Industrial Ergonomics 38: 255-263.

ISO 2631-1:1997-05 Mechanische Schwingungen und Stöße - Bewertung der Einwirkung von Ganzkörper-Schwingungen auf den Menschen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen.

Danksagung: Unser großer und herzlicher Dank richtet sich an unsere Kolleginnen und Kollegen aus der BGHW; für ihre organisatorische und fachliche Unterstützung.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Nutzenpotenziale qualitativer Forschungsmethoden für betriebliche Lern- und Veränderungsprozesse

Guido BECKE[1], Janina EVERS[2]

[1] Institut Arbeit und Wirtschaft, Universität Bremen,
Wienerstraße 9, D-28359 Bremen
[2] FOM Hochschule Münster,
Martin-Luther-King-Weg 30-30a, D-48155 Münster

Kurzfassung: In diesem Beitrag werden Nutzenpotenziale qualitativer Methoden der Arbeitsforschung für betriebliche Lern- und Veränderungsprozesse in zwei Perspektiven analysiert: (1) Durch die Anwendung qualitativer Forschungsmethoden wird berufsbegleitend Studierenden ein methodisches Handwerkszeug bereitstellt, um unternehmensintern Lern- und Veränderungsprozesse prozessbegleitend zu analysieren und zu gestalten. (2) Aus der Perspektive der transdisziplinären Arbeitsforschung lässt sich zeigen, dass qualitative Methoden für betriebliche Dialogräume genutzt werden können.

Schlüsselwörter: Qualitative Methoden der Arbeitsforschung, Change-Management, berufsbegleitendes Studium, Dialogräume, betriebliche Nutzenpotenziale der Forschung

1. Einleitung

Qualitative Methoden der Arbeitsforschung ermöglichen Forschenden die Transformation der Arbeitswelt in arbeits- und erwerbsbezogenen Praxis- und Berufsfeldern, Branchen und Unternehmen zu analysieren. Sie erschließen Forschenden einen Zugang zu vielschichtigen betrieblichen bzw. erwerbs- und berufsbezogenen Lebenswelten und vermögen es, methodisch kontrolliert die Perspektiven von Praxisakteur*innen auf Veränderungen von Arbeits- und Unternehmensstrukturen sowie Prozesse ihrer Aneignung und Bewältigung technischer wie organisatorischer Veränderungen zu verstehen und zu analysieren. Die Arbeitsforschung bildet den zentralen Referenzrahmen, in dem Fragen der Methodologie, der Gütekriterien sowie der Anwendungs- und Leistungspotenziale qualitativer Methoden hierzu diskutiert werden. Methodologische Fragen werden primär in disziplinären und teilweise auch in interdisziplinären Diskursen erörtert. Praxisakteur*innen aus Unternehmen kommen mit qualitativen Methoden der Arbeitsforschung bzw. Arbeitswissenschaft in ihrem Arbeitsalltag eher selten in Berührung. Relevante Ausnahmen davon bilden erstens Erfahrungskontexte des berufsbegleitenden Studiums, in denen Praxisakteur*innen Formen und Formate des forschenden Lernens und Lehrens kennenlernen. Zweitens kommen Praxisakteur*innen mit Methoden der (qualitativen) Arbeitsforschung in Kontakt, wenn Unternehmen in anwendungsorientierte Forschungsvorhaben eingebunden sind. In der Perspektive der Wissenschaft werden Methoden primär als Forschungsinstrumente zur Generierung wissenschaftlichen Erkenntnisfortschritts betrachtet. Hingegen orientieren sich Unternehmen in der Kooperation mit der Arbeitsforschung primär an der Praktikanz der Arbeitsforschung (vgl. Pongratz & Birken 2015). Hierbei wird die

Leistungsfähigkeit der Kollaboration mit der Forschung danach beurteilt, welchen Beitrag Arbeitsforschung – und ihre Methoden – zur Lösung praxisbezogener Probleme zu leisten vermag. Vor diesem Hintergrund analysiert dieser Beitrag, welche Nutzenpotenziale qualitative Methoden der Arbeitsforschung für betriebliche Lern- und Veränderungsprozesse bieten. Wir verfolgen diese Fragestellung anhand von zwei exemplarisch ausgewählten konjunktiven Erfahrungsräumen von Arbeitswissenschaft und Praxis (vgl. Mannheim 1980) und diskutieren Wissenstransfer als Dialog (vgl. Fuß et al. 2024; Pasternack 2022): Hierbei handelt es sich zunächst um die Nutzenpotenziale qualitativer Forschungsmethoden im berufsbegleitenden Studium (2.). Danach werden derartige Nutzenpotenziale am Beispiel transdisziplinärer Forschungsprojekte sondiert, in die Unternehmen eingebunden sind (3.). Abschließend erfolgt eine übergreifende Diskussion zu praxisorientierten Nutzenpotenzialen qualitativer Methoden und ihren Voraussetzungen (4.). Der Beitrag schließt mit einem Fazit ab (5.).

2. Praxisorientierte Nutzenpotenziale qualitativer Methoden im berufsbegleitenden Studium

Qualitative Forschung entfaltet Nutzenpotenziale in betrieblichen Lern- und Veränderungsprozessen. Dies ist z.B. über den Erkenntnisgewinn im Change-Management der Fall, wenn in Veränderungsprojekten qualitative Methoden zur Gestaltung von Beteiligungsprozessen eingesetzt werden (vgl. Evers 2024; Becke 2015). Denkbar sind hier z. B. Expert*inneninterviews oder Gruppendiskussionsverfahren. Ziel des Einsatzes qualitativer Methoden ist es, methodisch kontrollierte Erkenntnisse in Veränderungsprojekten zu gewinnen (vgl. Döring 2023). Die Umsetzung von Lern- und Veränderungsprozessen in Unternehmen wird in einer sich transformierenden Arbeitswelt relevant bleiben, sodass Wissensressourcen zu qualitativen Methoden und die Herausbildung der Kompetenz, ebenjene Methoden auch in der Praxis anzuwenden, eine Zukunftskompetenz abbildet (vgl. Evers 2024).

Berufsbegleitend Studierende sind parallel zu ihrem Studium auch in Organisationen beschäftigt, in denen ebenjene Transformationen über Lern- und Veränderungsprozesse gestaltet werden. Durch ihre Berufspraxis sind sie potenzielle Multiplikator*innen für Erkenntnisse zu qualitativen Methoden der Arbeitsforschung aus dem Hörsaal in ihre Organisationen hinein. Das Wissen über qualitative Methoden und deren Anwendung kann die Studierenden dabei unterstützen, selbst Impulse zu Veränderungsprojekten in ihren jeweiligen Praxiskontexten (d. h. in den Organisationen, in denen sie arbeiten) zu erzeugen, unter anderem durch ihre Tätigkeit im Personalmanagement oder in der Organisationsentwicklung. Die Herausbildung von Methodenkompetenz für die Anwendung und Auswertung von wissenschaftlichen Methoden in der Praxis kann über forschendes Lernen unterstützt werden, z. B., indem Studierende selbst kleinere Forschungsprojekte konzipieren oder an Forschungsprojekten beteiligt werden (vgl. Reinmann 2015; Engler & Gerstenberg 2020). Ein kleineres, eigenständiges Forschungsprojekt lässt sich am Beispiel einer Abschlussarbeit illustrieren. Studierende können eine für sie interessante Forschungsfrage entwickeln, diese im qualitativen Forschungsdesign einbinden und z.B. über Expert*inneninterviews oder Gruppendiskussionen und deren methodisch kontrollierte Auswertung erforschen. Die eigenständige Umsetzung eines kleineren Projektes unterstützt die Herausbildung der Methodenkompetenz (vgl. Döring 2023; Engler & Gerstenberg 2020), um aufbauend auf der Abschlussarbeit auch weiterhin betriebliche Lern- und Veränderungsprozesse gestalten zu können. Qualitative Forschung wird so in ihrem Praxisbezug deutlich und

kann dort zum Einsatz kommen – ein Aspekt, der im berufsbegleitenden Studium eine wesentliche Rolle einnimmt (vgl. Bonillo 2015). Es gibt also das – wenn auch durchaus anspruchsvolle – Potenzial, dass Studierende, die Methodenkompetenz im Studium herausbilden, selbst transdisziplinär forschen. Abschlussarbeiten – seien sie im Bachelor- oder Masterstudium angefertigt – sind hier sicher als erster Impuls für die eigene Forschung durch die Studierenden zu sehen, die zwar grundlegende Kompetenzen begründen, sich jedoch durch weitere Arbeiten verstetigen müssen. Sie bieten daher nicht unmittelbaren transdisziplinären Mehrwert für die Wissenschaft (vgl. Straub et al. 2020). Allerdings können die Erkenntnisse aus solchen Qualifizierungsarbeiten in der Praxis zum Einsatz kommen, wenn sie z. B. über Handlungsempfehlungen transferiert werden.

3. Praxisorientierte Nutzenpotenziale qualitativer Methoden in der Perspektive transdisziplinärer Forschung

Transdisziplinäre Forschung ist durch einen wechselseitigen Wissensaustausch zwischen Wissenschaft und Praxis gekennzeichnet, der dazu dient, gemeinsam Lösungen von Praxisproblemen zu entwickeln und umzusetzen (vgl. Fuß et al. 2024). Hierbei nimmt die Arbeitsforschung bzw. die Arbeitswissenschaft eine analytische wie eine kommunikative Aufgabe wahr (Senghaas-Knobloch 2008), die durch bewusst gestaltete und zielgerichtete Dialoge zwischen Wissenschaft und Praxis (vgl. Hartkemeyer et al. 1998, 43 f.) vermittelt und miteinander verbunden werden. Qualitative Methoden der Arbeitsforschung beziehen sich im Rahmen transdisziplinärer Kollaborationen zunächst darauf, eine dialogorientierte Prozessgestaltung der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis zu ermöglichen. Hierzu werden seitens der Arbeitsforschung kontextsensitive Dialogformate und -verfahren entwickelt und mit Praxisakteur*innen vereinbart. Beispiele bilden betriebliche Dialogräume oder Experimentierfelder, in denen Praxisakteur*innen hierarchie- und bereichsübergreifend Praxisprobleme reflektieren und Lösungsansätze entwickeln (vgl. Becke 2013; Gustavsen 1984). Die Aufgaben der Prozessgestaltung, der Strukturierung, Moderation und der Koordination von Wissenschaft-Praxis-Dialogen erfolgt in der Regel durch die Arbeitsforschung. Sie moderiert die kollaborative Ziel- und Problemdefinition sowie Feedbackprozesse, sorgt für eine Koordination unterschiedlicher projektbezogener Erwartungen und bearbeitet in Ausnahmefällen – soweit möglich – auftretende Konflikte zwischen den Beteiligten. Methoden der dialogorientierten Prozessgestaltung, wie Dialogkonferenzen und Reallabore, orientieren sich an der Leitidee, zur Lösung komplexer Praxisprobleme Perspektivenvielfalt zu organisieren (vgl. Becke 2013), d. h. unterschiedliche Akeur*innen mit ihren spezifischen Handlungsperspektiven und Wissensbeständen mit Blick auf Praxislösungen in einen geregelten Dialog zu bringen. Diese Methoden der Prozessgestaltung beinhalten für die Unternehmenspraxis Nutzen- und Lernpotenziale in zumindest zweifacher Hinsicht: Erstens ermöglichen sie eine Neurahmung betrieblicher Innovationsprozesse, indem nicht nur sich wechselseitig irritierende AkteurInnen aus Praxis und Wissenschaft in einen Dialog eintreten, sondern zugleich das Spektrum der Praxisakteur*innen erweitert wird, vor allem durch die direkte und kontinuierliche Beteiligung unterschiedlicher Beschäftigten- oder Tätigkeitsgruppen. Diese Neurahmung erweitert die organisationale Wissensbasis zur kontextsensitiven Lösung von Praxisproblemen. Ein Beispiel bildet ein aktuelles transdisziplinäres Forschungsvorhaben zur Einfacharbeit in der statio-

nären Langzeitpflege. Das Projekt fokussiert die Arbeitsbedingungen von Tätigkeitsgruppen, die ohne einschlägige formale Berufsqualifikation in diesem Praxisfeld tätig sind, wie Pflegehelfer*innen, Pflegeassistenzen oder Betreuungskräfte. In Zeiten des Fachkräftemangels und neuer gesetzlicher Vorgaben zur Personalbemessung in der stationären Langzeitpflege kommt ihnen eine erhöhte Relevanz zu (vgl. Funke et al. 2025). In den projektbeteiligten Pflegeeinrichtungen ermöglichten die Dialogformate erstmals einen direkten wie geregelten Austausch zwischen Leitungskräften und Beschäftigten in Einfacharbeit über ihre Arbeitsbedingungen und über ihre Erwartungen an die Veränderung der Arbeitsorganisation. Dieses Beispiel verweist zweitens auf weitere betriebliche Nutzen- und Lernpotenziale: die Dialogmethoden ermöglichen erfahrungsbasiertes Lernen, da der problemorientierte Austausch von Wissen und Perspektiven den Beteiligten neue Lernerfahrungen eröffnet, die für zukünftige Innovationsvorhaben von Vorteil sein können, wie eine stärker partizipative und vertrauensbasierte Gestaltung von Innovationsvorhaben. Die Beschäftigten erlebten in gemeinsamen Feedbackrunden mit Leitungskräften, dass ihre Verbesserungsvorschläge ernsthaft geprüft wurden und die Grundlage für die Entwicklung betrieblicher Innovationsvorhaben bildeten, etwa zur systematischen Einarbeitung von Hilfskräften, oder zur Verbesserung betrieblicher Kommunikationsstrukturen.

Methoden der Prozessgestaltung bilden den Rahmen dafür, in betrieblichen Dialogräumen konkrete qualitative Erhebungsmethoden der Arbeitsforschung anzuwenden, wie qualitative Interviews, Gruppendiskussionen oder teilnehmende Beobachtungen. Sie dienen auf der einen Seite dem wissenschaftlichen Erkenntnisinteresse. Auf der anderen Seite ermöglichen sie den Beteiligten neue Lern- und Selbstwirksamkeitserfahrungen, die sie in aktuelle wie zukünftige betriebliche Innovationsvorhaben einbringen können. Eine wichtige Voraussetzung dafür bildet die anerkennungstheoretische Fundierung der Methodenanwendung, die darin besteht, Praxisakteur*innen als gleichwertige Forschungssubjekte anzuerkennen. Überdies setzt dies voraus, qualitative Erhebungsmethoden zielgruppen- und kontextspezifisch zu adaptieren oder sogar neue Methoden zu entwickeln. So wurden die Gruppendiskussionsverfahren mit den skizzierten Beschäftigtengruppen in Einfacharbeit in Dialogworkshops umgestaltet, in denen Visualisierungs- und Moderationstechniken eingesetzt wurden, um mögliche sprachliche Barrieren abzubauen und den Teilnehmenden einen möglichst niedrigschwelligen Zugang zu ermöglichen. Die kontextsensitive Methodenanwendung ermöglichte den Beschäftigten in Einfacharbeit ihre eigene Arbeitssituation im Sinne der Selbstaufklärung zu reflektieren und eigene Vorstellungen zur Verbesserung ihrer Arbeitsbedingungen zu entwickeln. Die zielgruppespezifische Anwendung qualitativer Methoden der Arbeitsforschung kann daher das Selbstwirksamkeitserleben von Beschäftigten fördern, sich als Gestaltungssubjekte ihrer eigenen Arbeit zu erfahren und für ihre Vorstellungen von guter Arbeit einzutreten. Qualitative Erhebungsmethoden schaffen daher Lernimpulse für eine partizipativ orientierte Kulturentwicklung in Unternehmen.

4. Diskussion

Qualitative Methoden der Arbeitsforschung beinhalten praxisorientierte Nutzenpotenziale für betriebliche Lern- und Veränderungsprozesse, die auf unterschiedlichen, aber prinzipiell komplementären Ebenen ansetzen können: Im Rahmen des forschenden Lernens und Lehrens erwerbstätiger Studierender liegen Nutzenpotenziale

darin, die Methodenkompetenzen (angehender) betrieblicher Fach- und Führungskräfte zu entwickeln, sodass sie diese Kompetenzen zur reflektierten Analyse ihrer eigenen Organisation einsetzen und die so gewonnenen Erkenntnisse für die Gestaltung organisationaler Change- und Innnovationsprozesse nutzen können. Für Organisationen hat dies den Vorteil, dass sie über (prospektive) Fach- und Führungskräfte verfügen, die eine reflektierte Gestaltung von Change-Prozessen ermöglichen bzw. unterstützen können.

Während die Perspektive des forschenden Lernens primär auf der Ebene von Individuen und der Stärkung ihrer Methodenkompetenzen als „future skills“ ansetzt (vgl. Evers 2024), erschließt die Beteiligung von Unternehmen an anwendungsorientierten Forschungsprojekten methodische Nutzenpotenziale, welche stärker auf der Ebene der Erweiterung der organisationalen Wissensbasis in Change-Prozessen liegen: Diese bestehen in einem erfahrungsorientierten Lernen in Bezug auf die Anwendung von Methoden der Prozessgestaltung in betrieblichen Change-Prozessen. Überdies ermöglicht die konkrete Anwendung qualitativer Erhebungsmethoden in Formaten der Prozessgestaltung eine kommunikative Selbstaufklärung der Beteiligten über ihre Arbeitssituation, die Potenziale für eine Verbesserung von Arbeitsprozessen, -strukturen und -bedingungen erschließt. Methoden der Prozessgestaltung und der qualitativen Erhebung können in Kombination dazu beitragen, die Sichtbarkeit bisher seltener einbezogener Beschäftigtengruppen zu erhöhen und deren Selbstwirksamkeitserleben fördern.

Die Erschließung der Nutzenpotenziale qualitativer Arbeitsforschung ist aus der Perspektive von Organisationen voraussetzungsvoll: Sie erfordert es, (zukünftige) Fach- und Führungskräfte als Träger von Change-Prozessen anzuerkennen und ihnen Gelegenheitsstrukturen zu bieten, ihre Methodenkompetenzen anwenden zu können. Im Falle der Mitwirkung von Unternehmen an anwendungsorientierten Forschungsvorhaben kommt es auf die Bereitschaft von Unternehmensleitungen an, die Organisierung von Perspektivenvielfalt als Grundvoraussetzung für eine Anwendung von qualitativen Methoden der Prozessgestaltung zu unterstützen und unterschiedliche Beschäftigten- bzw. Tätigkeitsgruppen an Change-Prozessen zu beteiligen.

5. Fazit und Ausblick

Die Nutzenpotenziale von (qualitativen) Methoden der Arbeitsforschung für Unternehmen sowie für ihre Fach- und Führungskräfte bilden ein in der Arbeitswissenschaft wie auch im Rahmen der transdisziplinär orientierten Arbeitsforschung bislang wenig beachtetes Themenfeld. Im Blickpunkt stehen eher konkrete Produkte und Transferergebnisse als Nutzenpotenziale der Kollaboration von Wissenschaft und Praxis. Forschungsmethoden und ihre kompetente kontextsensitive Anwendung zählen hingegen zu bisher weniger beachteten Voraussetzungen für reflektierte Change-Prozesse in Organisationen. Die Methodenkompetenz von Fach- und Führungskräften bilden Zukunftskompetenzen, Unternehmen in dynamischen und komplexen Umwelten möglichst vorausschauend gestalten und entwickeln zu können. Unser Beitrag eröffnet in dieser Debatte um praxisorientierte Nutzenpotenziale von Forschungsmethoden insofern neue Perspektiven, da er nicht den Nutzen der Anwendung von Methoden durch Forschende in den Blick nimmt, sondern vielmehr nach den Nutzenpotenzialen fragt, die sich aus der Aneignung wissenschaftlicher Methoden durch Praxisakteure ergeben. Hierzu besteht unseres Erachtens noch weiterer Forschungsbedarf.

6. Literatur

Becke G (2015) Die Entdeckung des Informellen im Organisationswandel. Zum Potenzial kommunikativer Forschungsmethoden. In: von Groddeck, V, Wilz S M (Hrsg) Formalität und Informalität von Organisationen. Wiesbaden: Springer VS, S. 145-168.

Becke G (2013) Veränderungen achtsam gestalten. In: Becke G, Behrens M, Bleses P, Meyerhuber S, Schmidt S Organisationale Achtsamkeit. Veränderungen nachhaltig gestalten. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 7-34.

Bonillo M (2015) Herausforderungen und Potenziale in der Vermittlung akademischer Schlüsselkompetenzen in berufsbegleitenden Studiengängen: Entwicklung und Erprobung der propädeutischen Lehr-Lerneinheit "Wissen schafft Praxis" - In: Klages B, Bonillo M, Reinders S, Bohmeyer A (2015) Gestaltungsraum Hochschullehre. Potenziale nicht-traditionell Studierender nutzen. Opladen; Berlin; Toronto: Budrich UniPress Ltd. 2015, S. 239-252.

Döring N (2023) Empirische Sozialforschung im Überblick. In: Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Springer, Berlin, Heidelberg, 3-30 https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2_1.

Engler B, Gerstenberg J (2020). Lernschöpfungskette Forschung – von der Idee bis zur fertigen Abschlussarbeit. In: Wulf C, Haberstroh S, Petersen M (eds) Forschendes Lernen. Springer VS, Wiesbaden, S. 55-70. https://doi.org/10.1007/978-3-658-31489-7_5.

Evers J (2024) Methodenkompetenz als Future Skill in sozialen Diensten - Warum wissenschaftliche Methoden auch in der Praxis nützlich sind. In: Dieng M, Reinke, H (Hrsg.), Wissenschaftliches Arbeiten und empirische Forschung im Studium Soziale Arbeit, 117-126, Kohlhammer, Stuttgart; https://doi.org/10.17433/978-3-17-043028-0.

Funke J, Freund P, Becke G (2025) Psychische Gesundheit und Einfacharbeit: Herausforderungen und Gestaltungsansätze in der stationären Langzeitpflege. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.) (2025): Arbeit 5.0: Menschenzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit. Sankt Augustin: GfA (in diesem Band).

Fuß A, Nuske J, Becke G, Bleses P, Friemer A (2024) Entwicklungslinien des Wissenstransfers in der BMBF-geförderten Arbeitsforschung von 1990-2020. Schriftenreihe Institut Arbeit und Wirtschaft Nr. 41.Bremen: Institut Arbeit und Wirtschaft.

Gustavsen B (1984) Dialog und Entwicklung. Kommunikationstheorie, Aktionsforschung und Strukturreform in der Arbeitswelt. Berlin: Edition Sigma.

Hartkemeyer M, Hartkemeyer J F, Freeman Dhority L (1998) Miteinander Denken. Die Geheimnisse des Dialogs. Stuttgart: Klett-Cotta.

Mannheim K (1980) Strukturen des Denkens. Frankfurt/M.: Suhrkamp.

Pasternack P (2022) Wissenstransfer: Forschung in Anwendungskontexten. In: Wissenschaftskommunikation, neu sortiert. Springer VS, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-39177-5_4.

Pongratz H J, Birken T (2015) Praktikanz als Zieldimension anwendungsorientierter Forschung. Forum: Qualitative Sozialforschung 16(3), Art. 9.

Reinmann G (2015): Heterogenität und forschendes Lernen: Hochschuldidaktische Möglichkeiten und Grenzen – In: Klages B, Bonillo M, Reinders S, Bohmeyer A (2015) Gestaltungsraum Hochschullehre. Potenziale nicht-traditionell Studierender nutzen. Opladen; Berlin; Toronto: Budrich UniPress Ltd. 2015, S. 121-137.

Straub J, Ruppe PS, Plontke S, Frey B (2020) Forschendes Lernen als Lern- und Lehrformat – Prinzipien und Potentiale zwischen Wunsch und Wirklichkeit. In: Straub J, Plontke S, Ruppel P, Frey B, Mehrabi F, Ricken J (eds) Forschendes Lernen an Universitäten. Springer VS, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-30828-5_1.

Senghaas-Knobloch E (2008) Wohin driftet die Arbeitswelt? Wiesbaden: VS Verlag.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Montagetraining in virtueller Realität mit Variation der Unterstützung und Messung physiologischer Parameter

David MACK, Ludger SCHMIDT

Fachgebiet Mensch-Maschine-Systemtechnik, Universität Kassel
Mönchebergstraße 7, D-34125 Kassel

Kurzfassung: Die Einarbeitung von Montagepersonal stellt eine große Herausforderung für Unternehmen dar. Der hohe Einarbeitungsaufwand und die zu erwartende Fluktuation erfordern neue Lösungen. Konventionelle Schulungen sind unflexibel (z. B. bei Sprachbarrieren) und reale Schulungen sind oft erst nach Einrichtung des Arbeitsplatzes möglich. Virtual Reality (VR) bietet die Möglichkeit eines ortsunabhängigen Trainings, bedarf aber weiterer Entwicklung. Eine vorangegangene Studie hat gezeigt, dass ein zu schnelles Durchlaufen von VR-Anwendungen den Trainingseffekt verringert. Adaptive Systeme mit variabler Unterstützung sind daher wünschenswert. Die Messung der Trainingsbeanspruchung ist für die Bewertung solcher Anpassungen relevant. In dieser Arbeit wurde die physiologische Beanspruchung durch VR-Montagetrainings mittels Herzratenvariabilität (HRV) untersucht. Es wurde ein VR-Training zur Montage eines Türnotentriegelungsgriffs entwickelt und in einer Between-Subjects-Studie mit zwei Gruppen (mit/ohne zusätzliche Unterstützung) evaluiert. Während des Trainings wurde die HRV zur Erfassung der Beanspruchung gemessen. Es zeigt sich, dass sich die Durchlaufzeiten signifikant zwischen den beiden Varianten unterscheiden.

Schlüsselwörter: Herzratenvariabilität (HRV), Beanspruchung, Virtuelle Realität, Anlernphase, Baugruppenmontage

1. Einleitung

Eine Herausforderung für Unternehmen besteht darin, qualifizierte Mitarbeiter für die Montage zu gewinnen. Die häufig zeitaufwendige Einarbeitung neuer Mitarbeiter in Verbindung mit einer zunehmenden Mitarbeiterfluktuation (Hammermann et al. 2019) stellt ein Problem klassischer Anlernmethoden dar. Laut Grames (2020) ist die betriebliche Praxis in einigen Unternehmen, dass erfahrene Mitarbeiter neue Mitarbeiter anlernen. Dieses auf Erfahrung beruhende Anlernen ermöglicht keine konsistente Schulungsqualität und ist abhängig von der pädagogischen Kompetenz des erfahrenen Mitarbeiters und dessen Fähigkeit, sich in die Probleme des neuen Mitarbeiters hineinzuversetzen. Das Anlernen findet dabei meist direkt am Montagearbeitsplatz statt und bindet neben der Kapazität des Experten auch teils kostenintensive Maschinen oder wirkt sich negativ auf vor- und nachgelagerte Abläufe der Montagelinie aus. Klassisch ist das Montagetraining so erst möglich, nachdem der Montagearbeitsplatz errichtet ist, wodurch eine frühzeitige Schulung von Mitarbeitern behindert wird. Es gibt vielversprechende Ansätze, wie Mitarbeiter ohne vorhandenen Arbeitsplatz in der virtuellen Welt trainiert werden können, auch wenn diese noch nicht vor-

handen sind (Naranjo et al. 2020). Werrlich et al. (2018) kritisieren die begrenzte Aussagekraft der meisten Studien zu diesem Thema, z. B. aufgrund niedriger Komplexität der Montageaufgabe, der gemessenen Variablen oder fehlender echter Bauteile. Bei der vorangegangen Studie von Mack et al. (2024) gab es die Vermutung, dass die Probanden zu schnell durch die Anwendung gegangen sind und dadurch bei der realen Montage sich nicht mehr gut an das Trainierte erinnern konnten. Eine Möglichkeit, den Schwierigkeitsgrad und somit die Trainingsgeschwindigkeit der Anwendung zu steuern, ist das An- und Abschalten von unterstützenden Funktionen. Die Idee ist es, je nach Beanspruchung der Probanden die unterstützenden Funktionen adaptiv an- und auszuschalten. Ein geeigneter und in der Arbeitswissenschaft üblicher physiologischer Parameter für die Beanspruchungsmessung ist die Herzratenvariabilität (HRV) mit dem Variabilitätsmaß RMSSD als Bewertungsgröße (Sammito & Böckelmann 2021). Dieser ermöglicht zuverlässige Aussagen in Bezug auf die Beanspruchung (Thielmann et al. 2021).

2. Methode

In der Studie wird die komplexe Montage von Notgriffen für die Türentriegelung in Schienenfahrzeugen mit einer originalen Baugruppe trainiert. Für die Durchführung der Studie wurde ein Laptop mit einer *NVIDIA RTX A4000* Grafikkarte und einem *Intel i9-11950H* Prozessor verwendet. Als VR-Brille wurde die *Meta Quest 2* eingesetzt, die aufgrund ihrer integrierten Handtracking-Funktionalität ausgewählt wurde. Zur Erfassung physiologischer Daten der Probanden kam das *MP150-System* von *BioPac* in Kombination mit dem *BioNomadix RSPEC-R-Modul* zum Einsatz. Dieses Modul ermöglicht die Aufzeichnung von EKG-Daten. Die Messung erfolgte mit zwei Elektroden und die Daten wurden drahtlos über einen *BioNomadix-Transmitter* mit Brustgurt übertragen. Zusätzlich wurde ein zweiter Laptop für die Bildschirmaufnahme der VR-Anwendung verwendet, um während der Studie die Probanden zu beobachten. Ein Tablet diente den Probanden zum Ausfüllen von Fragebögen und zur Wiedergabe eines vorbereitenden Trainingsvideos. In diesem wurde eine Bildschirmaufnahme der Montage des Notgriffes insgesamt zweimal gezeigt. Die Studie wurde im Between-Subject-Design mit zwei unabhängigen Testgruppen durchgeführt.

Beide Gruppen erhielten zur Vorbereitung auf die Montageaufgabe in der VR-Umgebung das gleiche Lernvideo. Dieses Video zeigt eine Bildschirmaufnahme der VR-Anwendung, die zweimal die korrekte Montage demonstriert, einmal mit eingeblendeten visuellen Unterstützungen und einmal ohne. Das Video konnte pausiert, aber nicht zurückgespult werden. Um unterschiedliche Beanspruchungen zwischen den Testgruppen zu erzeugen, wurde für die *Gruppe mit Unterstützung* die einfachere Variante der VR-Anwendung verwendet. Diese Variante zeigt Hinweise auf den jeweils nächsten Arbeitsschritt, entweder durch grüne Hervorhebung und Angabe der Bewegungsrichtung des Werkzeugs, durch grüne Hervorhebung der Bereitstellungsbox des Bauteils und der rot markierten lagerichtigen Zielposition oder – wenn eine Baugruppe in den nächsten Montageblock eingesetzt werden muss – durch einen grünen Pfeil. Die Endposition wird mit einem roten Schatten des Bauteils dargestellt (siehe Abbildung 1). Die *Gruppe ohne Unterstützung* nutzte hingegen die anspruchsvollere Variante der Anwendung, die keine zusätzlichen Hinweise bietet.

Sowohl während des Anschauens des Trainingsvideos (Baseline-Messung) als auch während der Durchführung der Aufgabe in der VR-Anwendung wurde bei beiden

Gruppen eine HRV-Messung mittels EKG durchgeführt.

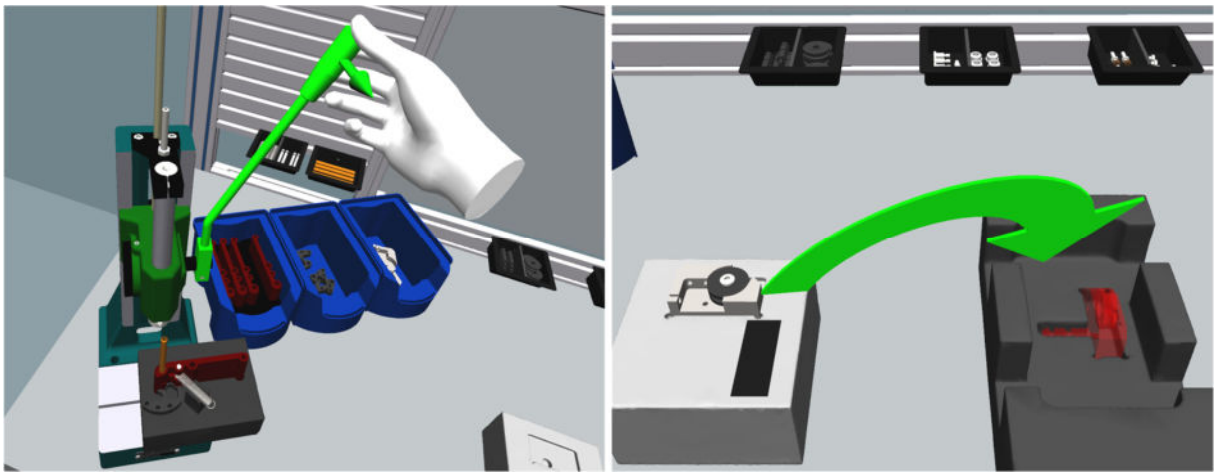


***Abbildung 1**: VR-Training mit Unterstützung durch eingeblendete Hinweise.*

Die Probanden trainierten die Montage des Notgriffes fünf Mal mithilfe der VR-Trainingsumgebung, die mittels der Laufzeit- und Entwicklungsumgebung *ViziardWorldViz* erstellt wurde und Schritt für Schritt durch die verschiedenen Montageschritte führte, inkl. der Verwendung von virtuellen Werkzeugen wie Schonhammer, Innensechskant-Schlüssel, Ring-Maulschlüssel und einer Handhebelpresse. Ein besonderer Schwerpunkt wurde auf eine intuitive Benutzung der Anwendung durch Handgesten gelegt. Mittels Handtracking können virtuelle Bauteile auf natürliche Weise gegriffen und montiert werden. Die einzelnen Montageschritte wurden automatisch weitergeschaltet, wenn das passende Bauteil virtuell in die richtige Position gebracht wurde.

In einem demografischen Fragebogen wurden Alter, Geschlecht und Vorerfahrung in der Montage abgefragt. Weiterhin wurde die Technikaffinität mit dem standardisierten TA-EG-Fragebogen (Karrer et al. 2009) erhoben. Nach der Trainingsphase wurde die Beanspruchung mit dem NASA-RTLX- (Hart 2006) sowie die Gebrauchstauglichkeit mit dem System-Usability-Scale-Fragebogen (SUS) (Brooke 1995) erfasst. An der Pilotstudie nahmen 11 Probanden (2 weiblich, 9 männlich) mit einem Durchschnittsalter von 25,4 Jahren (*SD* = 2,5 Jahre) teil. Zwischen den beiden Gruppen liegt kein signifikanter Unterschied in der Alterszusammensetzung vor (U=10; Z = -0,967; p = 0,729). Die Technikaffinität der Probanden liegt in der *Gruppe mit Unterstützung* im Durchschnitt bei 3,45 (SD = 0,48) und in der *Gruppe ohne Unterstützung* bei 3,19 (SD = 0,42). Auch hier konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (U=11; Z = -0,732; p = 0,537). Die Probanden hatten wenig bis keine Vorerfahrungen in der manuellen Montage von komplexen Baugruppen im industriellen Umfeld.

3. Ergebnisse und Schlussfolgerung

Zu Beginn der Auswertung wurden die Trainingszeiten, die SUS- und NASA-RTLX-Werte mit dem Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung und mit dem Levene-Test auf Varianzhomogenität geprüft. Abhängig davon wurde entweder ein t-Test oder ein Mann-Whitney-U-Test (WRS) für unabhängige Stichproben durchgeführt.

Bei der Hypothese H1 wird geprüft, inwieweit sich die Trainingszeiten (siehe Abbildung 2) zwischen den Gruppen unterscheiden.

Die Gesamtdauer und jeder einzelne Durchlauf waren bei der Gruppe ohne Unterstützung signifikant größer als bei der Gruppe mit Unterstützung.

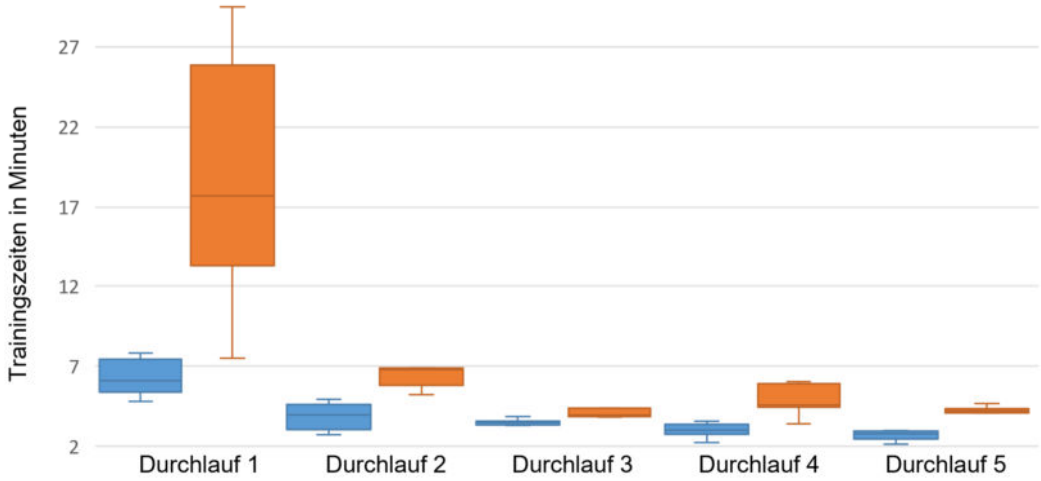


***Abbildung 2**: Trainingszeiten der Gruppe mit Unterstützung (blau) und der Gruppe ohne Unterstützung (orange) gruppiert nach Trainingsdurchläufen.*

In Tabelle 1 sind die Mittelwerte, Standardabweichungen und die Ergebnisse des t-Tests oder WRS angegeben.

***Tabelle 1:** Trainingszeiten nach Durchläufen.*

	mit Unterstützung	ohne Unterstützung	t-Test oder WRS
	M [min] (SD [min])		
Durchlauf 1	7,16 (3,03)	18,76 (8,99)	U=2,0; Z=-2,373; p = 0,017
Durchlauf 2	3,86 (0,96)	6,7(1,39)	t(9,0)=-4,007; p = 0,003
Durchlauf 3	3,29 (0,67)	4,42 (0,97)	U=2,0; Z=-2,373; p = 0,017
Durchlauf 4	3,00 (0,49)	4,87 (1,10)	t(9,0)=-3,760; p = 0,002
Durchlauf 5	2,79 (0,55)	4,03 (0,71)	t(9)=-3,262; p = 0,005
Gesamtdauer	20,10 (4,81)	38,78 (10,0)	t(9,0)=0,077; p = 0,003

Bei der Hypothese H2 wird überprüft, ob die Varianten zu verschiedenen HRV-Werten führen. Dafür wurden die RMSSD-Werte herangezogen. Diese Werte schwanken zwischen verschiedenen Personen sehr stark (Tegegne et al. 2020), daher wird bei Messungen der HRV immer auf die Baseline-Messung der Testperson abgestellt. Um eine Vergleichbarkeit herzustellen, wurden – nachdem die Messungen auf Artefakte und Ausreißer überprüft und ggf. korrigiert wurden (Sammito & Böckelmann 2021) – die prozentualen Änderungen der Personen miteinander verglichen.

Die Darstellung (siehe Abbildung 3) der prozentualen Veränderung der RMSSD-Werte zeigt die große Bandbreite der Veränderung. Diese ist überwiegend im positiven Bereich, was für einen entspannteren Zustand der Teilnehmer spricht als während der Baseline-Messung.

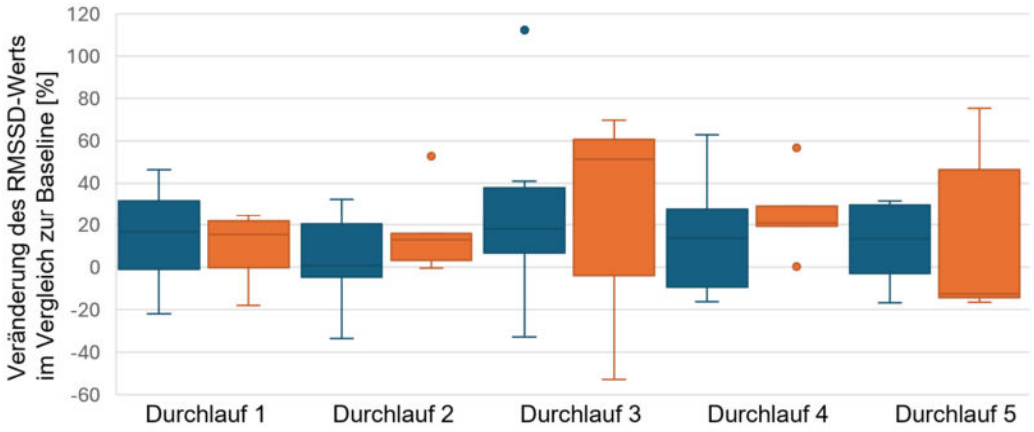


***Abbildung 3**: RMSSD-Wert Veränderung der Gruppe mit Unterstützung (blau) und der Gruppe ohne Unterstützung (orange) gruppiert nach Trainingsdurchläufen*

Die prozentualen Veränderungen der RMSSD-Werte waren für beide Gruppen normalverteilt, wie eine Überprüfung mit dem Shapiro-Wilk-Test ergab ($p > 0,05$). Die Daten enthalten nur leichte Ausreißer und wurden daher ohne Fallausschluss übernommen. Der Mauchly-Test auf Sphärizität ergab ein Wert von p = 0,264, somit musste keine Korrektur vorgenommen werden. Die Homogenität der Fehlervarianzen zwischen den Gruppen war gemäß dem Levene-Test für alle Variablen erfüllt (p > .05).

Es gab keine statistisch signifikante Interaktion zwischen den Varianten und den Durchläufen, Sphärizität angenommen ($F(4; 36) = 0,421$, $p = 0,793$). Es trat kein signifikanter Haupteffekt bei den Durchläufen auf, Sphärizität angenommen ($F(4, 36) = 0,727$, $p = 0,579$). Es trat auch kein signifikanter Haupteffekt bei den Varianten auf ($F(22,91; 32460,75) = 0,006$, $p = 0,938$). Aus der statistischen Auswertung kann man somit keine signifikanten Unterschiede ableiten.

Bei den Hypothesen H3 (Beanspruchung) und H4 (Gebrauchstauglichkeit) wird geprüft, inwieweit sich die Gruppe mit Unterstützung und die Gruppe ohne Unterstützung unterscheiden. Die Boxplots beider Werte sind in Abbildung 4 zu sehen.

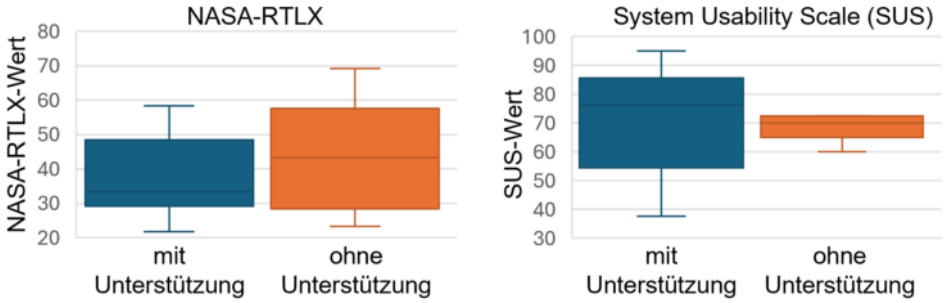


***Abbildung 4**: Boxplots zur Beanspruchung (links) und Gebrauchstauglichkeit (rechts).*

Die durchschnittliche Beanspruchung liegt bei der Gruppe mit Unterstützung mit 37,22 (SD = 12,77) niedriger als bei der Gruppe ohne Unterstützung mit 43,00 (SD = 7,12). Auch dieser Unterschied ist nicht signifikant (t(9)=-642; p =0,537). Die durchschnittliche Gebrauchstauglichkeit ist in der Gruppe mit Unterstützung mit 71,25 (SD = 20,17) höher als in der Gruppe ohne Unterstützung mit 69,00 (SD = 5,18). Die Unterschiede sind allerdings nicht signifikant (t(9)=0,241; p = 0,815).

Die vorliegende Pilotstudie zeigt, dass es technisch möglich ist, während eines VR-Trainings EKG-Daten zu erfassen und daraus die HRV zu bestimmen. Obwohl die als Pilotstudie durchgeführte Anwendung prinzipiell funktionsfähig ist, konnten aus den

erhobenen Daten bisher keine signifikanten Effekte abgeleitet werden. Um belastbare Ergebnisse zu erhalten, sollte in zukünftigen Studien die Stichprobengröße erweitert, die Baseline-Messung im absoluten Ruhezustand durchgeführt und die Belastungsintensität graduell erhöht werden. Die erhobenen NASA-RTLX-Werte deuten darauf hin, dass die Beanspruchung ohne unterstützende Maßnahmen zunahm, dieser Effekt war jedoch statistisch nicht signifikant. Für zukünftige Experimente könnte es sinnvoll sein, Methoden zu entwickeln, um die Belastung während eines VR-Trainings gezielt zu erhöhen. Das langfristige Ziel, eine belastungsadaptive Trainingssoftware zu entwickeln, die sich individuell an den Benutzer anpasst, ist mit der derzeitigen Konfiguration nicht erreichbar. Ein wesentlicher limitierender Faktor ist die nicht echtzeitfähige Nutzung der EKG-Daten aufgrund von Artefakten, die derzeit nicht in Echtzeit gefiltert und korrigiert werden können. Eine mögliche Alternative könnte die Kombination einer Herzfrequenzmessung mit einem Eye-Tracking-System sein, um die Belastung des Benutzers effizienter zu erfassen.

4. Literatur

Brooke J (1995) SUS: A quick and dirty usability scale. Usability Eval. Ind. 189.

Grames PP (2020) Wissenstransfer in Organisationen: Entwicklung eines Methodenkonzepts des Wissensmanagements zur Sicherung von Erfahrungswissen, zur Vermeidung von Wissensverlusten und zur Einarbeitung neuer Mitarbeiter. Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg.

Hammermann A, Schmidt J, Stettes O (2019) Fluktuation auf dem deutschen Arbeitsmarkt: Forschungsdatenzentrum der Bundesagentur für Arbeit (BA) im Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB).

Hart SG (2006) Nasa-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later. Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 50(9):904–908.

Karrer K, Glaser C, Clemens C, Lichtenstein A, Stößel C (2009) Technikaffinität erfassen – der Fragebogen TA-EGDer Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme. 8. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

Mack D, Funk J, Schmidt L (2024) Einsatz von Virtual Reality zum Erlernen eines Montageprozesses. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Arbeitswissenschaft in-the-loop 70. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Stuttgart 2024). Sankt Augustin: GfA-Press, 2024, 1-6 (H.4.2).

Naranjo JE, Sanchez DG, Robalino-Lopez A, Robalino-Lopez P, Alarcon-Ortiz A, Garcia MV (2020) A Scoping Review on Virtual Reality-Based Industrial Training. Applied Sciences 10(22):8224.

Sammito S, Böckelmann I (2021) Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedzin und der Arbeitswissenschaft: S2k-Leitline.

Tegegne BS, Man T, van Roon AM, Snieder H, Riese H (2020) Reference values of heart rate variability from 10-second resting electrocardiograms: the Lifelines Cohort Study. European journal of preventive cardiology 27(19):2191–2194.

Thielmann B, Pohl R, Böckelmann I (2021) Heart rate variability as a strain indicator for psychological stress for emergency physicians during work and alert intervention: a systematic review. Journal of occupational medicine and toxicology (London, England) 16(1):24.

Werrlich S, Daniel A, Ginger A, Nguyen P-A, Notni G (2018) Comparing HMD-Based and Paper-Based Training. In: 2018 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR): IEEE, 134–142.

Förderhinweis: Das Projekt „Zukunftszentrum für menschzentrierte KI in der Produktionsarbeit (ZUKIPRO)“ wird im Rahmen des Programms „Zukunftszentren“ durch das Bundesministerium für Arbeit und Soziales und die Europäische Union über den Europäischen Sozialfonds Plus (ESF Plus) gefördert.

„Ich hab gedacht, das ist ein Thema von 1 bis 2 Jahren, dann setzen wir da ein Tool drauf und sind noch eine Nummer besser“ – Anforderungen, Herausforderungen und Kompetenzbedarfe von KI-Projektmanagern im produzierenden Gewerbe

Eva HANAU, Nils FEGGELER

ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V.,
Uerdinger Str. 56, D-40474 Düsseldorf

Kurzfassung: Der Beitrag präsentiert die zentralen Ergebnisse einer Fallstudie im BMBF-geförderten Projekt WIRKsam zu Rolle, Anforderungen und Herausforderungen betrieblicher Projektverantwortlicher in der Planung und Einführung von KI-Assistenzsystemen. Im Einklang mit existierenden empirischen Untersuchungen wird gezeigt, dass die wesentlichen Anforderungen für Unternehmen in der Schaffung der technischen und sozialen Rahmenbedingungen für den erfolgreichen Einsatz von KI-Technologien liegen. Neben umfangreichen Kommunikations-, Moderations- und Projektmanagementkompetenzen sind in Ergänzung zur betrieblichen Domänenexpertise systemische Analysefähigkeiten und Kenntnisse der Arbeitsgestaltung für die Technologiegestaltung entscheidend.

Schlüsselwörter: Künstliche Intelligenz, KI-Projektmanagement, Kompetenzen, Change Management, Arbeitsgestaltung

1. Potenziale und Rahmenbedingungen für den Einsatz von Künstlicher Intelligenz in produzierenden Unternehmen des Mittelstands

Dem Einsatz von KI in produzierenden Unternehmen wird ein hohes Potenzial in allen Unternehmensbereichen zugesprochen, zwar vorrangig in der Fertigung und Logistik, jedoch ebenfalls in administrativen Bereichen wie dem Vertrieb oder Personalwesen (Harlacher & Terstegen 2023). Die Zusammenarbeit mit Dritten (externen Dienstleistern, Forschungseinrichtungen etc.) ist dabei für die Umsetzung von KI-Projekten zentral. Einer Befragung zufolge wurden 73 % der KI-Anwendungen für Unternehmen mindestens, wenn nicht gar hauptsächlich durch Dritte realisiert (BMWK 2022).

Auch wenn der Anteil der KI nutzenden Unternehmen innerhalb in den letzten Jahren zugenommen hat, stehen insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen vor der Herausforderung, in direkter Konkurrenz mit Großunternehmen um die auf dem Markt verfügbare KI-Expertise ins Hintertreffen zu geraten (PLS 2021). Für die erfolgreiche Kooperation mit Dritten im Zuge der Einführung von KI-Anwendungen weisen Baumgartner et al. (2023) auf die Anforderung an Unternehmensverantwortliche hin, die tatsächlichen KI-Kompetenzen potenzieller Partner korrekt einschätzen zu können. Betriebliche Akteure, die über die Einführung und Integration neuer Technologien in betriebliche Prozesse entscheiden und entsprechende Projekte verantworten kommt dabei eine Schlüsselrolle für den Erfolg von KI-Projekten in Kooperation mit Dritten zu.

Nachfolgend werden die Ergebnisse einer Fallstudie präsentiert, die im Rahmen des BMBF-geförderten Verbundprojekts Kompetenzzentrum WIRKsam durchgeführt

wurde, um Anforderungen an betriebliche Projektbeteiligte zu ermitteln, die in Zusammenarbeit mit externen Partnern die Konzeption und Entwicklung maßgeschneiderter KI-Assistenzsysteme mitverantworten.

2. Anforderungen an Betriebe für die Einführung von KI-Anwendungen - Ergebnisse einer qualitativen Fallstudie im Kompetenzzentrum WIRKsam

2.1 Untersuchungsgegenstand, -design und -umsetzung

Das BMBF-geförderte Kompetenzzentrum WIRKsam erforscht im Zeitraum von 2022 bis 2026 in einem interdisziplinären Verbund mit zwölf betrieblichen Teilprojekten, wie KI-gestützte Assistenzsysteme in Unternehmen der Textil- und Metallindustrie im Rheinischen Revier Beschäftigte in ihren Tätigkeiten unterstützen können. Ziel der im Projekt entwickelten KI-Anwendungen ist es, menschliche Arbeitsprozesse aufgabenangemessen und lernförderlich zu unterstützen.

Die nachfolgend dargestellte Fallstudie bildet vor diesem Hintergrund das erste empirische Element zur systematischen Untersuchung der (Kompetenz-)Anforderungen an betriebliche Akteure für die erfolgreiche Umsetzung von KI-Projekten. Die Studie folgt dabei einem qualitativen Forschungsansatz, um differenzierte Perspektiven der beteiligten Akteure zu erfassen und praxisnahe Erkenntnisse zu gewinnen. Dazu wurden in sechs von zwölf betrieblichen Teilprojekten je drei Interviews – mit den wissenschaftlichen Koordinatorinnen und Koordinatoren, mit den betrieblichen Projektverantwortlichen sowie mit den verantwortlichen IT-Experten bzw. KI-Entwicklern – durchgeführt (n=18 Interviews), um ein möglichst differenziertes Bild der Anforderungen zu erhalten. Die Interviews folgten einem halbstrukturierten Leitfaden, der in Orientierung an die untersuchungsleitenden Fragen erstellt wurde. Konkrete Themen waren die Zielsetzung und bisherigen Aktivitäten im jeweiligen Teilprojekt, die eigenen Aufgaben sowie aufgetretene Herausforderungen und den Umgang damit. Als Orientierungs- und Erinnerungshilfe wurden bisherige Projektaktivitäten im Vorfeld per Dokumentenanalyse ermittelt und als Gantt-Diagramm in ihrer zeitlichen Abfolge gegliedert während der Interviews dargestellt. Die durchschnittliche Interviewdauer betrug 60 Minuten. Die Interviews wurden audiovisuell aufgezeichnet, softwaregestützt wortwörtlich transkribiert und anschließend manuell überprüft. Die Auswertung folgte den methodischen Vorgaben der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018).

2.2 Ergebnisse

Die betrieblichen Projektverantwortlichen waren zum Zeitpunkt der Interviews seit 2,5 Jahren mit der KI-Entwicklung befasst. Sie sind in der Produktentwicklung, im technischen Projektmanagement, im Qualitätsmanagement, in der Forschung und Entwicklung (n=2) oder in der Geschäftsführung tätig. Sie verfügen über eine handwerklich-technische Ausbildung (n=1) oder ingenieurswissenschaftliche (n=3), informationstechnische (n=1) bzw. betriebswirtschaftliche (n=1) akademische Qualifikation mit einer Berufserfahrung von drei bis dreißig Jahren (Median: 16 Jahre).

In den KI-Projekten übernehmen sie eine zentrale Rolle in der Koordination zwischen betriebsinternen und -externen Projektbeteiligten und wirken aktiv an Entwicklungsaktivitäten mit. Sie tragen Verantwortung für den „Aufbau eines KI-freundlichen Umfelds“ [U2] innerhalb des Unternehmens. In ihrer Rolle bezeichnen sie sich als „Bindeglied zwischen Unternehmen und Projektpartnern“ [U1], als „Vermittler“ [U5],

oder auch „Ping-Pong-Ball“ [U3] in der Kommunikation zwischen verschiedenen Beteiligten. Gleichzeitig wirken sie aktiv an Entwicklungsaktivitäten mit, sorgen für den „Transfer des Unternehmens-Wordings […] zu den externen Kollegen“ [U2], „schaukeln Daten hin und her“ [U5], oder agieren als „Ideengeber“ [U4, U6].

Nicht zuletzt tragen betriebliche Projektverantwortliche qua ihrer Rolle die Verantwortung für das KI-Projekt und verstehen sich somit auch als Vertreter der Interessen des Betriebes. Im Bedarfsfall treten sie als moderierende Instanz auf:

[U6]: „Meine Rolle ist ganz schlicht, […] die Umsetzung zu begleiten, die Fragestellung im Zweifel auch zu aktualisieren. So sehe ich meine Position zu sagen, okay, das können wir vielleicht so oder so machen. Also aus der praktischen Arbeitssicht zu sagen, das macht Sinn oder das macht keinen Sinn.“

Herausforderungen über den gesamten Projektverlauf ergeben sich für betriebliche Ansprechpartner durch den mit ihrer Rolle verbundenen, umfangreichen Koordinations- und Kommunikationsaufwand. Dies erfordert ein hohes Maß an kommunikativer Kompetenz, da es zwischen unterschiedlichen Interessen zu vermitteln, und verschiedene „sprachliche Kulturen“ zu berücksichtigen gilt. Von manchen betrieblichen Projektverantwortliche werden Anforderungen, die sich von ihrer betrieblichen Alltagspraxis unterscheiden, als herausfordernd erlebt:

[U1]: „Ja, die Projektarbeit an sich […] ist gewöhnungsbedürftig für jemanden, […] also wir sind (…) teilweise dauern Dinge länger oder sind etwas zäher als im operativen Geschäft. Und da muss man sich dran gewöhnen. Man muss halt auch viel mehr abstimmen und manchmal […] fordert [es] ein bisschen Geduld.“

Spezifische Anforderungen und Herausforderungen über die verschiedenen Projektphasen können wie folgt zusammengefasst werden (für detaillierte Ausführungen siehe Hanau o.J.): In der Planungsphase ist auf Seiten der betrieblichen Verantwortlichen ein tiefes Verständnis der im Fokus stehenden Geschäfts- und Arbeitsprozesse und des angestrebten Zielzustands erforderlich, um Anwendungsbereiche für KI-gestützte Assistenzsysteme zu identifizieren und deren Realisierbarkeit zu beurteilen. In den betrachteten Projekten wurden die potenziellen Einsatzbereiche für ein KI-Assistenzsystem oft bereits im Vorfeld durch die Unternehmen mit Blick auf betriebswirtschaftliche und arbeitsgestalterische Nutzenpotenziale bestimmt. Herausforderungen in der Konzeptions- und Planungsphase ergaben sich jedoch in den folgenden Zusammenhängen:

- Unzureichendes Verständnis über die erforderliche Datenmenge und -qualität für die angestrebte KI-Anwendung aufgrund zu unpräziser (Anfangs-)Zielsetzung zu Beginn des Projekts (in 4 von 6 Fällen)
- Vermittlung und Dokumentation von Geschäfts- und Arbeitsprozessen gegenüber domänenfremden Projektpartnern (in 3 von 6 Fällen)
- Unsicherheit und fehlende Kenntnisse bei der Entscheidung über notwendige Investitionen sowie bei der Spezifikation technischer Bedarfe für die Beschaffung zusätzlicher IT-Infrastruktur (in 3 von 6 Fällen)
- wenig Vorerfahrungen und/oder Grundverständnis zum Sinn und Zweck der frühzeitigen Beteiligung betrieblicher Stakeholder (in 3 von 6 Fällen)

Letzteres führte dazu, dass aufgrund fehlender Transparenz über das Vorhaben – beispielsweise gegenüber dem Betriebsrat oder auch der IT-Abteilung – nachträglich Aufklärung geleistet werden musste.

Auch in der Umsetzungsphase arbeiten die betrieblichen Projektverantwortlichen eng mit verschiedenen Fachabteilungen im Betrieb sowie mit den externen Projektpartnern zusammen, um sicherzustellen, dass neue Technologien im Einklang mit

betrieblichen Standards und Vorschriften integriert und Störungen und Sicherheitsrisiken vermieden werden. Wesentliche Herausforderungen ergaben sich im Zuge dessen in den folgenden Bereichen:

- Probleme bei der Anbindung von IT-Modulen/Datenschnittstellen mit betrieblicher Infrastruktur sowie in der Datenübertragung, -verarbeitung und Datenintegration zwischen bzw. aus verschiedenen IT-Systemen (in 4 von 6 Projekten)
- Umgang mit Mehrbelastungen für Beschäftigte durch zusätzliche Arbeitsschritte im Zuge der KI-Einführung, beispielsweise durch eine teilweise manuelle Datenerfassung oder beim Labeling von Daten (in 4 von 6 Projekten)
- Realisierung des Nutzenpotenzials von KI-Technologien im Einklang mit geltenden Standards und der Gewährleistung der betrieblichen Prozessstabilität (perspektivische Herausforderung in 3 von 6 Fällen)

Insgesamt führten diese Herausforderungen zu Verzögerungen in den Projekten und brachten für die betrieblichen Verantwortlichen einen beträchtlichen Koordinations- und Kommunikationsaufwand mit sich, um einerseits die technischen Grundlagen sicherzustellen, erforderliche Informationen für die jeweiligen Adressaten verständlich bereitzustellen und den „richtigen Ton“ gegenüber Kolleginnen und Kollegen zu finden, welche in Projektaktivitäten eingebunden wurden oder von Prozessveränderungen betroffen waren.

In allen betrachteten Projekten entwickelten die Projektverantwortlichen – wie auch die externen Projektpartner - (erst) im Verlauf der Zusammenarbeit ein zunehmendes Verständnis über die technischen Voraussetzungen von KI-Anwendungen. Auch das Verständnis über die zum Teil weit in betriebliche Prozesse reichenden Auswirkungen von KI-Technologien entwickelte sich im Verlauf der interdisiziplinären Zusammenarbeit in den Projekten. Auch die Komplexität der jeweils im Fokus stehenden Arbeitstätigkeiten wird vielen der betrieblichen Verantwortlichen – wie auch den beteiligten Projektpartnern – in etlichen Fällen in der vertieften Auseinandersetzung deutlich, wie diese Aussage exemplarisch zeigt:

[U6]: „Ich glaube, diese Fragestellung haben alle Beteiligten am Anfang in ihrer Komplexität total unterschätzt. […] Ich hab gedacht, das Ganze ist vom Verständnis her viel einfacher. […] Aber wie gesagt, die Erkenntnis, dass es komplex ist, die ist halt gewachsen und damit ist auch die Wertschätzung gewachsen. [lacht] […] Ich hab gedacht, das ist ein Thema von ein, zwei Jahren, dann setzen wir da ein Tool drauf und dann sind wir noch eine Nummer besser. […] Das aber geht nicht. Wenn sie so viele Leute in einem Topf haben, wo jeder dann auch einen wesentlichen Input hat, das ist ja keine Plauderrunde.“

3. Anforderungen an Führungs- und Projektverantwortliche bei der Einführung von KI-Anwendungen – ein Blick in die Literatur

Die Ergebnisse aus der Fallstudie wurden mittels einer Literaturanalyse empirischer Untersuchungen zu wesentlichen Kompetenzbedarfen von Unternehmen für den KI-Einsatz trianguliert. Die daraus generierten Erkenntnisse stehen im Einklang mit den Ergebnissen der Fallstudie und werden hier nur in Auszügen dargestellt: Laut einer ifaa-Studie im Jahr 2022 sprachen 91% der Befragten Führungskräften eine wichtige bis sehr wichtige Rolle für die erfolgreiche Einführung von KI zu. Als zentrale Kompetenzen für Führungskräfte gelten das Wissen über die Funktionsweisen von KI, Datenschutz, Prozesse und die Fähigkeiten der Interaktionsgestaltung zwischen KI und

Beschäftigten, das (Projekt-)Management des Veränderungsprozesses sowie die Wertschätzung der Belegschaft (ifaa 2023). Die Anforderungen zur Identifizierung eines geeigneten Anwendungsfalls für KI-Technologien wird ebenfalls bestätigt (Ludwig et al. 2023). Baumgartner et al. (2023) stufen ein unternehmensweites Grundverständnis über KI im Vergleich zu KI-Entwicklungskompetenzen und Fachkenntnissen der Anwendenden als wichtiger ein. Analog zu dieser Erkenntnis wird ergänzend zu der Adressierung der Bedenken der Beschäftigten vor der Implementierung für die Zeit während und nach der Implementierung die notwendige Fähigkeit betont, den Mitarbeitenden die Funktionsweise der KI nahezubringen (ebd.). Diese und weitere Untersuchungen legen nahe, dass methodische und soziale Kompetenzen einen Schwerpunkt im Kompetenzprofil von Führungs- und Projektverantwortlichen einnehmen (Pokorni et al. 2021).

Neben bereits erwähnten allgemeinen Projektmanagementkompetenzen ist zudem in Bezug auf Kooperation mit Dritten die Fähigkeit zur korrekten Einschätzung der tatsächlichen KI-Kompetenzen potenzieller Partner von hoher Relevanz (Baumgartner et al. 2023). Aufgrund der Notwendigkeit des benötigten Datenzugangs durch externe Kooperationspartner bzw. Dienstleister werden darüber hinaus datenschutzregulatorische Kenntnisse als relevant eingestuft (BMWK 2022).

4. Diskussion

Die Ergebnisse der Fallstudie verdeutlichen die Komplexität in der Gestaltung und Umsetzung von KI-Anwendungen für Unternehmen. Die wesentliche Herausforderung für die betrieblichen Verantwortlichen liegt dabei nicht in der KI-Entwicklung selbst, welche in der Regel mit Unterstützung externer Partner oder Dienstleister realisiert wird, sondern in der Schaffung der erforderlichen technischen und sozialen Rahmenbedingungen im Unternehmen. Strukturelle Voraussetzungen, insbesondere eine funktionierende IT-Infrastruktur und eine hochwertige Datengrundlage, müssen geschaffen werden, bevor KI-Projekte erfolgversprechend umgesetzt werden können. Die Ergebnisse verdeutlichen auch, dass die Einführung von KI-Systemen in Zusammenarbeit mit externen Partnern durch Betriebe kritisch-konstruktiv begleitet werden muss, da die betriebliche Innenperspektive entscheidend ist, um die Realisierbarkeit (sozio-)technischer Visionen zu beurteilen. Dafür ist eine tiefe Kenntnis der betrieblichen Strukturen und Prozesse entscheidend. Die Einbindung relevanter Stakeholder ist dabei frühzeitig und methodisch geplant umzusetzen, um die Bereitschaft für Partizipationsprozesse sicherzustellen, Widerstände zu minimieren, aber auch die Sicherheit betrieblicher Daten und Stabilität betrieblicher Prozesse zu gewährleisten. Die Erfahrungen in den betrieblichen Projekten zeigen, dass ein Großteil der Herausforderungen in der technischen Umsetzung auftritt, deren Bewältigung zeitintensiv ist, zugleich aber auch näher am persönlichen Kompetenzprofil der betrieblichen Verantwortlichen liegen. In der Konsequenz fehlt es oft an Zeitressourcen, mitunter aber auch Bereitschaft, um sich vertieft mit arbeitsgestalterischen Fragestellungen und sozialen Dynamiken bzgl. des KI-Einsatzes auseinanderzusetzen. Betriebliche Projektverantwortliche sind damit die „Gatekeeper“ einer humanzentrierten Technologiegestaltung.

Die konkreten Anforderungen an betriebliche Projektverantwortliche im Projekt WIRKsam gehen – im Einklang mit weiteren empirischen Untersuchungen - in der Gesamtbetrachtung weit über technische Kompetenzen hinaus. Während vertiefte IT- und datenbezogene Fachkompetenzen auch zukünftig durch externe Partner oder Dienstleister bereitgestellt werden (müssen), erscheinen für die Rolle als „kritisch

mitdenkende“ Ideengeber und Gestalter eines KI-freundlichen Umfelds im Betrieb vor allem folgende Kompetenzbündel von Bedeutung:

- Die Fähigkeit zur multiperspektivischen Analyse hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten von KI im betrieblichen Kontext, welche die Beurteilung der Machbarkeit, Potenziale, Grenzen und Risiken einschließt. Dabei gilt es, sowohl soziale als auch strukturelle Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.
- Ein Grundverständnis über arbeitsgestalterische Aspekte der Technologienutzung, sowie Methodenkompetenz, um eine angemessene Balance zwischen einer zielorientierten Umsetzung und der partizipativen Planung von KI-Anwendungen zu realisieren.
- Umfangreiche Fähigkeiten in der Kommunikation, Moderation und im Projektmanagement zur Steuerung interdisziplinärer Teams und Projekte.

Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse, dass durch den Charakter von KI-Technologien ein systemisches Verständnis über die Potenziale aber auch Risiken von KI-Technologien für die Unterstützung von Arbeitstätigkeiten auf Seiten der Verantwortlichen erforderlich ist. Dieses gilt es durch die Schaffung bedarfsorientierter Unterstützungsangebote, beispielsweise in Form gezielter Schulungs- und Beratungsangebote, zu fördern.

6. Literatur

Baumgartner M, Horvat D, Kinkel S (2023) Künstliche Intelligenz in der Arbeitswelt - Eine Analyse der Kompetenzbedarfe auf Unternehmensebene. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.): Frühjahrskongress 2023. Nachhaltig Arbeiten und Lernen - Analyse und Gestaltung lernförderlicher und nachhaltiger Arbeitssysteme und Arbeits- und Lernprozesse. Hannover.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022): Kompetenzen und Kooperationen zu Künstlicher Intelligenz. ZEW - Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung.

Hanau E (2025) Anforderungen an KI-Projektmanager im produzierenden Gewerbe – erfahrungsbasierte Fallbeispiele aus dem Projekt WIRKsam. In: Lern- und Arbeitsprozesse für die Transformation gewerblich-technischer Facharbeit. Reihe Berufsbildung und Innovation. Bielefeld: wbv (Manuskript zur Veröffentlichung eingereicht).

Harlacher M, Terstegen S (2023) KI in der Industrie: Potenziale und Hindernisse. Human Resources Manager 3:56-59.

ifaa (2023a) ifaa-Studie: Künstliche Intelligenz in produzierenden Unternehmen. Zugriff am 15. Jan. 2025. ifaa- https://www.arbeitswissenschaft.net/angebote-produkte/studien/kwh-ue-alf-ki-studie-ergebnisse Studie 2023: KI in produzierenden Unternehmen.

Ludwig T, Azabal N, Fries M, Nießner J, Elsholz U, Lützenkirchen S, Thomas M, Schröder L (2024) KI-Kompetenzen in der Praxis: Eine Analyse deutscher KMUs. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 61:100–113.

Plattform Lernende Systeme (2021): KI im Mittelstand. Potenziale erkennen, Voraussetzungen schaffen, Transformationen meistern. Frankfurt: Zarbock GmbH & Co. KG.

Pokorni B, Braun M, Knecht C (2021) Menschzentrierte KI-Anwendungen in der Produktion. Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO). Stuttgart.

Danksagung: Der Beitrag ist im Projekt „Kompetenzzentrum WIRKsam“ (FKZ: 02L19C600) entstanden, welches im Rahmen der Fördermaßnahme „Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut wird. Die Verantwortung für diesen Beitrag liegt bei den Autoren.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Chancen und Herausforderungen digitaler Teamarbeit in interdisziplinären und organisationsübergreifenden Kontexten: Das Projekt WIRKsam als Fallbeispiel

Eva HANAU, Nils FEGGELER

ifaa - Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V,
Uerdinger Str. 56, D-40474 Düsseldorf

Kurzfassung: Empirische Untersuchungen belegen, dass die zunehmende Verbreitung digitaler Zusammenarbeit sowohl Chancen als auch zusätzliche Herausforderungen für Teams bieten. Dabei haben Aufgabencharakteristika, Teamressourcen und -prozesse einen wesentlichen Einfluss auf das Gelingen. Der Beitrag präsentiert die Ergebnisse einer fragebogenbasierten 6-monatigen Längsschnittstudie zur organisationsübergreifenden Zusammenarbeit im multidisziplinären Projektverbund WIRKsam. Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung von Interaktion und Kooperation, deren Gelingen in hochgradig interdependenten Teams mit hoher Aufgabenkomplexität ohnehin herausfordernd ist, durch digitale Formate der Zusammenarbeit weiter verstärkt wird und somit zielgerichteter Gestaltung bedürfen.

Schlüsselwörter: digitale Teamarbeit, Projektarbeit, New Work, Digitalisierung, Kommunikation

1. Gegenstandsbestimmung: Teamarbeit in einer digitalisierten Arbeitswelt

In einer digitalisierten und sich stetig wandelnden Arbeitswelt nimmt die Bedeutung mobiler Arbeit stetig zu. Einen Spezialfall ortsflexibler, digital vermittelter Arbeit stellt dabei die digitale Team- bzw. Projektarbeit dar, bei der die Bearbeitung und Lösung komplexer Aufgabenstellungen durch mehrere Personen erfolgt – unabhängig davon, ob sie der gleichen oder unterschiedlichen Organisationen entstammen. Die dafür erforderliche Planung, Abstimmung, Steuerung und Kommunikation ist Teil des Auftrags und erfolgt selbstorganisiert durch das Team. Projektarbeit zeichnet sich durch ihre zeitliche Befristung aus (Mütze-Niewöhner et al. 2021). Der Umstand, dass die Teammitglieder aufgrund ihrer jeweiligen fachlichen Expertise zur erfolgreichen Bearbeitung einer Aufgabe aufeinander angewiesen sind (sog. Aufgabeninterdependenz) stellt dabei ein notwendiges Kriterium für die Abgrenzung eines Teams von anderen Gruppenformen dar (Mathieu et al. 2008; Handke et al. 2020). Virtuelle (Projekt-)Teams bearbeiten unter Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien gemeinsam Aufgaben über geografische, zeitliche und organisatorische Grenzen hinweg (Piccoli et al. 2004; Tietz et al. 2021). Der Anteil digital vermittelter Zusammenarbeit kann deutlich zwischen Organisationen bzw. Teams variieren und sich im Laufe der Zeit verändern (Handke et al. 2020; Klonek et al. 2021). Auch wenn verlässliche Zahlen zur Verbreitung fehlen, kann angenommen werden, dass die Zusammenarbeit in vielen Teams spätestens seit der COVID-19 Pandemie hybrid erfolgt – also eine Mischung aus Präsenz- und digitalen Formaten aufweist.

2. Merkmale und Rahmenbedingungen der Arbeitsgestaltung in digitalen Teams

Empirische Untersuchungen belegen, dass die Verbreitung digitaler Zusammenarbeit für Teams sowohl Chancen als auch zusätzliche Herausforderungen bietet (Handke et al. (2020); Klonek et al. (2021); Kanse et al. (2023)).

Ein Merkmal von Team- und Projektarbeit ist die eingangs bereits erwähnte Interdependenz der beteiligten Personen bei der Erledigung von Aufgaben sowie der dafür erforderlichen Ressourcen. Handke et al. (2020) kommen im Rahmen einer Metaanalyse von 48 empirischen Untersuchungen zur virtuellen Teamarbeit zu dem Ergebnis, dass die Ergebnisse zum Einfluss der Aufgabeninterdependenz uneindeutig sind. Daran anschließend differenzieren Kanse et al. (2023) in Orientierung an Courtright et al. (2015) zwischen Prozess- und Ressourceninterdependenz und untersuchen im Rahmen eines Experimentes mit virtuellen Teams, wie sich diese auf den Erfolg von Teamarbeit auswirken:

- *Prozessinterdependenz* bezeichnet die Abhängigkeit zwischen Teammitgliedern im Arbeitsablauf, beispielsweise wenn Aufgaben nur gemeinsam bearbeitet werden können. Dies erfordert die Interaktion untereinander und fördert die Entwicklung eines geteilten Verständnisses, welches einen positiven Einfluss auf den Erfolg der Zusammenarbeit virtueller Teams hat. Eine hohe Abhängigkeit für die Bearbeitung einer Aufgabe scheint zudem die Motivation zu stärken, wenn der eigene Beitrag als wesentlich für den Teamerfolg wahrgenommen wird. Außerdem kann durch die Interaktion das Teamgefühl bzw. Zusammengehörigkeitsempfinden von Teams gestärkt und auch die Kreativität gefördert werden, was der Qualität von Arbeitsergebnissen zuträglich ist (Kanse et al. 2023).
- In Abgrenzung dazu bezeichnet *Ressourceninterdependenz* die Abhängigkeit zwischen Teammitgliedern bei wichtigen Ressourcen, welche für die Bearbeitung einer Aufgabe notwendig sind, beispielsweise Fähigkeiten, Daten oder Informationen. Die Ergebnisse der Experimente durch Kanse et al. (2023) legen nahe, dass eine solche Abhängigkeit einen negativen Effekt auf den Arbeitserfolg von Teams in einer virtuellen Arbeitsumgebung hat. Eine mögliche Erklärung liegt in dem durch die ungleichmäßige Verteilung von kritischen Ressourcen erhöhten Koordinations- und Kommunikationsaufwand, welcher sich in der digital vermittelten Zusammenarbeit mitunter aufwändiger und herausfordernder gestalten kann.

Darüber hinaus ermitteln Handke et al. (2020) weitere Faktoren, die einen wesentlichen Einfluss auf den Erfolg virtueller Teamarbeit haben:

- Eine hohe *Aufgabenkomplexität* kann das Funktionieren von Teams in virtuellen Kontexten negativ zu beeinflussen, wahrscheinlich weil dies die Anforderungen an Zusammenarbeit in einem ohnehin schon anspruchsvollen Kontext noch erhöht.
- Zudem können *extern gesetzte Anforderungen* wie z .B. Zeitdruck die Herausforderungen der digitalen Teamarbeit verstärken.
- Auch die *Vertrautheit und gegenseitige Kenntnis der Teammitglieder* trotz physischer Distanz scheint eine Rolle für den Erfolg digitaler Teamarbeit zu spielen. Es ist daher zu vermuten, dass Teams, je kürzer sie bestehen, eher die Last der Koordinationsanforderungen spüren, anstatt von der motivierenden Wirkung einer hohen Aufgaben- bzw. Prozessinterdependenz zu profitieren (Handke et al. 2020; Tietz et al. 2021).

3. Chancen und Herausforderungen organisationsübergreifender digitaler Teamarbeit

Im Forschungsverbundprojekt WIRKsam mit dem Ziel der Gestaltung von KI und Arbeit, ist die virtuelle, ortsflexible Teamarbeit wesentliche Voraussetzung für das Zusammenspiel der 19 über das Rheinische Revier verteilten Projektpartner. Der Projektverbund erforscht seit 2022 in insgesamt 12 Teilprojekten in Unternehmen der Textil- und Metallindustrie, wie Arbeit mit Hilfe von Anwendungen, die auf Künstlicher Intelligenz (KI) basieren, gestaltet werden kann (Jeske et al. 2023). Neben Forschungseinrichtungen verschiedener Disziplinen sind weitere Akteure (sog. Enabler) beteiligt, welche die Unternehmen in der Entwicklung von KI-Anwendungen begleiten und unterstützen. Aufgrund der regionalen Verteilung der Projektpartner über die gesamte Region des Rheinischen Reviers in Nordrhein-Westfalen findet ein Großteil der Zusammenarbeit digital, per E-Mail und Videokonferenzsoftware, statt. Die Bearbeitung der Ziele im Projekt erfolgt in Teams, welche mit Start des Vorhabens neu konstituiert wurden und für die Bearbeitung einzelner Arbeitspakete zuständig sind. Diese sind fast ausschließlich durch eine hohe Aufgabenkomplexität charakterisiert, welche in einem begrenzten Zeitraum erfüllt werden müssen. Insbesondere die Entwicklungsaktivitäten in den Unternehmensprojekten benötigen die jeweilige Domänenkompetenz aller Projektpartner auf (hohe Ressourceninterdependenz). Die Ideenfindung und Entwicklung der KI-Anwendungsfälle und der HMI erfolgt unter Beteiligung aller Akteure, d. h. der betrieblichen Stakeholder, Forschungseinrichtungen und KI-Enabler (hohe Prozessinterdependenz).

Zielsetzung einer im Projektverbund in den Jahren 2022 und 2023 durchgeführten 6-monatigen Längsschnittstudie zur organisationsübergreifenden Zusammenarbeit war es, durch die Analyse von Projektmeetings wesentliche Charakteristika und förderliche Rahmenbedingungen für die Zusammenarbeit zu ermitteln und Handlungsempfehlungen abzuleiten.

Von den final 69 berücksichtigten Meetings im Untersuchungszeitraum fanden 85% auf digitalem Wege über eine Videokonferenzsoftware statt. Erste Korrelationsanalysen zeigen, dass Präsenztreffen einen höheren Grad der Interaktion und Zusammenarbeit aufweisen. Darüber hinaus wird die Arbeitsatmosphäre als entspannter und die Zufriedenheit als höher im Vergleich zu digitalen Treffen eingeschätzt (Niehues & Feggeler 2024).

Weiterhin besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Anzahl der vertretenen Projektpartner (sog. Interorganisationalität) bzw. der fachlichen Heterogenität zwischen den Mitarbeitenden (sog. Interdisziplinarität – wegen vorliegender Kollinearität nicht im Modell abgebildet) und der Zufriedenheit mit der Qualität der Meetings. Darauf aufbauend wurde der Versuch unternommen, den kausalen Zusammenhang zwischen diesen und weiteren, theoretisch hergeleiteten Einflussfaktoren auf die Qualität der Zusammenarbeit im Meeting zu bestimmen (Indikator für Team-Performance; abhängige Variable). Letztere wurde über eine Indexvariable aus 12 Fragen zu Qualitätsdimensionen der Zusammenarbeit (bspw. zur Effizienz im Meetingablauf, zur Arbeitsatmosphäre, Wertschätzung in der Kommunikation, Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen, erreichte Ergebnisse, wahrgenommener Nutzen) operationalisiert. Diese wurden von den Teilnehmenden jeweils auf einer Skala von 1 (stimme überhaupt nicht zu) bis 6 (stimme voll zu) bewertet. Die Ergebnisse einer Mediationsanalyse (s. Abbildung 1) zeigen, dass

a) eine *höhere Anzahl teilnehmender Organisationen* bei Arbeitstreffen zu einem *signifikanten Rückgang der Interaktion* während des Meetings führt (Gruppenmedian, bewertet auf einer Skala von 1 (= wenig Interaktion) bis 6 (= viel Interaktion)); während
b) die *erfolgreiche Interaktion während des Meetings* einen *signifikanten, positiven Zusammenhang auf die Qualität der Zusammenarbeit* aufweist.

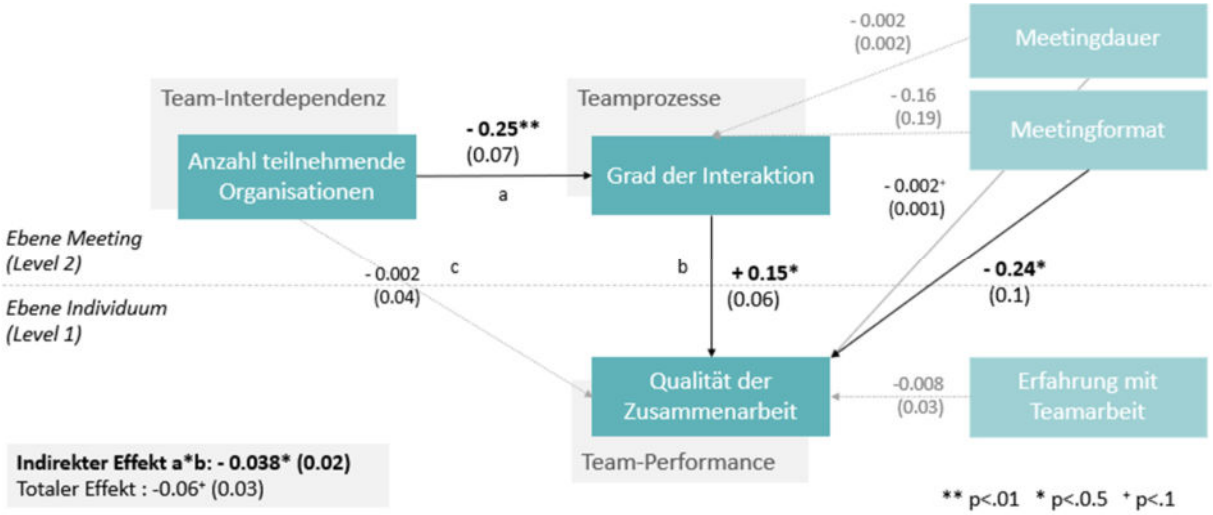


Abbildung 1: *Ergebnisse der Mediationsanalyse ($n_{Teilnehmende}$= 260, $n_{Meeting}$ = 69).*

Diese Ergebnisse stehen in Einklang mit der eingangs dargestellten Studienlage. Der Erfolg der gemeinsamen Bearbeitung von Aufgaben scheint damit in hochgradig interdependenten Teams wie im Fall des Projekts WIRKsam vom Gelingen der Interaktion und Kooperation abzuhängen. Die fachlich sehr heterogene Zusammensetzung von Teams, die sich zudem – mit Blick auf die kurze Projektlaufzeit – kaum kennen, erschwert dies. Diese Herausforderungen werden durch digitale Formate der Zusammenarbeit weiter verstärkt.

4. Diskussion: Gestaltungsfaktoren für den Erfolg digitaler Teamarbeit

Mit Blick auf die empirischen Ergebnisse lassen sich einige Schlussfolgerungen über die Gestaltungsanforderungen digitaler Teamarbeit formulieren:

- Für das Gelingen der Interaktion im digitalen Raum sind ausgeprägte Kommunikations-, Moderations- und Verhandlungskompetenzen der Teammitglieder sowie Mediationskompetenzen auf Seiten von Führungskräften wichtiger denn je, um die erhöhten Anforderungen bei der Bearbeitung von Aufgaben bewältigen zu können.
- Für den Erfolg digitaler Teamarbeit kann eine hohe Aufgabenkomplexität sowie Ressourceninterdependenz kontraproduktiv sein. Entsprechend erscheint auch in einer zunehmend digitalisierten Arbeitswelt die Zusammenarbeit in Präsenz zumindest in Anteilen förderlich, um den Erfolg herausfordernder Projekte bzw. Aufgaben sicherzustellen.
- Auch die Bedeutung von Vertrautheit in Teams als Voraussetzung für eine erfolgreiche Interaktion und Zusammenarbeit zeigen, dass der persönliche Austausch und Begegnung wichtige Erfolgsfaktoren bleiben, die sowohl im digitalen Raum als auch in Präsenz der planvollen Gestaltung bedürfen.

- In diesem Zusammenhang erscheint es hilfreich, wenn Teams im Rahmen der digitalen Zusammenarbeit insbesondere solche Aufgaben bearbeiten, welche der gemeinsamen Bearbeitung bedürfen, aber gleichzeitig die erforderlichen Informationen und Fähigkeiten gleichermaßen im Team verteilt sind. Dies könnte die Zunahme eines gemeinsamen Verständnisses und Vertrautheit wie auch individuelle Kompetenzen fördern, welche die Grundlage für den langfristigen Erfolg digitaler Teams bilden.
- Nicht zuletzt unterstreichen die Ergebnisse die Notwendigkeit einer sorgfältigen und zielgerichteten Gestaltung von Strukturen und Prozessen digitaler Teams. Möglichen Herausforderungen wie einer hohen Ressourcenabhängigkeit oder einem hohen Koordinationsaufwand kann frühzeitig begegnet werden, indem z. B. die Verfügbarkeit von Informationen für alle Teammitglieder möglichst offen gestaltet wird und für die zu bearbeitenden Aufgaben nach Möglichkeit eine klare Abgrenzung von individuellen Verantwortungsbereichen gewährleistet wird.

5. Literatur

Courtright SH, Thurgood GR, Stewart GL, Pierotti AJ (2015). Structural interdependence in teams: An integrative framework and meta-analysis. E-Journal of Applied Psychology 100:1825–1846.

Handke L, Klonek FE, Parker SK, & Kauffeld S (2020). Interactive effects of team virtuality and work design on team functioning. Small Group Research 51:3–47.

Jeske T, Harlacher M, Altepost A, Schmenk B, Ferrein A, Schiffer S (2023) Kompetenzzentrum WIRKsam – Wirtschaftlichen Wandel in der rheinischen Textil- und Kohleregion mit Künstlicher Intelligenz gemeinsam gestalten. Leistung & Entgelt (2).

Kanse, L., Stephenson, E. K., Klonek, F. E., & Wee, S. (2023). Interdependence in Virtual Teams—A Double-Edged Sword? Small Group Research 55: 729-762.

Klonek FE, Kanse L, Wee S, Runneboom C, Parker SK (2021) Did the COVID-19 lock-down make us better at working in virtual teams? Small Group Research 53:185-206.

Mathieu J, Maynard MT, Rapp T, Gilson L (2008). Team effectiveness 1997-2007: A review of recent advancements and a glimpse into the future. Journal of Management 34:410–476.

Mütze-Niewöhner S, Latniak E, Hardwig T, Nicklich M, Hacker W, Harlacher M, Pietrzyk U, Kauffeld S (2021) Projekt- und Teamarbeit in der digitalisierten Arbeitswelt. In: Mütze-Niewöhner S, Hacker W, Hardwig T, Kauffeld S, Latniak E (Hrsg) Projekt- und Teamarbeit in der digitalisierten Arbeitswelt. Berlin: Springer Vieweg. 1-30.

Niehues S, Feggeler N (2024) Rahmenbedingungen organisationsübergreifender Zusammenarbeit im New Normal: Erkenntnisse aus dem Kompetenzzentrum WIRKsam. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Arbeitswissenschaft in-the-loop: Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung. Dortmund: GfA-Press, Beitrag F3.2.

Piccoli G, Powell A, Ives B (2004) Virtual teams: team control structure, work processes, and team effectiveness. Information Technology & People 17:359-379.

Tietz S, Kneisel E, Werner K (2021) Erfolgreicher Wissensaustausch in virtuellen Teams – Wie wichtig ist soziale Präsenz? Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 75: 424–437.

Danksagung: Das Kompetenzzentrum WIRKsam (FKZ: 02L19C600) wird im Rahmen der Fördermaßnahme „Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Autor*innen danken für die Förderung, in dessen Rahmen dieser Beitrag entstanden ist. Die Verantwortung dafür liegt bei den Autor*innen.

How to Bridge the Gap Between Digital and Presence

Jonas BENDER, Prof. Dr. Klaus BENGLER

Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München,
Boltzmannstraße 15, D-85748 Garching

Abstract: The shift to hybrid work models - combining remote and on-site work - has transformed workplace structures, presenting both opportunities and challenges. While remote work enhances flexibility, autonomy, and productivity, it may also reduce collaboration and engagement in certain professions. This paper examines the psychological, organizational, and sector-specific dynamics of hybrid work. Drawing on theories of meaningfulness, resilience, and productivity, along with empirical analysis of work productivity trends across economic sectors, we identify sector-adaptive hybrid strategies that optimize work outcomes and enhance employee well-being.

Keywords: Hybrid Working, Home Office, Skills, Abilities, Opportunities

1. Introduction

The COVID-19 pandemic significantly reshaped workplace dynamics, compelling millions of employees to shift to remote work almost instantly. What began as an emergency response to a global health crisis has since transformed into a fundamental rethinking of workplace structures. Research by Simon (2022) indicates that 78% of workers prefer retaining the flexibility of remote work even after the pandemic. This trend underscores the growing awareness of its advantages, such as enhanced mental well-being, increased autonomy, and improved work-life balance (Wells et al., 2023). However, this transition also raises a provocative question:

Is the essential goal to conduct work fully from home?

On the first glance, the benefits of home office seem compelling. Employees gain the flexibility to tailor their working hours to personal rhythms, fostering a sense of autonomy and reducing stress associated with commuting. Research by Bouncken et al. (2022) further highlights that hybrid working models – blending home office with in-person collaboration – enable a balance between structure and flexibility, which is critical for employee satisfaction.

However, beneath the allure of remote work lies a paradox. While more home office may initially appear to be a step forward, there is a point at which the benefits plateau, efforts for communication increase and potential risks emerge. Prolonged isolation can erode the social interactions that form the backbone of professional collaboration, leaving employees disconnected from their teams and organizations (Gupta, 2023). For many, the workplace is not just a site of productivity but also a vital space for creating a sense of purpose, where skills, abilities, and social bonds converge.

Imagine a dedicated working situation as a finely tuned instrument for a musician in an orchestra. The home office provides a quieter, focused practice room, allowing the musician to refine their craft without distraction and more precision. But if musicians

do not practice in the orchestra, they lose the ability of harmonic collaboration, the shared purpose of performance, and the creative energy that arises from collective effort. Similarly, too much remote work might transform meaningful work into a solitary exercise, devoid of shared context and purpose. For some professions, this loss of interaction leads to an underutilization of skills, a sense of irrelevance, and ultimately, a diminished connection to the essence of their work (Höge & Schnell, 2012).

The challenge, then, is not to replace physical presence with remote work entirely, but to find the right balance. This paper explores the nuanced dynamics of hybrid work models, seeking to understand how they can enhance well-being, autonomy, and flexibility without compromising the social and psychological foundations of meaningful work. Can organizations harness the benefits of the home office while safeguarding against its risks? And, more importantly, can hybrid models preserve the sense of purpose in a world increasingly divided between digital and presence?

2. The Psychology of Well-Being in Hybrid Work Models

The evolution of hybrid work has reshaped workplace dynamics, balancing flexibility with challenges related to mental well-being, job fulfillment, and efficiency. To properly understand how hybrid work settings can foster resilience and employee well-being, Antonovsky's (1997) salutogenesis framework provides a valuable perspective. This approach highlights three fundamental principles:

1. Comprehensibility: Structured workflows reduce uncertainty and promote stability.
2. Manageability: Resources, training, and support help employees navigate challenges.
3. Meaningfulness: A sense of purpose fosters intrinsic motivation and resilience.

Applying these principles can help organizations reduce stress and enhance motivation. Schnell et al. (2013) emphasize the role of meaningful work in sustaining engagement, aligning with Frankl's (1996) argument that a sense of purpose is essential for well-being. A closely related framework is Deci & Ryan's (1985) Self-Determination Theory (SDT), which explains psychological well-being in terms of three fundamental needs:

- Autonomy *(supporting manageability)* – Employees thrive when they have control over their work and access to necessary resources.
- Competence *(enhancing comprehensibility*) – Clear structures and skill-building opportunities boost confidence and efficiency.
- Relatedness *(reinforcing meaningfulness)* – Social connection and shared purpose strengthen motivation and engagement.

The balance between autonomy and collaboration is key to hybrid work success. A study by Bloom et al. (2015) found that structured remote work increased productivity by 13%, but only when employees maintained regular social interactions. Strategies such as structured workflows, collaboration tools, and mindfulness practices can support employees in navigating hybrid work environments effectively (Gupta, 2023).

By merging salutogenesis and SDT, organizations can foster resilient, motivated, and productive teams. A well-structured hybrid model should provide flexibility without rigidity, preserving purpose and social connection for long-term engagement.

3. Tailoring Hybrid Work: Skills, Abilities, and Professional Contexts

Hybrid work is not a one-size-fits-all model. While some jobs thrive remotely, others rely on in-person collaboration and specialized equipment. The International Standard Classification of Occupations (ISCO) categorizes professions into broad occupational groups, which can be approximately mapped onto economic sectors using the International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC). However, hybrid work feasibility varies even within occupational groups. To structure the analysis, occupations are broadly categorized into four sectors:

1. Primary Sector (Agriculture & Extraction): Jobs requiring physical labor and proximity to natural resources, such as farming, fishing, and mining (ISCO Major Group 6 & partially 8), with minimal remote potential.
2. Secondary Sector (Manufacturing & Industry): Encompasses industrial, mechanical, and technical roles that require on-site presence (ISCO Major Group 7 & 8).
3. Tertiary Sector (Services & Commerce): Covers business, trade, and public services, where a mix of remote and in-person work is feasible (ISCO Major Group 4 & 5).
4. Quaternary Sector (Knowledge & Digital Services): IT, research, consulting, and data-driven professions (ISCO Major Groups 2 & 3), offering the most remote flexibility but still benefiting from in-person collaboration (ILO, 2012).

Remote work is most effective in the quaternary sector, where autonomy and digital collaboration are central (Sostero et al. 2020). Conversely, primary and secondary sectors face challenges adopting hybrid models due to reliance on physical tools.

Although remote work fosters skills like time management and independent problem-solving, it may hinder teamwork, intuitive reasoning, and access to specialized resources (Frankl, 1996; Höge & Schnell 2012). The challenge for organizations is to develop sector-specific hybrid strategies that balance productivity and job-specific requirements.

4. Analysis of Productivity, Skills, and Remote Work

This analysis examines the relationship between remote work, productivity, and skill requirements across different economic sectors. The study integrates three distinct datasets, combining survey-based insights with large-scale occupational data:

- Kaggle Remote Work Survey (2021): A survey of 1,507 participants capturing remote work preferences and perceived productivity changes.
- O-NET Database (Skills Dataset): Contains occupational data on essential skills and work activities for various job roles.
- O-NET Database (Abilities Dataset): Details cognitive and non-cognitive abilities required for different professions (National Center for ONET Development, 2025).

To classify participants, job roles were mapped to ISCO major groups and categorized into *primary, secondary, tertiary, and quaternary sectors* based on skill and task requirements. An AI-based clustering method was applied to text embeddings of job descriptions, ensuring accurate classification.

4.1 Descriptive Analysis

Participants rated their productivity changes on a scale from -50% (less productive) to +50% (more productive). The average productivity score was 13.03 (SD = 23.88), indicating wide variability in perceived productivity. Additionally, the average percentage of remote work in the last three months was 66.94% (SD = 33.92%).

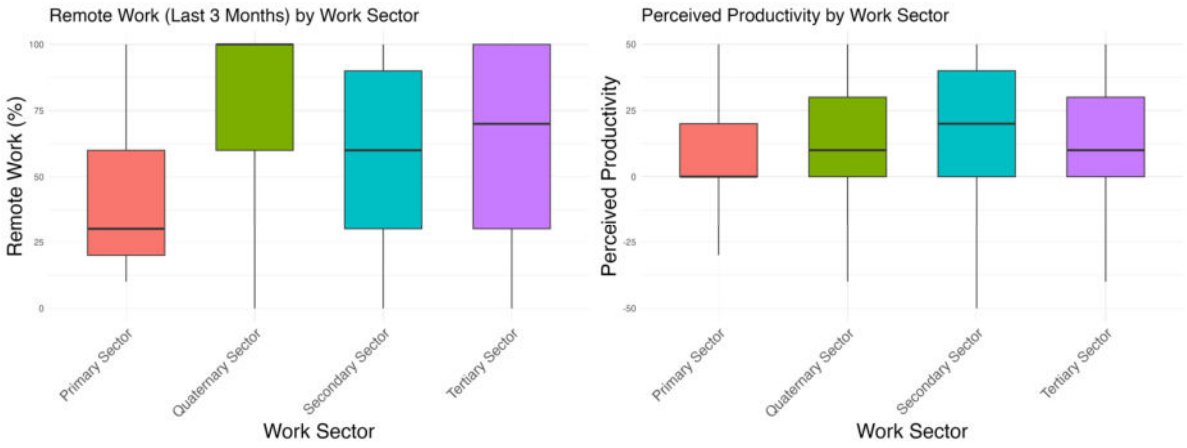


***Figure 1**: Comparison of Productivity and Remote Work by Work Sector.*

Differences in productivity and remote work adoption were evident across economic sectors: *Primary sector* workers reported the lowest median productivity gains, consistent with their reliance on physical labor. *Quaternary sector* employees demonstrated the highest median productivity, reflecting the compatibility of remote work with digital and knowledge-based roles. *Secondary* and *tertiary sectors* showed moderate but highly variable productivity outcomes, with some roles benefiting from remote flexibility while others faced challenges.

A one-way ANOVA confirmed statistically significant differences in productivity ($F(3, 1503) = 3.837$, $p = 0.00943$) and remote work adoption ($F(3, 1503) = 35.85$, $p < 0.001$) across economic sectors.

4.2 Correlation Analysis

The analysis identified several skills and abilities that potentially influence productivity, shedding light on trends that underscore the importance of certain competencies in enhancing work performance. Although many relationships were weak or non-significant, some patterns emerged, particularly in sectors requiring analytical and organizational expertise.

***Table 1:** Correlation Analysis of Key Skills and Abilities with Productivity.*

Skill/Ability	Correlation (r)	p-Value	Interpretation
Negotiation	0.923	0.077	Strong trend, needs validation
Time Management	0.851	0.149	Positive trend, not conclusive
Number Facility	0.573	0.427	Moderate trend, exploratory
Mathematical Reasoning	0.338	0.662	Weak trend, no significance

While Negotiation (r = 0.923, p = 0.077) and Time Management (r = 0.851, p = 0.149) showed the strongest positive correlations with productivity, the lack of statistical significance suggests these are emerging trends rather than conclusive findings. Further research is necessary to validate these relationships. These skills are particularly relevant in roles that involve coordination, planning, and effective communication, especially in environments with high collaboration demands or remote work. While these correlations suggest a meaningful relationship between these skills and productivity, their non-significant p-values highlight the need for additional research to validate their influence across different work contexts.

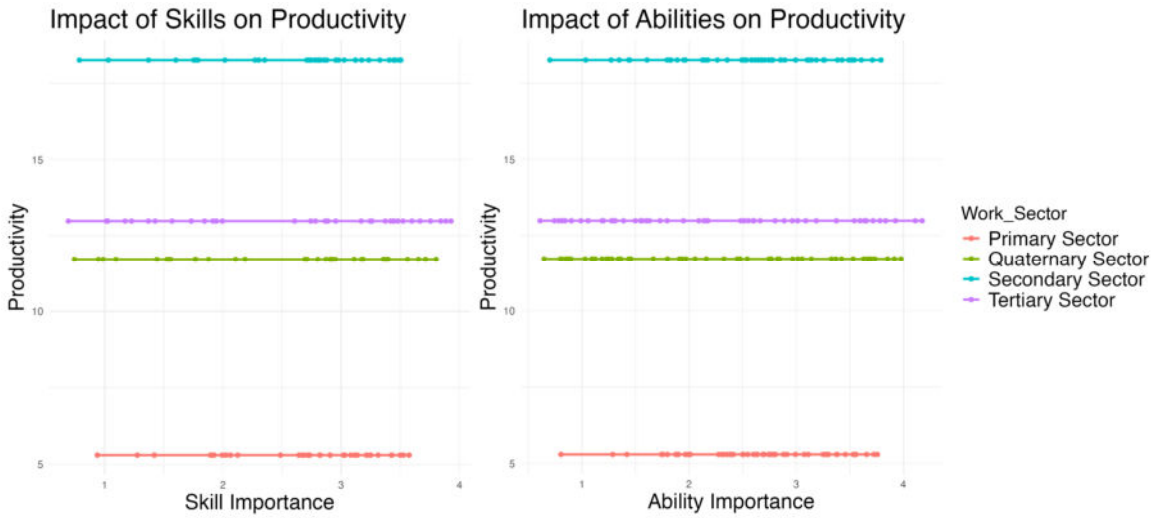


***Figure 2**: Abilities and Skills Correlation with Productivity.*

Additionally, Figure 2 visualizes these trends, highlighting how skill relevance varies across economic sectors. The findings suggest that knowledge-based roles benefit the most from remote work, but skill-productivity relationships remain complex and require additional validation.

5. Conclusion

This study explores the sector-specific dynamics of hybrid work models, emphasizing that productivity and remote work effectiveness and efficiency vary significantly by profession and required skills. While knowledge-intensive roles in the tertiary and quaternary sectors benefit from flexible arrangements, hands-on and service-oriented jobs remain constrained by physical presence and collaboration requirements.

Our findings indicate emerging trends rather than conclusive correlations between key competencies (e.g., negotiation, time management) and productivity. The lack of statistical significance suggests that these relationships require further validation, reinforcing the complexity of skill-based productivity assessments.

Beyond productivity, the psychosociological dimensions of work – including purpose, resilience, and well-being – remain central to hybrid work success. Frameworks such as salutogenesis and mindfulness offer potential avenues for fostering engagement and mitigating the downsides of digital workspaces.

Future research should adopt longitudinal methodologies and explore sector-specific interventions to better understand how hybrid work affects performance over time.

Additionally, larger, more diverse datasets could refine our understanding of which hybrid models maximize both employee satisfaction and economic efficiency.

Ultimately, hybrid work does not follow a one-size-fits-all approach - organizations must develop tailored strategies that balance flexibility, self-efficacy, collaboration, and job-specific demands to ensure sustainable and productive work environments.

6. Literatur

Antonovsky, A. (1997). Salutogenese: Zur Entmystifizierung der Gesundheit (A. Franke, Hrsg.). Tübingen: Deutsche Gesellschaft für Verhaltenstherapie.

Battisti, E., Alfiero, S., & Leonidou, E. (2022). Remote working and digital transformation during the COVID-19 pandemic: Economic–financial impacts and psychological drivers for employees. Journal of Business Research, 150, 38–50.

Bloom, N., Liang, J., Roberts, J., & Ying, Z. J. (2015). Does working from home work? Evidence from a Chinese experiment. The Quarterly Journal of Economics, 130(1), 165–218.

Blättner, B. (2007). Das Modell der Salutogenese. Prävention und Gesundheitsförderung, 2(2), 67–73.

Bouncken, R. B., Lapidus, A., & Qui, Y. (2022). Organizational sustainability identity: 'New Work' of home offices and coworking spaces as facilitators. Sustainable Technology and Entrepreneurship, 1(2), 100011.

Csikszentmihalyi, M. (1990). Flow: The psychology of optimal experience. New York: Harper & Row.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. New York: Plenum Press.

Frankl, V. E. (1996). Der Mensch vor der Frage nach dem Sinn. München: Piper Verlag.

Frankl, V. E. (2002). ...trotzdem Ja zum Leben sagen: Ein Psychologe erlebt das Konzentrationslager. München: Deutscher Taschenbuchverlag.

Gupta, A. (2023). Well-being from home to work: The role of mindfulness. Workplace Well-Being Journal, 8(3), 198–214.

Höge, T., & Schnell, T. (2012). Kein Arbeitsengagement ohne Sinnerfüllung: Eine Studie zum Zusammenhang von Work Engagement, Sinnerfüllung und Tätigkeitsmerkmalen. Wirtschaftspsychologie, 1(1), 91–99.

ILO (2012). International Standard Classification of Occupations: ISCO-08 Structure, Group Definitions and Correspondence Tables. Geneva: International Labour Office. Retrieved from https://www.ilo.org/public/english/bureau/stat/isco/.

Kaggle. (2021). Remote Work Survey. Retrieved from Kaggle Dataset.

Landes, M., Steiner, E., Wittmann, R., & Utz, T. (2020). Gesund im Home Office. In Führung von Mitarbeitenden im Home Office (S. 49–54). Wiesbaden: Springer.

Lombardo, L. (2020). The impacts of remote working on employees' psychological wellbeing: An empirical study of the Italian public administration. [Unpublished Master's thesis].

Mura, A. L., Insalata, L. A., & Bonaiuto, M. (2024). My home is my new office: The relationship between environmental comfort, workplace attachment, and psychological needs in the context of remote working. Journal of Environmental Psychology, 98, 102378.

National Center for ONET Development. (2025). ONET Database. Retrieved from O*NET Online.

OECD. (2020). Productivity gains from teleworking in the post COVID-19 era. OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19).

Park, G. (2023). How remote workers experience meaningful work. Journal of Workplace Psychology, 15(2), 112–125.

Schnell, T., Höge, T., & Pollet, E. (2013). Predicting meaning in work: Theory, data, implications. The Journal of Positive Psychology, 8(3), 225–243. https://doi.org/10.1080/17439760.2013.830763.

Shimura, A., Yokoi, K., Ishibashi, Y., Akatsuka, Y., & Inoue, T. (2021). Remote work decreases psychological and physical stress responses, but full-remote work increases presenteeism. Frontiers in Psychology, 12, 730969.

Simon, C. (2022). The effect of home office on the quality of working life in terms of a global pandemic.

Sostero, M., Milasi, S., Hurley, J., Fernandez-Macias, E., & Bisello, M. (2020). Teleworkability and the COVID-19 crisis: A new digital divide? European Commission Joint Research Centre Technical Report.

Wells, J., Scheibein, F., Pais, L., Rebelo dos Santos, N., Dalluege, C. A., Czakert, J. P., et al. (2023). Remote work and employee well-being in hybrid models. Journal of Occupational Health Psychology.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Analyse der Entscheidungsfindung von Fertigungsmitarbeitenden durch erklärbare künstliche Intelligenz zur Ableitung arbeitsorganisatorischer Gestaltungsempfehlungen

Jan-Phillip HERRMANN[1], Sven TACKENBERG[1], Verena NITSCH[2]

[1] Labor für Industrial Engineering, Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Campusallee 12, D-32657 Lemgo
[2] Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen, Eilfschornsteinstraße 18, D-52062 Aachen

Kurzfassung: In einer humanzentrierten Kleinserien- und Einzelfertigung mit Werkstattorganisation verfügen Fertigungsmitarbeitende häufig über eine hohe Autonomie und Entscheidungsfreiheit. Das Zusammenspiel individueller Planungsstrategien von Mitarbeitenden innerhalb eines Fertigungsprozesses kann sich positiv als auch negativ auf das Erreichen der produktionslogistischen Zielgrößen auswirken. In diesem Beitrag wird eine Variante des Flexible Job Shop Scheduling Problems vorgestellt, welches das Entscheidungsverhalten autonomer Arbeitspersonen bezüglich der Bearbeitungsreihenfolgebildung berücksichtigt. Weiterhin wird die Ableitung arbeitsorganisatorischer Gestaltungsempfehlungen durch die Analyse individueller Planungsstrategien von Arbeitspersonen mittels Methoden der erklärbaren künstlichen Intelligenz demonstriert. Betrachtungsgegenstand der Analyse ist die Entscheidung von Arbeitspersonen, in welcher Reihenfolge sie ihre täglichen Aufgaben abarbeiten. Der Beitrag schließt mit einer Diskussion über die Nutzung der vorgestellten Verfahren zur Ableitung von arbeitsorganisatorischen Gestaltungsempfehlungen.

Schlüsselwörter: Flexible Job Shop Scheduling, Learning To Rank, Erklärbare Künstliche Intelligenz, Planungsautonomie, Simulation

1. Einleitung

Eine Kleinserien- und Einzelfertigung mit Werkstattorganisation ist durch eine Vielzahl individueller Produkte, kleine Losgrößen und komplexe Aufgaben charakterisiert (Slack et al. 2010). Dadurch können Warteschlangen von Aufgaben und Zwischenprodukten vor Arbeitsstationen entstehen (Bitran & Dasu 1992). Liegen mehrere ausführbare Aufgaben vor, haben Arbeitspersonen die Möglichkeit, die Bearbeitungsreihenfolge ihrer zugeordneten Aufgaben in eine individuell präferierte Reihenfolge zu ändern. Unternehmen können dies zulassen, um Arbeitspersonen eine hohe Planungsautonomie als Maßnahme einer humanzentrierten Arbeitsgestaltung einzuräumen (Morgeson & Humphrey 2006). Entscheidet sich ein Unternehmen für eine feste Vorgabe von Bearbeitungsreihenfolgen, weichen Arbeitspersonen häufig dennoch bewusst und aus verschiedenen Gründen davon ab (Gißrau & Rose 2013, Waschneck et al. 2018a). Die Güte einer Reihenfolgeplanung, bspw. in Form einer minimierten Durchlaufzeit, kann sich bereits durch kleine Abweichungen von der Vorgabe stark verschlechtern (Waschneck et al. 2018b). Durch Vorhersage der individuellen Präferenzen von Arbeitspersonen bezüglich der Bearbeitungsreihenfolgebildung lassen

sich diese bei der Generierung eines Plans berücksichtigen. Die Wahrscheinlichkeit starker Abweichungen vom Plan wird verringert. Dadurch lässt sich die Gesamtleistung der Reihenfolgeplanung schwach strukturierter Arbeitsprozesse bei gleichzeitiger Gewährleistung einer hohen Planungsautonomie von Arbeitspersonen optimieren.

Die Vorhersage der von Arbeitspersonen ausgewählten Bearbeitungsreihenfolge lässt sich durch Methoden des Maschinellen Lernens bewerkstelligen. Hierbei handelt es sich um Methoden des *Learning To Rank* (*LTR*). *LTR*-Algorithmen erlernen basierend auf historischen Entscheidungsdaten eine Rangfunktion $f(\boldsymbol{x})$, welche einem durch den Attributvektor $\boldsymbol{x}$ beschriebenen Objekt einen Rang zuordnet (Liu 2007). Durch eine Rangfunktion $f(\boldsymbol{x})$ lässt sich also den in der Warteschlange einer Arbeitsperson vorhandenen und durch den Vektor $\boldsymbol{x}$ jeweils beschriebenen Fertigungsaufgaben ein numerischer Rang zuordnen. Die Bearbeitungsreihenfolge ergibt sich durch Ordnen der Aufgaben entsprechend ihres zugeordneten Rangwerts. Die Attribute des Vektors $\boldsymbol{x}$ umfassen in den meisten Fertigungsbereichen z. B. die Bearbeitungsdauer, die Menge, oder den Liefertermin einer Aufgabe. Abhängig vom betrachteten Arbeitsprozess sind spezifischere Attribute relevant, wie bspw. das Bauteilgewicht oder die Monotonie einer Aufgabe. Sind diese Attribute in den IT-Systemen eines Unternehmens vorhanden, so lassen sie sich in einen Trainingsdatensatz für *LTR*-Algorithmen überführen. Die Parameter der trainierten *LTR*-Modelle spiegeln das Entscheidungsverhalten von Arbeitspersonen wider. Durch nachgelagerte Analyse des individuellen, beschriebenen Verhaltens lassen sich Empfehlungen zur Arbeitssystemgestaltung ableiten.

Der vorliegende Beitrag beschreibt das Training, den Einsatz und die Interpretation individuell trainierter Rangfunktionen $f(\boldsymbol{x})$ zur Vorhersage der von Arbeitspersonen ausgewählten Bearbeitungsreihenfolgen. Das Training der *LTR*-Algorithmen erfolgt auf Basis der Daten eines mittelständischen Unternehmens, welches Hydraulikzylinder produziert (Kapitel 2). Die Vorhersage des Entscheidungsverhaltens erlaubt die Erweiterung des *Flexible Job Shop Scheduling Problems* (*FJSP*) um personenindividuelle Präferenzen bezüglich der Bearbeitungsreihenfolgebildung (Kapitel 3.1). Die Interpretation der trainierten Modelle ermöglicht einen Einblick in das individuelle Entscheidungsverhalten von Arbeitspersonen (Kapitel 3.2). Basierend auf der Erweiterung des *FJSP* und der Modellinterpretation wird die Ableitung von Empfehlungen zur Arbeitssystemgestaltung diskutiert (Kapitel 4).

2. Vorhersage der Bearbeitungsreihenfolgebildung einer Arbeitsperson in einem mittelständischen Unternehmen

Zur Vorhersage der von einer Arbeitsperson ausgewählten Bearbeitungsreihenfolge von Aufgaben wurde der auf *XGBoost* (Chen & Guestrin 2016) basierende *LTR*-Algorithmus *LambdaMART* (Burges 2010) verwendet. Dieser Algorithmus konstruiert mit Hilfe der Eingabedaten eine Menge verschiedener Entscheidungsbäume. Eine Vorhersage wird durch die Menge von Entscheidungsbäumen in Form einer Abstimmung getroffen. Als Anwendungsfall wurde eine Arbeitsperson eines mittelständischen Unternehmens, welches Hydraulikzylinder herstellt, herangezogen. Die betrachtete Arbeitsperson ist für den Vorgang „Loch bohren“ zuständig und bringt täglich die ihr zugeordneten Bohrvorgänge in eine individuell präferierte Reihenfolge. Jeder Bohrvorgang ist durch einen Vektor von Attributen definiert, wie bspw. die Bearbeitungsdauer, der Liefertermin oder die Anzahl an Bohrlöchern. Die für die Arbeitsperson beim Bohrvorgang relevanten Aufgabenattribute wurden in einer Vorstudie erhoben (Herrmann

et al. accepted). Die Daten zu den Vorgängen sind basierend auf der täglichen Rückmeldung der Arbeitsperson aus der Betriebsdatenerfassung erzeugt worden. Das Training des *LambdaMART*-Algorithmus erfolgte mit Hilfe des Python-Pakets XGBoost (XGBoost Python Package 2022). Aus den normalisierten Eingabedaten wurden durch 5x5-fold Nested Crossvalidation insgesamt fünf Testdatensätze sowie 25 Trainings- und Validierungsdatensätze erzeugt. Eine Optimierung der Hyperparameter des *LTR*-Algorithmus erfolgte durch 100 Trainingsdurchläufe mit zufällig gewählten Hyperparametern und der Auswahl des leistungsfähigsten Vorhersagemodells.

3. Ableitung arbeitsorganisatorischer Gestaltungsempfehlungen

3.1 FJSP mit individuellen Präferenzen zur Bearbeitungsreihenfolgebildung

Gegeben seien eine Menge von Fertigungsaufträgen J, eine Menge von Vorgängen O und eine Menge von Ressourcen R (im vorliegendem Fall: Arbeitspersonen). Jeder Fertigungsauftrag $j \in J$ besteht aus n_j Vorgängen in O, welche gemäß ihrer technologischen Reihenfolge abzuarbeiten sind. Ein Vorgang i lässt sich demnach erst beginnen, wenn alle technologischen Vorgänger $PR(i)$ abgeschlossen sind. Außerdem lässt sich ein Vorgang i nur einer Teilmenge von Ressourcen $R_i \subseteq R$ zuordnen. Die Bearbeitungsdauer p_i^k eines von Ressource k durchgeführten Vorgangs i ist konstant. Die optimale Zuordnung ergibt sich aus der Optimierung eines ein- oder mehrkriteriellen Systems von Zielfunktionen (z. B. die Minimierung der Durchlaufzeit und des Inventarlevels). Diese Formulierung entspricht der klassischen Formulierung des *FJSP* (Dauzère-Pérès et al. 2024).

Das *FJSP* wird erweitert: Jeder Vorgang i ist durch einen Vektor von m Attributen charakterisiert $\boldsymbol{x}_i = \{x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^m\}$ und eine Teilmenge der Ressourcen $R^A \subseteq R$ ist autonom hinsichtlich der Bildung von Bearbeitungsreihenfolgen. Für jede autonome Ressource $k \in R^A$ ist eine individuelle Planungsstrategie $f_k(\boldsymbol{x}_i)$ zur Reihenfolgebildung der ihr zugeordneten Vorgänge gegeben. Abbildung 1 stellt eine Instanz des durch individuelle Präferenzen bezüglich der Bearbeitungsreihenfolgebildung erweiterten *FJSP* dar. Der Vorgang 1 in der Warteschlange von Ressource 1 (bzw. Arbeitsperson 1) ist durch die Attribute „Dauer“, „Priorität“ und „Menge“ beschrieben. Die individuellen Planungsstrategien zur Bearbeitungsreihenfolgebildung der Ressourcen 1, 3 und 5 sind durch die Funktionen f_1, f_3 und f_5 gegeben.

Die hier definierte Variante des *FJSP* erlaubt die Ableitung von Gestaltungsempfehlungen zur Maximierung der Gesamtleistung des Systems: (1) die Zuordnung von Vorgängen und Vorgangsreihenfolgen zu nicht-autonomen Arbeitspersonen, (2) die Zuordnung von Vorgängen zu autonomen Arbeitspersonen, (3) die Anpassung der Werte in den Attributvektoren $\boldsymbol{x}_i$ von Vorgängen zur Minimierung der Durchlaufzeit und (4) die Ausgestaltung der individuellen Planungsstrategien zur Bearbeitungsreihenfolgebildung f_k von autonomen Arbeitspersonen.

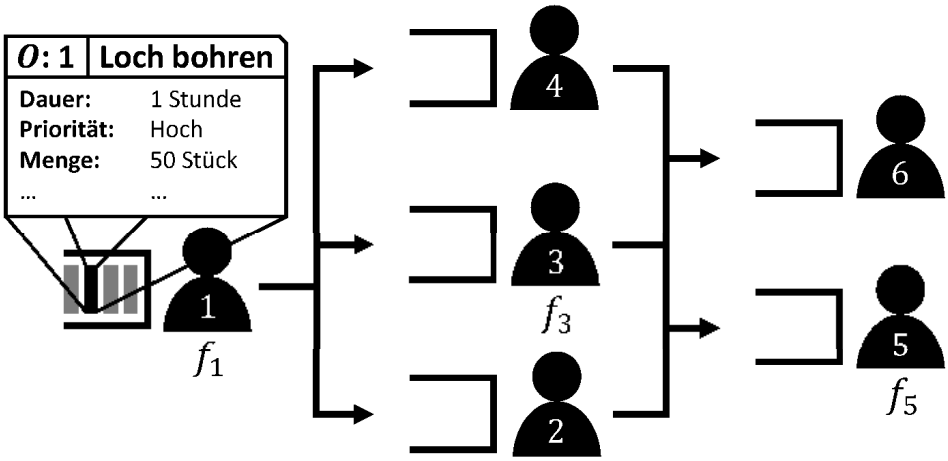


***Abbildung 1**: Visuelle Darstellung des durch individuelle Präferenzen bezüglich der Bearbeitungsreihenfolgebildung erweiterten FJSP.*

3.2 Interpretation der Rangfunktion

Durch das Training der Parameter des *LambdaMART*-Algorithmus ergibt sich ein konkretes Vorhersagemodell. Die Interpretation des Modells mit Hilfe der in Molnar (2020) vorgestellten Methoden der erklärbaren künstlichen Intelligenz gewährt Einblicke in das Entscheidungsverhalten einer Arbeitsperson.

Die Gewichtung der Aufgabenattribute bei der Bildung von Bearbeitungsreihenfolgen lässt sich durch die *Permutation Feature Importance* berechnen. Hierbei wird der Wert eines Attributs über alle Testinstanzen im Testdatensatz zufällig vertauscht. Der Testdatensatz besteht aus einer Teilmenge von Instanzen, welche nach dem 5x5-fold Nested Crossvalidation-Verfahren aus dem Gesamtdatensatz ausgewählt wurden. Anschließend wird die dadurch entstehende Differenz zwischen der ursprünglichen und der sich nach Vertauschung ergebenden Vorhersagegenauigkeit summiert. Abbildung 2 illustriert die Gewichtung einzelner Aufgabenattribute bei der Auswahl der Bearbeitungsreihenfolge durch die Arbeitsperson. Mit einem Anteil von 16 % beeinflusst die Dauer der Aufgabe die Auswahl am stärksten. Darauf folgen mit 14 % und 12 % die Dringlichkeit und die Menge. Insgesamt ist die Gewichtung der Aufgabenattribute annähernd gleichverteilt. Dies weist darauf hin, dass jedes der Aufgabenattribute zur Vorhersagegenauigkeit des Modells beiträgt.

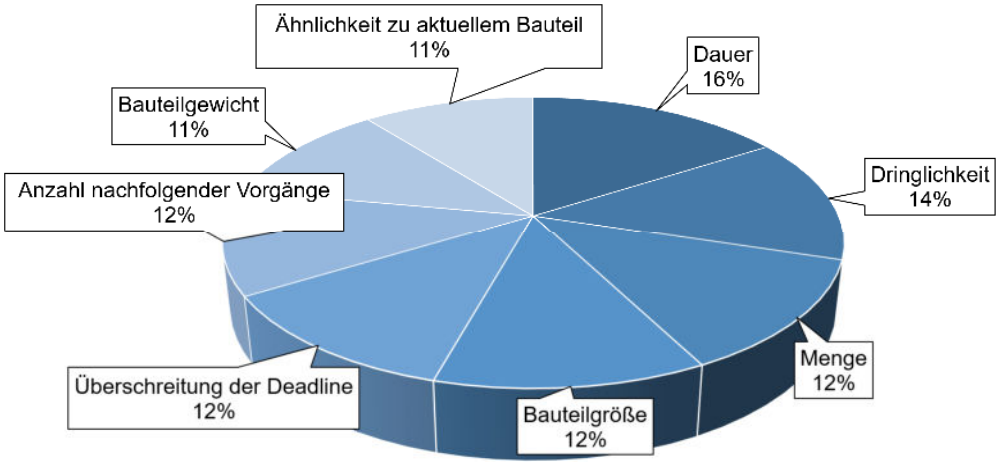


***Abbildung 2**: Gewichtung der Aufgabenattribute bei der Auswahl der Bearbeitungsreihenfolge von Bohrvorgängen durch die Arbeitsperson.*

Eine tiefergehende Analyse der Präferenzen einer Arbeitsperson ermöglicht die Visualisierung des Einflusses von Aufgabenattributen auf den Rang einer Aufgabe innerhalb der Bearbeitungsreihenfolge. Hierfür werden für die betrachteten Attribute *Partial Dependence Plots* gebildet. In einem zwei- oder dreidimensionalen Graph lässt sich der funktionale Zusammenhang zwischen dem gesamten Wertebereich eines oder zwei betrachteter Attribute und dem Output der trainierten Rangfunktion $f_k(\boldsymbol{x})$ darstellen. Dabei werden alle nicht-betrachteten Attribute im Vektor $\boldsymbol{x}$ null (oder eins) gesetzt und das betrachtete Attribut zwischen null und eins variiert. Abbildung 3 zeigt den Output der Rangfunktion einer Arbeitsperson k in Abhängigkeit der Bearbeitungsdauer (links) sowie der Bearbeitungsdauer und des Bauteilgewichts (rechts) (alle anderen Attribute wurden gleich null gesetzt). Der Rang einer Aufgabe ist gemäß dem linken Graphen höher, je länger die Bearbeitung der Aufgabe dauert. Dieser Verlauf ist gemäß dem rechten Graphen umso stärker, je geringer das Bauteilgewicht ist. Es liegt also eine Abhängigkeit zwischen den Attributen Gewicht und Dauer vor.

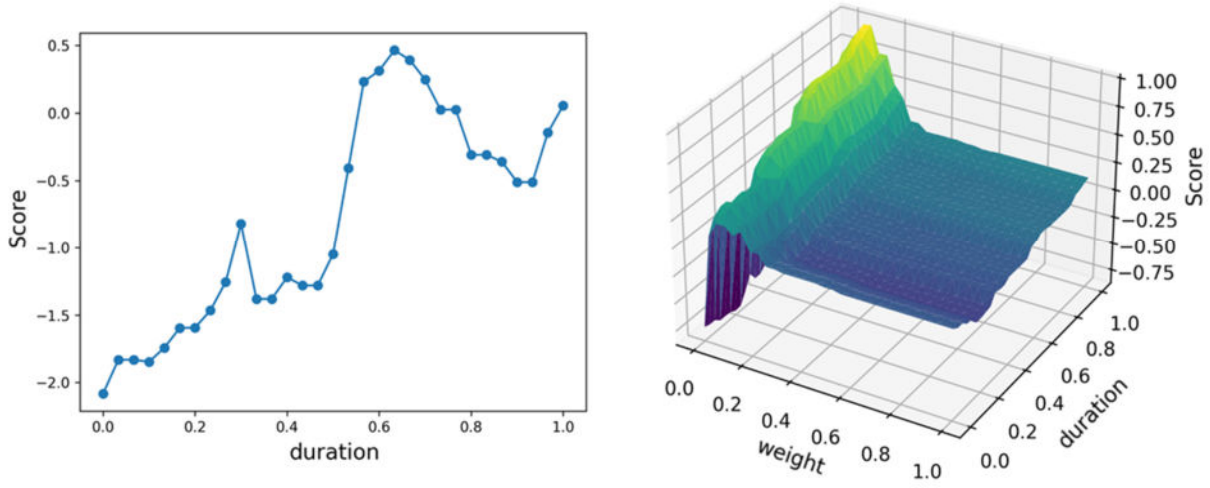


***Abbildung 3**: Output der Rangfunktion $f_k(\boldsymbol{x})$ einer Arbeitsperson k in Abhängigkeit der Bearbeitungsdauer (links) sowie der Bearbeitungsdauer und des Bauteilgewichts (rechts) (alle anderen Attribute wurden gleich null gesetzt).*

4. Diskussion und Ausblick

Eine Vorhersage der Entscheidungen einer Arbeitsperson bezüglich der Bearbeitungsreihenfolgebildung mit Hilfe einer durch einen *LTR*-Algorithmus trainierten Rangfunktion ermöglicht (1) die Berücksichtigung des Entscheidungsverhaltens bei der Generierung eines Plans, (2) die Identifikation der individuellen Gewichtung von Aufgabenattributen sowie (3) die Analyse des Einflusses von Aufgabenattributen auf den Rang einer Aufgabe innerhalb der Bearbeitungsreihenfolge. Unternehmen können den Einfluss von Aufgabenattributen auf die Gesamtleistung des Systems analysieren und Attribute mit negativem Einfluss anpassen. Hat bspw. die Bauteilgröße aufgrund vorherrschender Platzprobleme in der Fertigung einen negativen Einfluss auf die Bearbeitungsreihenfolgebildung, so lässt sich der Einfluss dieses Attributs durch arbeitsgestalterische Maßnahmen eliminieren. Außerdem lassen sich Strategien zur Bearbeitungsreihenfolgebildung durch die beschriebene Modellinterpretation verstehen. Das Wissen über erfolgreiche Strategien kann an unerfahrene Arbeitspersonen in Schulungen weitergegeben werden.

Eine Herausforderung bei der Verwendung der aufgezeigten Interpretationsverfahren ist die Komplexität und Vielfältigkeit der resultierenden Gewichtung von Aufgabenattributen und Partial Dependence Plots. Die individuelle Gewichtung von Aufgabenattributen hängt stark vom Trainingsprozess und dem gewählten Vorhersagemodell ab. Der Kurvenverlauf im Partial Dependence Plot in Abbildung 3 (links) ist nicht monoton-wachsend, wodurch sich der Effekt der Dauer einer Aufgabe auf den Rang nicht einfach ausdrücken lässt. Außerdem resultieren verschiedene und teilweise entgegengesetzte Partial Dependence Plots aus verschiedenen Trainingsdurchläufen für dasselbe Attribut aufgrund des stochastischen Trainingsprozesses von *LTR*-Algorithmen.

Die in diesem Beitrag vorgestellten Verfahren zur Nutzung und Interpretation von personenindividuellen Rangfunktionen der Bearbeitungsreihenfolgebildung werden in Zukunft mit anderen *LTR*-Algorithmen und Datensätzen getestet. Basierend darauf wird eine Systematik zur Ableitung von Empfehlungen zur Arbeitssystemgestaltung in der Kleinserien- und Einzelfertigung entwickelt.

5. Literatur

Bitran GR, Dasu S (1992) A review of open queueing network models of manufacturing systems. Queueing Systems 12 (1-2): 95–133. https://doi.org/10.1007/BF01158637.

Burges CJC (2010) From ranknet to lambdarank to lambdamart: An overview. Learning 11 (23-581): 81.

Chen T, Guestrin C (2016) Xgboost: A scalable tree boosting system. Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining: 785–794. https://doi.org/10.1145/2939672.2939785.

Dauzère-Pérès S, Ding J, Shen L, Tamssaouet K (2024) The flexible job shop scheduling problem: A review. European Journal of Operational Research 314 (2), 409–432. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.05.017.

Gißrau M, Rose O (2013) Practical assessment of a combined dispatching policy at a high-mix low-volume asic facility. 2013 Winter Simulations Conference (WSC), IEEE: 3745–3755. https://doi.org/10.1109/WSC.2013.6721734.

Herrmann J-P, Tackenberg S, Burgert F, Nitsch V (accepted) Influencing factors on worker task sequencing decisions in a medium-sized hydraulic cylinder manufacturer. Proceedings of the 6th International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing.

Liu T-Y (2007) Learning to Rank for Information Retrieval. FNT in Information Retrieval 3 (3): 225–331. https://doi.org/10.1561/1500000016.

Molnar C (2020) Interpretable Machine Learning. Online verfügbar unter https://christophm.github.io/interpretable-ml-book/, zuletzt geprüft am 13.01.2025.

Morgeson FP, Humphrey SE (2006) The Work Design Questionnaire (WDQ): developing and validating a comprehensive measure for assessing job design and the nature of work. Journal of applied psychology 91 (6): 1321–1339. https://doi.org/10.1037/0021-9010.91.6.1321.

Slack N, Chambers S, Johnston R (2010) Operations Management: Pearson Education.

Waschneck B, Altenmüller T, Bauernhansl T, Kyek A (2018a) Case Study on Operator Compliance to Scheduling Decisions in Semiconductor Manufacturing. 2018 IEEE 14th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE), IEEE: 649–652. https://doi.org/10.1109/COASE.2018.8560395.

Waschneck B, Reichstaller A, Belzner L, Altenmüller T, Bauernhansl T, Knapp A, Kyek A (2018b) Optimization of global production scheduling with deep reinforcement learning. Procedia CIRP 72: 1264–1269. https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.212.

XGBoost Python Package (2022) Online verfügbar unter https://xgboost.readthedocs.io/en/stable/python/index.html, zuletzt geprüft am 09.01.2025.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Eine Prozessanalyse zur Zeitdatenermittlung in der Produktion

Florian BULANDER[1], Lars RUHBACH[2]

[1] Industrial Engineering, CLAAS Saulgau GmbH, Zeppelinstraße 2, D-88348 Bad Saulgau
[2] Maschinenbau, DHBW Ravensburg-Friedrichshafen, Fallenbrunnen 2, D-88045 Friedrichshafen

Kurzfassung: In der vorliegenden Arbeit wird die Erhebung von Arbeitsablaufzeitdaten in der Produktion analysiert, um Optimierungspotenziale im Erfassungsprozess zu identifizieren. Durch eine Unternehmensumfrage werden die wichtigsten Auslöser und Ziele der Zeiterfassung ermittelt. Die Prozessschritte werden systematisch visualisiert und Verantwortlichkeiten wie Abläufe transparent dargestellt. Die Untersuchung zeigt, dass durch die Reduzierung und Eliminierung von nicht-wertschöpfenden Prozessschritten die Effizienz gesteigert und Ressourcen für produktive Tätigkeiten freigesetzt werden können. Diese Arbeit bietet eine Grundlage für weiterführende Forschung zur ganzheitlichen Optimierung von Arbeitsabläufen.

Schlüsselwörter: Industrial Engineering, Zeitwirtschaft, Arbeitsabläufe, Prozessanalyse, Wertschöpfung

1. Motivation

Wertschöpfung bedeutet, den Wert der herzustellenden Produkte durch Arbeitsabläufe entsprechend den Kundenanforderungen zu steigern. Prozesse, die keinen Wertzuwachs für den Kunden beinhalten, werden als Verschwendung klassifiziert. Das Ziel einer jeden Unternehmung ist es, den Anteil der wertschöpfenden Arbeit zu steigern. (REFA-Institut 2021) Spätestens seit der Einführung der Massenproduktion bei Ford und der damit verbundenen Teilung von Wissens- und Montagearbeit ist die Bedeutung und der Anteil von indirekter Arbeit gestiegen. (Womack, Roos & Jones 1991) Obwohl für den Kunden indirekte Tätigkeiten ausschließlich verschwenderische Arbeit am Produkt bedeuten, war die Arbeitsteilung für die Massenproduktion ein essenzieller Schritt zum Erfolg und schlussendlich auch ein Nutzen für den Kunden. Die strikte Teilung von Wissens- und Produktionsarbeit wird zwar mit der Lean Philosophie durch Einbeziehen der Werker zur Problemlösung auf dem Shopfloor überarbeitet, bleibt jedoch weiter notwendig und sollte daher ähnlich einem Produktionsprozess auf Wertschöpfung und Verschwendung geprüft und verbessert werden. Ein Beispiel für indirekte Arbeit ist die Zeiterfassung von Arbeitsablaufzeitdaten durch den Industrial Engineer. Arbeitsablaufzeitdaten stellen eine bedeutsame Grundlage für die Entscheidungsfindung in Unternehmen dar. Trotz ihrer zentralen Bedeutung wird ihre Erhebung häufig vernachlässigt oder nur oberflächlich durchgeführt. Ein wesentlicher Grund dafür liegt im erheblichen Aufwand dieser indirekten Arbeit. Für jede aufgenommene Stunde Arbeit fallen durchschnittlich drei Stunden Bearbeitungszeit für den Industrial Engineer an, unabhängig von der angewendeten Methode (Bulander, Ruhbach &

Gamber 2024). Wenn Unternehmen sich aufgrund der Relevanz der Arbeitsablaufzeitdaten dazu entschließen, diese systematisch zu erfassen, ist es entscheidend, dass die Ressourcen effizient genutzt werden. Hierbei kommen der Gestaltung und Optimierung des Erfassungsprozesses eine entscheidende Rolle zu. Es gibt aktuell einige Aktivitäten im Forschungskontext zu neuen Methoden der Zeitdatenerfassung. Die angestrebten Verbesserungen in der aktuellen Forschungsarbeiten beziehen sich jedoch hauptsächlich auf den Teil der Ermittlung, nicht jedoch auf vor- und/oder nachgelagerte Prozessschritte. Sie bilden somit nur einen Teilbaustein der Zeitdatenermittlung ab. Um Ermittlungen von Arbeitsablaufzeitdaten zu verbessern, bedarf es aus Sicht der vorliegenden Arbeit einer ganzheitlichen Betrachtung des Unternehmensprozesses sowie seiner Schnittstellen. Ziel dieser Arbeit ist es, Optimierungspotenziale dieser indirekten Arbeit transparent zu machen, die sowohl die Effizienz der Datenerhebung steigern als auch die Qualität der gewonnenen Daten verbessern können. Diese Arbeit schafft zudem eine Grundlage für weiterführende Forschungsansätze.

2. Der Prozess der Zeitdatenermittlung

Die Ermittlung der Arbeitsablaufzeitdaten ist für die Gestaltung von betrieblichen Arbeitsabläufen essenziell. Diese kann über unterschiedliche Methoden erfolgen, welche dem Verwendungszweck entsprechend ausgewählt werden sollten. Die Datenermittlung kann hierbei auf der Basis von Ist-Zeiten oder Soll-Zeiten beruhen (Lotter, Deuse & Lotter 2016).

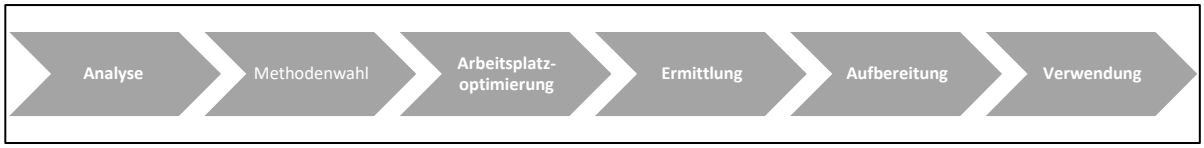


***Abbildung 1**: Prozesskette der Zeitwirtschaft in Anlehnung an (Lotter, Deuse & Lotter 2016).*

Während sich die Prozesskette der Zeitwirtschaft nach Lotter et al. von der Ermittlung, über die Aufbereitung bis hin zur Verwendung erstreckt, sieht der Idealprozess im betrachteten Unternehmen vor, eine Analyse mit Methodenwahl sowie eine Arbeitsplatzoptimierung voranzustellen. (Lotter, Deuse & Lotter 2016) Diese vorgelagerten Schritte sind in der REFA-Standard Arbeitsdatenermittlung ebenfalls beschrieben. (REFA-Institut 2021) Die Verwendung der ermittelten Daten wird um die Übertragung erkannter Potenziale während der Ermittlung ergänzt. (siehe Abbildung 1)

3. Unternehmensumfrage zum Prozess der Zeitdatenermittlung

Eine Unternehmensumfrage in einem weltweit agierenden Konzern des produzierenden Gewerbes ergab, welche Ereignisse eine Zeitdatenermittlungen veranlassen und welche Ziele sie verfolgen. Die Umfrage hat international bei zehn eigenständigen Produktionsstandorten stattgefunden. Das befragte Unternehmen beschäftigt über alle Standorte im Geschäftsjahr 2024 11.905 Mitarbeitende. (CLAAS 2024) Sie bestätigt zum einen den in Abbildung 1 dargestellten Prozess und gibt zum anderen folgende Ereignisse an, welche zur Zeitdatenermittlung führen.

Tabelle 1: *Initiale Ereignisse zur Ermittlung von Arbeitsablaufzeitdaten.*

Initiales Ereignis	Verantwortungs-bereiche	Anforderungs-bereiche	Ziel der Ermittlung
Neues Produkt	Produkt-entwicklung	Produktkosten-controlling / Fertigung	Preiskalkulation / Fertigungskonzept
Technische Änderung an bestehenden Produkten	Produkt-entwicklung	Produktkosten-controlling / Fertigung	Preiskalkulation / Anpassung vom Fertigungskonzept
Veränderung im Arbeitsablauf durch Methode	Fertigung / Industrial Engineering	Produktkosten-controlling / Fertigung	Rationalisierung / Anpassung der Kapazitätsplanung
Veränderung im Arbeitsablauf durch Betriebs-bzw. Arbeitsmittel	Fertigung / Industrial Engineering	Produktkosten-controlling / Fertigung	Rationalisierung / Anpassung der Kapazitätsplanung
Veränderung im Arbeitsablauf durch Layout	Fertigung / Industrial Engineering	Produktkosten-controlling / Fertigung	Rationalisierung / Anpassung der Kapazitätsplanung
Validierung der Arbeitsablaufzeitdaten über den Produktlebenszyklus	Industrial Engineering	Fertigung	Bestätigung der aktuellen Kapazitätsplanung

Diese Daten können sowohl auf Basis von Ist- als auch Soll-Zeiten ermittelt werden, wobei verschiedene Methoden zum Einsatz kommen. In der vorliegenden Arbeit werden die in Tabelle 2 aufgeführte Methoden mit Ihrer Ausführung betrachtet, da diese hauptsächlich im Unternehmen verwendet werden.

Tabelle 2: *Methoden zur Ermittlung von betrieblichen Zeiten nach Unternehmensumfrage in Anlehnung an (REFA-Institut 2021).*

	Methode	Verwendete Ausführung
IST-Zeiten erfassen	Zeiten durch Messen erfassen	REFA-Zeitstudie
SOLL-Zeiten bestimmen	Zeiten durch Vergleichen und Schätzen ermitteln (V&S)	Angleichen an bestehende Teilefamilien
SOLL-Zeiten bestimmen	Systeme vorbestimmter Zeiten (SvZ)	MTM-UAS

4. Wertschöpfung und Verschwendung in indirekten Prozessen

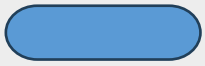
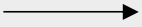
Die Identifikation und Beseitigung von Verschwendung in indirekten Prozessen sind schwieriger als in direkten Arbeitsabläufen. Um Verbesserungen in administrativen Bereichen zu erzielen, muss das Ziel dieser Abläufe klar definiert werden. Wenn das

Ziel nicht direkt mit dem Endkunden in Verbindung gebracht werden kann, ist es hilfreich, den internen Kunden zu bestimmen und die erbrachte Leistung zu definieren. Alle Tätigkeiten und Prozesse, die zur Erbringung dieser Leistung beitragen, sind wertschöpfend und sollten maximiert werden. Diese Betrachtungsweise hilft, die Effizienz indirekter Prozesse zu steigern und letztlich den Gesamtwert für den Endkunden zu erhöhen.

5. Identifikation von Verschwendungstypen in der Erfassung von Arbeitsablaufzeitdaten in der manuellen Produktion

Das Swimlane-Diagramm, bietet eine ganzheitliche Abbildung des Prozesses zur Erfassung von Arbeitsablaufzeitdaten. Es zeigt, wer in welcher Phase welche Aufgaben erfüllt und Entscheidungen trifft, und stellt die Reihenfolge der Aktivitäten dar. Diese Visualisierung trägt zur klaren Kommunikation von Verantwortlichkeiten bei und erleichtert das Verständnis des Ablaufs. Engpässe können leichter identifiziert werden, und es entsteht die Möglichkeit, Teilprozesse detailliert zu hinterfragen und zu optimieren. Die Untersuchung der Verschwendungstypen in diesen Prozessen ermöglicht es, gezielte Verbesserungsmaßnahmen zu ergreifen. Durch die Verwendung spezifischer Symbole wird der Prozess transparent dargestellt, was zur Effizienzsteigerung beiträgt. (Miro, 2025). Für den Visualisierungsprozess wurden folgende fünf verschiedene Symbole verwendet.

Tabelle 3: *Symbolverwendung in vorliegendem Swimlane Diagramm.*

Symbol	Bedeutung
	Start - Endpunkt
	Aufgabe
	Aufgabe als Unterstützung
	Entscheidung
	Verbindungspfeil
	In Verbindung mit… Pfeil
	Verbesserungspotenzial

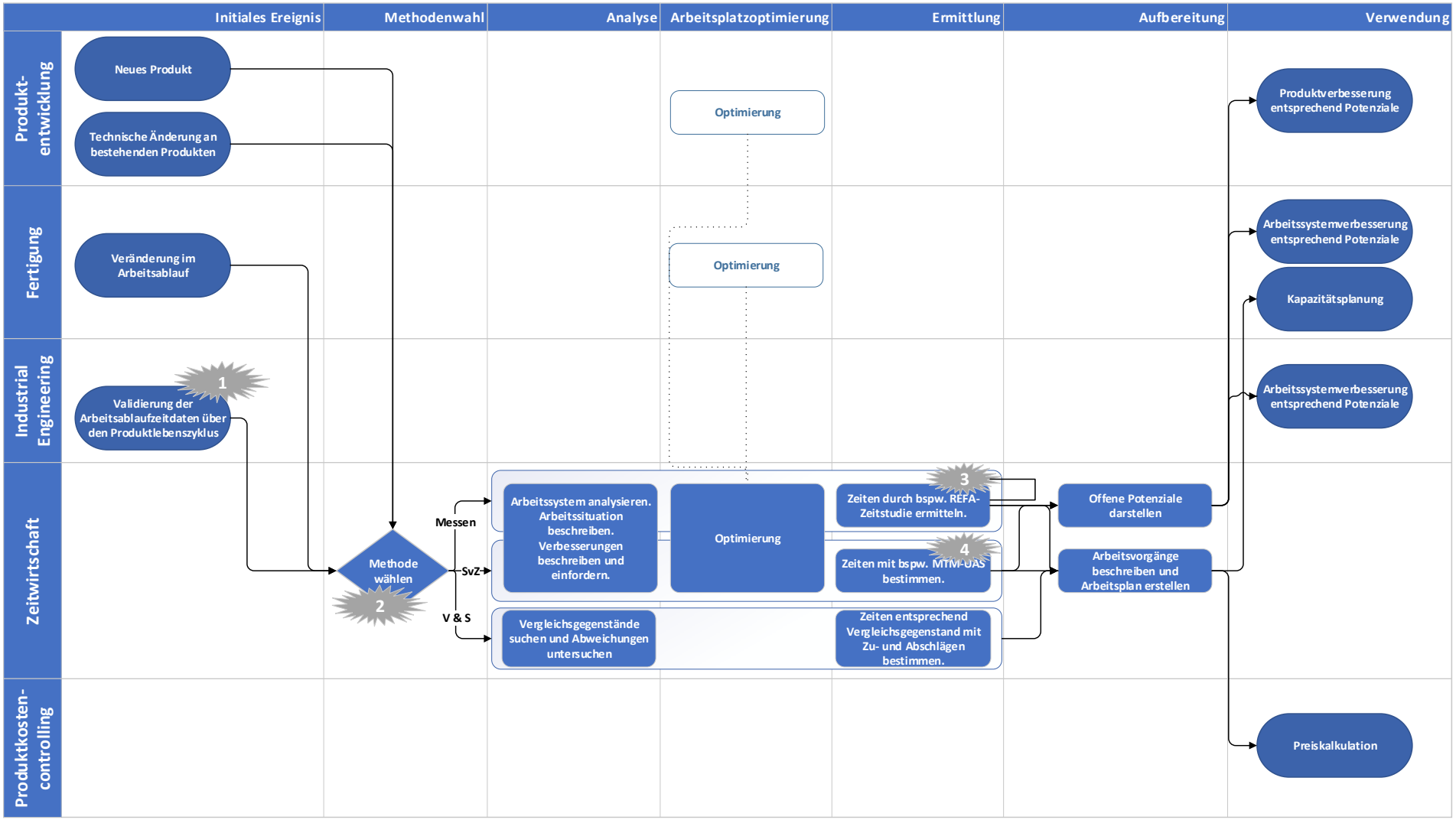


***Abbildung 2**: Swimlane Diagramm zur Erfassung von Arbeitsablaufzeitdaten.*

Tabelle 4: *Verbesserungspotenziale.*

	Ziel	Beschreibung
Verbesserungs-potenzial 1	eliminieren	Arbeitszeitdaten sollten nicht strikt zyklisch durch eine Ermittlung validiert werden, sondern nach Bedarf. (Potenzial eröffnet neues Forschungsfeld)
Verbesserungs-potenzial 2	reduzieren	Die Methodenauswahl kann mit Hilfe des Modells zur Relevanz der Arbeitsablaufzeitdaten unterstützt werden. (Bulander, Ruhbach, & Gamber, 2024)
Verbesserungs-potenzial 3	reduzieren	Zeitdatenerfassung kann mit Hilfe neuer Technologien wie bspw. VR/AR verbessert werden. (Zoller, 2022)
Verbesserungs-potenzial 4	reduzieren	Mit Hilfe neuer Technologien können Zeitdaten künftig mit SvZ bspw. über Motion Capturing automatisiert bestimmt werden. (TU Dortmund, 2024)

6. Fazit

Die Reduzierung und Eliminierung von Prozessschritten mit Potenzial zur Verschwendung ermöglicht eine effizientere Nutzung der Ressourcen von Industrial Engineers. Dies führt zu einer erhöhten Wertschöpfung für den Endkunden. Der erhebliche Aufwand in der Ermittlung rechtfertigt die Forschungsaktivitäten in dieser Phase, doch auch vorgelagerte Prozesse sollten untersucht werden. Die frühzeitige Identifizierung und Beseitigung unnötiger Schritte machen den gesamten Prozess schlanker und effizienter, was zu einem höheren Mehrwert für den Endkunden führt.

7. Literatur

Bulander, F., Ruhbach, L., & Gamber, T. (2024). Arbeitsablaufzeitdaten als Erfolgsfaktor in produzierenden Unternehmen. Frühjahreskonferenz 2024: Arbeitswissenschaft in-the-loop: Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung. Stuttgart: GfA Sankt Augustin: 1-6.

CLAAS. (2024). CLAAS Geschäftsbericht. Harsewinkel: CLAAS KGaA mbH. 30.

Lotter, B., Deuse, J., & Lotter, E. (2016). Die Primäre Produktion. Dortmund: Springer Vieweg. 189-201.

Miro. (02. 01 2025). Miro – Swimlane Diagramme. Von https://miro.com/de/flussdiagramm/was-ist-ein-swimlane-diagramm/ abgerufen.

REFA-Institut. (2021). REFA-Grundausbildung 4.0 - Begriffe und Formeln. Dortmund: HANSER. 7-10 & 86.

TU Dortmund. (04. 04 2024). Institut für Produktionssysteme. Von https://ips.mb.tu-dortmund.de/forschen-beraten/forschungsprojekte/haawai/ abgerufen.

Womack, J., Roos, D., & Jones, D. (1991). Die zweite Revolution in der Autoindustrie. Frankfurt/New York: Campus Verlag. 35-37.

Zoller, H. R. (14. 01 2022). Virtual Reality in der Montageplanung. WT Werkstatttechnik BD, S. 587-590.

Einfluss passiver Exoskelette auf Hand-Arm-Vibrationen

Benjamin ERNST[1,3], Elke OCHSMANN[2,3]

[1] Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin
[2] Institut für Arbeitsmedizin und Public Health, Universität des Saarlandes, Kirrberger Straße 100, D-66424 Homburg
[3] Institut für Arbeitsmedizin, Prävention und Betriebliches Gesundheitsmanagement, Universität zu Lübeck, Ratzeburger Allee 160, D-23538 Lübeck

Kurzfassung: Die Interaktion von Exoskeletten und vibrierenden Maschinen ist bislang noch nicht bekannt. Aus diesem Grund wurden zwei passive Exoskelette beim Arbeiten mit einer Bohrmaschine und einer Schleifmaschine untersucht. 30 Versuchsteilnehmer führten mit und ohne Exoskelett Tätigkeiten in vertikaler Richtung nach oben an einer Holzplatte durch. Gemessen wurde die Vibrationsimmission an den Griffen der Maschinen, die Vibrationsübertragung auf die Handgelenke und die resultierende Vorschubkraft. Die Vibrationsexposition der Bohrmaschine erhöhte sich mit einem Exoskelett, die Vibrationsübertragung auf das Handgelenk und die resultierende Vorschubkraft blieben weitestgehend unverändert. Exoskelette können mit einem starken Unterstützungsmoment eine erhöhte Vibrationsexposition bewirken.

Schlüsselwörter: Hand-Arm-Vibration, Exoskelette

1. Einleitung

Exoskelette können an einer Vielzahl von Arbeitsplätzen eingesetzt werden. Das gilt auch für Arbeitsbereiche, in denen gleichzeitig vibrierende Maschinen zum Einsatz kommen. Die Auswirkung beim Tragen von passiven Exoskeletten auf die Vibrationsbelastung und Übertragung auf das Hand-Arm-System wurde bisher nicht systematisch untersucht (Dong et al. 2021). In diesem Zusammenhang sind besonders Exoskelette zu berücksichtigen, die auf das Hand-Arm-System oder auf die Maschine selbst unmittelbar einwirken. Eine Untersuchung von McDowell et al. (2016) zeigte auf, dass Exoskelette, die als Unterstützungsarm das Gewicht der Maschine tragen, zu einer Minderung der Vibrationsexposition führen. Am Körper getragene Exoskelette werden jedoch flächendeckender eingesetzt und kommen unabhängig von der Verwendung von vibrierenden Geräten oder Maschinen zum Einsatz. Für diese liegen bislang nur weniger Informationen vor.

In dieser experimentellen Untersuchung sollten daher passive Exoskelette, die die obere Extremität unterstützen sollen, in Bezug auf ihre Wirkung auf Hand-Arm-Vibrationen untersucht werden.

2. Methodik

Die Wirkung zweier passiver Exoskelette wurde exemplarisch bei typischen Tätigkeiten mit zwei unterschiedlichen vibrierenden Maschinen auf Schulterniveau in vertikaler Arbeitsrichtung nach oben hinsichtlich der Vibrationsbelastung, der Vibrationsübertragung und der resultierenden Vorschubkraft untersucht.

Bei den Exoskeletten handelte es sich um das ShoulderX von SuitX und das Paexo von Ottobock. Für beide Exoskelette wurde für die Untersuchung ein konstantes, maximal einstellbares Unterstützungsmoment bei allen Teilnehmenden eingestellt, um eine worst-case Betrachtung der Exoskelette in Bezug auf potentielle Vibrationsgefährdungen zu simulieren.

Bei den vibrierenden Maschinen handelte es sich um eine Schlagbohrmaschine (Typ: GSB 16 RE, Hersteller: Robert Bosch GmbH) bei ausgeschalteter Schlagfunktion und einer Schwingschleifmaschine (Typ: PSS 250 AE, Hersteller: Robert Bosch GmbH). Beide Maschinen können für Arbeiten auf und über Schulterniveau eingesetzt werden und weisen einen Vibrationswert von > 1,5 m/s^2 auf, wodurch die Betrachtung des Übertragungsverhaltens auf das Handgelenk ermöglicht wird.

Eine vorab durchgeführte Power-Analyse, basierend auf den Ergebnissen von Wakula et al. (2019), führte zu der angestrebten Stichprobe von 30 Personen.

Die Teilnehmenden sollten mit der Bohrmaschine und einem 6 mm Holzspiralbohrer nacheinander neun Löcher in vertikaler Richtung nach oben in eine 10 mm dicke Eichenholzplatte bohren. Mit der Schleifmaschine sollten die Teilnehmenden für 90 s die Holzoberfläche schleifen. Die Expositionszeit orientierte sich an der mittleren Expositionszeit für Untersuchungen von quasi-isometrischen Überkopfarbeiten mit Exoskeletten nach De Bock et al. (2022). In einer vorab durchgeführten Testmessung wurde ermittelt, wie viele Bohrlöcher zum Erreichen der 90 s durchschnittlich gebohrt werden müssen.

Zur Erfassung der Vorschubkraft nach DIN 45679 (2013) standen die Teilnehmenden während der Tätigkeiten auf einer Kraftmessplatte (Eigenbau des IFA und des Instituts für Spannende Fertigung der Universität Dortmund).

Jeder Teilnehmende führte mit und ohne Exoskelette die Tätigkeiten mit den beiden Maschinen durch. Die Reihenfolge der Tätigkeiten erfolgte randomisiert, um Testungseffekten entgegenzuwirken.

Die Beschleunigungsaufnehmer zur Messung der Vibrationen wurden nach DIN EN ISO 28927-3 (2010), DIN EN ISO 28927-5 (2015) und DIN EN ISO 5349 Teil 1 (2001) und Teil 2 (2015) an den Maschinen und nach Witte et al. (2023) an den Handgelenken befestigt. Die Messkette zur Vibrationserfassung entsprach den Anforderungen der DIN EN ISO 8041-1 (2017). Da die Maschinen mit beiden Händen gegriffen werden, wurde an beiden Maschinengriffen und Handgelenken Beschleunigungsaufnehmer angebracht. Die Ermittlung des Übertragungsquotienten erfolgte nach Welcome et al. (2015).

Zur Nutzung des optimalen Unterstützungsmoments der Exoskelette, wurden Arbeiten ausgeführt, bei denen sich die Hände auf und über Schulterniveau befanden. Die Höhe der Holzplatte wurde an die Schulterhöhe der Teilnehmenden angepasst, um eine standardisierte Schulterflexion von 90° bei allen Teilnehmenden während der Tätigkeiten zu erreichen.

Die statistische Auswertung erfolgte anhand von verbundenen t-test über SPSS Statistics 26 (IBM).

3. Ergebnisse

Beim Tragen des Exoskelett ShoulderX war der Schwingungsgesamtwert a_{hv} an der Bohrmaschine am rechten (t = 2,755, p < 0.05) und linken (t = 2,655, p < 0.05) Handgriff signifikant höher als bei der Tätigkeit ohne Exoskelett (siehe Abbildung 1). An den Handgelenken wurde ausschließlich an der linken Körperseite ein höherer Vibrationswert (t = 2,507, p < 0.05) beim Tragen des ShoulderX mit der Bohrmaschine im Vergleich zu der Tätigkeit ohne Exoskelett gemessen.

Bei den Tätigkeiten mit der Schleifmaschine unterschieden sich die Vibrationswerte an den Griffen und Handgelenken mit und ohne Exoskelette nicht. Mit Paexo wurden keine Veränderungen der Vibrationswerte im Vergleich zu der Ausführung ohne Exoskelett festgestellt.

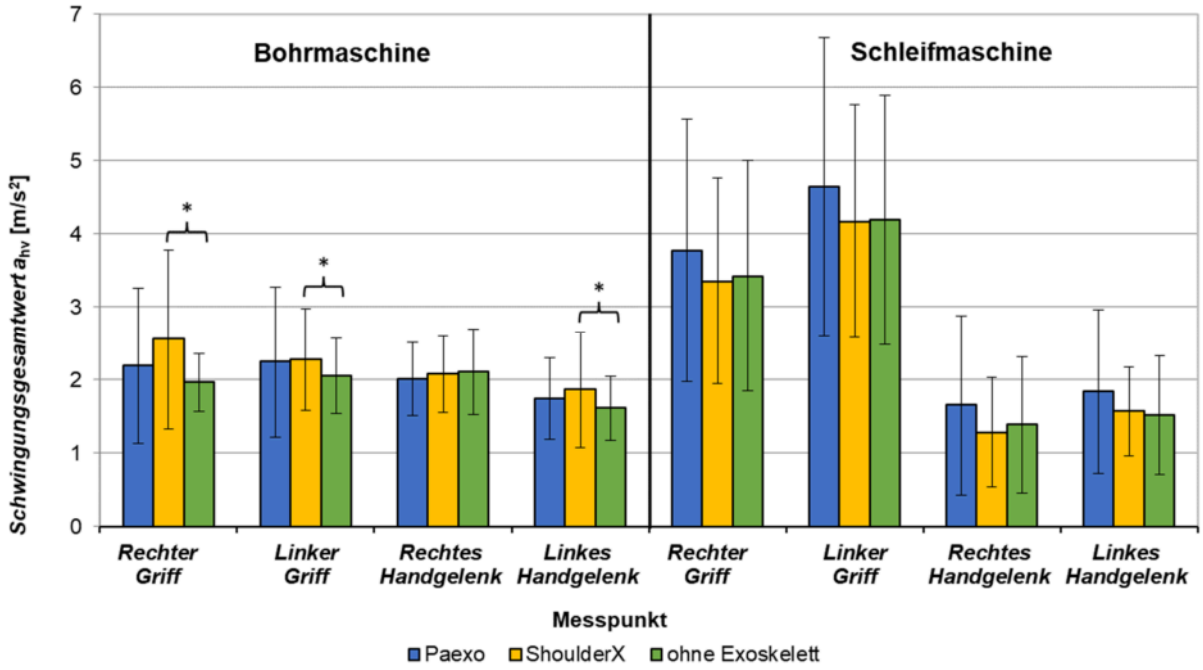


***Abbildung 1**: Schwingungsgesamtwert a_{hv} an den Maschinengriffen und am Handgelenk mit und ohne Exoskelette*

Die resultierende Vorschubkraft der Maschinen auf die Werkstücke veränderte sich mit und ohne Exoskelette nicht signifikant. Bei der Schleifmaschine war die Vorschubkraft mit Paexo signifikant höher als mit ShoulderX (Abbildung 2; t = 2,298, p < 0.05).

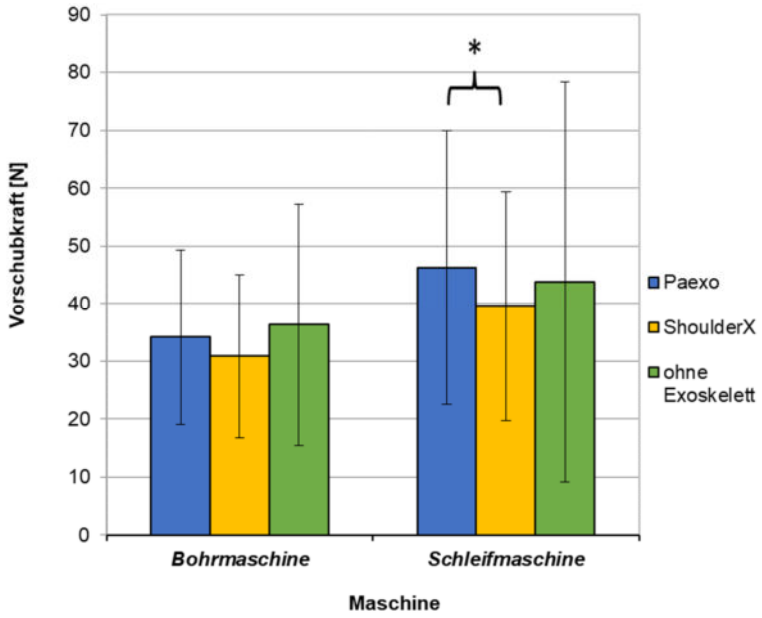


***Abbildung 2**: Resultierende Vorschubkraft der Maschinen mit dem Werkstück mit und ohne Exoskelette.*

4. Diskussion

Das Tragen der Exoskelette beeinflusste gerätespezifisch die Hand-Arm-Vibrationen. Mit ShoulderX wurden höhere Immisionswerte an beiden Griffen der Bohrmaschine gemessen. Die höhere Vibrationsbelastung wurde nur auf der linken Seite auf das Handgelenk übertragen; am rechten Handgelenk blieb die Vibrationsbelastung im Vergleich zu der Tätigkeit ohne Exoskelett unverändert. Paexo führte zu keinen Veränderungen in der Vibrationsbelastung oder -übertragung. Es ist daher anzunehmen, dass die veränderte Vibrationsbelastung auf Unterschiede zwischen den Exoskeletten zurückzuführen ist.

Das eingestellte Unterstützungsmoment war ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal zwischen den Exoskeletten. ShoulderX hatte ein sehr hohes Unterstützungsmoment (Van Engelhoven et al. 2018). Für Paexo liegen keine genauen Angaben zum Unterstützungsmoment vor. Die bisherigen Untersuchungen weisen jedoch darauf hin, dass Paexo ein kleineres Unterstützungsmoment als ShoulderX aufweist (Hertrich 2019; Maurice et al. 2019; Van Engelhoven et al. 2018).

Eine Veränderung der Vibrationsimmission ist in dieser Untersuchung über die Interaktion der Teilnehmer mit der vibrierenden Maschine denkbar, welche über die Ankopplungskräfte beschrieben werden kann. Ein hoch eingestelltes, zusätzliches Drehmoment des Exoskeletts führt bei ShoulderX nachweislich über Kraftübertragung auf den Arm zu einer kompensatorischen Aktivität der antagonistischen Muskulatur (Van Engelhoven et al. 2018). Da sich die Vorschubkraft mit den Exoskeletten im Vergleich zu den Tätigkeiten ohne Exoskelette nicht unterschied, ist anzunehmen, dass die zusätzliche Kraft nicht vollständig vom Arm über die Maschine auf das Werkstück übertragen wurde. Das Herunterdrücken des Arms entgegen der Krafteinwirkung des Exoskeletts könnte wiederum zu einer geringeren Ankopplungskraft an die Maschine führen, da sich der Arm unmittelbar unterhalb der Maschine befand. In diesem Fall würde die Maschine durch die geringere Dämpfung durch das Hand-Arm-System einen höheren Vibrationswert aufweisen (DIN 45679 2013; Kaulbars & Lemerle 2007).

Es bleibt festzuhalten, dass nur eine der beiden Maschinen veränderte Vibrationswerte beim Tragen der Exoskelette aufwies. Für die Praxis gilt daher spezifisch zu prüfen, ob die Vibrationsbelastung der verwendeten Maschinen durch den Einsatz von Exoskeletten negativ beeinflusst wird.

6. Literatur

DIN, Deutsches Institut für Normung (2001) Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen. Allgemeine Anforderungen. DIN EN ISO 5349-1.

DIN, Deutsches Institut für Normung (2009) Handgehaltene motorbetriebene Maschinen – Messverfahren zur Ermittlung der Schwingungsemission. Teil 3: Poliermaschinen sowie Rotationsschleifer, Schwingschleifer und Exzenterschleifer. DIN EN ISO 28927-3.

DIN, Deutsches Institut für Normung (2013) Mechanische Schwingungen - Messung und Bewertung der Greif- und Andruckkräfte zur Beurteilung der Schwingungsbelastung des Hand-Arm-Systems. DIN 45679.

DIN, Deutsches Institut für Normung (2015) Mechanische Schwingungen – Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen. Teil 2: Praxisgerechte Anleitung zur Messung am Arbeitsplatz. DIN EN ISO 5349-2.

DIN, Deutsches Institut für Normung (2015) Handgehaltene motorbetriebene Maschinen – Messverfahren zur Ermittlung der Schwingungsemission. Teil 5: Bohrmaschinen und Schlagbohrmaschinen. DIN EN ISO 28927-5.

DIN, Deutsches Institut für Normung (2017) Schwingungseinwirkung auf den Menschen – Messeinrichtung. Teil 1: Schwingungsmesser für die allgemeine Anwendung. DIN EN ISO 8041-1.

De Bock S, Ghillebert J, Govaerts R, Tassignon B, Rodriguez-Guerrero C, Crea S, Veneman J, Geeroms J, Meeusen R, De Pauw K (2022) Benchmarking occupational exoskeletons: An evidence mapping systematic review. Applied Ergonomics 98:103582.

Dong RG, Wu JZ, Xu XS, Welcome DE, Krajnak K (2021) A Review of Hand–Arm Vibration Studies Conducted by US NIOSH since 2000. Vibration 4:482-528.

Hertrich L (2019) Biomechanische Analyse eines Exoskeletts bei Arbeiten über Schulterhöhe. Univ. Gießen: Institut für Sportwissenschaft, Masterarbeit.

Kaulbars U, Lemerle P (2007) Messung der Ankopplungskräfte zur Beurteilung der Hand-Arm-Schwingungen – Weiterentwicklung eines Messsystems. VDI-Berichte Nr. 2002, 99-111.

Maurice P, Camernik J, Gorjan D, Schirrmeister B, Bornmann J, Tagliapietra L, Latella C, Pucci D, Fritzsche L, Ivaldi S, Babic J (2019) Objective and subjective effects of a passive exoskeleton on overhead work. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering:1–13.

McDowell TW, Welcome DE, Warren C, Xu XS, Dong RG (2016) The Effect of a Mechanical Arm System on Portable Grinder Vibration Emissions. Ann Occup Hyg 60:371-86.

Van Engelhoven L, Poon N, Kazerooni H, Barr A, Rempel D, Harris-Adamson C (2018) Evaluation of an adjustable support shoulder exoskeleton on static and dynamic overhead tasks. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 804–808.

Wakula J, Steinebach T, Steidel V, Wolff J (2019) Erarbeiten und Testen eines Konzeptes zur Analyse von körperlichen Belastungen und physiologischer Beanspruchung bei der Überkopfarbeit mit und ohne passive Exoskelette. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Frühjahrskongress 2019, Dortmund: GfA-Press, 1-5.

Welcome DE, Dong RG, Xu XS, Warren C, McDowell TW, Wu JZ (2015) An examination of the vibration transmissibility of the hand-arm system in three orthogonal directions. International journal of industrial ergonomics 45:21-34.

Witte J, Corominas A, Ernst B, Kaulbars U, Wendlandt R, Lindell H, Ochsmann E (2023) Acute physiological and functional effects of repetitive shocks on the hand-arm system: a pilot study on healthy subjects. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics 29:1057-1066.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Fallstudien zur systemischen Resilienz klinischer und präklinischer Prozesse

Thomas Mühlbradt

FOM Hochschule für Oekonomie und Management,
Dennewartstraße 25, D-52068 Aachen

Kurzfassung: Das steigende Interesse an der Resilienz von Organisationen und Teams führt u.a. zu dem Bedürfnis, Resilienz zu messen. Basierend auf der systemischen Theorie des Resilience Engineerings wurde zu diesem Zweck das Resilience Assessment Grid entwickelt. Die bestehenden Vorgehensweisen beim Einsatz besitzen jedoch bedeutsame Nachteile. Vorgeschlagen wird daher ein Ansatz, der die Messung mithilfe sogenannter Verhaltensmarker vornimmt. Eine erste explorative Feldstudie aus der Gesundheitsversorgung wird vorgestellt und die Ergebnisse werden diskutiert. Am Ende steht ein Ausblick auf weitere Forschungsbedarfe.

Schlüsselwörter: Resilience Engineering, Resilience Assessment Grid, Crew Resource Management, Klinik, Rettungsdienst

1. Resilience Engineering

1.1 Komplexe soziotechnische Systeme

Ein soziotechnisches System (STS) besteht aus einem sozialen und einem technischen Teilsystem, die zur Leistungserbringung des Gesamtsystems wechselwirken. Es wird theoretisch davon ausgegangen, dass die optimale Leistung des Systems nur durch eine gemeinsame, abgestimmte Gestaltung der beiden Teilsysteme (joint optimization) erreicht werden kann. Ein Vorschlag zur Definition des Begriffs Komplexität im Rahmen soziotechnischer Systeme wird von Mühlbradt & Unger (2024, 2024b) vorgelegt. Danach beschreibt Komplexität das menschliche Erleben gradueller Abwesenheit von Transparenz, Erklärbarkeit und Vorhersagbarkeit in bedeutsamen Entscheidungs- und Handlungssituationen entweder für Akteure im oder Beobachter am System. Komplexität ist hier keine Eigenschaft von Objekten, sondern ein relationales Phänomen.

1.2 Resilienz

Nach Walker et al. (2004) kann Resilienz als die Fähigkeit eines Systems verstanden werden, Störungen zu absorbieren und sich während des Wandels so zu reorganisieren, dass es im Wesentlichen dieselbe Funktion, Struktur, Identität und Rückkopplungen beibehält. Bezogen auf soziotechnische Systeme postuliert Hollnagel (2018), dass resilientes Verhalten eines Systems auf den vier Potentialen to monitor, to respond, to anticipate und to learn beruht. Diese sind, als Potentiale, selbst nichtbeobachtbare Konstrukte und daher nur über geeignete Indikatoren zu erfassen.

Betrachten wir die Akteure in einem soziotechnischen System, können wir resilientes Verhalten als erfolgreiche Komplexitätsbewältigung verstehen. Diese Bewältigung

sichert die Zielerreichung und bewahrt das System oder Dritte vor Schaden. Vor diesem Hintergrund bekommt das Bedürfnis, das Vorhandensein von Resilienz-förderlichen Fähigkeiten in einem System zu kennen, oder zumindest einschätzen zu können, eine Bedeutung für Produktivität und Sicherheit.

2. Resilience Assessment

2.1 Das Resilience Assessment Grid (RAG)

Das Resilience Assessment Grid (RAG, Chuang et al., 2020) ist ein Ansatz zur Messung von Resilienz. Es soll, als Selbstbewertungsinstrument, Organisationen dabei unterstützen, ihre eigene Resilienz systematisch einzuschätzen. Dies erfolgt durch eine Reihe von Fragen zu den vier o. g. Fähigkeiten. Es existieren orientierende Beispiele für solche Fragen in der Methodik; allerdings schlagen die Autoren vor, passende Indikatoren für die vier Potentiale organisationsspezifisch und individuell zu entwickeln. Ein typischer Weg dafür ist die Einsetzung einer Arbeitsgruppe zur Findung, Formulierung, Bewertung und Auswahl von Indikatoren.

Ein alternativer Weg ist der Versuch, transferierbare Versionen der RAG für abgrenzbare Einsatzbereiche zu finden (Rodriguez et al. 2020 für die Wasserwirtschaft; Safi et al. 2024 für die ambulante Klinik).

2.2 Methodische Kritik am RAG

Beide Vorgehensweisen ziehen eine Reihe von Kritikpunkten auf sich. Bei der individuellen Vorgehensweise bedeuten die Suche und Auswahl geeigneter Indikatoren einen nicht unbeträchtlichen Aufwand. Da in der Regel keine fachlichen Kenntnisse zur Konstruktion von derartigen Instrumenten vorliegt, kann die Validität der Messung zweifelhaft sein. Im Zusammenhang damit ist ebenfalls unklar, welche Akzeptanz der Ansatz in der Organisation findet.

Bei der Vorgehensweise „einheitlich-pro-Fachbereich“ wird der Aufwand deutlich reduziert. Allerdings besteht auch hier, wie bei der individuellen Vorgehensweise, eine spezielle Gefahr in der Verwendung von Ressourcen als Indikatoren. Das ist zwar intuitiv naheliegend, erzeugt aber ein Folgeproblem: Ein Mehr an Ressource würde dann, vorgestellt, die Resilienz erhöhen. Ein solcher Ansatz ist grundsätzlich nicht nach oben limitiert, so dass immer mehr Ressourcen immer besser wären. Ein solcher Indikator wäre sicher nicht realistisch.

3. Strukturierte Bewertung systemischer Resilienz mit Verhaltensmarkern

3.1 Verhaltensmarker-Systeme im Crew Resource Management

In der Luftfahrt werden Cockpitcrews im sogenannten Crew Resource Management (CRM) darauf trainiert, Krisen zu bewältigen und die Funktion des soziotechnischen Systems Flugzeug auch bei Störungen und unter unerwarteten Umständen aufrecht zu erhalten. Nicht-technische Fähigkeiten stehen dabei im Mittelpunkt. Zur Evaluation des Trainingserfolgs wurden Verhaltensmarker erfolgreicher Crews identifiziert. Ein Verhaltensmarker ist ein spezifisches, beobachtbares Verhalten von Personen, das als Indikator für eine Eigenschaft oder Fähigkeit zählen kann. Eine geordnete, als voll-

ständig gewertete Sammlung von Verhaltensmarkern wird als Verhaltensmarker-System bezeichnet. Beim Transfer des CRM in die Medizin wurden ebenfalls derartige Verhaltensmarker-Systeme transferiert. Derzeit lassen sich ca. 40 solcher Systeme in der Literatur finden (Freter, 2024). Das System von Gaba in den USA wurde von Rall & Gaba (2009) ins Deutsche übersetzt und umfasst 15 Verhaltensmarker.

3.2 Verhaltensmarker als Operationalisierung der vier Faktoren der Resilienz

Das Verhalten erfolgreicher Crews kann als resilientes Verhalten verstanden werden. Daraus folgt die Frage, ob es zwischen RAG und CRM eine theoretisch begründbare und praktisch nutzbare Verbindung gibt und die Verhaltensmarker des CRM als Operationalisierung der Resilienz-Potentiale genutzt werden können. Dieser Ansatz erscheint geeignet, die o.g. Kritikpunkte an der RAG zu überwinden. Für die Validität und Akzeptanz des Ansatzes spricht die Tatsache, dass die Verhaltensmarker bereits in Luftfahrt und Medizin eingeführt und erprobt sind. Aufgrund der strikten Verhaltensorientierung findet sich kein Bezug zu Ressourcen. Der Aufwand zur individuellen Operationalisierung entfällt. Die Einsatzbreite erscheint nicht limitiert.

Im Rahmen eines Master-Kurses Wirtschaftspsychologie an der FOM wurden die einzelnen Verhaltensmarker durch mehrere Teilnehmer den Potentialen zugeordnet. Dies gelang gut abgesehen von Doppelzuordnungen einzelner Indikatoren, für die dann eine zwangsweise Entscheidung getroffen wurde. Zusätzlich wurde ein neuer Verhaltensmarker für das Potential to learn hinzugefügt (letztes Item in der Tab. 1), so dass pro Potential 4 Verhaltensmarker vorhanden waren. Alle Verhaltensmarker wurden als Indikative bezogen auf Teams formuliert und zugeordnet (Tabelle 1).

Tabelle 1: *Reformulierte CRM-Verhaltensmarker als Indikatoren für Resilienz-Potentiale.*

Potential	Indikator
to respond	▪ Wir kennen unsere Arbeitsumgebung gut ▪ Bei uns ist immer klar, wer in einer kritischen Situation das Team führt ▪ Im Team kommunizieren wir sicher und effektiv ▪ Wir achten auf gute Teamarbeit
to anticipate	▪ In der Versorgung denken und planen wir voraus ▪ Wir fordern rechtzeitig Hilfe an ▪ Die Arbeitsbelastung ist bei uns zumeist gut verteilt ▪ Wir mobilisieren alle verfügbaren Ressourcen, wenn es mal eng wird
to monitor	▪ Für Aufgaben und Entscheidungen nutzen wir alle verfügbaren Informationen ▪ Bei wichtigen Aufgaben überprüfen wir genau, ob unser Weg auch stimmt ▪ Wir sind in der Lage, bei neuen Erkenntnissen, auch kurzfristig unsere Vorgehensweise zu ändern ▪ Wir können uns gut auf die jeweils anstehende Aufgabe konzentrieren
to learn	▪ Wir sind in der Lage, unsere Annahmen zu hinterfragen und Irrtümer zu erkennen ▪ Wir verwenden Checklisten und andere Merkhilfen ▪ In dynamischen Situationen können wir unsere Prioritäten verändern ▪ In unserer täglichen Arbeit lernen wir voneinander

4. Feldstudie

4.1 Untersuchungsfeld

Als Untersuchungsfeld wurde die medizinische Versorgung gewählt. Befragt wurden Ärzte und Pflegefachkräfte in drei Abteilungen verschiedener Krankenhäuser in NRW sowie Ärzte, Rettungspersonal verschiedener Ausbildungsgänge bei einem regionalen Rettungsdienst in NRW. Details zeigt die Tabelle 2.

Tabelle 2: *Teilnehmende Einrichtungen und Teilnehmerzahlen.*

Nr.	Typ	Bereich	N
1	Krankenhaus	Anästhesiologie & Intensivmedizin	64
2	Krankenhaus	Anästhesiologie & Intensivmedizin	99
3	Krankenhaus	Zentrale Notaufnahme	21
4	Rettungsdienst	Rettungsdienstpersonal	99
			283

4.2 Vorgehenweise

Die Befragungen erfolgten jeweils als Online Survey im Zeitraum Dezember 2023 bis März 2024. Der Fragebogen bestand aus Fragen zur Berufsgruppe, Abteilung und CRM-Erfahrung sowie aus den 16 Indikatoren aus Tabelle 1. Zusätzlich gab es pro Indikator die Option, einen Kommentar als Freitext abzugeben. Die Ausprägung der Indikatoren wurde mit Hilfe von Likert-Skalen erhoben. Nach der Präsentation des Indikators wurden die Befragten aufgefordert: „Bitte schätzen Sie ein, inwieweit diese Aussage für ihr Team zutreffend ist.“ Die Skale reichte von 1 „gar nicht“ bis 6 „voll und ganz“. Eine im ersten Fall verwendete 4er-Skala wurde später zugunsten der 6er-Skala aufgegeben. Darunter befand sich jeweils ein Freifeld mit der Überschrift: „Kommentar zu Ihrer Einschätzung (optional). Die Befragung wurde über verschiedene Medien in den Einrichtungen beworben und es wurden QR-Codes für den Befragungszugang ausgehängt. Nach der Datenauswertung und -aufbereitung wurden die Ergebnisse in den Einrichtungen präsentiert und besprochen.

5. Ergebnisse

5.1 Quantitative Ergebnisse

Die Teilnahmequoten lagen zwischen 44 % und 78 % der Zielgruppen in den Einrichtungen. Die Dropout Raten (Fragebogen besucht, aber nicht beantwortet) zwischen 8.7 % und 25 %.

Über alle Befragten einer Einrichtung hinweg und aggregiert zu den vier Potentialen zeigen sich ähnliche Ergebnisse in allen Einrichtungen (Abb. 1).

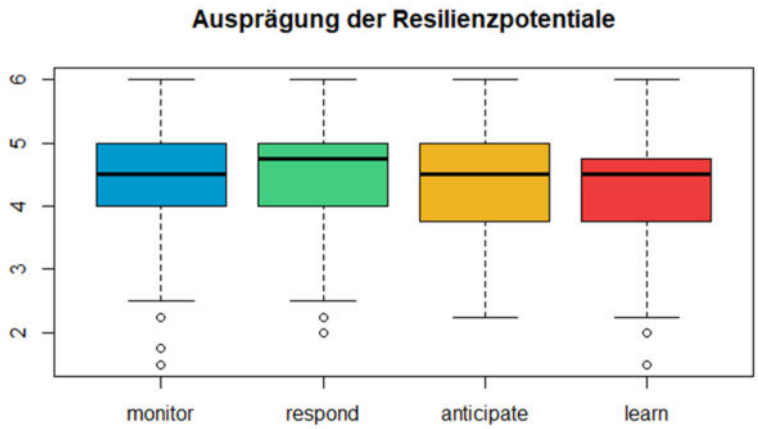


***Abbildung 1**: Boxplots der Resilienz-Potentiale am Beispiel einer Einrichtung*

Die Ergebnisse zeigen eine durchgehend gute Beurteilung der Resilienz. Ein differenzierteres Bild ergibt sich, wenn nach einzelnen Abteilungen und Berufsgruppen differenziert wird. Bei einer Berufsgruppe in einer Einrichtung, die deutlich nach unten abwich, wurde ca. 6 Monate nach der Befragung eine erhöhte Fluktuation verzeichnet.

Derzeit finden weitere Arbeiten zum Instrument und dem Datensatz statt. Zum einen soll die Faktorenstruktur der Daten überprüft werden. Hier ist u. a. von Interesse, ob sich die vier Potentiale als zugrunde liegende Struktur nachweisen lassen. Ein zweiter Pfad ist die Anwendung des Instruments durch Stichproben außerhalb der Medizin.

5.2 Qualitative Ergebnisse

Insgesamt wurden in den Freitextfeldern 133 Anmerkungen zu den Indikatoren gemacht. Es werden eher negative als positive Dinge angesprochen. Die meisten Beiträge entfielen auf die Indikatoren zur Arbeitsumgebung, Arbeitsbelastung, Sichere und effektive Kommunikation sowie Checklisten und Merkhilfen. Die Auswertung der Angaben zeigt, dass der Bedeutungsgehalt der Indikatoren durch die Befragten durchgehend gut erfasst wurde. Einzelne Indikatoren sind jedoch sehr CRM-spezifisch und bekommen sehr wenige Kommentare oder solche, die eine abweichende Interpretation nahelegen.

6. Diskussion

Grundsätzlich kann der dargestellte Ansatz als vielversprechend gewertet werden. Obwohl die Ergebnisse auf dem obersten Aggregationsniveau innerhalb der Einrichtungen und auch zwischen ihnen sehr ähnlich sind, zeigen sich Differenzen zwischen Bereichen und Berufsgruppen bei feinerer Auflösung. Diese können durch ihre jeweiligen Vertreter in den Einrichtungen auch gut eingeordnet werden. Die qualitativen Aussagen ergeben eine wertvolle Ergänzung der quantitativen Erhebung.

Derzeit noch unbefriedigend ist die Lösung der Zuordnungsfrage der Indikatoren zu den Potentialen. Wünschenswert wäre, eine Zuordnung auf einer stärker konzeptionellen Basis vornehmen zu können. Ein Kandidat dafür ist das Modell des Regelkreises aus der Kybernetik. Möglicherweise kann damit die Trennschärfe des Instruments gesteigert werden.

Auch die Formulierung einzelner Items ist derzeit noch zu eng am CRM-Kontext

ausgerichtet. Vorkenntnisse zu CRM sind aber recht unterschiedlich in den untersuchten Einrichtungen, so dass hierdurch Verzerrungen möglich sind.

Gelingt es, diese Vorgehensweise weiterzuentwickeln und zu bestätigen, liegt ein universeller Ansatz zur Operationalisierung und Messung der Resilienz-Potentiale nach Hollnagel vor. Dies stellt einen methodischen Fortschritt bei der systemischen Resilienz dar. Gleichzeitig wird eine Brücke geschlagen zwischen dem Resilience Engineering und dem Crew Resource Management.

7. Literatur

Chuang, S., Ou, J. C., Hollnagel, E., & Hou, S. K. (2020). Measurement of resilience potential – development of a resilience assessment grid for emergency departments. PLoS ONE, 15 (9. September 2020), 1–17.

Freter, C. (2024). Verhaltensmarker als Instrument bei Trainings in der Akut- und Notfallmedizin. Unveröffentlichte Master-Thesis. FOM Hochschule, Studiengang Wirtschaftspsychologie, Aachen.

Hollnagel, E. (2018). Safety-II in practice: Developing the resilience potentials. Routledge; New York.

Mühlbradt T. & Unger, H. (2024). Was ist komplex an komplexen soziotechnischen Systemen? Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) (Hrsg.): Tagungsband zur 70. GfA-Frühjahrskonferenz, 6.-8. März 2024, Stuttgart. GfA: Sankt Augustin.

Mühlbradt, T. & Unger. H. (2024b). Resilienzorientiertes Führen im Gesundheitswesen. In: S. Fichtner-Rosada, T. Heupel, C. Hohoff & J. Heuwing-Eckerland (Hrsg.). Kompetenzen für die Arbeitswelt der Zukunft. Wiesbaden: Springer Gabler. S.373-388.

Rall, M., & Gaba, D. (2009). Human performance and patient safety. In R. Miller et al. (Hrsg.), Miller's Anesthesia (S. 93–150). Elsevier Churchhill Livingstone.

Rodríguez, M., Lawson, E., & Butler, D. (2020). A study of the Resilience Analysis Grid method and its applicability to the water sector in England and Wales. Water and Environment Journal, 34(4), 623–633.

Safi, M., Thude, B. R., Brandt, F., Austin, E., & Williams, R. C. (2024). The application of the Resilience Assessment Grid in outpatient clinics: A validation study. Safety Science, 171(August 2023).

Walker, B. / Holling, C. / Carpenter, S. / Kinzig, A. (2004): Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. In: Ecology and Society 9:2.

Danksagung: Diese Publikation ist Teil des Forschungs- und Entwicklungsprojektes „Resilientes Transformationsmanagement zur Kreislaufwirtschaft in der Textilindustrie – RETRAKT“, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des ESF Plus-Programms „Zukunft der Arbeit“ als Teil des Fachprogramms „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ und betreut durch den Projektträger Karlsruhe (PTKA). Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Ergonomische Herausforderungen bei der Entwicklung von Führerständen für Zweisystem-Bahnen (TramTrains)

Norman RIEDEL[1,2], Marco KÄPPLER[1], Alexander WETZL[3], Barbara DEML[1]

[1] Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation,
Karlsruher Institut für Technologie,
Engler-Bunte-Ring 4, D-76131 Karlsruhe
[2] Fachgruppe Human Factors, Ergonomie,
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin,
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D44149 Dortmund
[3] Verkehrsbetriebe Karlsruhe GmbH,
Tullastraße 71, D-76131 Karlsruhe

Kurzfassung: Zweisystem-Bahnen (TramTrains) verbinden Straßen- und Eisenbahnnetze und unterliegen damit sowohl der EBO als auch der BOStrab. Für die ergonomische Gestaltung ihrer Führerstände entstehen durch eine erhöhte Sitzposition und anspruchsvolle Sichtanforderungen besondere Herausforderungen. Diese Arbeit beschreibt die Entwicklung eines ergonomisch optimierten Führerstands, der nach DIN 5566 und in enger Zusammenarbeit mit dem Fahrpersonal der Karlsruher Verkehrsbetriebe gestaltet wurde. Der entwickelte Prototyp wurde unter realen Betriebsbedingungen evaluiert, wobei eine Reduktion der physischen Beanspruchung sowie eine gesteigerte Zufriedenheit und ein gesteigertes Sicherheitsempfinden erreicht wurden. Ganzheitliche ergonomische Analysen, unterstützt durch digitale Menschmodelle und Messfahrten in der betrieblichen Praxis, erwiesen sich als entscheidend im Entwicklungsprozess.

Schlüsselwörter: Zweisystem-Bahnen, TramTrain, Führerstand, Ergonomie, Physische Beanspruchung, DIN 5566.

1. Hintergrund

Straßenbahnen sind ein zentraler Bestandteil des öffentlichen Personennahverkehrs in Deutschland. Deutschland verfügt im europäischen Vergleich über die längste durchschnittliche Straßenbahninfrastruktur pro Stadt (UICP 2023). Bahnbetreiber sehen großes Potenzial in Zweisystem-Bahnen, sog. TramTrains, die innerstädtische Straßenbahnnetze mit regionalen Eisenbahnnetzen verbinden und einen durchgehenden Betrieb vom Umland bis in die Stadtzentren ermöglichen (AVG 2020). TramTrains sind für einen „Mischbetrieb“ ausgelegt und müssen daher sowohl den Anforderungen der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) als auch der Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung (BOStrab) entsprechen.

Aus der EBO ergeben sich für TramTrains im Vergleich zu klassischen Straßenbahnen strengere Anforderungen an die Kollisionssicherheit. Dies beinhaltet eine robustere Fahrzeugstruktur mit verstärkten Crash-Elementen, insbesondere im Bereich des Führerstands, um bei einem Zusammenstoß ausreichend Schutz für das Fahrpersonal zu bieten. Dies führt zu mehr Platzbedarf und einer größeren Bauhöhe im Vergleich zu Straßenbahnen.

Die Normenreihe DIN 5566 definiert die Anforderungen an Führerstände von Schienenfahrzeugen. Sie umfasst allgemeine Anforderungen (DIN 5566-1) sowie spezifische Anforderungen für Eisenbahnfahrzeuge (DIN 5566-2) und Nahverkehrs-Schienenfahrzeuge (DIN 5566-3).[1] Für Straßenbahnen gelten im Vergleich zu Eisenbahnen besonders strenge Anforderungen an die Sicht auf den Bereich unmittelbar vor dem Fahrzeug. Gemäß DIN 5566-3 muss eine Parallelkontur 1,2 Meter über der Schienenoberkante in einem Abstand von 0,3 Metern vor der äußersten ständigen Fahrzeugbegrenzung sichtbar sein. Zudem regelt DIN 5566-1 die ergonomische Anordnung von Bedienelementen im Greifraum sowie ausreichende Beinfreiheit beim Ausdrehen des Führersitzes.

Die, durch die EBO bedingte, erhöhte Sitzposition des Fahrpersonals in TramTrains bei gleichzeitiger Einhaltung der Erreichbarkeit der Bedienelemente im Greifraum erschweren die Einhaltung der Sichtanforderungen im innerstädtischen Betrieb (Abbildung 1A). Die normativen Vorgaben an Sicht, Greifraum und Beinfreiheit definieren den Bauraum für die Positionierung und Gestaltung des Bedienpults (Abbildung 1B). Die Sichtlinie bestimmt die obere Bauraumbegrenzung, während die notwendige Beinfreiheit die untere Bauraumbegrenzung darstellt. Der Greifraum begrenzt den frontalen Bauraum. In diesem Spannungsfeld stehen die Betreiber von TramTrains vor der Herausforderung, trotz stark eingeschränkter Freiheitsgrade des Bauraums ergonomische Führerstände für das Fahrpersonal zu gestalten.

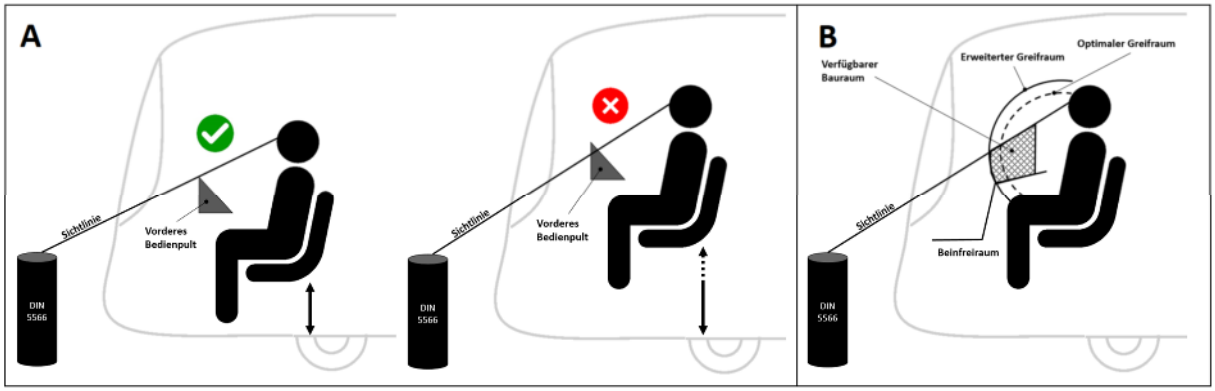


***Abbildung 1**: (A) Schematische Darstellung der veränderten Sichtbedingung bei erhöhter Sitzposition, (B) Schematische Darstellung des Bauraums bedingt durch ergonomische Vorgaben gemäß DIN 5566.*

Im Rahmen einer mehrjährigen Kooperation mit den Verkehrsbetrieben Karlsruhe (VBK) wurde bereits 2020 eine Analyse der Führerstände des TramTrains NET2012[2] und des Straßenbahnfahrzeugs GT6-70D/N durchgeführt (Heine et al., 2020). Mithilfe des digitalen Menschmodells Tecnomatix Jack/Jill (Siemens PLM) wurden Sichtanforderungen und Greifräume für eine 5. Perzentil-Frau und einen 95. Perzentil-Mann bewertet. Während die Sichtanforderungen erfüllt wurden, lagen die Hauptbedienelemente im NET2012 außerhalb des Greifraums, da das Bedienpult zur Einhaltung der Sichtbedingungen nach unten versetzt war (Abbildung 2A).

[1] Als einheitliche europäische Normenreihe wird derzeit die EN 16186 erstellt. Nach Abschluss der Reihe wird geprüft, ob die DIN 5566-1 und DIN 5566-3 durch diese ersetzt werden oder eine Restnorm erstellt werden muss (DIN EN 16186-6).

[2] Der NET2012 wird hier als TramTrain bezeichnet. Technisch handelt es sich jedoch nicht um ein klassischen TramTrain, da der NET2012 zwar über eine Zulassung nach BOStrab und EBO verfügt, jedoch ausschließlich auf 750 V-Strecken betrieben werden kann und keine 15 kV-Ausrüstung besitzt.

Messfahrten zeigten, dass das Fahrpersonal im NET2012 zur Betätigung der Bedienelemente häufig den Oberkörper nach vorne neigen musste, was bei gleichzeitiger Fixierung des linken Arms am Sollwertgeber zu Verdrehungen in der linken Schulter und damit einhergehend zu einer erhöhten physischen Beanspruchung führte (Heine et al., 2020). Die Ergebnisse verdeutlichen die Relevanz einer ergonomischen Führerstandsgestaltung zur Reduzierung gesundheitlicher Belastungen.

Die vorliegende Arbeit präsentiert die Konzeption und Evaluation eines ergonomisch optimierten Führerstands für den NET2012. Die Konzeption umfasst die Entwicklung eines Prototyps im Rahmen eines User-Centered-Design-Prozesses unter Beteiligung von erfahrenem Fahrpersonal, die Integration des Prototyps in einem Serienfahrzeug sowie die Evaluation des Prototyps in der betrieblichen Praxis. Die Ergebnisse werden mit der initialen Analyse verglichen und Anpassungen am Führerstand diskutiert.

2. Konzeption und Entwicklung des ergonomisch optimierten Führerstands

Ausgangspunkt der Konzeption war die Neupositionierung des vorderen Bedienpults, wobei die Greifräume des Menschen, die Anforderungen an die Sicht auf die Schiene und die baulichen Freiheitsgrade des Fahrzeugs berücksichtigt wurden (Abbildung 1B). Alle Entwicklungsschritte erfolgten in einem iterativen Prozess. Dabei wurden digitale Analysen der CAD-Modelle und Simulationen mit dem digitalen Menschmodell Jack/Jill durchgeführt, um die Freiheitsgrade des Bauraums optimal auszunutzen.

Gleichzeitig wurden die Bedienelemente neu angeordnet, um sie mit der neu entwickelten Form des Bedienpults und den Bedürfnissen des Fahrpersonals in Einklang zu bringen. In Workshops mit dem Fahrpersonal wurden die Bedienelemente unter Berücksichtigung der DIN 5566-3 systematisch angeordnet. Eine Analyse des bestehenden Bedienkonzepts zeigte, dass primäre Bedienelemente links der Körpermitte lagen. Da die linke Hand am Sollwertgeber fixiert ist, mussten diese Bedienelemente mit der rechten Hand betätigt werden, was wiederholte Drehbewegungen des Oberkörpers nach links erforderlich machte und zu Verdrehungen im Bereich der linken Schulter führte. Die Bedienelemente wurden daher nach funktionalen Kriterien gruppiert und in den Greifraum des rechten Arms verlegt, um Oberkörperdrehungen zu vermeiden.

Das Ergebnis der Konzeption war ein tischähnliches Bedienpult, welches ausreichend Beinfreiheit bietet und die intuitive Bedienung der Bedienelemente im Greifraum ermöglicht, ohne die Sicht auf den Bereich vor dem Fahrzeug einzuschränken (Abbildung 2B). Das vordere und seitliche Bedienpult wurde verbunden, um die Bedienfläche zu maximieren und damit zusätzlichen Platz für die Anordnung von Bedienelementen zu schaffen.

Ein erstes Mockup des optimierten Bedienpults aus Holz wurde auf das bestehende Bedienpult des Fahrzeugs montiert. Die Evaluation des Holzprototyps erfolgte durch simulierte Fahrten auf dem Betriebshof. Dabei konnten die Einhaltung der Sichtanforderungen, die verbesserte Erreichbarkeit der Bedienelemente und eine deutlich höhere Zufriedenheit des Fahrpersonals nachgewiesen werden. Auf dieser Grundlage wurde ein Prototyp aus glasfaserverstärktem Kunststoff entwickelt und in ein bestehendes Serienfahrzeug integriert (Abbildung 2B). Dieser Prototyp wurde im Fahrbetrieb evaluiert und die Ergebnisse mit den initialen Analysen verglichen.

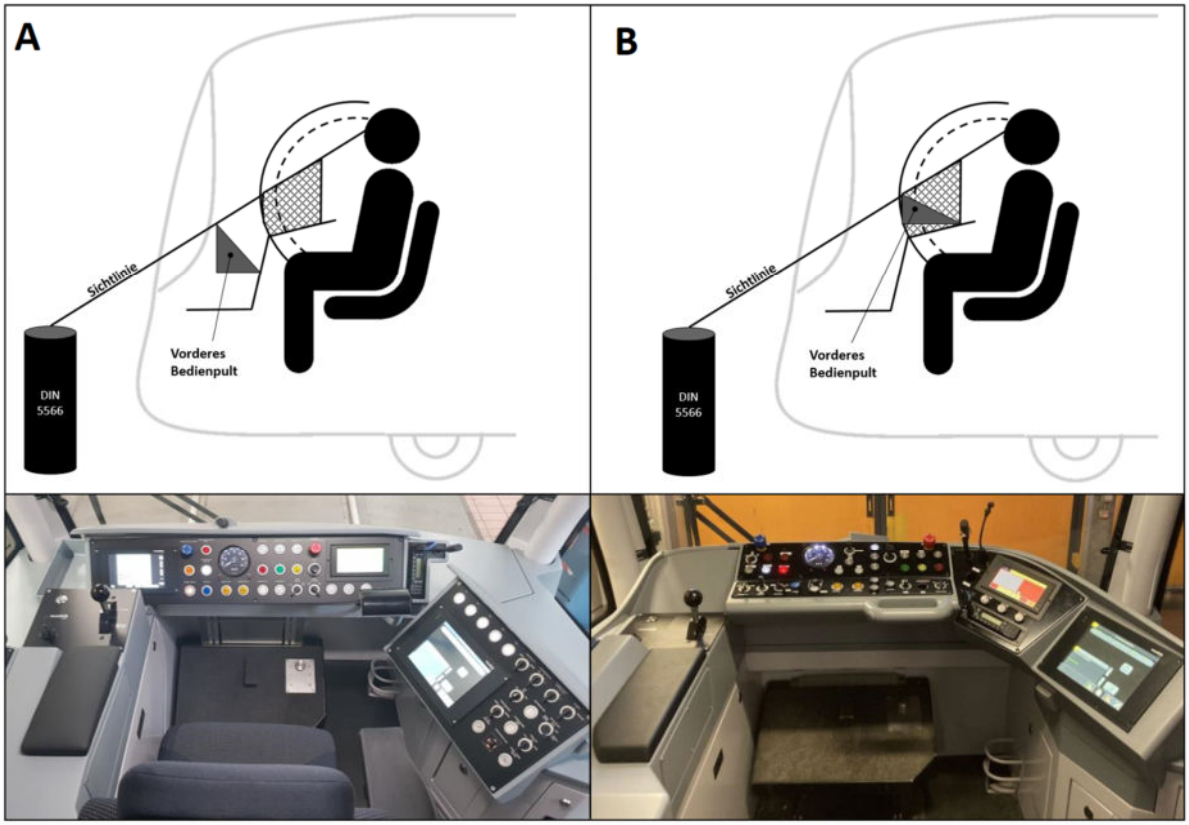


***Abbildung 2**: (A) Schematische Darstellung der Positionierung des vorderen Bedienpults im NET2012 (oben) und Draufsicht auf den NET2012-Führerstand (unten), (B) Schematische Darstellung der Positionierung des vorderen Bedienpults im neuen Prototyp (oben) und Draufsicht auf den neuen Führerstand (unten).*

3. Methodik der Evaluation

Die Evaluation wurde in zwei Phasen durchgeführt. In der ersten Phase erfolgten, analog zu den Methoden von Heine et al. (2020), Messfahrten (n = 5) unter realen Betriebsbedingungen im Schienenverkehr. In der zweiten Phase wurde ein Evaluationsfragebogen von einer größeren Stichprobe der Beschäftigten (n = 227) nach einer etwa 30-minütigen Testfahrt ausgefüllt, um die Ergebnisse zu validieren.

Für die Messfahrten wurde eine Strecke gewählt, die sowohl innerstädtische als auch außerstädtische Abschnitte umfasste und eine Gesamtfahrzeit von etwa 81 Minuten (Hin- und Rückfahrt) hatte. Während der Messfahrten wurden Bewegungen mit zwei Kameras aufgezeichnet, um insbesondere die Rumpf- und Nackenbeugungen sowie Oberkörperdrehungen zu analysieren. Diese wurden als objektives Maß der körperlichen Beanspruchung auf einem definierten Streckenabschnitt erfasst und gezählt. Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen der NET2012-Analyse von Heine et al. (2020) wurde für die Videoauswertung derselbe anspruchsvolle Innenstadtabschnitt (ca. 30 Minuten) herangezogen. Nach Abschluss der Messfahrten bewerteten die Fahrerinnen und Fahrer ihre Zufriedenheit mit verschiedenen Aspekten des Führerstands sowie ihr empfundenes Sicherheitsgefühl. Hierfür wurde ein Evaluationsfragebogen (Abbildung 3B) eingesetzt, der eine Skala von 1 (gar nicht sicher/zufrieden) bis 5 (völlig sicher/zufrieden) beinhaltete. Ergänzend wurden Kommentare zu den Bewertungen sowie zusätzliche Anmerkungen des Fahrpersonals dokumentiert.

4. Ergebnisse und Diskussion

Der Vergleich zwischen dem NET2012-Modell und dem neuen Prototyp zeigt deutliche Unterschiede in der körperlichen Beanspruchung. Die Anzahl der Nackenbeugungen konnte durch den neuen Prototyp nahezu halbiert werden, während die Rumpfbeugungen fast vollständig eliminiert wurden (Abbildung 4A).

Die Zufriedenheit mit verschiedenen Aspekten des Führerstands hat sich im Vergleich zum NET2012 verbessert (Abbildung 4B). Fahrerinnen und Fahrer äußerten eine deutlich höhere Zufriedenheit mit der linken Armablage, der Erreichbarkeit der Bedienelemente und der Beinfreiheit. Ebenso wurde die Sichtbarkeit der Bedienelemente und des Tachos, die Anordnung der Bedienelemente sowie die Sicht „nach vorne und zur Seite“ besser bewertet. Die Verständlichkeit der Bedienelemente blieb auf einem konstant hohen Niveau.

Das empfundene Sicherheitsgefühl beim Fahren wurde mit dem neuen Prototyp wesentlich positiver bewertet als beim NET2012. Die Ergebnisse aus der zweiten Evaluationsphase mit 227 Fahrerinnen und Fahrern bestätigen die Tendenzen, die bereits bei den Teilnehmenden der Messfahrten erkennbar waren.

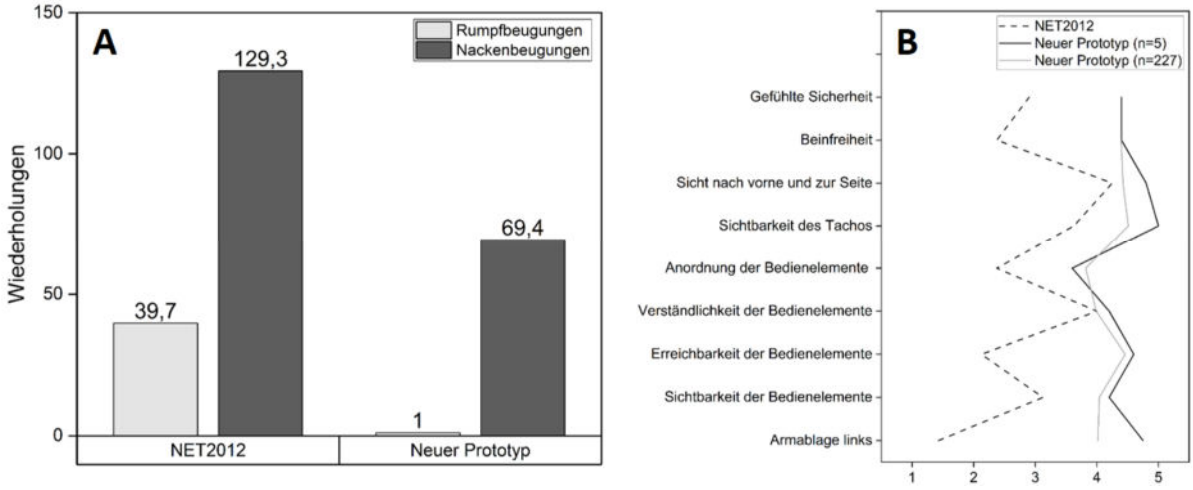


***Abbildung 3**: Ergebnisse aus den Analysen mit dem NET2012-Führerstand und dem neuen Prototyp im Hinblick auf (A) Körperhaltung/-bewegung und (B) Zufriedenheit/Sicherheit (Evaluationsfragebogen).*

Die Reduktionen von Nacken- und Rumpfbeugungen weisen auf eine deutlich geringere körperliche Beanspruchung des Fahrpersonals hin, was dazu beiträgt das Risiko muskulo-skelettaler Beschwerden zu verringern. Da die Rumpfbeugungen bei gleichzeitiger Fixierung des linken Arms am Sollwertgeber als Auslöser für Beschwerden der linken Schulter gesehen werden, führt die Eliminierung der Rumpfbeugungen nicht nur zu einer geringeren Beanspruchung des unteren Rückens, sondern gleichzeitig zu einer Reduktion der Beanspruchung der Verkettung aus linker Schulter, linkem Nacken sowie linkem Oberarm. Die Nackenbeugungen konnten um knapp die Hälfte reduziert werden. Eine vollständige Eliminierung der Nackenbeugungen war nicht möglich. Es liegt die Annahme nahe, dass dies aufgrund der Höhe des Fahrzeuges kaum zu realisieren ist. Die Erhöhung der Augenposition in Relation zur Schienenoberkante, die aus der Bauhöhe des Fahrzeuges resultiert, erschwert es zunehmend, das gesamte Bedienpult im Bereich des peripheren Sehens des Fahrpersonals zu positionieren.

5. Fazit

Die in dieser Arbeit vorgestellte Entwicklung und Evaluation eines ergonomisch optimierten Führerstands für TramTrains verdeutlicht, wie technische und ergonomische Anforderungen erfolgreich miteinander integriert werden können. Die zentrale Herausforderung besteht in der, durch die Vorgaben der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) bedingten, erhöhten Sitzposition des Fahrpersonals, welche die Einhaltung der Sichtanforderungen gemäß DIN 5566 erheblich erschwert. Einfache Maßnahmen, wie das Absenken des Bedienpults zur Erfüllung dieser Anforderungen, führen zu ungünstigen Körperhaltungen, da sich die Bedienelemente außerhalb des Greifraums befinden. Solche Bedingungen können langfristig zu muskulo-skelettalen Beschwerden und einem erhöhten Krankheitsstand führen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde der normative Bauraum für die Positionierung des Bedienpults definiert und ein ergonomisch optimierter Führerstand entwickelt. Die Evaluation des Prototyps mittels umfangreicher Messfahrten zeigte deutliche Verbesserungen im Vergleich zum bestehenden Führerstand. Insbesondere konnten Rumpf- und Nackenbeugungen deutlich reduziert werden, was die körperliche Beanspruchung minimiert und das Risiko langfristiger gesundheitlicher Beeinträchtigungen senkt.

Dieses Projekt zeigt, dass die Gestaltung eines ergonomischen Führerstands eine ganzheitliche Betrachtung erfordert. Einzelaspekte wie Sichtbedingungen, Greifraum, Beinfreiheit, Anordnung der Bedienelemente und technische Vorgaben müssen gesamtheitlich berücksichtigt werden, um eine nachhaltige und nutzerzentrierte Lösung gewährleisten zu können.

6. Literatur

Albtal-Verkehrs-Gesellschaft mbH (AVG) (2020). Stadtbahn verbindet Stadt und Region. Link: https://www.kvv.de/fileadmin/user_upload/kvv/Dateien/Broschueren/AVG_TramTrain_de.pdf (13.01.2025).

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2024). Schienenfahrzeuge - Führerräume - Teil 1: Allgemeine Anforderungen. DIN 5566-1:2024-07.

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2020). Schienenfahrzeuge – Führerräume – Teil 2: Zusatzanforderungen an Eisenbahnfahrzeuge. DIN 5566-2:2020-05.

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2024). Schienenfahrzeuge – Führerräume – Teil 3: Zusatzanforderungen an Nahverkehrs-Schienenfahrzeuge. DIN 5566-3:2024-07.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2024). Bahnanwendungen - Führerraum - Teil 6: Integration von Displays, Bedien- und Anzeigeelementen bei Straßenbahnfahrzeugen. DIN EN 16186-6:2024-12.

Heine, T., Käppler, M., & Deml, B. (2020). The Effect of Tram Driver's Cab Design on Posture and Physical Strain. In Advances in Human Factors of Transportation: Proceedings of the AHFE 2019 International Conference on Human Factors in Transportation, July 24-28, 2019, Washington DC, USA 10 (pp. 243-249). Springer International Publishing.

International Association of Public Transport (UITP) (2023). Statistics Brief. Link: https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2023/06/Statistics_Brief_-LTR-update.pdf (13.01.2025).

„Hey KI, wie funktioniert ChatGPT?“ – Interaktive Lernerfahrung mittels Web-basierter Anwendung zur Vermittlung der Funktionsweise von LLMs

Lena KÖLMEL[1], Lina KLUY[1], Yu CAO[2], Jun MA[2], Sinan SEN[2], Barbara DEML[1]

[1] *Institut für Arbeitswissenschaft* und Betriebsorganisation,
Karlsruher Institut für Technologie,
Engler-Bunte-Ring 4, D-76131 Karlsruhe
[2] Datalyxt GmbH,
Ludwig-Erhard-Allee 10, D-76131 Karlsruhe

Kurzfassung: Large Language Models (LLMs) werden zunehmend in privaten, beruflichen und schulischen Kontexten eingesetzt und unterstützen eine heterogene Gruppe an Nutzenden bei sprachbezogenen Aufgaben wie dem Formulieren von E-Mails oder der Erstellung von Gliederungen für Präsentationen. Dabei ist die technische Funktionsweise von LLMs für einen relevanten Teil der Nutzenden unklar, sodass naive Erklärungsansätze und falsche Annahmen über die technischen Hintergründe, Möglichkeiten und Grenzen dieser Technologie existieren. Um diese Wissenslücke zu schließen, wurde eine Webanwendung entwickelt. Ziel dieser Anwendung ist es, durch interaktives Lernen die technische Funktionsweise von LLMs für Nutzende ohne IT-Kenntnisse niederschwellig und anschaulich zu erklären und erfahrbar zu machen. Das Lern- und Interaktionskonzept basiert auf dem Vergleich von je zwei Versionen desselben Sprachmodells (GTP 3.5), deren Konfigurationen sich in einem Konfigurations-Hyperparameter unterscheiden und infolgedessen verschiedene Textausgaben erzeugen. Durch eine bewertende Einordnung der Ausgaben der Modellversionen werden sowohl das Konzept der Parametrisierung als auch technische Grundlagen und die Auswirkung spezifischer Hyperparameter anschaulich erklärt. Übergeordnetes Lernziel ist es, interessierten Nutzenden ein laiengerechtes technisches Verständnis von LLMs zu vermitteln, um eine realistische Einschätzung der Technologie vornehmen zu können und bei der zukünftigen Nutzung unterstützt zu werden. Die Anwendung wurde unter Laborbedingungen mit Fokus auf Usability und Lernerfahrung evaluiert. Um den intendierten Wissenszuwachs und ein gesteigertes Verständnis von LLMs zu quantifizieren wurde ein Leistungstest entwickelt und zu zwei Messzeitpunkten (Prä-/Post-Messung) präsentiert. Die Ergebnisse werden berichtet.

Schlüsselwörter: Large Language Models, KI-basierte Bildung, AI Literacy, Hyperparamter

1. KI-Kompetenz und Fachwissen als Nutzungsvoraussetzung von LLMs

Generative KI-Anwendungen und große Sprachmodelle (engl. Large Language Models, kurz LLMs) haben seit der Veröffentlichung von ChatGPT durch OpenAI im November 2022 eine rasante Verbreitung erfahren und werden gegenwärtig im priva-

ten, schulischen als auch beruflichen Kontext für verschiedene Aufgaben eingesetzt (Friha et al. 2024; Kalla et al. 2023): LLMs unterstützen Programmierer*innen beim Schreiben von Code (Joel et al. 2024), erzeugen personalisierte Anschreiben im Bewerbungskontext (Zinjad et al. 2024) und übersetzen umfangreiche Texte in Sekunden (Naveen 2024). Insbesondere der Einsatz im schulischen und akademischen Kontext wird kritisch diskutiert und ist von sowohl Chancen als auch Risiken geprägt (Sharma & Yadav 2022; Yu 2023). Im Zentrum des Diskurses steht die Forderung nach dem Ausbau KI-bezogener Kompetenzen, um einen selbstbestimmten und reflektierten Umgang mit generativen KI-Technologien zu ermöglichen. Die Steuerung durch natürlichsprachliche Eingabeaufforderungen („Prompts“) reduziert zwar die notwendigen technischen Fähigkeiten, allerdings führt dies auch dazu, dass Nutzende die Systeme einerseits bedienen können, andererseits die zugrundeliegende technische Funktionsweise nicht verstehen (Wienrich & Carolus 2021). Dabei handelt es sich beim Grundverständnis um eine relevante Dimension im Umgang mit KI-Systemen: KI-Literacy-Kompetenzmodelle (zum Beispiel Carolus et al. 2023; Laupichler et al. 2023; Long & Magerko 2020) weisen abstrahiert stets die folgenden drei Kerndimensionen auf: 1) Grundverständnis über KI erlangen, 2) KI-Systeme kritisch einordnen und 3) KI-Systeme kompetent und sachkundig einsetzen. Mit der neu entwickelten Hey-KI-Anwendung sollen bezogen auf den Anwendungsbereich von LLM-basierten Chatapplikationen jene Kerndimensionen abgebildet werden.

2. Hey-KI-Anwendung: LLMs verstehen durch den Einfluss von Konfigurations-Hyperparametern

Das übergeordnete Lernziel der Hey-KI-Anwendung besteht darin, Nutzenden die grundlegende technische Funktionsweise von LLMs zu vermitteln, um so eine eigenverantwortliche und informierte Nutzung von textbasierten generativen KI-Anwendungen zu ermöglichen. Das Lern- und Interaktionskonzept basiert auf dem Vergleich von je zwei Versionen desselben Sprachmodells (GTP-3.5 Turbo; OpenAI 2022), deren Konfigurationen sich in einem Hyperparameter unterscheiden und infolgedessen verschiedene Textausgaben erzeugen. Konfigurations-Hyperparameter werden genutzt, um das grundsätzliche Verhalten von LLMs zu beeinflussen, beispielsweise wie deterministisch versus zufällig die erzeugten Ausgaben sind.

In der Hey-KI-Anwendung werden fünf Konfigurations-Hyperparameter abgebildet: 1) *Prompts*: Nutzenden wird erklärt, dass es mehrere Varianten an Prompts gibt. Mit dem Begriff Prompt, wie er im alltäglichen Sprachgebrauch genutzt wird, sind üblicherweise User Prompts gemeint. Sie stellen die herkömmliche Eingabemodalität zur Interaktion mit einem LLM-basierten Chatbot dar. In Abgrenzung dazu werden *System Prompts* eingeführt, die eine übergeordnete grundsätzliche Konfiguration von Modelleigenschaften darstellen. Die definierten Eigenschaften sind meist für die Dauer einer Sitzung beständig und werden für gewöhnlich vom Modell selbst oder Entwickler*innen vergeben. Anhand dieses Beispiels sollen Nutzende lernen, dass Prompts auf verschiedenen Modellebenen relevant sind und LLMs bereits vor der ersten Interaktion mit Nutzenden mit einer Art Persönlichkeit versehen werden können.

Anhand der Konfigurations-Hyperparameter 2) *Temperature* und 3) *Nucleus Sampling* (auch *top_p*) wird erläutert, dass LLMs Textausgaben durch die Berechnung von Wahrscheinlichkeiten zwischen aufeinanderfolgenden Worten beziehungsweise Tokens (Verarbeitungseinheit von LLMs; Tokens können Wörter, Silben oder einzelne

Zeichen sein) Textausgaben erzeugen. Die *Temperature* eines Modells basiert auf einer Skalierung der Wahrscheinlichkeitsverteilung des nächst auszuwählenden Tokens, wohingegen bei *Nucleus Sampling* nachfolgende Tokens basierend auf einem probabilistischen Wahrscheinlichkeitsintervall ausgewählt werden. Durch diese Hyperparameter sollen Nutzende ein Verständnis für die grundlegende auf Wahrscheinlichkeiten basierende Funktionsweise von LLMs erlangen und zudem einen Eindruck davon gewinnen, wie Wahrscheinlichkeitswerte die Wirkung von Texten hinsichtlich Kreativität bzw. Diversität versus Monotonie beeinflussen und so mitunter das Auftreten von Halluzinationen begünstigen.

Mit der 4) *Frequency Penalty* (Frequenzstrafe) und 5) *Presence Penalty* (Anwesenheitsstrafe) werden Parameter zur Beeinflussung von Wort-Wiederholungen erläutert. Das Wiederholen von bereits genutzten Worten wird dabei absolut (*Frequency Penalty*) oder relativierend an der Gesamtlänge einer Textausgabe (*Presence Penalty*) bestraft. Nutzende lernen so eine direkte Möglichkeit zur systemseitigen Beeinflussung von LLMs kennen und erlangen ein Verständnis darüber, dass restriktive Einstellungen den Lesefluss und die Kohärenz eines Textes negativ beeinflussen können.

3. Interaktionskonzept der Anwendung

Neben einem Einführungstext zu Hintergrund und Funktionsweise der Anwendung befindet sich auf der Startseite ein Informationstext (Abbildung 1(1)), der relevante technische Details und Hintergrundinformationen aufbereitet für ein nicht-technisches Publikum beinhaltet, um ein grundlegendes Verständnis über LLMs zu vermitteln. Zentral auf der Startseite ist ein Menü zur Auswahl der fünf Konfigurations-Hyperparameter (Abbildung 1(2); s. Beschreibung der Parameter in Absatz 2 Hey-KI-Anwendung) positioniert.

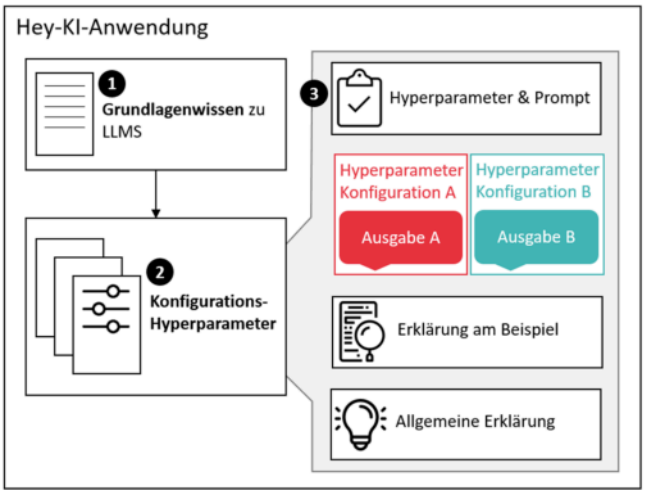


***Abbildung 1**: Visualisierung des Interaktionskonzepts der Hey-KI-Anwendung.*

Durch Auswahl eines Hyperparameters gelangen Nutzende auf eine Unterseite, die für alle Hyperparameter identisch aufgebaut ist (Abbildung 1(3)). Dort wird das Grundkonzept des jeweiligen Hyperparameters beschrieben, gefolgt von einer Prompt-basierten Aufgabenstellung, beispielsweise das Fortführen eines Satzanfangs oder das Schreiben einer Textzusammenfassung. Durch Button-Klick haben Nutzende die Möglichkeit, für zwei kontrastierende Hyperparameter-Konfigurationen (hoch ver-

sus niedrig) die entsprechende LLM-basierte Textausgabe (Ausgabe A und B) zu erzeugen. Durch eine anschließende bewertende Einordnung werden die Funktionsweise des Hyperparameters und mögliche Nutzungsszenarien ausführlich erklärt. Die Erläuterung erfolgt im ersten Schritt unter Rückbezug auf die zu vergleichenden Textausgaben, und im zweiten Schritt auf einer grundlegenderen Abstraktionsebene. Für die in dieser Studie evaluierte Version der Hey-KI-Anwendung wurden die angezeigten LLM-Textausgaben mit den entsprechenden Hyperparameter-Konfigurationen zuvor erzeugt, um für die Durchführung verlässliche und einheitliche Ausgaben gewährleisten zu können.

4. Evaluationsstudie

Die Evaluation wurde als Laboruntersuchung mit Studierenden konzipiert und umfasst drei Erkenntnisziele: 1) Wissenszuwachs, 2) Bewertung der Lernerfahrung und 3) Usability der Anwendung. Zur Quantifizierung des Wissenszuwachses wurde ein Leistungstest bestehend aus 19 wahr/falsch-Fragen entwickelt. Der Test bildet grundsätzliche Kenntnisse über die technische Funktionsweise von LLMs ab, ohne Bezug auf Hyperparameter zu nehmen. Die Fragen wurden messwiederholt vor und nach Interaktion mit der Anwendung präsentiert, sodass sowohl das individuelle Vorwissen der Probanden als auch ein Zuwachs an Fachwissen quantifiziert werden kann. Ergänzend wurden elf Single-Choice Fragen (je drei Distraktoren) entwickelt, die sich auf die Funktionsweise von Konfigurations-Hyperparametern im Kontext von LLMs beziehen. Die Fragen werden nicht-messwiederholt nach der Interaktionsphase präsentiert, da insbesondere bei einer nicht-technischen Zielgruppe davon auszugehen ist, dass kein Vorwissen bezüglich Hyperparameter bei LLMs besteht.

Zur Bewertung der Lernerfahrung wurden sieben Items formuliert. Neben einer subjektiven Einschätzung des Wissenszuwachses wurde die Angemessenheit der Informationsdarbietung und Verständlichkeit erfragt. Um die Nutzungserfahrung der Anwendung zu erfassen, wurde die deutsche Kurzfassung des User Experience Questionnaire genutzt (Laugewitz et al. 2006). Zudem wurden die Proband*innen um eine Schätzung der selbstbestimmten Interaktionsdauer mit der Anwendung (in Minuten) außerhalb des Studienkontexts gebeten.

4.1 Stichprobe

Proband*innen wurden durch lokale offline und online Werbung am Campus rekrutiert. Die Studie dauerte eine Stunde und wurde mit einer Versuchspersonenstunde oder 12 € vergütet. Insgesamt nahmen *N*=37 Personen an der Evaluationsstudie teil, knapp die Hälfte davon war weiblich (*n*=17). Das durchschnittliche Alter betrug 22 Jahre (*M*=22,8 Jahre, *SD*=4,6 Jahre) und *n*=36 Personen gaben an gegenwärtig zu studieren, davon *n*=35 in einem technischen oder naturwissenschaftlichen Studiengang. Durchschnittlich gaben die Proband*innen an LLM-basierte Anwendungen häufig zu nutzen (*M*=4,1, *SD*=1.1; fünfstufige Häufigkeitsskale von *nie* bis *sehr oft*). Das LLM-bezogene Vorwissen wurde durchschnittlich als grundlegend bis mittel eingeschätzt (*M*=2,4, *SD*=0,8; fünfstufige Skala von „*keine Kenntnisse“* bis „*sehr genaue Kenntnisse“*).

4.2 Ergebnisse

In Tabelle 1 werden die deskriptiven Statistiken und Korrelationen der Konstrukte berichtet. Ein *t*-Test für gepaarte Stichproben zeigt, dass die Leistung im LLM-Quiz zu Messzeitpunkt zwei nach der Interaktion signifikant höher ist als zu Messzeitpunkt eins vor der Interaktionsphase ($t(36)=-6.91$, $p<.01$, $d=1,14$).

Tabelle 1: *Deskriptive Statistik und Korrelation der Konstrukte (N=37). Dauer wird in Minuten angegeben. Möglicher Maximalwert im LLM-Quiz (pre und post) ist 19. Möglicher Maximalwert im Hyperparameter-Quiz ist 11. Siebenstufige Likertskala zur Erfassung der subjektiven Lernerfahrung. Skala zur Erfassung der Nutzungserfahrung ist -3 bis +3.*

Konstrukt	*M*	*SD*	a.	b.	c.	d.	e.	f.
a. LLM-Quiz pre	11.27	1.93						
b. LLM-Quiz post	13.62	2.16	.49**					
c. Hyperparameter Quiz	9.13	1.78	.18	.47**				
d. Interaktionsdauer real	19.25	3.62	-.20	.04	.25			
e. Interaktionsdauer geschätzt	24.89	23.66	-.04	-.29	-.03	.19		
f. Subjektive Lernerfahrung	6.22	.50	-.23	.00	.27	.17	.-10	
g. Nutzungserfahrung	1.71	.57	-.13	-.03	.31	.37*	-.01	.57**

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von .01 (2-seitig) signifikant.
* Die Korrelation ist auf dem Niveau von .05 (2-seitig) signifikant.

5. Diskussion

Die Ergebnisse der Evaluation zeigen, dass die Hey-KI-Anwendung dazu in der Lage ist, LLM-bezogenes Wissen auf geeignete Weise zu vermitteln. Vor allem die inhaltlich sehr spezifischen Fragen zu Konfigurations-Hyperparametern und deren Auswirkungen auf Wahrscheinlichkeitsverteilungen und Ausgabetexte konnten im Durchschnitt mit absoluter Mehrheit (neun von elf Fragen) korrekt beantwortet werden. Im Bereich LLM-bezogenem Grundlagenwissen ergab der Prä-/Post-Vergleich einen signifikanten Wissenszuwachs, allerdings konnten auch zu Messzeitpunkt zwei durchschnittlich nur 13 Fragen von 19 Fragen korrekt beantwortet werden. Mit Hinblick darauf, dass die Ergebnisse aus einer studentischen Stichprobe mit technischem beziehungsweise naturwissenschaftlichem Hintergrund stammen, wird die Notwendigkeit für Bildungsangebote im Bereich LLM verdeutlicht. Eine häufige Nutzung LLM-basierter Anwendungen und Interesse an der Thematik resultieren nicht automatisch in adäquaten Kenntnissen und damit einer Befähigung zur kritischen Reflexion von Textausgaben. Im Kontext von LLM-basierten Anwendungen sind Fähigkeiten dieser Art von besonderer Relevanz, denn Menschen neigen dazu LLM-erzeugten Inhalten selbst in sensiblen Lebensbereichen wie Medizin oder Recht zu stark zu vertrauen (Schneiders et al. 2024; Shekar et al. 2024). In Erklärungsansätzen wird dies darauf zurückgeführt, dass große Sprachmodelle falsche Informationen meist mit absoluter Sicherheit kommunizieren – die verwendete Sprache lässt selten Rückschlüsse auf die zugrundeliegende Souveränität zu (Kim et al. 2024). Dass Bereitschaft zu Weiterbildung in diesem Bereich da ist, zeigt die positive Bewertung der subjektiven Lern- sowie Nutzungserfahrung der Hey-KI-Anwendung, deren Fokus eher auf Informationsvermittlung statt spielerischem Ausprobieren liegt. Zudem gaben die Proband*innen eine geschätzte Nutzungsdauer von durchschnittlich knapp 25 Minuten außerhalb des Studienkontextes an. In der Gesamtheit betrachtet ebenen diese Ergebnisse den Weg

für eine Erweiterung der Hey-KI-Anwendung um ergänzende Bestandteile und eine Erprobung in außeruniversitären Kontexten.

6. Literatur

Carolus, A., Augustin, Y., Markus, A., & Wienrich, C. (2023). Digital interaction literacy model–Conceptualizing competencies for literate interactions with voice-based AI systems. Computers and Education: Artificial Intelligence, 4, 100-114. doi: 10.1016/j.caeai.2022.100114.

Friha, O., Ferrag, M. A., Kantarci, B., Cakmak, B., Ozgun, A., & Ghoualmi-Zine, N. (2024). Llm-based edge intelligence: A comprehensive survey on architectures, applications, security and trustworthiness. IEEE Open Journal of the Communications Society. 5, 5799-5856.doi: 10.1109/OJCOMS.2024.3456549 .

Joel, S., Wu, J. J., & Fard, F. H. (2024). A Survey on LLM-based Code Generation for Low-Resource and Domain-Specific Programming Languages. arXiv preprint arXiv:2410.03981.

Kalla, D., Smith, N., Samaah, F., & Kuraku, S. (2023). Study and analysis of chat GPT and its impact on different fields of study. International journal of innovative science and research technology, 8, 827-833.

Kim, S. S., Liao, Q. V., Vorvoreanu, M., Ballard, S., & Vaughan, J. W. (2024). "I'm Not Sure, But...": Examining the Impact of Large Language Models' Uncertainty Expression on User Reliance and Trust. In The 2024 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency, 4, 822-835. doi: 10.1145/3630106.3658941.

Laupichler, M. C., Aster, A., Haverkamp, N., & Raupach, T. (2023). Development of the “Scale for the assessment of non-experts’ AI literacy”–An exploratory factor analysis. Computers in Human Behavior Reports, 12, 100338. doi: 10.1016/j.chbr.2023.100338.

Naveen, P. (2024). The rise of AI in job applications: a generative adversarial tug-of-war. AI & SOCIETY, 1-2. doi: 10.1007/s00146-024-02054-3.

OpenAI. (2022). *ChatGPT-3.5 Turbo* [Large language model, API]. https://platform.openai.com.

Schneiders, E., Seabrooke, T., Krook, J., Hyde, R., Leesakul, N., Clos, J., & Fischer, J. (2024). Objection Overruled! Lay People can Distinguish Large Language Models from Lawyers, but still Favour Advice from an LLM. arXiv preprint arXiv:2409.07871.

Laugwitz, B., Schrepp, M., & Held, T. (2006). Konstruktion eines Fragebogens zur Messung der User Experience von Softwareprodukten. Mensch und Computer 2006: Mensch und Computer im Strukturwandel, 125-134.

Sharma, S., & Yadav, R. (2022). Chat GPT–A technological remedy or challenge for education system. Global Journal of Enterprise Information System, 14, 46-51.

Shekar, S., Pataranutaporn, P., Sarabu, C., Cecchi, G. A., & Maes, P. (2024). People over trust AI-generated medical responses and view them to be as valid as doctors, despite low accuracy. arXiv preprint arXiv:2408.15266.

Yu, H. (2023). Reflection on whether Chat GPT should be banned by academia from the perspective of education and teaching. Frontiers in Psychology, 14, 1181712. doi: 10.3389/fpsyg.2023.1181712.

Zinjad, S. B., Bhattacharjee, A., Bhilegaonkar, A., & Liu, H. (2024). Resumeflow: An llm-facilitated pipeline for personalized resume generation and refinement. In Proceedings of the 47th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, 2781-2785. doi: 10.1145/3626772.3657680.

Danksagung: Ein besonderer Dank gilt Fabian Bohnacker für die mehrjährige Mitarbeit im Projekt und Léa Riffel für die Unterstützung bei der Datenerhebung. Die Anwendung wurde im Rahmen des Kompetenzzentrums KARL – Künstliche Intelligenz für Arbeit und Lernen in der Region Karlsruhe entwickelt und evaluiert. Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Zukunft der Arbeit: Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“ (02L19C250) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Empirische Evaluation von personalisierten Fahrgastinformationen auf einem Smart Public Display mit Fokus auf Anmeldeverfahren und Datenschutzbedenken

Lukas BECKERS[1], Franka WEHR[1], Jan Torben HELMKE[2], Stephan SCHINDLER[2], Ludger SCHMIDT[1], Gerrit HORNUNG[2]

[1] Fachgebiet Mensch-Maschine-Systemtechnik, Universität Kassel, Mönchebergstraße 7, D-34125 Kassel
[2] Fachgebiet Öffentliches Recht, IT-Recht und Umweltrecht, Universität Kassel, Henschelstraße 4, D-34109 Kassel

Kurzfassung: Unter Berücksichtigung von rechtlichen Aspekten werden in diesem Beitrag Ergebnisse zu Datenschutzbedenken bezüglich der Nutzung personalisierter Fahrgastinformationen des öffentlichen Personennahverkehrs auf einem Smart Public Display aus zwei Laborstudien (n = 60) verglichen, in denen verschiedene Anmeldeverfahren und Abstände einer umstehenden Person berücksichtigt wurden. Signifikante Unterschiede deuten darauf hin, dass bei Anmeldung via Gesichtserkennung vermehrt Datenschutzbedenken im Gegensatz zur Anmeldung via RFID-fähiger Karte vorliegen. Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede aufgrund des Abstands einer umstehenden Person. Unter ergänzender Betrachtung der Technologieakzeptanz scheint die Karte das geeignetere Anmeldeverfahren zu sein.

Schlüsselwörter: Personalisierung, Gesichtserkennung, RFID, Mensch-Technik-Interaktion, Technikakzeptanz, Datenschutz

1. Einleitung

Öffentliche Anzeiger (Public Displays) für den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) zeigen an stark frequentierten Orten wie Bahnhöfen meist einen großen Umfang an allgemeinen Fahrgastinformationen an, die nicht personalisiert sind, sodass ein Herausfiltern individuell benötigter Informationen durch den Nutzer nötig ist (Kühn et al. 2019). Infolgedessen können zeitaufwändiges Suchen sowie Überforderung der Nutzer zu einem schlechten Nutzungserlebnis mit dem ÖPNV führen (Brandenburg et al. 2022). Einen Lösungsansatz bieten personalisierte Fahrgast-informationen an interaktiven Smart Public Displays. Hierbei werden Fahrgastinformationen unter Berücksichtigung persönlicher Faktoren und des Kontexts an die Nutzer angepasst (Kasteren & Vredenborg 2022). Zwecks Personalisierung an einem Smart Public Display ist es erforderlich, Informationen z. B. über Nutzerprofile abzurufen (Parker et al. 2018). Hierfür wird die Identifizierung des Nutzers benötigt (Kurdyukova et al. 2012), z. B. über RFID-fähige Karten (Wehr et al. 2024). Eine weitere Identifizierungsmöglichkeit bietet Gesichtserkennung. Diese findet z. B. bereits bei Grenzkontrollen an Flughäfen Anwendung (Bundespolizei 2024). Bei Identi-fizierung der Nutzer an einem Smart Public Display müssen neben den Vorteilen der Personalisierung allerdings auch Auswirkungen auf die individuellen Anforderungen an den Datenschutz berücksichtigt werden, die sich je nach Situation ändern können (Parker et al. 2020). An Smart Public

Displays besteht zudem die Gefahr des Shoulder Surfings (Parker et al. 2018), das unerlaubte Einsehen von Informationen der Nutzer durch fremde Personen in der Umgebung (Eiband et al. 2017). Neben der Identifizierung des Nutzers kann somit auch die Darstellung persönlicher Informationen in der Öffentlichkeit an einem Smart Public Display Datenschutzbedenken hervorrufen (Parker et al. 2016). Dieser Beitrag beleuchtet zunächst grundlegende datenschutz- und datensicherheitsrechtliche Aspekte und geht dann der Frage nach, welche Aussagen über den Einfluss des Anmeldeverfahrens auf Datenschutzbedenken der Nutzer getroffen werden können. Dabei werden die Anmeldung via RFID-fähiger Karte und Gesichtserkennung betrachtet sowie zwei unterschiedliche Abstände, nah und fern, einer umstehenden Person als potenzieller Shoulder Surfer berücksichtigt. Ergänzend werden Ergebnisse zur Technologieakzeptanz deskriptiv vorgestellt.

2. Datenschutz- und datensicherheitsrechtliche Aspekte

Identifiziert sich der Nutzer mittels einer RFID-fähigen Karte an einem Smart Public Display, um personalisierte Fahrgastinformationen abzurufen, kommt es sowohl bei der Anmeldung als auch bei der nachfolgenden Nutzung des Displays zu einer Verarbeitung personenbezogener Daten (z. B. personenbeziehbarer Log-In- und Standortdaten), so dass die DS-GVO anwendbar ist. Die Datenverarbeitung bedarf gem. Art. 5 Abs. 1 lit. a i.V.m. Art. 6 Abs. 1 DS-GVO einer Rechtsgrundlage. Bei Smart Public Displays liegt es nahe, als Rechtsgrundlage vorab eine Einwilligung (d. h. eine freiwillige und informierte Zustimmung) des Nutzers einzuholen. Bei Identifizierung mittels biometrischer Gesichtserkennung tritt erschwerend hinzu, dass biometrische Daten verarbeitet werden, die als besondere Kategorien personenbezogener Daten gem. Art. 9 DS-GVO einem erhöhten Schutz unterliegen. Auch dann ist eine Einwilligung möglich; diese muss allerdings „ausdrücklich“ erfolgen.

Den Betreiber des Systems trifft die Pflicht, die Einwilligung einzuholen und dies auch nachweisen zu können. Zudem hat er dafür Sorge zu tragen, dass die Daten für vorab festgelegte, eindeutige und legitime Zwecke (Zweckbindung) in einer transparenten (Transparenz) und auf das notwendige Maß beschränkten Weise (Datenminimierung) verarbeitet werden. Überdies muss er die Daten vor missbräuchlichem Zugriff und unbeabsichtigtem Verlust schützen (Integrität und Vertraulichkeit), wobei er gem. Art. 32 DS-GVO ein „angemessenes Schutzniveau“ zu gewährleisten hat. Was als angemessen anzusehen ist, hängt unter anderem vom Stand der Technik, den Implementierungskosten und den Risiken der Datenverarbeitung ab. Werden biometrische Daten verarbeitet, steigert dies regelmäßig das Schutzbedürfnis, da biometrische Daten – anders als z. B. ein Passwort – höchstpersönlichen Charakter aufweisen und nicht einfach geändert werden können. Auch ist das Risiko sog. Shoulder Surfer zu berücksichtigen, etwa indem die Darstellung der Informationen auf dem Display pseudonymisiert erfolgt und eine jederzeitige Beendigung der Nutzung möglich ist.

3. Methode

Aufbauend auf dem bestehenden Prototyp eines Smart Public Displays mit personalisierten Fahrgastinformationen nach Wehr et al. (2024) wurde für eine Folgestudie

die Anmeldung via Gesichtserkennung prototypisch umgesetzt und anstelle der Anmeldung via RFID-fähiger Karte in den Prototyp implementiert. Im Nutzungsszenario meldet sich ein Student am Smart Public Display an, indem er vor den persönlichen Bereich des Gerätes herantritt und automatisch von der Kamera via Gesichtserkennung identifiziert wird (Abbildung 1 links). Das Nutzungsszenario mit dem Abruf personalisierter Fahrgastinformationen und die Studiendurchführung erfolgte unter sonst gleichen Bedingungen analog zu Wehr et al. (2024). Die umstehende Person wurde durch ein realitätsnahes Video auf einem mobilen Whiteboard simuliert. Als naher Abstand der umstehenden Person wurde die soziale Distanz mit 1,3 m (Abbildung 1 Mitte) und als ferner Abstand die öffentliche Distanz mit 3,7 m nach Hall (1969) angewandt (Abbildung 1 rechts).

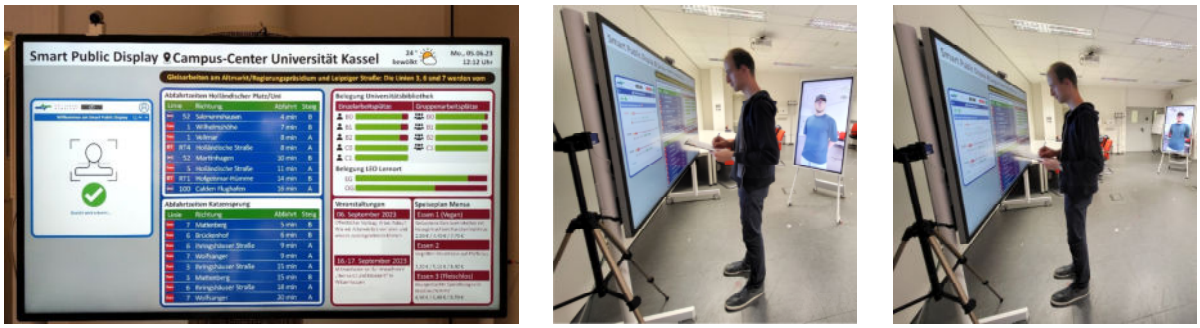


***Abbildung 1**: Prototypische Umsetzung der Anmeldung via Gesichtserkennung (links) und Studienaufbau mit per Whiteboardvideo simulierter umstehender Person bei nahem Abstand (Mitte) und fernem Abstand (rechts).*

Nach thematischer Einführung und Einwilligung der Probanden zur Studienteilnahme wurden demografische Fragen beantwortet. Für den vorliegenden Beitrag wird aus dieser Folgestudie das Smart Public Display bei Anmeldung via Gesichtserkennung betrachtet und unter Berücksichtigung der zwei verschiedenen Abstände einer umstehenden Person dem Smart Public Display bei Anmeldung via RFID-fähiger Karte aus der Studie nach Wehr et al. (2024) gegenübergestellt.

In beiden Studien wurden dieselben ausgewählten Fragen zu Datenschutzbedenken gestellt. Diese wurden in Anlehnung an Berkemeier et al. (2017) adaptiert. Die erste Frage bezog sich auf das Vorhandensein von Bedenken, dass die bei der Nutzung des Smart Public Displays preisgegebenen Informationen missbraucht werden könnten (Bedenken bezüglich Datenmissbrauch). Die zweite Frage bezog sich auf das Vorhandensein von Bedenken der Nutzer, dass durch die Nutzung des Smart Public Displays ihre privaten Informationen von anderen Personen gefunden werden können (Bedenken bezüglich Datensicherheit). Beide Fragen wurden auf einer Likert-Skala von 1 = *trifft nicht zu* bis 7 = *trifft zu* beantwortet. In einem explorativen Ansatz wurden folgende Hypothesen geprüft: Bei beiden Anmeldeverfahren unterscheiden sich die Bedenken bezüglich Datenmissbrauch (H1) sowie Datensicherheit (H4). Bei beiden Abständen der umstehenden Person unterscheiden sich die Bedenken bezüglich Datenmissbrauch (H2) sowie Datensicherheit (H5). In Abhängigkeit vom Abstand der umstehenden Person liegt bei beiden Anmeldeverfahren ein Unterschied bei den Bedenken bezüglich Datenmissbrauch (H3) sowie Datensicherheit (H6) vor. Die Technologieakzeptanz wurde anhand der Nutzungsintention mithilfe des Technology Usage Inventory (TUI) nach Kothgassner et al. (2013) erhoben.

4. Ergebnisse

Die Gesamtstichprobe umfasst zwei Gruppen. Gruppe 1 bildet die Stichprobe aus Wehr et al. (2024), die elf weibliche und 19 männliche Probanden mit einem Alter von 19 bis 52 Jahren umfasst (*M* = 26,3 Jahre; *SD* = 6,9 Jahre). Zur Stichprobe zählen 20 Studierende, acht Erwerbstätige, ein Schüler und eine freiwilligendienstleiste Person. Diese Gruppe nutzte die RFID-fähige Karte als Anmeldeverfahren.

Gruppe 2 bildet die Stichprobe der Folgestudie, bestehend aus 14 weiblichen, 15 männlichen und einem diversen Probanden im Alter zwischen 19 und 32 Jahren (*M* = 23,7 Jahre; *SD* = 2,6 Jahre). Diese Stichprobe besteht aus 27 Studierenden sowie drei Erwerbstätigen und nutzte die Gesichtserkennung als Anmeldeverfahren.

Die Bedenken der Probanden bezüglich Datenmissbrauch am Smart Public Display mit personalisierten Fahrgastinformationen sind in Abbildung 2 links dargestellt. Demnach liegen bei den Probanden unter Nutzung der Karte als Anmeldeverfahren bei nahem (*MD* = 2,0; *IQR* = 2,75) und fernen Abstand der umstehenden Person (*MD* = 3,5; *IQR* = 3,00) Bedenken, dass preisgegebene Informationen missbraucht werden könnten, im niedrigen bis mittleren Umfang vor. Bei Nutzung der Gesichtserkennung als Anmeldeverfahren besitzen die Probanden bei nahem und fernem Abstand der umstehenden Person (*MD* = 5,0; *IQR* = 2,75) vermehrt Bedenken bezüglich Datenmissbrauch.

Die Bedenken der Probanden bezüglich Datensicherheit sind in Abbildung 2 rechts dargestellt. Bei Anmeldung via Karte besitzen die Probanden bei nahem (*MD* = 2,0; *IQR* = 3,00) und fernem Abstand der umstehenden Person (*MD* = 3,0; *IQR* = 3,00) Bedenken in geringem bis mittleren Umfang, dass andere Personen private Informationen der Probanden finden können. Bei Anmeldung via Gesichtserkennung liegen bei den Probanden bei nahem (*MD* = 5,0; *IQR* = 3,00) und fernem Abstand der umstehenden Person (*MD* = 5,0; *IQR* = 2,00) diesbezüglich vermehrt Bedenken vor.

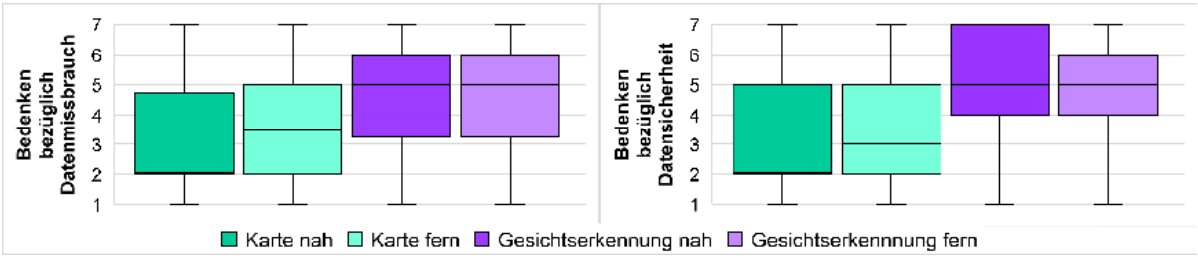


***Abbildung 2**: Bedenken bezüglich Datenmissbrauch (links) und Datensicherheit (rechts).*

Um die Hypothesen H1 bis H6 zu prüfen, wurde aufgrund der verwendeten Likert-Skalen als nichtparametrisches Verfahren jeweils eine zweifaktorielle Mixed-ANOVA auf Basis der Aligned Rank Transform nach Wobbrock et al. (2011) durchgeführt. Die statistische Auswertung erfolgte mithilfe der Software R und RStudio unter Nutzung des ARTool (Kay et al. 2021).

Hinsichtlich der Bedenken zu Datenmissbrauch zeigte sich ein signifikanter Unterschied für den Haupteffekt des Anmeldeverfahrens (H1) ($F(1; 58) = 9{,}928$; $p = 0{,}003$). Nach Berechnung der Effektstärke ($r = 0{,}38$) liegt nach Cohen (1988) ein mittelstarker Effekt vor. Für den Haupteffekt des Abstandes der umstehenden Person (H2) liegt kein signifikanter Unterschied vor ($F(1; 58) = 0{,}242$; $p = 0{,}625$). Es zeigte sich kein signifikanter Interaktionseffekt von Anmeldeverfahren und Abstand (H3) ($F(1; 58) = 1{,}976$; $p = 0{,}165$).

Im Hinblick auf die Bedenken bezüglich Datensicherheit wurde für den Haupteffekt des Anmeldeverfahrens (H4) ein signifikanter Unterschied festgestellt ($F(1; 58) = 13{,}213$; $p < 0{,}001$). Die berechnete Effektstärke ($r = 0{,}43$) deutet auf einen mittelstarken Effekt hin (Cohen 1988). Ein signifikanter Haupteffekt des Abstandes der umstehenden Person (H5) konnte nicht nachgewiesen werden ($F(1; 58) = 0{,}119$; $p = 0{,}731$). Ein signifikanter Interaktionseffekt von Anmeldeverfahren und Abstand (H6) besteht nicht ($F(1; 58) = 1{,}493$; $p = 0{,}227$).

Die Ergebnisse bezüglich der Technologieakzeptanz des Smart Public Displays mit personalisierten Fahrgastinformationen sind in Abbildung 3 dargestellt. Bei Anmeldung via Karte nach Wehr et al. (2024) liegen die Summenwerte der Nutzungsintention bei nahem Abstand der umstehenden Person zwischen 36 und 300 ($M = 225{,}9$; $SD = 72{,}9$), bei fernem Abstand zwischen 75 und 300 ($M = 227{,}3$; $SD = 72{,}9$). Bei Anmeldung via Gesichtserkennung variieren die Werte der Nutzungsintention bei nahem Abstand zwischen 8 und 298 ($M = 116{,}7$; $SD = 81{,}6$), fernem Abstand der umstehenden Person zwischen 9 und 300 ($M = 128{,}0$; $SD = 86{,}8$).

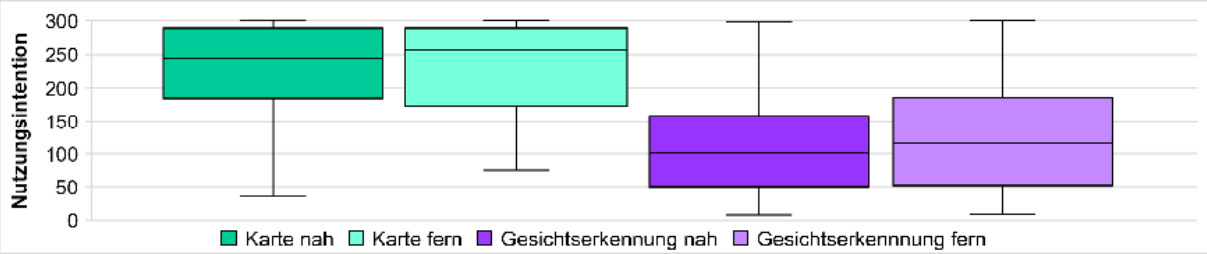


***Abbildung 3**: Technologieakzeptanz des Smart Public Displays für betrachtete Anmeldesituationen.*

5. Diskussion und Fazit

Zwischen den beiden Anmeldeverfahren am Smart Public Display mit personalisierten Fahrgastinformationen liegen signifikante Unterschiede hinsichtlich der Bedenken bezüglich Datenmissbrauch und Datensicherheit vor. Ein signifikanter Haupt- und Interaktionseffekt in Abhängigkeit des Abstands einer umstehenden Person zeigte sich dagegen nicht. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass bei Anmeldung via Gesichtserkennung vermehrt Datenschutzbedenken im Gegensatz zur Anmeldung via Karte vorliegen. Eine mögliche Ursache könnte die Vertrautheit der meisten Probanden mit der eingesetzten Karte sein, die bereits im universitären Kontext z. B. für Zahlungsvorgänge genutzt wird. Gesichtserkennung ist im öffent-lichen Bereich dagegen bisher kaum verbreitet. Die Werte der Technologieakzeptanz des Smart Public Displays mit personalisierten Fahrgastinformationen liegen bei Anmeldung via Karte in einem hohen und bei Anmeldung via Gesichtserkennung in einem eher niedrigen Bereich. Dies lässt einen Einfluss des Anmeldeverfahrens auf die Technologieakzeptanz vermuten, was im nächsten Schritt überprüft werden könnte. Abschließend scheint anhand der Ergebnisse zu Datenschutzbedenken und Technologieakzeptanz die Karte das geeignetere Anmeldeverfahren für das entwickelte Smart Public Display mit personalisierten Fahrgastinformationen zu sein.

6. Literatur

Berkemeier L, Werning S, Zobel B, Ickerott I, Thomas O (2017) Der Kunde als Dienstleister: Akzeptanz und Gebrauchstauglichkeit von Smart Glasses im Self-Service. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 54(5):781–794.

Brandenburg V, Orth L, Palka V, Pestemer L (2022) Barrierearme Fahrgastinformation. Der Nahverkehr(12):10–14.

Bundespolizei (2024) EasyPASS: Was ist EasyPASS? Accessed Dec 18, 2024. https://www.easypass.de/EasyPass/DE/Was_ist_EasyPass/home_node.html;jsessionid=8B79D7A511A2FA7B92499867A603996E.internet611.

Cohen J (1988) Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences, 2.th edn. Hillsdale: Erlbaum.

Eiband M, Khamis M, Zezschwitz E von, Hussmann H, Alt F (2017) Understanding Shoulder Surfing in the Wild: Stories from Users and Observers. In: Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. New York: ACM, 4254–4265.

Hall ET (1969) The Hidden Dimension, Anchor Books edition. Garden City: Anchor Books Doubleday.

Kasteren A van, Vredenborg M (2022) Personalized, Context-Aware Communication in Multimodal Public Transport. In: Proceedings of the 30th ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization. New York: ACM, 326–330.

Kay M, Elkin LA, Higgins JJ, Wobbrock JO (2021) ARTool: Aligned Rank Transform: [R] Package With Documentation and Two Vignettes. Accessed Dec 06, 2024. https://doi.org/10.32614/CRAN.package.ARTool.

Kothgassner OD, Felnhofer A, Hauk N, Kastenhofer E, Gomm J, Krypsin-Exner I (2013) TUI: Technology Usage Inventory. Manual. Accessed Oct 17, 2023. https://www.researchgate.net/publication/259292979_Technology_Usage_Inventory_TUI_Manual.

Kühn R, Lemme D, Pfeffer J, Schlegel T (2019) Investigating Users' Responses to Context-Aware Presentations on Large Displays in Public Transport. In: Krömker H (Ed) HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems: Proceedings of the First International Conference. Cham: Springer, 500–514.

Kurdyukova E, Obaid M, André E (2012) Direct, Bodily or Mobile Interaction? Comparing Interaction Techniques for Personalized Public Displays. In: Proceedings of the 11th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia. New York: ACM, 1–9.

Parker C, Kay J, Baldauf M, Tomitsch M (2016) Design Implications for Interacting with Personalised Public Displays through Mobile Augmented Reality. In: Müller J, Memarovic N, Ojala T, Kostakos V (Eds) Proceedings of the 5th ACM International Symposium on Pervasive Displays. New York: ACM, 52–58.

Parker C, Kay J, Tomitsch M (2018) Device-Free: An Implicit Personalisation Approach for Public Interactive Displays. In: Proceedings of the Australasian Computer Science Week Multiconference. New York: ACM, 1–8.

Parker C, Tomitsch M, Davies N, Valkanova N, Kay J (2020) Foundations for Designing Public Interactive Displays that Provide Value to Users. In: CHI'20: Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. New York: ACM, 1–12.

Wehr F, Beckers L, Schmidt L (2024) Empirische Evaluation von personalisierten Fahrgastinformationen auf einem Smart Public Display. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Arbeitswissenschaft in-the-loop - Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung. Sankt Augustin: GfA-Press, 1–6.

Wobbrock JO, Findlater L, Gergle D, Higgins JJ (2011) The Aligned Rank Transform for Nonparametric Factorial Analyses Using Only Anova Procedures. In: CHI '11: Proceedings and Extended Abstracts of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. New York: ACM, 143–146.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Anwenderbefragung zur Nutzung von Assistenzsystemen bei Elektrowerkzeugen in der Holzbearbeitung

Lukas FUCHS, Thomas MAIER

Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design,
Lehrstuhl Technisches Design, Universität Stuttgart,
Pfaffenwaldring 9, D-70569 Stuttgart

Kurzfassung: Elektrowerkzeuge werden durch Assistenzsysteme zu handgeführten Robotern, die die Sicherheit, den Komfort oder die Genauigkeit erhöhen können. 57 Schreiner*innen (48 m, 7 w, 2 k.A.) mit einem Altersdurchschnitt von 35,5 Jahren werden im Rahmen einer Online-Anwenderbefragung zu ihren Tätigkeiten und Vorstellungen zur Nutzung von Assistenzsystemen im zukünftigen Arbeitsalltag befragt. Die Kantenbearbeitung ist eine der am häufigsten durchgeführten Tätigkeiten und die Befragten priorisieren verschiedene Assistenzfunktionen für Elektrowerkzeuge und Kantenfräsen anhand ihrer Wichtigkeit ähnlich. Damit eignet sich die Kantenfräse gut als beispielhaftes Elektrowerkzeug, anhand dessen verschiedene Assistenzlevel entwickelt und evaluiert werden können.

Schlüsselwörter: Mensch-Maschine-Schnittstelle, Elektrowerkzeuge, Assistenzsysteme, Kantenfräsen

1. Einleitung

Im letzten Jahrzehnt war der Wechsel von kabel- zu akkubetriebenen Elektrowerkzeugen in nahezu allen Leistungsklassen als Entwicklungstrend zu beobachten (Dispan 2016 S. 47). Jedoch fanden in Bezug auf die Funktionalität fast nur inkrementelle Innovationen Einzug (Dispan 2016 S. 61). Arntz et al. (2020) teilt die Produktionsmittel anhand des Digitalisierungs- und Automatisierungsgrades in vier Technologiestufen ein. Elektrowerkzeuge werden hierbei in die Kategorie 1.0/2.0 Technologien eingeteilt (manuell gesteuert, nicht IT-gestützt). Jedoch ist der Übergang in die Kategorie der 3.0 Technologien (indirekt gesteuert, IT-gestützt) denkbar, sofern sich der Aufgabenanteil zwischen Mensch und Maschine verschiebt. Dies kann beispielsweise durch Assistenzsysteme entstehen, welche nach Beetz (2006 S. 25) „eine Anordnung von Komponenten mit dem ausdrücklichen Ziel, Unterstützung bei einer bestimmten Aufgabe zu gewähren“ sind. Settimi et al. (2022 S. 2) spricht dann von „handheld robotic devices“ also handgehaltenen bzw. handgeführten Robotern, die Teil der datengetriebenen Fertigung werden. Elektrowerkzeuge mit digitalen oder elektronischen Assistenzsystemen wurden bislang nur vereinzelt erforscht (Zoran und Paradiso 2013; Matthiesen et al. 2022; Settimi et al. 2024) oder im Markt eingeführt (Shaper Tools GmbH 2024; SawStop 2024; DeWalt 2025). Die Assistenzsysteme bei Elektrowerkzeugen bieten dem Nutzenden eine Unterstützung, seine Ziele ähnlich wie bei PKWs komfortabler und sicherer (Naab 2004, S. 3), aber auch genauer (Zoran et al. 2014, S. 49) zu erreichen.

Die Führung von Werkstücken und Elektrowerkzeugen von Hand ist allgemein im Handwerk zu finden, tritt jedoch besonders oft in der Holzbearbeitung auf. Daher sind

sicherheitsbezogene Assistenzfunktionen im Bereich der Holzbearbeitung von großer Wichtigkeit. Dies bestätigt leider auch die Unfallquote von 60 Arbeitsunfällen pro 1.000 Beschäftigten in Schreinereien 2019, die damit fast doppelt so hoch war wie die Unfallquote über alle Branchen der Berufsgenossenschaft Holz und Metall hinweg. Von den 2.917 Arbeitsunfällen in Schreinereien haben sich 701 Unfälle an stationären und 437 an handgeführten Maschinen ereignet. (Feihle 2023)

Um die Sicht der professionellen Anwender auf Elektrowerkzeuge mit Assistenzsystemen zu erhalten, wurden Schreiner*innen zum einen in einer größeren Online-Anwenderbefragung in ganz Deutschland und zum anderen mit Interviews vor Ort in ihren Werkstätten in Stuttgart befragt. Die ersten drei Teile des Fragenbogens sind bei beiden Befragungen identisch. Dabei werden diese allgemein und anhand eines beispielhaften Elektrowerkzeugs, der Kantenfräse, zur Benutzung aktueller und zu Erwartungen an zukünftige Geräte mit Assistenzsystemen befragt. In der Holzbearbeitung wird das Anbringen von Fasen oder Rundungen mit Kantenfräsen genutzt, um Kanten zu gestalten und Kantenanleimer zu trimmen. Im Rahmen dieser Veröffentlichung wird nur auf die Ergebnisse aus der Online-Anwenderbefragung eingegangen, da die Anwenderinterviews vor Ort noch nicht vollständig abgeschlossen sind.

2. Methode

Der Aufbau des Fragebogens ist an die Vorgehensweise von Germann et al. (2023, S. 75) angelehnt. Im ersten Teil werden Fragen zu demographischen Daten, Tätigkeiten und zum Technikvertrauen gestellt. Im zweiten Teil geht es um die Akzeptanz von Assistenzsystemen und im Speziellen um Elektrowerkzeuge mit Assistenzsystemen und deren Funktionsausgestaltung und Abschaltbarkeit. Darüber hinaus werden die Schreiner zu Vorteilen, Nachteilen und Erwartungen an Elektrowerkzeuge mit Assistenzsystemen befragt. Im dritten Teil wird auf die Kantenfräse in Form von typischen Arbeitsaufgaben und Priorisierung von Assistenzsystemfunktionen eingegangen. Die Anwender werden zudem befragt, was relevante Parameter für die Benutzerfreundlichkeit einer Kantenfräse sind. Die Ergebnisse der Online-Anwenderbefragung werden im Folgenden auszugsweise präsentiert.

3. Ergebnisse

Die Online-Anwenderbefragung fand vom 12. Dezember 2024 bis 18. Januar 2025 statt. 80 Befragte aus ganz Deutschland haben den Online-Fragebogen zumindest in Teilen ausgefüllt. Zwei Zimmerer, Befragte mit einem Ausfüllgrad von weniger als 80 % und einer relativen Ausfüllgeschwindigkeit von über 2,0 (Leiner 2019) wurden aus dem Datensatz entfernt. Damit haben 57 Personen (48 männlich, 7 weiblich, 2 k.A.; Ø = 35,5 Jahre, SD = 17,1 Jahre, Range = 17-73 Jahre) an der Online-Befragung teilgenommen. Von den Befragten sind 24 Meister*in, 6 Geselle*in und 25 in Ausbildung im Schreinerhandwerk. Zwei Teilnehmer haben Bauingenieurwesen bzw. Holzbau studiert. 27 Befragte gaben an selbstständig und 25 angestellt tätig zu sein. Die Befragten können sich gut für neue Technik begeistern und gaben durchschnittlich ein hohes Vertrauen in Computerprogramme und CNC-Fräsen an (vgl. Abb. 1). Das Vertrauen in Navigationssysteme wurde durchschnittlich als eher zutreffend eingeordnet. Künstlicher Intelligenz wird das geringste, durchschnittlich neutrale, Vertrauen entgegengebracht, wobei die Streuung am größten ausfällt.

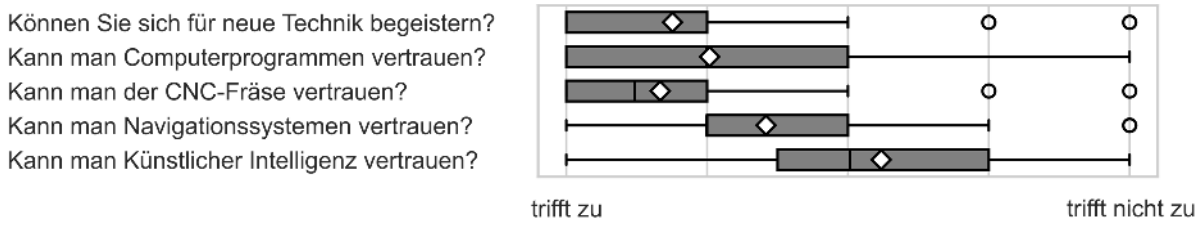


***Abbildung 1**: Bewertung der Technikbegeisterung und Vertrauen in Computerprogramme, CNC-Fräsen, Navigationssysteme und Künstliche Intelligenz. (5-stufige Likert-Skala: 5 = trifft zu, 1 = trifft nicht zu).*

Die Befragten haben elf Tätigkeiten auf bis zu zehn Ränge verteilt, um diese nach der Häufigkeit bzw. nach dem Anteil ihrer täglichen Arbeitszeit anzuordnen. Eine Analyse der elf Tätigkeiten mit dem „Law of Categorical Judgement“ (LCJ) (Torgerson 1958, S. 236ff) ergibt die in Abbildung 2 dargestellte Reihenfolge der berechneten skalierten Werte der Tätigkeiten. Die Reihenfolge unterscheidet sich je nachdem, ob alle, nur die Gruppe der Meister*innen und Gesell*innen oder die Gruppe der Auszubildenden betrachtet wird. Die Meister*innen und Gesell*innen führen am meisten Kantenbearbeitung aus, gefolgt von Entwurf und Planung. Auszubildende hingegen führen am meisten Montagetätigkeiten gefolgt von Platten-/Balkenzuschnitt und Kantenbearbeitung aus. Die Kantenbearbeitung ist bei Betrachtung aller Befragten die vierthäufigste Tätigkeit.

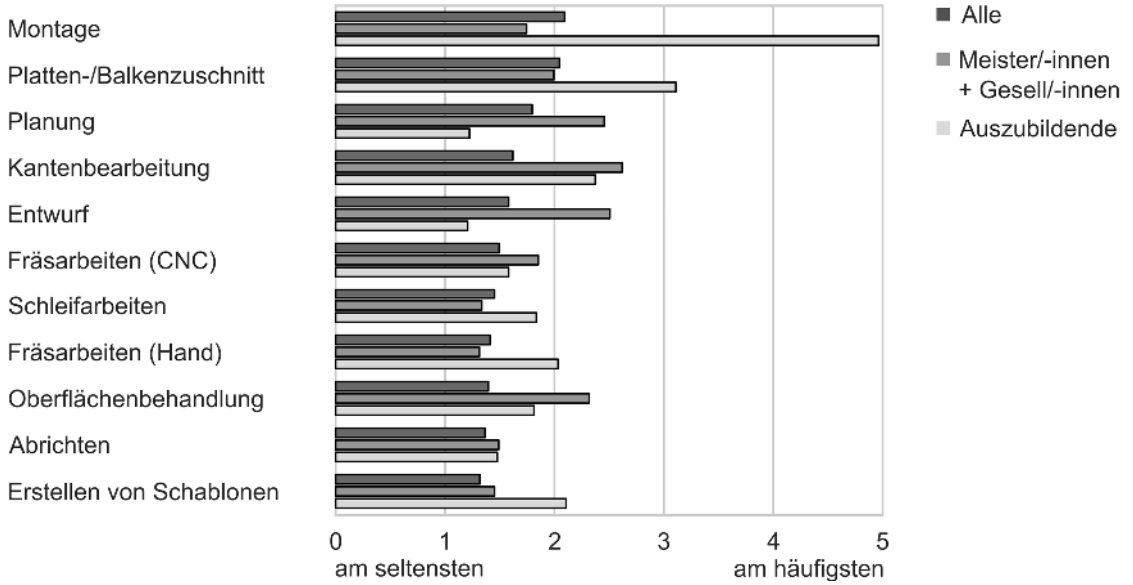


***Abbildung 2**: Reihenfolge der Arbeitsaufgaben nach Häufigkeit bzw. Anteil der täglichen Arbeitszeit nach den mit dem LCJ berechneten skalierten Werten für alle Befragten in dunkelgrau, die Gruppe der Meister*innen und Gesellen*innen in mittelgrau und die Gruppe der Auszubildenden in hellgrau. Die Reihenfolge der elf Tätigkeiten ergibt sich aus der Rangfolge für alle Befragten.*

Die Befragten können sich sehr gut vorstellen, Assistenzsysteme in ihrem Arbeitsalltag zu nutzen (vgl. Abb. 3). Dies triff auch auf die Vorstellung der Nutzung von Exoskeletten und Elektrowerkzeugen mit Assistenzsystem bzw. der Ausstattung von Kantenfräsen mit Assistenzsystemen zu. Nur die Nutzung von Augmented-Reality-Brillen bei der Bearbeitung von Werkstücken wird im Durchschnitt als eher nicht vorstellbar bewertet.

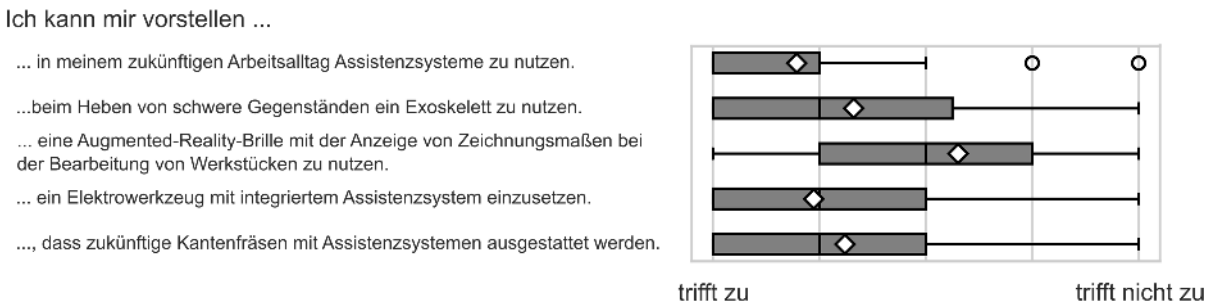


***Abbildung 3**: Bewertung, ob Benutzung von Assistenzsystemen allgemein und spezifischer mit Exoskeletten, Augmented-Reality-Brillen und Elektrowerkzeugen mit integrierten Assistenzsystemen und Ausstattung von Kantenfräsen mit Assistenzsystemen vorstellbar ist. (5-stufige Likert-Skala: 5 = trifft zu, 1 = trifft nicht zu).*

Die ebenfalls mit dem LCJ analysierte Priorisierung von fünf Assistenzfunktionen für Elektrowerkzeuge und Kantenfräsen auf fünf Rängen nach ihrer Wichtigkeit ist in Abbildung 4 dargestellt. Die Funktion Gesamtsystem wurde anstatt der Funktion Bewegungskorrektur bei Kantenfräsen bei der Priorisierung gewählt, da eine Bewegungskorrektur bereits durch den Anlaufring des Fräsers stattfindet.

Sicherheitsfunktionen werden sowohl für Elektrowerkzeuge als auch Kantenfräsen als die Funktionen angesehen, die höchste Priorität bei der Ausstattung mit Assistenzsystemen haben. Im Anschluss folgt jeweils die Zu-/Feineinstellung. Vorschub und automatische Drehzahleinstellung wird für Elektrowerkzeuge als am unwichtigsten und Bewegungskorrektur als nahezu gleich wichtig wie die Zu-/Feineinstellung eingeordnet. Für Kantenfräsen ergibt sich eine leicht andere Reihenfolge und geringere Abstände zwischen den Assistenzfunktionen auf Rang zwei bis fünf.

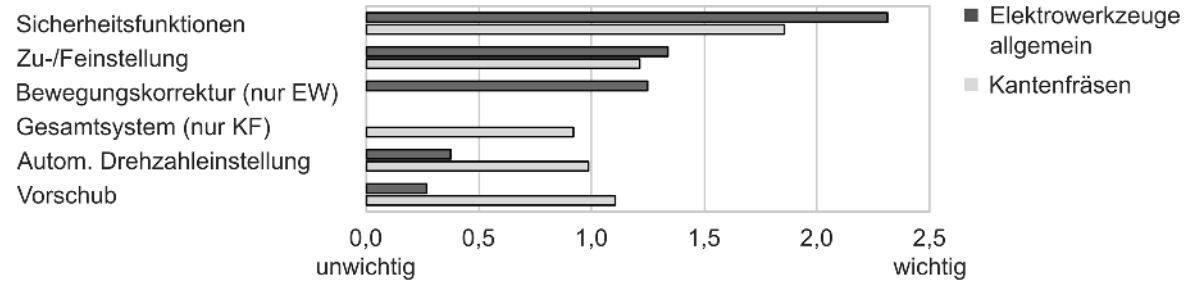


***Abbildung 4**: Reihenfolge der Wichtigkeit von Assistenzfunktionen für Elektrowerkzeuge (dunkelgrau) und Kantenfräsen in (hellgrau) nach den mit dem LCJ berechneten skalierten Werten.*

73,2 % der Befragten bevorzugen, dass das Assistenzsystem grundsätzlich eingeschaltet ist und bei Start ausgeschaltet werden kann. 21,4 % bevorzugen, dass das Assistenzsystem bei Start zugeschaltet werden muss und 5,4 %, dass ein Ausschalten nicht möglich ist.

Die Befragten sehen als Vorteile von Elektrowerkzeugen mit Assistenzfunktionen eine höhere Sicherheit, eine höhere Genauigkeit, einen höheren Komfort, eine Vermeidung von Fehlern und eine leichtere Bedienung. Als Nachteile sehen sie einen Verlust von handwerklichen Fähigkeiten, eine Nachlässigkeit der Benutzenden, höhere Anschaffungskosten, eine komplizierte Bedienung, mehr Ausfälle und eine geringere Lebensdauer unter anderem aufgrund fehlender Updates. Die Befragten äußerten zudem als weitere Anforderungen bzw. Erwartungen an Elektrowerkzeuge mit Assis-

tenzsysteme, dass diese durch Ihren Mehrwert den Verlust des Handwerks ausgleichen, eine hohe Zuverlässigkeit des Systems haben und eine einfache Bedienung bieten.

Die Befragten nutzen Kantenfräsen zu 40 % für Rundungen, zu 37 % für Fasen, zu 19 % zum Trimmen von Kantenanleimern und zu 3 % für Nuten, Profile oder zum Bündigfräsen von Furnier bzw. HPL-Platten. Die Befragten sehen Handlichkeit, ein geringes Gewicht und eine leichte und präzise Einstellung als relevante Parameter für die Benutzerfreundlichkeit von Kantenfräsen an.

4. Diskussion

Die befragten Schreiner*innen sind offen für neue Technik, jedoch muss diese einen klaren Nutzen erbringen und wie es ein Befragter formulierte „kein Tech-Schickschnack“ sein. Die als beispielhafte Anwendung von Assistenzsystemen für Elektrowerkzeuge gewählte Kantenbearbeitung ist eine der am häufigsten durchgeführten Tätigkeiten im Arbeitsalltag der Befragten. Die Befragten bewerten die Vorstellung der allgemeinen Nutzung von Elektrowerkzeugen mit Assistenzsystemen ähnlich wie die spezifische Ausstattung von Kantenfräsen mit Assistenzsystemen. Auch bezüglich der höchsten Priorisierung von Assistenzfunktionen, die die Sicherheit und Zu-/Feineinstellung betreffen, werden die Kantenfräsen ähnlich zu allen Elektrowerkzeugen bewertet. Damit ist die Wahl der Kantenfräse als Beispiel für die Entwicklung und Erforschung von Assistenzsystemen für Elektrowerkzeuge als sinnvoll zu erachten. Die von den Befragten angeführten Vor- und Nachteile als auch die weiteren Erwartungen sollten im Entwicklungsprozess von Assistenzsystemen für Elektrowerkzeuge berücksichtigt werden. Einem Teil der Nachteile kann durch eine stringente Anwendung der DIN EN ISO 9241-110 und DIN EN ISO 9241-210 entgegengewirkt werden, da dies klassische Probleme der Benutzerfreundlichkeit sind.

94,6 % der Befragten bevorzugen eine Abschaltbarkeit des Assistenzsystems, wobei eine Abschaltung des grundsätzlich eingeschalteten Systems bevorzugt wird. Insbesondere die Zuverlässigkeit und Umsetzung der Warnungen bei Assistenzsystemen ist für die Akzeptanz und damit die Einschaltquote wichtig, wie Studien zu Spurhalteassistenten bei PKWs zeigen (Reagan et al. 2018). Der standardmäßig bei Start eingeschaltete Zustand des Spurhalteassistenten eines PKW-Modells erhöhte die Einschaltquote dabei um ein Drittel (Reagan et al. 2018). Diese Erkenntnisse, die für PKWs bereits erhoben wurden, sollten auch in die Entwicklung von Assistenzsystemen für Elektrowerkzeuge einfließen.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Die nicht repräsentative Online-Anwenderbefragung ermöglicht einen Einblick in den Arbeitsalltag, die Einstellungen und die Vorstellungen zu zukünftigen Elektrowerkzeugen mit Assistenzsystemen von Schreiner*innen in Deutschland. Die Befragten priorisierten die Wichtigkeit von Assistenzfunktionen von Elektrowerkzeugen und Kantenfräsen ähnlich. Damit eignet sich die Kantenfräse gut zur Erforschung von unterschiedlichen Assistenz-Leveln exemplarisch für Elektrowerkzeuge. Die Ergebnisse der Online-Anwenderbefragung und die Interviews mit Schreiner/innen vor Ort in den Werkstätten werden im Folgenden für die Entwicklung und anschließende vergleichende Evaluation unterschiedlicher Assistenz-Level von Kantenfräsen genutzt.

6. Literatur

Arntz M, Dengler K, Dorau R, Gregory T, Hartwig M, Helmrich R et al. (2020) Digitalisierung und Wandel der Beschäftigung (DIWABE): Eine Datengrundlage für die interdisziplinäre Sozialpolitikforschung, Mannheim: ZEW - Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW Dokumentation, 20-02).

Beetz S (2006) Beitrag zur Methode der arbeitsplatz-integrierten Assistenz am Beispiel der Formmesstechnik. Online verfügbar unter https://opus4.kobv.de/opus4-fau/oai/container/index/docid/243.

DIN EN ISO, Deutsches Institut für Normung (2020) Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 210: Menschzentrierte Gestaltung interaktiver Systeme. DIN EN ISO 9241-210.

DIN EN ISO, Deutsches Institut für Normung (2020) Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 110: Interaktionsprinzipien. DIN EN ISO 9241-110.

DeWalt (Hg.) (2025) Perform & Protect | Elektrowerkzeuge | DEWALT Deutschland. Online verfügbar unter https://www.dewalt.de/systeme/perform-protect, zuletzt aktualisiert am 2025, zuletzt geprüft am 22.01.2025.

Dispan J (2016) Branchenanalyse Elektrowerkzeuge – Entwicklungstrends und Herausforderungen. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung (Study / Hans-Böckler-Stiftung, Nr. 343 (November 2016)). Online verfügbar unter http://hdl.handle.net/10419/147968.

Feihle G (2023) Arbeitsunfall-Analyse zeigt Präventionspotenziale. BGHM-Magazin8-11.

Germann R, Helmstetter S, Fotler D, Matthiesen S (2023) Perceived Usability in User-Centered Design: Analysis of Usability Aspects for Improving Human-Machine Systems. Human-Automation Interaction 10:65-83.

Leiner DJ (2019) Too Fast, too Straight, too Weird: Non-Reactive Indicators for Meaningless Data in Internet Surveys, 229-248 Pages / Survey Research Methods, Vol 13 No 3 (2019).

Matthiesen S, Schulze V, Wilwer J, Rosen M, Robens JH (2022) CoPoT - Connected Power Tools : Veröffentlichung der Ergebnisse vom Forschungsvorhaben im BMBF-Programm : Projektlaufzeit: 01.08.2019 bis 31.12.2022. Unter Mitarbeit von TIB - Technische Informationsbibliothek Universitätsbibliothek Hannover, Technische Informationsbibliothek (TIB) und Karlsruher Institut für Technologie. Karlsruhe: KIT Karlsruher Institut für Technologie. CoPoT - Connected Power Tools (2022).

Naab K (2004) Sensorik-und Signalverarbeitungsarchitekturen für Fahrerassistenz und aktive Sicherheit. In: 1. Tagung Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenzsysteme.

Reagan IJ, Cicchino JB, Kerfoot LB, Weast RA (2018) Crash avoidance and driver assistance technologies – Are they used? Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour 52:176-190.

SawStop (2024) Homepage - SawStop. Online verfügbar unter https://www.sawstop.eu/, zuletzt aktualisiert am 01.07.2024, zuletzt geprüft am 22.01.2025.

Settimi A, Gamerro J, Weinand Y (2022) Augmented-reality-assisted timber drilling with smart retrofitted tools. Automation in Construction 139:104272.

Settimi A, Yang H-B, Gamerro J, Weinand Y (2024) TSLAM: a tag-based object-centered monocular navigation system for augmented manual woodworking. Constr Robot 8:1-28.

Shaper Tools GmbH (Hg.) (2024) Shaper Tools | Karriere. Online verfügbar unter https://www.shapertools.com/de-de/about/careers, zuletzt aktualisiert am 25.09.2024, zuletzt geprüft am 25.09.2024.

Torgerson WS (1958) Theory and Methods of Scaling. New York: Wiley. Online verfügbar unter https://archive.org/details/dli.scoerat.6037theoryandmethodsofscaling.

Zoran A, Paradiso JA (2013) FreeD. In: Mackay WE et al. (Ed) CHI '13: CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2013. New York, NY, USA: ACM, 2613-2616.

Zoran A, Shilkrot R, Goyal P, Maes P, Paradiso JA (2014) The Wise Chisel: The Rise of the Smart Handheld Tool. IEEE Pervasive Comput. 13:48-57.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Gesundheitsrisiken der Digitalisierung – Sekundärauswertung einer repräsentativen Befragung von 2.750 Lehrkräften

Thomas HARDWIG[1]

Georg-August-Universität Göttingen,
Kooperationsstelle Hochschulen und Gewerkschaften, Platz der Göttinger Sieben 3,
D-37073 Göttingen

Kurzfassung: Der Beitrag untersucht die Bedeutung der Digitalisierung als Gesundheitsrisiko anhand einer repräsentativen Befragung von 2.750 Lehrkräften in Deutschland. Mit Hilfe eines multivariaten linearen Regressionsmodells wurden die Effekte der Digitalisierungsintensität und des digitalen Stresses (Technostress) im Verhältnis zu traditionellen Belastungsfaktoren (Arbeitsintensität, Arbeitszeitlage, emotionalen Anforderungen) auf das Burnout-Risiko analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass digitale Technologien nicht per se die Gesundheitsrisiken erhöhen. Vielmehr ist es eine unzureichende Gestaltung der Digitalisierung. Traditionelle Belastungsfaktoren bleiben jedoch die bedeutendsten Risikofaktoren für die Gesundheit von Lehrkräften. Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung eines soziotechnischen Ansatzes, der sowohl die Gestaltung digitaler Werkzeuge als auch die Verbesserung der Arbeitsbedingungen berücksichtigt, um Gesundheitsrisiken zu minimieren.

Schlüsselwörter: Digitalisierung; Gesundheit; Belastungen; Burnout; Digitaler Stress; Lehrkräfte

1. Welche Gesundheitsrisiken ergeben sich durch die Digitalisierung?

Während der Pandemie hat es einen deutlichen Schub in der Digitalisierung der Kommunikation und Zusammenarbeit gegeben. So zeigt eine repräsentative Beschäftigtenbefragung, dass gegenüber 2016 die Verbreitung digitaler Arbeitsmittel und auch die Belastungen für die Beschäftigten deutlich zugenommen haben (DGB-Index Gute Arbeit 2022). An deutschen Sekundarschulen stieg der Anteil der Lehrkräfte, die angegeben haben, dass sie digitale Medien jeden Tag im Unterricht einsetzen, von 39 % (2020) auf 68 % (2021) (Mußmann et al. 2021). Zudem wird davon berichtet, dass die Digitalisierung zu einer Erhöhung psychosozialer Gesundheitsrisiken beiträgt (Dragano et al. 2024).

In diesem Beitrag soll der Einfluss der Digitalisierung auf die Gesundheit bei qualifizierter Wissensarbeit anhand eines Datensatzes von 2.750 Lehrkräften gezeigt werden. Dabei geht es um zwei Fragen: Erstens, ob mit einer erhöhten Intensität der Nutzung digitaler Medien die Gesundheitsrisiken zunehmen. Zweitens, in welchem Verhältnis die Risiken der Digitalisierung zu traditionellen Gesundheitsrisiken stehen, wie die Lage der Arbeitszeit, die Arbeitsintensität und emotionale Belastungen.

2. Methode

Die Fragen sollen mit Hilfe eines multivariaten linearen Regressionsmodells geklärt werden. Diese Methode erlaubt es, abzuschätzen in welchem Maße Prädiktoren und Kontrollvariablen zu einer abhängigen Variablen beitragen. Die Effekte der Digitalisierung lassen sich in ihrem Verhältnis zu den klassischen Risikofaktoren bewerten. Auf diese Weise kann das Gesundheitsrisiko der Digitalisierung in seiner Bedeutung für den Arbeits- und Gesundheitsschutz besser eingeordnet werden.

Der *Personal Burnout Indikator* (Kristensen et al. 2005) als abhängige Dimension soll die Gesundheitsrisiken anzeigen. Als unabhängige Variablen werden Risikofaktoren eingesetzt und zwar für die Digitalisierung und für traditionelle Belastungsfaktoren. Darüber dienen Alter (Altersgruppen in 5-Jahresintervallen) und Geschlecht (Männlich und Divers gegenüber Weiblich) als Kontrollvariablen.

Als Datensatz steht eine im Februar 2021 durchgeführte bundesweit Befragung von Lehrkräften zur Digitalisierung an 233 deutschen Schulen zur Verfügung. Sie ist in den Merkmalen Geschlecht, Alter und Beschäftigungsumfang repräsentativ für Lehrkräfte aus dem Sekundarbereich allgemeinbildender Schulen (Mußmann et al. 2021: 46). Die Voraussetzungen der Variablen für eine Regression sind gegeben (Linearität, Homoeskadestizität, Multikolinearität, Normalverteilung der Residuen). Für die Regression mussten Beobachtungen mit fehlenden Werten gelöscht und teilweise Variablen invertiert werden. Alle unabhängigen Variablen wurden auf ein Wertespektrum zwischen 0 und 1 reskaliert, damit die Effektstärke vergleichbar wird. Die abhängige Variable Burnout bezieht sich auf ein Wertespektrum von 0 bis 100. Am Ende stehen aufgrund fehlender Werte 2.537 der 2.750 Beobachtungen für das Regressionsmodell zur Verfügung.

Tabelle 1: *Eigenschaften des Samples von 2.548 Lehrkräften*

Eigenschaften		**Lehrkräfte Gesamtschule***		**Lehrkräfte Gymnasium**	
		Anzahl	**Anteil**	**Anzahl**	**Anteil**
Geschlecht	**Männlich u. divers**	272	32%	583	66%
	Weiblich	572	68%	1.121	34%
	Summe	844	100%	1.704	100%
Alter	**Unter 30 Jahren**	66	8%	137	8%
	30 – 24 Jahre	159	19%	268	16%
	35 – 39 Jahre	150	18%	331	19%
	40 – 44 Jahre	101	12%	180	11%
	45 – 49 Jahre	83	10%	205	12%
	50 – 54 Jahre	121	14%	228	13%
	55 – 59 Jahre	82	10%	227	13%
	60 und älter	82	10%	128	8%
Beschäftigungsumfang	**Vollzeit**	377	59%	698	47%
	Teilzeit	267	41%	785	53%
	Ohne Angaben	200		221	
	Summe	844	100%	1.704	100%

* Gesamtschulen und vergleichbare Schulformen

Da es sich um Lehrkräfte handelt, wird Digitalisierung folgendermaßen operationalisiert (alle ursprünglichen Variablen beschrieben bei Mußmann et al. 2021):

H1: Es wird angenommen, dass ein höheres Ausmaß der Nutzung digitaler Medien die Gesundheitsrisiken erhöht. Die Variable *Digitalisierungsintensität* besteht aus dem Mittelwert von vier Fragen (Verfügbarkeit des Internets an der Schule; Verfügbarkeit

mobiler Endgeräte für den Unterricht; Häufigkeit der Nutzung digitaler Medien sowie der Nutzung von Lernplattformen im Unterricht).

H2: Digitalisierung ist mit erhöhtem Stress verbunden, der durch die Nutzung digitaler Medien und ihre Folgewirkungen bedingt ist. Dieser digitale Stress bzw. Technostress (Ayyagari et al. 2011; Ragu-Nathan et al. 2008) ist mit erhöhten Gesundheitsrisiken verbunden. Zur Prüfung wurden vier Dimensionen des digitalen Stresses verwendet. Es hat sich gezeigt, dass die Art der Digitalisierung bei Lehrkräften in einem besonders starken Zusammenhang zu den Dimensionen *Omnipräsenz* (Techno-Invasion), *Überforderung* (Techno-Overload), *Rollenunklarheit* (Role Ambiquity) und die spezifisch für Lehrkräfte entwickelte Skala *Vorführeffekt steht* (Mußmann et al. 2021).

Für die klassischen Gesundheitsrisiken wird auf das Instrument des DGB-Index Gute Arbeit zurückgegriffen. Es ermittelt Indexwerte für die verschiedene Kriterien der Arbeitssituation (z. B. Lage der Arbeitszeit) auf der Grundlage von vier bis fünf Fragen zur Häufigkeit und daraus resultierender subjektiver Beanspruchung von Belastungsfaktoren (Holler et al. 2014). Während beim DGB-Index ein hoher Indexwert gute Arbeit anzeigt, werden die Skalen hier gedreht, d.h. sie zeigen ein hohes Maß an subjektiver Beanspruchung an. Es wird für diese Analyse angenommen, dass die Beanspruchung durch drei im DGB-Index verwendete Kriterien mit höheren Gesundheitsrisiken verbunden sind:

H3: Durch eine ungünstige *Arbeitszeitlage* (Arbeit abends, nachts, am Wochenende, unbezahlte Arbeitszeit, ständige Erreichbarkeit). H4: Durch eine hohe *Arbeitsintensität* (Zeitdruck, Abstriche bei der Qualität, Widersprüchliche Anforderungen, fehlende Informationen und Störungen). H5: Durch *emotionale Anforderungen* (Herablassende Behandlung, Konflikte mit Schülerinnen und Schüler und Eltern, Gefühle verbergen).

3. Ergebnisse

Das Modell zeigte eine gute Anpassung an die Daten ($R^2 = 0{,}629$, Adjusted $R^2 = 0{,}393$), und die Durbin-Watson-Statistik deutete auf keine nennenswerte Autokorrelation der Residuen hin (DW = 2,0). Die Regressionstabelle zeigt für sozialwissenschaftliche Daten eine hohe Varianzaufklärung und insgesamt sehr konsistente Ergebnisse. Unter Berücksichtigung der Stärke und Häufigkeit signifikanter Effekte und der Effektstärken der Koeffizienten lassen sich folgende Aussagen treffen:

Nur die erste Hypothese lässt sich nicht bestätigen. Die *Digitalisierungsintensität* steht nicht in einem signifikanten Zusammenhang zum erhöhten Burnout. Damit ist H1 zu verwerfen. Alle weiteren Hypothesen werden bestätigt. So werden (H2) alle vier Variablen des Technostress signifikant (drei auf dem Wert von $p< 0{,}001$) und zeigen Beta-Werte von 10,7 bis 4,5. *Omnipräsenz* hat davon den stärksten Einfluss auf Burnout, *Vorführeffekt* den geringsten. Allerdings weisen die klassischen Belastungsfaktoren durchweg einen vielfach größeren Koeffizienten auf (zwischen 25,3 und 11,2) und ebenfalls eine sehr hohe Signifikanz ($p < 0{,}001$). Den stärksten Einfluss hat insgesamt die Beanspruchung durch die *Arbeitszeitlage* (Beta 25,3), den geringsten die *Emotionalen Anforderungen* (Beta 11,2). Die Kontrollvariablen verhalten sich unterschiedlich: Alter wird nicht signifikant, während Geschlecht signifikant wird ($p < 0{,}001$). Weibliche Lehrkräfte weisen einen 2,6 Punkte höheren Burnout-Wert auf als männliche und diverse. Geschlecht hat geringen Einfluss. Die einzelnen Skalen des digitalen Stresses und alle drei klassischen Belastungsfaktoren sind als Risikofaktor für die Gesundheit (hier: Burnout) wesentlich bedeutsamer.

Tabelle 1: *Ergebnisse der multiplen linearen Regression*

Abhängige Variable: Burnout	Regressions-koeffizient	Standard-fehler	Signifikanz
Digitalisierung			
Digitalisierungsintensität	-1,195	1,612	n.s.
Digitaler Stress - Omnipräsenz	10,690	2,196	***
Digitaler Stress - Überforderung	9,344	2,234	***
Digitaler Stress Rollenunklarheit	7,233	2,100	***
Digitaler Stress Vorführeffekt	4,541	1,832	*
Arbeitsbedingungen			
Beanspruchung Arbeitszeitlage	25,291	2,146	***
Beanspruchung Arbeitsintensität	24,973	2,447	***
Beanspruchung Emotionale Anforderungen	11,201	1,545	***
Kontrollvariablen			
Alter	-2,124	1,148	n.s.
Geschlecht (Männlich + Divers = 0)	2,630	0,620	***
(Konstante)	-13,406	2,244	***
Beobachtungen	2.537		
R^2	0,629		
Korrigiertes R^2	0,393		
Standardfehler des Schätzers	14,25408 (df = 2.526)		
F Statistik	165,414*** (df = 10; 2.526)		

* p < 0.05 ** p < 0.01 *** p < 0.001 n.s = nicht signifikant

4. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die Digitalisierung bei Lehrkräften tatsächlich mit erhöhten Gesundheitsrisiken verbunden sein kann. Allerdings ist es nicht das Ausmaß der Digitalisierung per se (H1), sondern deren schlechte Gestaltung. Denn erhöhter digitaler Stress ist mit erhöhtem Burnout verbunden (H2). Digitalen Stress empfinden die Befragten, wenn sie die durch die Mediennutzung bedingten neuen Anforderungen mit ihren Ressourcen (Zeit, Medienkompetenz) nicht mehr bewältigen können. Die Digitalisierung schafft neue Abhängigkeiten, die digitalen Stress erzeugen (Scholze & Hecker 2023). Es entstehen neue und zusätzliche Aufgaben (*Überforderung*). Zudem fordern wenig benutzungsfreundliche Techniken sowie Störungen und Unterbrechungen die Lehrkräfte heraus (*Rollenunklarheit, Vorführeffekt*). Wenn die Einführung neuer Medien in der Schule dagegen auf nutzungsfreundliche Technik setzt, die Infrastruktur in der Schule in allen Klassenräumen nutzbar ist (z. B. Internetverfügbarkeit) und die die Nutzungsszenarien in der Schule störungsfrei funktionieren (z. B. Einsatz von digitalen Tafeln und Lernplattformen), dann ist ein höheres Ausmaß an Digitalisierung nicht mit erhöhtem Technostress verbunden. Die Gesundheitsrisiken lassen sich also durch eine aktive, humanzentrierte Arbeitsgestaltung begrenzen (Dragano & Lunau 2020). Dies gilt vor allem, wenn die Nutzer*innen im Einführungsprozess neuer Technik ihre Medienkompetenz und damit die Ressourcen zur Bewältigung der neuen Anforderungen entwickeln können (Al-Fudail & Mellar 2008). Dabei geht es nicht um

eine allgemeine Technikkompetenz, sondern um eine feld-spezifische Verknüpfung von technischer, pädagogischer und fachlicher Kompetenz (TPACK), die für den Medieneinsatz im Unterricht entscheidend ist (Özgür 2020). Sie wird wahrscheinlich am besten in tätiger Auseinandersetzung mit den neuen Anforderungen in partizipative Schulentwicklungsprozessen (Rolff & Thünken 2020) erworben. Die Ergebnisse zeigen, dass eine menschenzentrierte Arbeitsgestaltung auch in der Schule notwendig ist. Dies spricht dafür, die Nutzung digitaler Medien in Schulen als sozio-technische Arbeitsgestaltungsprozesse zu gestalten (Hardwig 2023).

Die Befunde verdeutlichen jedoch auch, dass die hohe Arbeitsintensität, die ungünstige Lage der Arbeitszeit und die emotionalen Anforderungen bei Lehrkräften weiterhin die größte Bedeutung als Risikofaktoren für die Gesundheit haben. Digitalisierungsrisiken kommen zu den traditionellen Herausforderungen nun jedoch hinzu. Aufgrund der traditionellen Überforderung durch zu viele Aufgaben (Mußmann et al. 2021), haben Lehrkräfte zu wenig zeitliche Spielräume, um sich angemessen auf das digital unterstützte Lehren und Lernen vorzubereiten. Diese klassischen Risikofaktoren verweisen darauf, dass die Schulen mit mehr Personal ausgestattet und die generellen Rahmenbedingungen verbessert werden müssen.

Aufgrund des begrenzten Raumes hat sich diese Analyse auf wenige Einflussfaktoren konzentriert. Es wäre notwendig die Digitalisierung differenzierter zu operationalisieren. Beispielsweise bietet es sich an, das bei Mußmann et al. (2021) verwendete Instrument SELFIE zu nutzen, um den hier identifizierten Aspekt der Qualität der Gestaltung der Digitalisierung zielgerichteter operationalisieren zu können. Mit dem Instrument SELFIE wird die Qualität der Umsetzung von pädagogischen Digitalisierungsstrategien und der realisierten Infrastruktur für das digitale Lehren und Lernen bewertet. Darüber hinaus wäre das Modell um Ressourcen (v.a. Medienkompetenz, Gestaltungsmöglichkeiten) zu erweitern, weil diese die Bewältigung von Herausforderungen unterstützen und damit Gesundheitsrisiken abpuffern können.

5. Fazit

Die eingangs aufgeworfenen Fragen können differenziert beantwortet werden. Das Beispiel der Lehrkräfte in Deutschland zeigt, dass die Digitalisierung ein erheblicher Risikofaktor für die Gesundheit von Lehrkräften darstellt. Es ist jedoch nicht die bloße Zunahme der Nutzung digitaler Technik, die die Gesundheit der Beschäftigten gefährdet. Vielmehr entstehen Gesundheitsrisiken durch Mängel und Unzulänglichkeiten bei der Implementierung digitaler Werkzeuge sowie digitaler Lern- und Arbeitsprozesse. Wenn die Technologie benutzerfreundlich gestaltet und eingesetzt wird und die Arbeitsprozesse unterstützt, kann sie das Wohlbefinden steigern (Dragano & Lunau 2020; Teufer et al. 2020). Dies unterstreicht die Bedeutung menschenzentrierter, soziotechnischer Ansätze bei der Gestaltung von Technologie und Infrastruktur, um Stress zu reduzieren und das Wohlbefinden zu fördern (Hardwig 2023; Parker & Grote 2022). Gleichzeitig bleiben traditionelle Herausforderungen wie die hohe Arbeitsintensität, das Privatleben dominierende Arbeitszeiten und emotionaler Stress die wichtigsten Gesundheitsrisiken für Lehrkräfte – und wahrscheinlich auch für andere Beschäftigte mit Wissensarbeit, die über vergleichbare Tätigkeitsmerkmale (u. a. Interaktionsarbeit, hohe Job-Autonomie) verfügen. Die traditionellen Belastungen sind so gravierend, dass die Fähigkeiten der Lehrkräfte begrenzt sein dürften, die mit der Einführung des digitalen Lehrens und Lernens verbundenen neuen Anforderungen

(z. B. Medienkompetenz aufbauen, digitale Unterrichtskonzepte entwickeln) problemlos zu bewältigen. Für die Akteure in den Schulen bedeutet dies, dass sie die Umsetzung des digital unterstützten Lehrens und Lernens als einen Prozess der Arbeitsgestaltung verstehen müssen und bei der Gestaltung der Digitalisierung die traditionellen Risiken nicht vernachlässigen dürfen. Vielmehr muss ausdrücklich eine Perspektive verfolgt werden, den Technikeinsatz in der Schule mit der Maßgabe zu realisieren, auch die Arbeitsbedingungen und die Gesundheit von Lehrkräften damit systematisch verbessern zu wollen.

6. Literatur

Al-Fudail, M. & H. Mellar, 2008: Investigating teacher stress when using technology. Computers & Education 51: 1103–1110.

Ayyagari, R., V. Grover & R. Purvis, 2011: Technostress: Technological Antecedents and Implications. MIS Quarterly 35: 831-858.

DGB-Index Gute Arbeit, 2022: Report 2022: Digitale Transformation - Veränderungen der Arbeit aus Sicht der Beschäftigten. Ergebnisse des DGB-Index Gute Arbeit 2022. Berlin: Institut DGB-Index Gute Arbeit.

Dragano, N., K. Gerö & M. Wahrendorf, 2024: Mental health at work after the COVID-19 pandemic – What European figures reveal: European Agency for Safety and Health at Work.

Dragano, N. & T. Lunau, 2020: Technostress at work and mental health: concepts and research results. Current opinion in psychiatry 33: 407–413.

Hardwig, T., 2023: Einführung digitaler Technik in Schulen als Anwendungsfall für die sozio-technische Systemgestaltung. Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO).

Holler, M., T. Krüger & F. Mußmann, 2014: Die Weiterentwicklung des DGB-Index Gute Arbeit. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft (ZfA) 68: 163–174.

Kristensen, T.S., M. Borritz, E. Villadsen & K.B. Christensen, 2005: The Copenhagen Burnout Inventory: A new tool for the assessment of burnout. Work & Stress 19: 192–207.

Mußmann, F., T. Hardwig, M. Riethmüller & S. Klötzer, 2021: Digitalisierung im Schulsystem 2021. Arbeitszeit, Arbeitsbedingungen, Rahmenbedingungen und Perspektiven von Lehrkräften in Deutschland. Göttingen: Georg-August-Universität, Kooperationsstelle Hochschulen und Gewerkschaften.

Özgür, H., 2020: Relationships between teachers' technostress, technological pedagogical content knowledge (TPACK), school support and demographic variables: A structural equation modeling. Computers in Human Behavior 112: 106468.

Ragu-Nathan, T.S., M. Tarafdar, B.S. Ragu-Nathan & Q. Tu, 2008: The consequences of technostress for end users in organizations:. Conceptual development and empirical validation. Information System Research 19: 417–433.

Rolff, H.-G. & U. Thünken, 2020: Digital gestütztes Lernen. Praxisbeispiele für eine zeitgemäße Schulentwicklung. Weinheim: Beltz.

Scholze, A. & A. Hecker, 2023: Digital Job Demands and Resources: Digitization in the Context of the Job Demands-Resources Model. International Journal of Environmental Research and Public Health 20.

Digitales Mindset in der Automobilindustrie: Ein Evaluationsschema zur Förderung digitaler Fertigkeiten für Blue Collar Jobs

Patrick MELCHER, Nicole GLADILOV, Simone MARTINETZ, Janika KUTZ, Vincent Philipp GÖBELS, Jens NEUHÜTTLER, Katharina HÖLZLE

Fraunhofer-Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation IAO, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart

Kurzfassung: Die erfolgreiche digitale Transformation erfordert in allen Industriezweigen ein zielgruppenspezifisches digitales Mindset in der Belegschaft. Dies gilt besonders in technologieintensiven Branchen wie der Automobilindustrie, weil dort schon heute vielfältige digitale Lösungen und hochkomplexe Produktions- und Entwicklungsschritte zum Einsatz kommen. Um Mitarbeitende gezielt auf den Umgang mit neuen Technologien, datenbasierten Prozessen und KI-Anwendungen vorzubereiten, wurde ein erweitertes Evaluationsschema entwickelt. Basierend auf einer narrativen Literaturrecherche und praxisnahen Erkenntnissen ermöglicht es die systematische Bewertung und Kombination verschiedener interner sowie externer Lernformate. Dabei steht die Förderung digitaler Denkweisen, der Ausbau der Datenkompetenz und der Erwerb datenbezogener Skills im Vordergrund. Die Ergebnisse zeigen, dass ein modularer und bedarfsorientierter Einsatz dieser Formate Synergieeffekte erzeugt und die Akzeptanz digitaler Innovationen im Unternehmen langfristig erhöht.

Schlüsselwörter: Digitales Mindset, Datenkompetenz, KI-Anwendungen, Lernformate, Automobilindustrie

1. Einleitung

Die digitale Transformation von Unternehmen erfordert eine Belegschaft, die nicht nur mit neuen Technologien vertraut ist, sondern diese auch kontextgerecht einsetzen kann (Krcmar 2022; Kutz et al. 2023). Hierbei gewinnt insbesondere der Umgang mit Künstlicher Intelligenz (KI) in verschiedensten Arbeitsbereichen an Bedeutung. Obwohl KI-Anwendungen oft erhebliche Effizienzpotenziale und Entlastungspotenziale für Mitarbeitende bieten, wie etwa die Automatisierung repetitiver Aufgaben oder datenbasierte Entscheidungsunterstützung, bestehen in der Praxis oftmals mangelnde Akzeptanz, geringes Vertrauen und Unsicherheiten gegenüber diesen Technologien (Amershi et al. 2019; Kutz et al. 2023).

Ein erfolgversprechender Ansatz zur Überwindung dieser Hürden ist die Entwicklung interaktiver und erlebbarer Lernformate, die Mitarbeitenden das sichere Experimentieren ermöglichen und ein tieferes Verständnis für KI und deren konkrete Einsatzmöglichkeiten im Arbeitsalltag fördern (Guggemos et al. 2018; Kutz et al. 2022). Erste Studien verweisen darauf, dass eine praxisnahe Auseinandersetzung mit KI-Technologien nicht nur das technologische Verständnis, sondern auch die digitale Versiertheit im Allgemeinen steigern kann (Kutz et al. 2022; Yu 2024). Dennoch besteht weiterhin ein Forschungsbedarf darin, wie sich solche Lernformate gezielt gestalten

und vergleichen lassen, insbesondere wenn es um die adressatengerechte Förderung digitaler Denkweisen und Datenkompetenzen für Mitarbeitende in Produktionsumgebungen geht (Baethge-Kinsky 2020; Kutz et al. 2022).

Diese vorliegende Arbeit fokussiert verstärkt, welche spezifischen Aspekte von digitalem Grundverständnis in verschiedenen Formaten gefördert werden können. Um diese Frage zu beantworten, wird ein Evaluationsschema vorgestellt, das Instrumente und Lernangebote im Hinblick auf die Förderung digitaler Denkweisen, Datenkompetenz sowie digitaler Fähigkeiten und Skills systematisch bewertet. Dieses Schema soll Forschenden und Verantwortlichen in Unternehmen (insbesondere in der Automobilindustrie) helfen, passende Lernformate auszuwählen und so die Entwicklung eines produktionsspezifischen digitalen Mindsets zu unterstützen (Agostini & Filippini 2019; Sheehan & Le Dantec 2023).

2. Methodik

Zur Entwicklung des Evaluationsschemas wurde ein iteratives Vorgehen gewählt, das aus einer narrativen Literaturrecherche sowie einer engen Abstimmung mit Unternehmensvertreter*innen bestand. Ausgangspunkt war dabei ein von Unternehmensseite bereits bestehendes Kategorienschema, das drei Hauptbereiche digitaler Kompetenz vorsah: (1) Förderung digitaler Denkweisen, (2) Förderung der Datenkompetenz und (3) Förderung digitaler Fähigkeiten und Skills. Auf dieser Grundlage erfolgte die Sichtung und Auswertung relevanter Studien und Leitlinien aus den Forschungsfeldern Wirtschaftsinformatik, Erziehungswissenschaft und Organisationsforschung (Bachmann et al. 2022; Kusanke et al. 2023; Leyh & Schäffer 2024; Oelker 2022; Scheiter 2021). Als relevant galten dabei Publikationen, die einen aktuellen Bezug zur digitalen Transformation in Unternehmen herstellten, theoretische oder empirische Grundlagen zur Entwicklung digitaler Kompetenzen boten oder bewährte Leitlinien zur Gestaltung digitaler Lern- und Arbeitsprozesse beschrieben. Darüber hinaus wurden vorrangig Peer-Reviewed-Veröffentlichungen, anerkannte Branchenberichte und wissenschaftlich fundierte Leitlinien berücksichtigt, um die Qualität und Aussagekraft der Ergebnisse zu gewährleisten. Dabei wurde besonderes Augenmerk daraufgelegt, wiederkehrende Gestaltungsprinzipien und Erfolgsfaktoren für die Entwicklung und Durchführung von digitalen Lernformaten zu identifizieren, die im Hinblick auf die drei vorgegebenen Kategorien von Relevanz sein könnten.

Um sicherzustellen, dass die theoretischen Erkenntnisse auch in konkreten Unternehmenskontexten nutzbar sind, fanden regelmäßige Abstimmungs- und Feedbackschleifen mit den verantwortlichen Personen im Unternehmen statt. In drei aufeinanderfolgenden Workshops wurden die aus der Literatur abgeleiteten Gestaltungsdimensionen vorgestellt, diskutiert und an praktische Anforderungen angepasst. Dabei kristallisierte sich beispielsweise heraus, dass die Anpassungsfähigkeit an spezifische Arbeitsprozesse innerhalb der Kategorie „Förderung digitaler Denkweisen“ eine zentrale Rolle für die Akzeptanz neuer Technologien spielt. Ebenso wurde in der Dimension „Datenkompetenz“ deutlich, wie wichtig eine vertiefte Berücksichtigung von Datenethik und Datensouveränität für die Vertrauensbildung ist. Das iterative Zusammenspiel von Literaturabgleich und betrieblichem Feedback stellte sicher, dass das Evaluationsschema die im Unternehmen vorgegebenen Kategorien nicht nur systematisch mit wissenschaftlichen Erkenntnissen unterfüttert, sondern auch in realen Arbeitsabläufen anwendbar gestaltet. Auf diese Weise wurde ein Schema entwickelt, das die

unterschiedlichen Facetten digitaler Kompetenz praxisnah abbildet und zugleich die Besonderheiten verschiedener betrieblicher Einsatzszenarien berücksichtigt (Kutz et al. 2022; Scheiter 2021).

3. Ergebnisse

Anschließend an die Entwicklung des Evaluationsschemas wurden drei zentrale Dimensionen definiert, die gezielt auf die Förderung eines digitalen Mindsets abzielen: „Förderung digitaler Denkweisen“, „Förderung der Datenkompetenz“ und „Förderung digitaler Fähigkeiten und Skills“. Diese Dimensionen bildeten bereits den Ausgangspunkt für das Projekt und dienten nun als Grundlage, um die Wirksamkeit verschiedener digitaler Lernformate zu evaluieren. Basierend auf den bestehenden Erkenntnissen sowie aktuellen Studien aus den Bereichen Wirtschaftsinformatik, Erziehungswissenschaft und Organisationsforschung (Bachmann et al. 2022; Leyh & Schäffer 2024; Oelker 2022; Scheiter 2021; Kutz et al. 2022) wurden sowohl interne als auch externe digitale Weiterbildungsangebote dahingehend untersucht, inwieweit sie zur Stärkung dieser drei Dimensionen beitragen können. Im vorliegenden Paper werden die entsprechenden Untersuchungsergebnisse vorgestellt und diskutiert, um zu verdeutlichen, wie Unternehmen durch eine gezielte Ausrichtung ihrer Lernformate ein digitales Mindset in der Belegschaft nachhaltig fördern können.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Evaluationsdimensionen und die damit verknüpften Bewertungskriterien. Jede Dimension fokussiert dabei unterschiedliche Schwerpunkte, die von der grundsätzlichen Offenheit gegenüber digitalen Technologien bis hin zur konkreten Integration neuer Tools in den Arbeitsalltag reichen.

Tabelle 1: *Auflistung der Evaluationsdimensionen und Bewertungskriterien*

(1) Förderung digitaler Denkweisen	
• Offenheit gegenüber digitalen Technologien • Praxisnahe Szenarien • Innovationsbereitschaft	• Adaptionsfähigkeit • Unterstützung der Umsetzung digitaler Projekte
(2) Förderung der Datenkompetenz	
• Grundverständnis für Daten und Analyseverfahren • Praktischer Umgang mit Daten • Datenethik und -sicherheit	• Anwendung von Daten in Entscheidungsprozessen • Relevanz der Datenkompetenz für spezifische Rollen
(3) Förderung digitaler Fähigkeiten und Skills	
• Vermittlung technischer Grundlagen • Integration in den Arbeitsalltag • Kontinuierliches Lernen und Weiterentwicklung	• Effizienzsteigerung durch digitale Tools • Förderung der Zusammenarbeit und Kommunikation

Bei der Dimension „Förderung digitaler Denkweisen“ steht vor allem im Vordergrund, Mitarbeitende für technologische Neuerungen zu sensibilisieren und sie zu einer reflektierten Auseinandersetzung mit digitalen Prozessen anzuregen (Leyh &

Schäffer 2024). Dazu zählen neben der Offenheit gegenüber innovativen Technologien auch eine ausgeprägte Anpassungsfähigkeit bei Veränderungen und die Fähigkeit, praxisnahe Szenarien für die Anwendung digitaler Tools zu erkennen. Auf diese Weise wird das Bewusstsein gestärkt, dass digitale Lösungen nicht nur für rein technologische Aufgaben, sondern auch für strategische Entscheidungen und alltägliche Arbeitsprozesse eingesetzt werden können (Bachmann et al. 2022).

Die „Förderung der Datenkompetenz“ baut darauf auf und umfasst Fähigkeiten, mit Daten souverän umzugehen, sie verantwortungsvoll zu nutzen und in Entscheidungsprozesse einzubinden (Kusanke et al. 2023). Da datengetriebene Analysen und KI-basierte Technologien in nahezu allen betrieblichen Bereichen Einzug halten, ist ein grundlegendes Verständnis für Daten und Analyseverfahren unabdingbar. Dies schließt Aspekte der Datenethik und -sicherheit ebenso ein wie die Frage, wie datenbasierte Einsichten in unterschiedlichen Rollen und Entscheidungsebenen im Unternehmen sinnvoll eingebunden werden können. Hier zeigte sich deutlich, dass die untersuchten Formate bisher vor allem auf technische Grundlagen abzielen, während die strategische Integration von Daten in betriebliche Abläufe oft nur rudimentär abgedeckt wird.

Unter der Kategorie „Förderung digitaler Fähigkeiten und Skills“ werden schließlich diejenigen praktischen Kompetenzen zusammengefasst, die Mitarbeitende benötigen, um im täglichen Umgang mit digitalen Technologien sicher agieren und sich kontinuierlich weiterentwickeln zu können (Oelker 2022; Scheiter 2021). Dies umfasst sowohl die Vermittlung technischer Grundlagen als auch die Integration digitaler Tools in den Arbeitsalltag, etwa indem Mitarbeitende lernen, effizient mit neuen Softwarelösungen oder KI-Anwendungen zu arbeiten und sich proaktiv auf veränderte Rahmenbedingungen einzustellen (Kutz et al. 2022). Darüber hinaus ist die Förderung von Zusammenarbeit und Kommunikation in digital geprägten Umgebungen ein wesentlicher Erfolgsfaktor, damit Teams ihre Kompetenzen bündeln und voneinander lernen können (Yu 2024).

Die Analyse verschiedener digitaler Lernformate, entlang der vorgestellten drei Dimensionen, zeigt, dass bedarfsgerechte, kombinierte Angebote die größte Wirkung versprechen. Beispielsweise lässt sich eine Einstiegsqualifizierung zum Thema Datenkompetenz sinnvoll mit weiterführenden Workshops zur Förderung digitaler Denkweisen und praktischer Skills verknüpfen, sodass sich Mitarbeitende schrittweise die nötigen Kompetenzen für ein produktionsspezifisches digitales Mindset aneignen. Dieses modular aufgebaute Vorgehen erlaubt zudem eine flexible Anpassung an unterschiedliche Zielgruppen und betriebliche Anforderungen und kann durch sinnvolle Synergien die Akzeptanz neuer Technologien im Unternehmen deutlich steigern.

4. Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse verdeutlichen, dass die gezielte Förderung digitaler Denkweisen, der Datenkompetenz und praktischer Skills einen entscheidenden Beitrag zur Entwicklung eines nachhaltigen digitalen Mindsets leisten kann. Dies gilt insbesondere in Branchen wie der Automobilindustrie, in welcher technologische Innovationen, etwa in Form von KI und automatisierter Prozesse, rapide voranschreiten (Baethge-Kinsky 2020). Die in diesem Beitrag vorgeschlagenen Evaluationsdimensionen und Bewertungskriterien erlauben es Unternehmen, ihre Weiterbildungsangebote systematisch zu erfassen und zu bewerten, um so einen bedarfsgerechtes Lernangebot zusammenzustellen. Gleichzeitig hat sich jedoch auch gezeigt, dass ein

Großteil bestehender Formate eher auf punktuelle Wissensvermittlung abzielt und Fragen der tiefgreifenden Verankerung digitaler Denkweisen im Arbeitsalltag häufig nur oberflächlich berücksichtigt werden.

Im Diskurs um die Vermittlung digitaler Kompetenzen wird deutlich, dass formale Trainings- und Weiterbildungsmaßnahmen zwar essenziell sind, aber für sich allein nicht ausreichen, um eine offene und innovationsfreudige Organisationskultur zu etablieren (Kutz et al. 2022). Stattdessen bedarf es eines ganzheitlichen Ansatzes, der neben der inhaltlichen Ausrichtung von Lernformaten auch die strukturellen und sozialen Bedingungen im Unternehmen in den Blick nimmt. Dazu gehören etwa der konkrete Freiraum zum Experimentieren, die Möglichkeit zum informellen Wissensaustausch sowie die Einbettung neuer Technologien in bestehende Arbeitsabläufe und Entscheidungsstrukturen (Oelker 2022). Werden diese Aspekte vernachlässigt, bleibt das Risiko hoch, dass digitale Lerninhalte zwar formell vermittelt, aber nicht nachhaltig in die Unternehmenskultur übertragen werden (Baethge-Kinsky 2020).

Ein weiterer zentraler Punkt ist die Beteiligung der Mitarbeitenden selbst, sowohl bei der Auswahl als auch bei der kontinuierlichen Verbesserung von Lernformaten. Studien betonen, dass Lernprozesse deutlich wirksamer sind, wenn sie partizipativ konzipiert werden und die individuellen Erfahrungen sowie das Fachwissen der Teilnehmenden aktiv integrieren (Sheehan & Le Dantec 2023). In diesem Sinne kann das hier vorgestellte Evaluationsschema als Ausgangsbasis dienen, sollte jedoch fortlaufend an konkrete Bedarfe und Feedbackschleifen angepasst werden. Künftige Forschungsansätze sollten untersuchen, wie sich die drei Dimensionen praxisnah in verschiedene Berufs- und Hierarchiegruppen übersetzen lassen, um eine möglichst breite Akzeptanz digitaler Technologien zu gewährleisten. Nur durch einen dynamischen Austausch zwischen betrieblichen Anforderungen, technologischen Entwicklungen und wissenschaftlichen Erkenntnissen kann langfristig eine digitale Lernkultur geschaffen werden, in der Mitarbeitende nicht nur wissen, wie sie neue Tools verwenden, sondern auch warum diese für die Zukunftsfähigkeit ihrer Arbeitsprozesse entscheidend sind.

5. Literaturverzeichnis

Agostini, L., & Filippini, R. (2019). Organizational and managerial challenges in the path toward Industry 4.0. European Journal of Innovation Management, 22(3), 406–421. https://doi.org/10.1108/ejim-02-2018-0030.

Amershi, S., Weld, D., Vorvoreanu, M., Fourney, A., Nushi, B., Collisson, P., Suh, J., Iqbal, S., Bennett, P. N., Inkpen, K., Teevan, J., Kikin-Gil, R. & Horvitz, E. (2019). Guidelines for Human-AI Interaction. In S. Brewster, G. Fitzpatrick, A. Cox & V. Kostakos (Hrsg.), Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (S. 1–13). ACM. https://doi.org/10.1145/3290605.3300233.

Bachmann, R., Hertweck, F., Kamb, R., Lehner, J., & Niederstadt, M. (2022). Digitale Kompetenzen in Deutschland. Zeitschrift Für Wirtschaftspolitik, 71(3), 266–286. https://doi.org/10.1515/zfwp-2022-2082.

Baethge-Kinsky, V. (2020). Digitized Industrial Work: Requirements, Opportunities, and Problems of Competence Development. Frontiers in Sociology, 5. https://doi.org/10.3389/fsoc.2020.00033.

Krcmar, H. (2022). Digitale Transformation: Deutschland im Vergleich. ifo Schnelldienst, 75(2), 20–23. https://www.ifo.de/DocDL/sd-2022-02-czernich-falck-pfaffl-etal-digitale-tansformation.pdf .

Kusanke, K., Kendziorra, J., Pilgenröder, S., & Winkler, T. J. (2023). Developing Digital Leadership Skills for Public Sector Leaders. HMD Praxis Der Wirtschaftsinformatik, 61(1), 202–219. https://doi.org/10.1365/s40702-023-01026-3.

Kutz, J., Neuhüttler, J., Spilski, J., & Lachmann, T. (2022). Implementation of AI Technologies in manufacturing - success factors and challenges. The Human Side of Service Engineering. https://doi.org/10.54941/ahfe1002565.

Kutz, J., Hieber, N., Neuhüttler, J., Petzolt, S. & Hölzle, K. (2023). Individuelle und situationsspezifische Faktoren zur Unterstützung der digitalen Transformation in Unternehmen – Ein Modell zur Beschreibung der digitalen Versiertheit (B.5.5). In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.), Nachhaltig Arbeiten und Lernen: Analyse und Gestaltung lernförderlicher und nachhaltiger Arbeits–systeme und Arbeits- und Lernprozesse. 69. Arbeitswissenschaftlichen Kongresses. GfA Press.

Leyh, C., & Schäffer, T. (2024). Digitale Kompetenzen als notwendige Voraussetzung der Digitalen Transformation. HMD Praxis Der Wirtschaftsinformatik. https://doi.org/10.1365/s40702-024-01044-9.

Oelker, B. (2022). Selbstgesteuertes Lernen und Kollaboration – Schlüsselkompetenzen für das Arbei–ten im digitalen Wandel. Kompetenzmanagement in Organisationen, 117–152. https://doi.org/10.1007/978-3-662-63673-2_6.

Scheiter, K. (2021). Lernen und Lehren mit digitalen Medien: Eine Standortbestimmung. Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft, 24(5), 1039–1060. https://doi.org/10.1007/s11618-021-01047-y.

Sheehan, A., & Le Dantec, C. A. (2023). Making Meaning from the Digitalization of Blue-Collar Work. Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, 7(CSCW2), 1–21. https://doi.org/10.1145/3610194.

Yu, C. C. (2024). Research on the Application of Artificial Intelligence Technology in the Field of Intelligent Transportation Systems. Highlights in Science Engineering and Technology, 83, 409–415. https://doi.org/10.54097/vq5x9568.

Neue Methoden des Ideenmanagement als Neue Beteiligungsformen

Hans-Dieter SCHAT

IU Internationale Hochschule • Duales Studium,
Darmstädter Landstraße 110 • D-60598 Frankfurt am Main

Kurzfassung: Eine alte „Beteiligungsform“ ist das Betriebliche Vorschlagswesen BVW. Das BVW hat Schwachpunkte. In vielen Unternehmen für dies zu geringem Nutzen bei bemerkenswerten Kosten, damit zu geringer Wirtschaftlichkeit des Betriebliche Vorschlagswesens. Gesucht sind also Ansätze des Ideenmanagements, die Funktion des BVW erfüllen, ohne seine Nachteile. Beispiele hierfür sind: Kampagnen, Experten KVP und Sprints.

Schlüsselwörter: Betriebliches Vorschlagswesen, BVW, Ideenmanagement, Experten KVP, Sprint

1. Betriebliches Vorschlagswesen (BVW)

Eine alte „Beteiligungsform“ ist das Betriebliche Vorschlagswesen BVW. Gemäß Betriebsverfassungsgesetz (§ 87 Abs. 1 Nr. 12) hat der Betriebsrat in den „Grundsätze über das betriebliche Vorschlagswesen“ mitzubestimmen, die Praxis sieht oft eine Mitbestimmung auch bei den einzelnen Entscheidungen im BVW vor, das so eine Mitbestimmungsform wird.

Das BVW hat Schwachpunkte:

1) Häufig sind Verbesserungsvorschläge schriftlich einzureichen. Nach Vergabe einer Vorschlagsnummer und erster Prüfung wird ein Gutachten beauftragt, oft auch mehrere, eine Kommission entscheidet: BVW kann recht bürokratisch sein.

2) Für einen Verbesserungsvorschlag gibt es eine Prämie, aber nur, wenn der Vorschlag eine "Extraleistung" ist, wenn etwa der Vorschlag außerhalb des Arbeitsgebietes des Einreichers liegt. Was praktisch heißt: Vorschläge werden nur prämiert, wenn sie aus einem Bereich kommen, von dem der Einreicher eigentlich keine Ahnung haben kann, was offenkundig Unsinn ist.

3) Teilnehmer am BVW sind die klassischen Arbeiter, manchmal auch die normalen Angestellten, praktisch nie „high Potentials“ oder wirklich respektierte Fach- und Führungskräfte.

Es folgen Kennzahlen der Ideenmanagement-Studie 2023 (Landmann & Schat 2023):

Tabelle 1: *Kennzahlen zum Betrieblichen Vorschlagswesen (Landmann & Schat 2023).*

	Durchschnitt	**Median**
Berechenbarer Nutzen pro Mitarbeiter und Jahr	281 €	76 €
Nutzen pro realisierter Idee	4.353 €	1.728 €
Geschätzter ROI	3	2

Insgesamt führt dies zu geringem Nutzen bei bemerkenswerten Kosten, damit zu geringer Wirtschaftlichkeit des BVWs. Mit 76 Euro berechenbarem Nutzen pro Mitarbeiter und Jahr wird es schwierig, ein Vorschlagswesen wirtschaftlich zu betreiben. Und Median bedeutet ja: Die Hälfte der Befragten generiert weniger.

Andererseits sind die Argumente für das BVW gültig.

1) Die Beschäftigten, die in den Prozessen arbeiten, kennen diese gut und können aus ihrer Perspektive Verbesserungsvorschläge entwickeln.

2) Traditionell entwickeln Fabrikplaner und verwandte Rollen die Prozesse, in denen sie selbst nie arbeiten werden, und andere Beschäftigte arbeiten Jahr für Jahr in Prozessen, ohne ihre Erfahrungen und Einschätzungen einbringen zu können. Das erscheint nicht wirklich sinnvoll.

Gesucht sind also Ansätze, die Funktion des BVW erfüllen, ohne seine Nachteile. Beispiele hierfür sind

- Kampagnen
- Experten KVP
- Sprints

Sehen wir uns diese Ansätze näher an.

2. Kampagnen

Kampagnen stellen ein Dialogformat dar, das auf die zielgerichtete Generierung von Ideen ausgerichtet ist und typischerweise durch softwaregestützte Prozesse unterstützt wird. Der primäre Zweck von Kampagnen liegt in der Sammlung von Ideen zu spezifischen, klar definierten Themen oder Problemstellungen. Diese Kampagnen sind zeitlich begrenzt und werden häufig durch begleitende Marketingmaßnahmen unterstützt, um eine höhere Teilnahmebereitschaft zu erzielen.

Die Teilnahmebedingungen variieren in Abhängigkeit von der jeweiligen Aufgabenstellung: Sie können entweder offen gestaltet sein, sodass eine breite Zielgruppe einbezogen wird, oder gezielt auf bestimmte Personengruppen beschränkt werden. Neben der Generierung von Ideen werden Kampagnen auch für deren (Vor-)Bewertung eingesetzt. Hierbei kommen ein- oder mehrdimensionale Bewertungskriterien zum Einsatz, um eine systematische Vorselektion von Ideen zu ermöglichen.

Zur Analyse der Nutzung von Kampagnen lassen sich basierend auf dem Medianwert von fünf Bewertungskriterien zwei Gruppen bilden, die eine unterschiedliche Intensität in der Nutzung aufweisen. Der Vergleich dieser Gruppen bietet wertvolle Einblicke in die Wirksamkeit und Effizienz des Kampagnenformats unter variierenden Nutzungsintensitäten.

Tabelle 2: *Kennzahlen zu Kampagnen (Landmann & Schat 2023).*

	Viel Kampagnen: Durchschnitt	**Viel Kampagnen: Median**	**Wenig Kampagnen: Durchschnitt**	**Wenig Kampagnen: Median**
Berechenbarer Nutzen pro Mitarbeiter und Jahr	462 €	172 €	172 €	38 €
Nutzen pro realisierter Idee	3.195 €	1.603 €	4.234 €	1.800 €
Realisierungsquote	39 %	42 %	32 %	32 %

Der Einsatz von Kampagnen scheint sich für das Unternehmen zu lohnen. Der Nutzen pro realisierter Idee ist geringer, der Nutzen für das Unternehmen insgesamt, hier normiert als Nutzen pro Mitarbeiter, ist deutlich höher. Ein Grund könnte in der Realisierungsquote liegen: Es wird ein größerer Teil der eingereichten Vorschläge umgesetzt. Durch eine Kampagne zeigt ein Unternehmen, für welche Probleme und Verbesserungsfelder Ideen benötigt werden, damit können die Beschäftigten zielgerichtet Ideen entwickeln und einreichen.

3. Experten KVP

Im Rahmen des Kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) entwickeln Mitarbeitende eines Arbeitsbereichs eigenständig Maßnahmen zur Verbesserung von Abläufen und Prozessen. Ein typisches Beispiel ist die regelmäßige Diskussion von Optimierungsmöglichkeiten: Bediener einer Anlage treffen sich beispielsweise einmal pro Woche für eine einstündige Sitzung, die durch eine Führungskraft, etwa den Meister, moderiert wird, um die Qualität der Anlage zu verbessern.

Im KVP zeigen einige Maschinenbedienende durchgehend außergewöhnliche Fähigkeiten und tragen mit innovativen Ideen in besonderem Maße zum Prozess bei. Der sogenannte Experten-KVP zielt darauf ab, diese besonders talentierten Mitarbeitenden weiter zu fördern. Nach einer spezifischen Schulung arbeiten sie intensiver an Optimierungsmaßnahmen – beispielsweise nicht nur stundenweise, sondern an einem ganzen Tag pro Woche oder in Vollzeit als spezialisierte Prozessoptimierende.

Ein wesentliches Merkmal des Experten-KVP ist, dass die Prozessoptimierenden direkt aus der Praxis stammen, das heißt aus der Produktion oder der Dienstleistungserbringung. Dieser Ansatz unterscheidet sich von rein externen Expertenoptimierungen, bei denen spezialisierte Fachkräfte ohne direkten Praxisbezug herangezogen werden. Ein historischer Vergleich findet sich in der industriellen Praxis vor einigen Jahrzehnten, als besonders qualifizierte Mitarbeitende zu REFA-Technikern ausgebildet wurden. Diese übernahmen damals ähnliche Aufgaben, wie sie heute im Experten-KVP durch Mitarbeitende aus der operativen Praxis wahrgenommen werden.

Tabelle 3: *Kennzahlen zu Experten KVP (Landmann & Schat 2023).*

	Viel Experten KVP: Durchschnitt	**Viel Experten KVP: Median**	**Wenig Experten KVP: Durchschnitt**	**Wenig Experten KVP: Median**
Berechenbarer Nutzen pro Mitarbeiter und Jahr	290 €	55 €	279 €	80 €
Nutzen pro realisierter Idee	5.858 €	1.728 €	2921 €	1.703 €

Wirklich überzeugend sind die Ergebnisse des Experten KVP nicht. Der höhere durchschnittliche Nutzen pro realisierter Idee könnte vermuten lassen, dass die Experten in ihrem KVP einige Ideen mit sehr hohem Nutzen entwickeln, es könnte also sein, dass diese Methode besonders in einigen wenigen Anwendungsfällen besonders wirksam werden kann.

4. Sprints

Ideen-Sprints sind ein konzeptioneller Transfer des Design-Sprint-Ansatzes aus dem Design Thinking und finden ihre methodische Anwendung insbesondere in den Phasen der Bewertung und Umsetzung von Ideen. Ziel eines Ideen-Sprints ist es, innerhalb eines kurzen Zeitraums – in der Regel drei bis fünf Tage – eine grobe Idee in ein ausgearbeitetes sogenanntes Minimum Viable Product (MVP, „minimal funktionsfähiges Produkt“) zu überführen. Häufig wird der Sprint innerhalb weniger Wochen abgeschlossen, wobei die bevorzugte Struktur eine konzentrierte Arbeitswoche umfasst.

Während der Durchführung eines Ideen-Sprints sind die teilnehmenden Teammitglieder vollständig von ihren regulären Aufgaben freigestellt, um sich ausschließlich auf die Weiterentwicklung der Ideen zu fokussieren. Der MVP-Ansatz entstammt der Lean-Startup-Methode und zielt darauf ab, ein Produkt oder eine Lösung mit minimalem Funktionsumfang schnell und kosteneffizient zu entwickeln. Dadurch können erste Rückmeldungen von potenziellen Nutzenden eingeholt und das Risiko von Fehlinvestitionen erheblich reduziert werden.

Ein zentrales Merkmal dieser Methode ist die gezielte Entlastung der beteiligten Mitarbeitenden vom operativen Tagesgeschäft, wodurch eine hohe Konzentration auf die Innovationsarbeit ermöglicht wird. Ideen-Sprints finden bevorzugt Anwendung in der Bewertung und Weiterentwicklung komplexerer sowie strategisch wertvoller Ideen. Sie dienen dazu, eine fundierte Grundlage für Entscheidungen über die weitere Verfolgung oder Umsetzung von Ideen zu schaffen.

Tabelle 4: *Kennzahlen zum Sprint (Landmann & Schat 2023).*

	Viel Sprint: Durchschnitt	**Viel Sprint: Median**	**Wenig Sprint: Durchschnitt**	**Wenig Sprint: Median**
Berechenbarer Nutzen pro Mitarbeiter und Jahr	258 €	17 €	293 €	95 €
Nutzen pro realisierter Idee	8.010 €	3.658 €	3.126 €	1.527 €

Der Nutzen für das Unternehmen insgesamt ist beim Einsatz von Sprints etwas geringer. Der Nutzen pro realisierter Idee ist aber deutlich höher. Dies entspricht dem Ansatz der Sprints: Wenige Beschäftige werden zusammengerufen, diese aber entwickeln hochwertige Ideen.

5. Fazit

Für das Betriebliche Vorschlagswesen sprechen einige Argumente, doch zeigt es auch Schwächen. Konzepte wie Kampagnen, Experten KVP und Sprints können helfen, Unternehmen auf ihre Weise erfolgreich zu machen.

6. Literatur

Landmann N, Schat HD (2023) Ideenmanagement Studie 2023. Bonn: Hype.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Lessons Learned from Human-Robot Interaction Eye-Tracking Studies in the Field

Zhe ZENG[1], Johannes KRAUS[2], Martin BAUMANN[1]

[1] Abt. Human Factors Institut für Psychologie und Pädagogik, Universität Ulm, Albert-Einstein-Allee 45, D-89069 Ulm
[2] Abt. Allg. Experimentelle Psychologie, Psychologisches Institut, Universität Mainz, Wallstrasse 3, Eingang B, Ebene 6 D-55122 Mainz

Kurzfassung: Conducting Human-Robot Interaction (HRI) studies in real-world environments presents unique opportunities and challenges. Unlike controlled laboratory settings, studies in the field offer a rich context where robots interact with humans in natural, dynamic situations, providing more authentic data on user behavior, social dynamics, and practical deployment challenges. In this paper, we present the lessons learned from our HRI eye-tracking studies conducted within the ZEN-MRI project, including the definetion of motivation, the selection of an appropriate experimental design, technical challenges, and the implementation of ethical standards and data protection regulations.

Schlüsselwörter: Human-robot interaction, Eye-Tracking, Public spaces

1. Introduction

Eye-tracking is a technology that measures where and how a person's eyes move and focus. Research suggests that people tend to look at an object before interacting with it (Epelboim et al. 1995). Since the 1970s, researchers have extensively studied eye movement behavior to gain insights into various cognitive processes, particularly reading (Rayner 2009). In the past, most eye-tracking experiments have been carried out in controlled laboratory settings, where researchers could carefully manipulate variables and used the screen-based eye tracker. Beyond controlled laboratory experiments, investigating eye movements in natural, real-world settings has emerged as a critical area of research, offering a richer and more ecologically valid understanding of human cognition (Tatler et al. 2019). Since the way we direct our eyes varies depending on whether we are engaged in an activity (Dicks et al. 2010; Epelboim et al. 1995), and visual attention allocation differs in the lab and natural settings (Foulsham et al. 2011), studying eye movements in natural, real-world settings offers significant ecological validity (Holleman et al. 2020; Tatler et al. 2019). In recent year, advances in mobile eye-tracking technology, such as Tobii eye-tracking glasses (Pro Glasses 2 and Pro Glasses 3) and Pupil Labs eye-tracking glasses (Neon), have revolutionized this field by enabling researchers to study eye movements in dynamic, real-world scenarios. Real-world studies provide unique insights into how people interact with their environments, navigate visual complexities, and make decisions, underscoring the broader applicability of eye-tracking technology in cognitive science.

Numerous studies have investigated how humans distribute their visual attention

while performing everyday tasks (Foulsham 2015) with varying complexity, from simple tasks, such as walking (Turano et al. 2001) to more complex tasks like driving (Land & Lee, 1994), or road crossing (Geruschat et al. 2003). Traffic psychological research focuses on the distribution of attention in more specific and potentially critical situations. Geruschat et al. (2003) investigated pedestrians' gaze behavior when they cross complex intersections. Dey et al. (2019) carried out a study focusing on both vehicle components and their surroundings, analyzing participants' gaze patterns as a manually driven vehicle approached them, slowed down, and exhibited yielding behavior. Across these various scenarios and tasks, it was found that relevant information is fixated at the very time it is needed for decision-making and performance of actions. In this, people have strategies to allocate their visual attention in diverse situations. For example, when we walk, we must carefully coordinate our actions across diverse terrains while surrounded by various objects. Hart and Einhäuser (2012) found that participants tend to look downward more frequently on uneven steps than on smoother pathways. Overall, these findings underscore that eye-tracking in realistic natural settings offers valuable insights into the underlying cognitive processes involved in natural decision-making, particularly in observing the surroundings to ensure safety and safe actions. These studies have expanded the scope of eye-tracking research, making it possible to bridge the gap between laboratory-based findings and the complexities of real-world cognition.

As robots increasingly enter public spaces, understanding how people perceive and emotionally respond to them becomes critically important. These interactions shape not only acceptance but also the overall success of Human-Robot Interaction (HRI) in shared environments (Babel et al. 2022). However, despite the growing presence of robots in everyday life, limited research has utilized eye-tracking technology to examine the psychological processes underlying human responses to robots. To address this research gap, we conducted two eye-tracking studies in public spaces as part of the ZEN-MRI project. These studies aimed to explore how individuals visually engage with robots, shedding light on their cognitive and emotional reactions. By leveraging eye-tracking data, we sought to understand how design choices in HRI could be optimized to foster better interaction experiences. Here, we summarize the lessons learned from these studies, focusing on challenges such as managing environmental variables, ensuring reliable data collection, and facilitating authentic public interactions with participants.

2. Considerations for conducting eye-tracking studies in the field

2.1 Definition of the motivation

It is important to clearly define the motivation for the eye-tracking study. Field studies provide unique insights that cannot be captured in controlled laboratory settings. Real-world settings create authentic contexts in which variables such as social interactions, environmental conditions, and dynamic factors influence human behavior. This allows researchers to answer questions that require ecologically valid data collection and uncover differences between laboratory and field results. However, a downside is that it's often difficult to control all the factors that the researchers aims to manipulate, when collecting data in natural behavior in real-life situations.

2.2 Experiment design and participant awareness

Designing eye tracking study in the field requires careful consideration of its objectives and approach. Researchers must decide between two main methods:

- Exploratory Study: This involves observing participants in their natural environment without manipulating variables, focusing on naturally occurring behaviors.
- Lab-in-the-Field Study: This approach introduces experimental manipulations in realistic settings, balancing ecological validity with experimental control. While this design provides an authentic context with real-world sounds, lighting, and operations, it also introduces challenges such as noise, variability, and reduced reproducibility.

An equally important aspect of experiment design is the degree of participant awareness. The extent to which participants are informed about the research objective can significantly influence their behavior, particularly their attention allocation. For example, whether participants know that the study is about robot may affect their gaze behavior, decision-making, and overall engagement. In our studies, we carefully crafted cover stories to account for these effects, designing experiments that minimized bias while ensuring participants' understanding of the study's scope and purpose.

2.3 Technical challenges

Field studies often encounter more technical issues compared to laboratory experiments. Hardware failures, connectivity problems, and the inability of robots to operate autonomously under diverse conditions are common challenges. To mitigate these risks, it is essential to have skilled staff at the test site who are familiar with the equipment and prepared to address urgent technical problems, ensuring smooth operations and minimal data loss.

Besides, it is important to consider additional data sources in order to obtain a more comprehensive picture of the participants' behavior and interactions. Video recordings, questionnaires, and other data collection methods can provide additional valuable information, such as how participants distribute their attention, what actions they perform simultaneously, and how they subjectively react to the situation. Before data collection begins, researcher should consider how to synchronize these different data sources - e.g. eye-tracking data and video recording. In our experiment, we recorded pedestrians' eye-tracking data during their encounter with the robot and the entire process was captured using static GoPros to analyze their corresponding reactions. In addition, we collected pedestrians' subjective evaluations, e.g., trust, before and after the encounter. The Figure 1 shows the screenshot from GrPro and eye tracker.

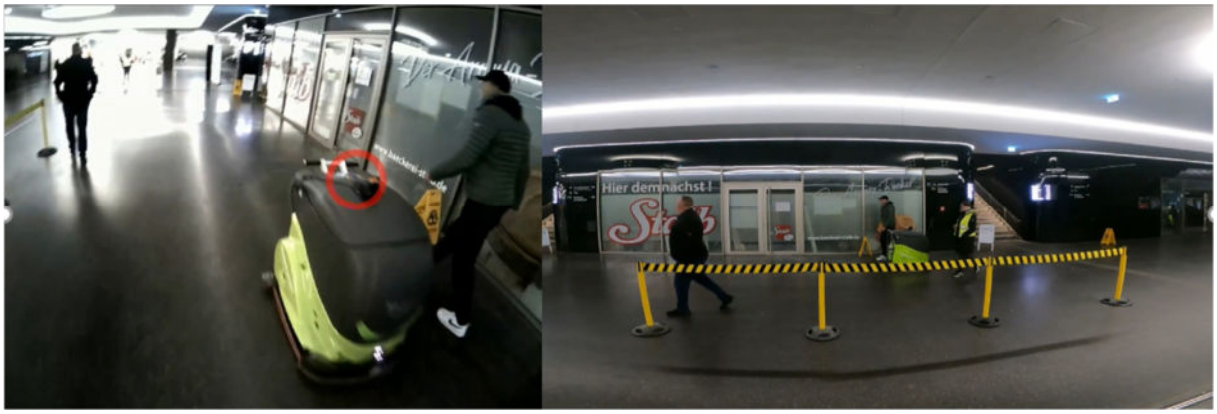


***Figure 1**: The left image is a screenshot of eye tracker scene camera. The red circle is the gaze position. The right image is a screenshot of the image captured by GoPro at that time.*

Lastly, early planning of data integration and synchronization is crucial to enable successful data analysis later. The combination of this data allows participants' behavior to be examined from different perspectives: from attention distribution to concrete actions to emotional and subjective reactions. A well-thought-out approach to data synchronization therefore forms the basis for meaningful and valid results.

2.4 Ethical standards and data protection regulations

Ethical standards and data protection are a cornerstone of any field study. From the initial planning stages, engaging Data Protection and Ethical Officers early ensures GDPR compliance, shaping data handling, risk management, and ethical safeguards for transparency and accountability.

First of all, participants must be fully informed, voluntarily participate, and be protected from harm, in line with standards like the APA Ethical Guidelines. To comply with GDPR regulations, detailed privacy notices must be accessible to both participants and pedestrians—who actively engage in the research and for whom data privacy is primarily managed through informed consent documents—and pedestrians, who do not sign any informed consent but may still be captured in the research environment. To respect the data privacy rights of pedestrians, at our test sites, comprehendsive privacy notices were made available through QR codes and links displayed on posters and handouts at the site entrances. These notices were based on the participant-specific privacy guidelines to ensure transparency and adherence to data protection laws.

Besides, to minimize privacy risks, data anonymization tools such as Face Blurring from Pupil Labs, can be employed to ensure that identifiable facial features of non-consenting individuals were obscured in recorded footage.

3. Conclusion

This work summarizes key considerations for conducting eye-tracking experiments in real-world settings to HRI study. We focus on four main aspects: the definition of motivation, experiment design and participant awareness, technical challenges, and ethical standards and data protection regulations. Researchers should establish clear research objectives by defining specific motivations. Optimizing experiment design

involves actionable manipulation of variables, and minimizing participant bias. Given the complexities of real-world settings, it is essential to manage technical challenges proactively by employing skilled personnel, integrating multiple data sources, and planning early for data synchronization. Additionally, researchers should engage Data Protection and Ethical Officers early and use anonymization tools to safeguard privacy.

3. Literatur

Epelboim, J., Steinman, R. M., Kowler, E., Edwards, M., Pizlo, Z., Erkelens, C. J., & Collewijn, H. (1995). The function of visual search and memory in sequential looking tasks. Vision research, 35 (23-24), 3401–3422.

Rayner, K. (2009). Eye movements in reading: Models and data. Journal of eye movement research, 2(5), 1.

Tatler, B. W., Hansen, D. W., & Pelz, J. B. (2019). Eye movement recordings in natural settings. Eye Movement Research: An Introduction to its Scientific Foundations and Applications, 549–592.

Dicks, M., Button, C., & Davids, K. (2010). Examination of gaze behaviors under in situ and video simulation task constraints reveals differences in information pickup for perception and action. Attention, Perception, & Psychophysics, 72, 706–720.

Foulsham, T., Walker, E., & Kingstone, A. (2011). The where, what and when of gaze allocation in the lab and the natural environment. Vision research, 51 (17), 1920–1931.

Holleman, G. A., Hooge, I. T., Kemner, C., & Hessels, R. S. (2020). The 'real-world approach'and its problems: A critique of the term ecological validity. Frontiers in Psychology, 11, 529490.

Foulsham, T. (2015). Eye movements and their functions in everyday tasks. Eye, 29 (2), 196–199.

Turano, K. A., Geruschat, D. R., Baker, F. H., Stahl, J. W., & Shapiro, M. D. (2001). Direction of gaze while walking a simple route: persons with normal vision and persons with retinitis pigmentosa. Optometry and vision science, 78 (9), 667–675.

Land, M. F., & Lee, D. N. (1994). Where we look when we steer. Nature, 369 (6483), 742–744.

Geruschat, D. R., Hassan, S. E., & Turano, K. A. (2003). Gaze behavior while crossing complex intersections. Optometry and vision science, 80 (7), 515–528.

Hart, B. M., & Einh¨auser, W. (2012). Mind the step: complementary effects of an implicit task on eye and head movements in real-life gaze allocation. Experimental brain research, 223, 233–249.

Dey, D., Walker, F., Martens, M., & Terken, J. (2019). Gaze patterns in pedestrian interaction with vehicles: Towards effective design of external human-machine interfaces for automated vehicles. In Proceedings of the 11th international conference on automotive user interfaces and interactive vehicular applications (p. 369–378). New York, NY, USA: Association for Computing Machinery.

Babel, F., Kraus, J., & Baumann, M. (2022). Findings from a qualitative field study with an autonomous robot in public: exploration of user reactions and conflicts. International Journal of Social Robotics, 14(7), 1625-1655.

Danksagung: This work was supported by the BMBF-project ZEN-MRI.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Gemeinsame Werte und Ziele in der Mensch-KI-Kollaboration: Ein Ansatz zur empirischen Erfassung und nachhaltigen Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen künstlichen Agenten und Menschen

Stefan LANG

Fachbereich Wirtschaft, Hochschule Bielefeld,
Interaktion 1, D-33619 Bielefeld
Abteilung Unternehmen und Märkte,
Promotionskolleg für angewandte Forschung in Nordrhein-Westfalen (PK NRW),
Konrad-Zuse-Straße 10, D-44801 Bochum

Kurzfassung: Die Relevanz der Forschung zur Mensch-KI-Kollaboration liegt in der stetig wachsenden Integration von KI-Systemen in verschiedenen Arbeits- und Lebensbereichen. Die Komplexität von geteilten mentalen Modellen wird in der kollaborativen Zusammenarbeit zwischen künstlichen Agenten und Menschen deutlich. Dieses kumulative Dissertationsvorhaben zielt darauf ab, die abhängigen Variablen und Determinanten der kollaborativen Zusammenarbeit zwischen künstlichen Agenten und Menschen zu messen und empirisch zu untersuchen. Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, die produktivsten abhängigen Variablen zu identifizieren, um fundierte Handlungsempfehlungen für eine effektivere Mensch-KI-Zusammenarbeit abzuleiten, die sowohl die Teamleistung optimiert als auch den gezielten Einsatz künstlicher Intelligenz (KI) bei spezifischen Aufgaben verbessert.

Schlüsselwörter: Künstliche Intelligenz (KI), Mensch-KI-Kollaboration, Geteilte Mentale Modelle, Transformation der Arbeit, Teamkognition.

1. Einleitung und Relevanz

Die rasante Entwicklung künstlicher Intelligenz (KI) und ihre zunehmende Integration in Arbeits- und Alltagskontexte machen die Mensch-KI-Kollaboration zu einem zentralen Forschungsfeld (Buxbaum 2020; Müller et al. 2024). Sowohl in Produktionsumgebungen als auch in wissensintensiven Bereichen, wie bspw. der Medizin (vgl. Wang et al. 2016), zeigt sich das Potenzial KI-basierter Lösungen, menschliche Leistungsfähigkeit zu unterstützen, Routinetätigkeiten zu automatisieren oder komplexe Entscheidungsprozesse zu verbessern. Dabei rücken die gemeinsamen Werte und Ziele in der Zusammenarbeit zwischen Menschen und technischen Agenten immer stärker ins Zentrum des Interesses (Schelble et al. 2022). Während KI-Systeme zwar hochspezialisiert und lernfähig sein können, bleibt der Mensch weiterhin wichtig für Interpretation, Einbettung in das soziale Umfeld und ethische Abwägungen (Stets & Burke 2000).

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass effektive Mensch-KI-Kollaboration mehr bedeutet als reine Aufgaben- oder Arbeitsteilung. Vielmehr geht es darum, geteilte mentale Modelle (Team Mental Models, TMMs) von Menschen und Agenten (bzw. Menschen und Robotern) zu etablieren, wodurch ein gemeinsames Verständnis von

Zielen, Rollen und relevanten Kontextfaktoren entsteht (Schelble et al., 2020). Bislang besteht jedoch noch Forschungsbedarf hinsichtlich der Frage, wie diese kollaborative Zusammenarbeit – insbesondere im Hinblick auf gemeinsame Werte und Ziele – empirisch erfasst und nachhaltig verbessert werden kann (Wang et al. 2020).

2. Problemstellung

Die Integration von Künstlicher Intelligenz (KI) in Teamstrukturen verändert die Art und Weise, wie Zusammenarbeit gestaltet wird. Während klassische Mensch-Mensch-Teams (HHTs – Human-Human-Teams) auf geteilte mentale Modelle zurückgreifen, ist unklar, inwiefern und unter welchen Bedingungen ein solches Modell auch in Mensch-KI-Teams (HATs – Human-Agent-Teams) entsteht und ob es die Teamleistung verbessert. Insbesondere stellt sich die Frage, welchen Einfluss die explizite Rollenkenntnis der KI innerhalb eines geteilten mentalen Modells auf die Zusammenarbeit hat.

In der bisherigen Forschung zur Mensch-KI-Kollaboration wurde der Einfluss geteilter mentaler Modelle auf die Teamleistung nur unzureichend untersucht (vgl. Schelble et al. 2022). Die Übertragbarkeit geteilter mentaler Modelle auf hybride Teams ist nicht selbstverständlich. KI-Systeme agieren nach algorithmischen Prinzipien und verfügen nicht über ein natürliches Verständnis von Teamdynamiken. Die Herausforderung besteht daher in der Erfassung, Operationalisierung und gezielten Nutzung eines geteilten mentalen Modells in Mensch-KI-Teams.

3. Zielsetzung

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, die zentralen Variablen der Mensch-KI-Kollaboration zu identifizieren, zu messen und auf Basis empirischer Befunde konkrete Handlungsempfehlungen zur Optimierung der Zusammenarbeit in Mensch-KI-Teams (HATs) abzuleiten. Der Einfluss eines geteilten mentalen Modells auf die Teamleistung soll in der Mensch-KI-Kollaboration systematisch untersucht werden. Im Mittelpunkt steht die Frage, ob und inwiefern die explizite Rollenkenntnis der KI innerhalb eines geteilten mentalen Modells die Zusammenarbeit und Produktivität in hybriden Teams verbessert.

4. Fragestellungen

Wie lassen sich gemeinsame Werte und Ziele zwischen Mensch und KI empirisch erfassen und entwickeln? Welchen Einfluss hat ein geteiltes mentales Modell auf die Teamleistung in der Mensch-KI-Kollaboration, und wie verändert sich dieser Einfluss in Abhängigkeit von der expliziten Rollenkenntnis der KI?

5. Methodik

Dieses kumulative Dissertationsvorhaben soll auf Grundlage dreier zusammenhängender Forschungsarbeiten (Paper 1 bis 3) einen ganzheitlichen Ansatz zur Untersu-

chung gemeinsamer Werte und Ziele in der Mensch-KI-Kollaboration vorstellen. Die Studien umfassen:

- Paper 1 (Explorative Grundlagenarbeit, Literaturübersicht und theoretische Modellierung)
- Paper 2 (Quantitative Analyse und Validierung des Modells)
- Paper 3 (Praxisorientierte Validierung und Umsetzung des Modells)

6. Theoretische Grundlagen und Modellierung (Paper 1)

6.1 Grundlagen der Mensch-KI-Kollaboration

Mensch-KI-Kollaboration bezeichnet die direkte und enge Zusammenarbeit zwischen einem menschlichen Akteur und einer autonomen oder teilautonomen Software bzw. einem technischen Agenten. Im Vergleich zu rein menschlichen Teams oder Mensch-Roboter-Kollaborationen in der Industrie (vgl. Buxbaum 2020; Müller et al. 2024) stellt die Integration lernfähiger, teils selbstständig agierender Systeme besondere Herausforderungen (Schelble et al. 2020). So müssen nicht nur Aufgaben verteilt, sondern auch Entscheidungs- und Kommunikationsprozesse neu definiert werden (Shah et al. 2012).

Vor allem für die Koordination und Kommunikation ist eine hohe Passung zwischen menschlichen Zielen, Normen und Werten sowie dem „Verhalten“ der KI notwendig (Smith & Osborn 2003). Dabei gewinnen Teamkognition und geteilte mentale Modelle an Bedeutung. Diese beschreiben, in welchem Ausmaß gemeinsame Repräsentationen wesentlicher Aufgaben- und Teamaspekte vorliegen (Stout et al. 1999).

6.2 Gemeinsame Werte und Ziele als Basis geteilten Verständnisses

Ein Schlüsselmerkmal effektiver Zusammenarbeit zwischen Menschen und KI ist die Ausrichtung auf gemeinsame Ziele und Werte (Vaes et al. 2003). Die erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen Menschen und autonomen Agenten wird durch Faktoren wie Vertrauen, Transparenz und eine klare Aufgabenverteilung beeinflusst (Breden et al. 2021).

Zielkongruenz und Wertorientierung können zu einer besseren Abstimmung im Team führen (Stets & Burke 2000). Im Rahmen des vorgestellten Modells wird deshalb hypothesengeleitet angenommen, dass ein expliziter Abgleich von Wertvorstellungen sowie eine offene Kommunikation der Ziele die Entwicklung konsistenter TMM fördert (Mohammed et al. 2010).

6.3 Team Mental Models (TMMs) in Mensch-KI-Teams

TMMs sind kognitive Repräsentationen von Schlüsselelementen der Arbeit und des Teamkontexts, die von den Teammitgliedern geteilt werden (Klimoski & Mohammed, 1994). Für Mensch-KI-Teams lassen sich, analog zur Forschung in rein menschlichen Teams, unterschiedliche TMM-Dimensionen identifizieren:

- Aufgabenbezogene TMMs (z. B. Prozessabfolgen, Ziele),
- Teambezogene TMMs (z. B. Rollen, Fähigkeiten, Verantwortlichkeiten),
- Temporale TMMs (z B. zeitliche Deadlines, Koordinationsrhythmen),
- Medienbezogene TMMs (z. B. bevorzugte Kommunikationsmittel),

- Situationsbezogene TMMs (z. B. Anpassung an veränderte Umgebungsbedingungen).

Gerade im Kontext digitaler Tools und KI-Anwendungen ist eine passgenaue Abstimmung auf die jeweiligen Kollaborationsanforderungen zentral. Ein Mangel an gemeinsamen Vorstellungen über technische Möglichkeiten und Einschränkungen kann zu Koordinations- und Vertrauensproblemen führen (Bernardy et al. 2019; Singley et al. 2000).

6.4 Theoretische Modellierung

Auf der Grundlage der aktuellen Literatur (Breden et al. 2021; Buxbaum 2020; Lyons et al. 2021; Müller et al. 2024; Schelble et al. 2022) sollen in Paper 1 integrierte Modelle der Mensch-KI-Kollaboration entworfen werden. Dieses Modell sollen die Konstrukte gemeinsamer Werte und Ziele, TMM und Teamprozesse (z. B. Kommunikation und Koordination) mit den angestrebten Teamoutcomes (Leistung, Zufriedenheit, Nachhaltigkeit der Zusammenarbeit) verbinden. Als zentrale Annahme gilt, dass ein konsistentes und geteiltes Verständnis über Aufgabenaspekte, Rollen, Werte und Ziele zu effektiver Koordination und höherer Leistung führt (Cooke et al. 2000).

Zugleich soll herausgearbeitet werden, wie die spezifische technische Gestaltung des Agenten – z. B. wie transparent Entscheidungen dargestellt werden sollen oder in welcher Frequenz der Agent kommunizieren wird – die Bildung dieser TMM entscheidend beeinflusst (Toups et al. 2009). So kann beispielsweise eine zu häufige, ungefragte Kommunikation durch die KI zu Informationsüberlastung und Frust beim Menschen führen, während zu seltene Kommunikation Unsicherheit und mangelndes Vertrauen fördert (Spotts & Chelte, 2005).

7. Quantitative Analyse und Validierung (Paper 2)

In Paper 2 soll das zuvor entwickelte theoretische Modell einer empirischen Überprüfung unterzogen werden. Hierfür könnte ein experimentelles Forschungsdesign mit insgesamt drei Zuständen (Human-Human-Team, Human-Agent-Team, Human-Agent-Agent-Team) zum Einsatz kommen, angelehnt an bereits etablierte Szenario-Simulationen wie NeoCITIES (vgl. Schelble et al. 2022). Ebenso kann eine experimentelle Studie mit einem Gruppenvergleich durchgeführt werden. Dabei werden klassische Mensch-Mensch-Teams (HHT – Human-Human-Teams) mit Mensch-KI-Teams (HAT – Human-Agent-Teams) verglichen. In einem Szenario kennt die KI ihre Rolle im geteilten mentalen Modell, in einem anderen nicht. Durch die Analyse der resultierenden Teamleistung sollen Rückschlüsse darüber gezogen werden, ob das Vorhandensein eines geteilten mentalen Modells in hybriden Teams die Zusammenarbeit verbessert und welche Faktoren dabei eine entscheidende Rolle spielen. Für die Datenerhebung sollen sowohl standardisierte Fragebögen zum Erleben der Zusammenarbeit (z. B. Klarheit der Ziele, TMM-Ausprägung) als auch Performanzmaße (z. B. Schnelligkeit, Fehlerquote) genutzt werden (Schvaneveldt 1990; Strauss 1987).

8. Praxisorientierte Validierung und Umsetzung (Paper 3)

8.1 Geplante Feldstudien und praktische Umsetzungen

Paper 3 konzentrierte sich auf die Anwendung des Modells in realen Arbeitskontexten. Hierzu soll in mehreren Abteilungen eines Medienkonzerns (u. a. die Buchhaltungs- und IT-Abteilung) Mensch-KI-Teams gebildet werden, die Projektaufgaben bearbeiteten. Dabei sollen KI-Module zum Einsatz kommen, die entweder Empfehlungen generieren (z. B. Ressourcenallokation) oder selbstständig Teilentscheidungen treffen. Analog zu den geplanten Studien in Paper 2 sollen sowohl subjektive (z. B. Zufriedenheit) als auch objektive Kriterien (z. B. Fehlerreduktion, Zeiten) erfasst werden (Smith & Osborn 2003).

Um die Bildung geteilter mentaler Modelle zu fördern, sollen in einem Teil der Teams strukturierte Kick-off-Workshops durchgeführt werden. Hierbei diskutierten Team und Agent (bzw. die Systementwickler) explizit die gemeinsamen Ziele und Werte, die Rollenverteilung und die optimale Kommunikationsfrequenz. Zusätzlich sollen bei Bedarf digitale Tools eingesetzt werden, die die Sichtbarkeit von Zuständigkeiten und Informationen erhöhen sollen (Bernardy et al. 2019).

8.2 Geplante Ergebnisse der praktischen Validierung

Die Feldstudien sollen bestätigten, dass Mensch-KI-Teams, die ihre Werte, Ziele und Rollen explizit abstimmen, signifikant effizienter arbeiteten werden. Diese könnte sich wie folgt äußern:

- Verbesserung der Teamleistung,
- Kürzeren Entscheidungszeiten,
- Geringerer Anzahl an Missverständnissen,
- Höherer subjektiver Arbeitszufriedenheit.

Zudem könnte sich zeigen, dass ein regelmäßiger Abgleich von Teamwissen und -zielen (z. B. in kurzen Status-Meetings) die Herausbildung geteilten Wissens beschleunigt (Stets & Burke 2000). Eine zentrale Erkenntnis aus diesen Praxisstudien könnte sein, dass die Implementierung eines gemeinsamen Werte-, Ziel- und Rollenverständnisses kein einmaliger Akt ist, sondern kontinuierliche Pflege benötigt (Wang et al. 2020). Die kontinuierliche Messung und Reflexion mittels Feedbackinstrumenten können hier unterstützen.

9. Literatur

Bernardy, V., Müller, R., Röltgen, A. T., & Antoni, C. H. (2019). Entwicklung eines Instruments zur Unterstützung der Bildung geteilter mentaler Modelle in digitalen Teams. In GfA Dortmund (Hrsg.), Frühjahrskongress 2019, Dresden. Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten. [Konferenzbeitrag].

Breden, J., Kaja, L. I., Kapp, V.-K., Kowalewski, L., Küster, L., Masch, J., Prediger, R., Sambale, S.-T., Schröder, J., Stasiak, R., Sturhann, M., Wagner, J., Wenzel, L., Wiemann, B., Rieth, M., & Hagemann, V. (2021). Human Autonomy Teaming - Die Teamarbeit der Zukunft; Human Autonomy Teaming - The Teamwork of the Future.

Buxbaum, H.-J. (2020). Mensch-Roboter-Kollaboration (1st ed. 2020). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-28307-0.

Cooke, N. J., Salas, E., Cannon-Bowers, J. A., & Stout, R. J. (2000). Measuring team knowledge. Human Factors, 42(1), 151–173.

Klimoski, R., & Mohammed, S. (1994). Team mental model: Construct or metaphor? Journal of Management, 20(2), 403–437.

Lyons, J. B., Sycara, K., Lewis, M., & Capiola, A. (2021). Human–Autonomy Teaming: Definitions, Debates, and Directions. Frontiers in Psychology, 12. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.589585

Mohammed, S., Ferzandi, L., & Hamilton, K. (2010). Metaphor no more: A 15-year review of the team mental model construct. Journal of Management, 36(4), 876–910.

Müller, R., Franke, J., Henrich, D., Kuhlenkötter, B., Raatz, A., & Verl, A. (2024). Handbuch Mensch-Roboter-Kollaboration (2., aktualisierte Auflage). Hanser. https://doi.org/10.3139/9783446474604

Müller, R., & Antoni, C. H. (in press). Antezedenzien und Auswirkungen geteilter mentaler Modelle der Mediennutzung auf die Koordination und Kommunikation in virtuellen Teams. Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO).

Schelble, B. G., Flathmann, C., McNeese, N. J., Freeman, G., Mallick, R., Office of Naval Research, & Air Force Office of Scientific Research. (2022). Let's think together! Assessing shared mental models, performance, and trust in human-agent teams. Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, 6(GROUP), 1–29. https://doi.org/10.1145/3492832.

Schelble, B. G., Flathmann, C., & McNeese, N. (2020). Towards meaningfully integrating human-autonomy teaming in applied settings. In Proceedings of the 8th International Conference on Human-Agent Interaction (pp. 149–156).

Schvaneveldt, R. W. (1990). Pathfinder associative networks: Studies in knowledge organization. Ablex Publishing.

Shah, J., Kim, B., & Nikolaidis, S. (2012). Human-inspired techniques for human-machine team planning. In AAAI Fall Symposium Series.

Singley, M. K., Singh, M., Fairweather, P., Farrell, R., & Swerling, S. (2000). Algebra jam: Supporting teamwork and managing roles in a collaborative learning environment. In Proceedings of the 2000 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (pp. 145–154).

Smith, J. A., & Osborn, M. (2003). Interpretive phenomenological analysis. In Qualitative psychology: A practical guide to methods (pp. 53–80).

Spotts, H. E., & Chelte, A. F. (2005). Evaluating the effects of team composition and performance environment on team performance. Journal of Behavioral & Applied Management, 6(2).

Stets, J. E., & Burke, P. J. (2000). Identity theory and social identity theory. Social Psychology Quarterly, 63(3), 224–237.

Stout, R. J., Cannon-Bowers, J. A., Salas, E., & Milanovich, D. M. (1999). Planning, shared mental models, and coordinated performance: An empirical link is established. Human Factors, 41(1), 61–71.

Strauss, A. L. (1987). Qualitative analysis for social scientists. Cambridge University Press.

Toups, Z. O., Kerne, A., Hamilton, W., & Blevins, A. (2009). Emergent team coordination: From fire emergency response practice to a non-mimetic simulation game. In Proceedings of the ACM 2009 International Conference on Supporting Group Work (pp. 341–350).

Vaes, J., Paladino, M. P., Castelli, L., Leyens, J.-P., & Giovanazzi, A. (2003). On the behavioral consequences of infrahumanization: The implicit role of uniquely human emotions in intergroup relations. Journal of Personality and Social Psychology, 85(6), 1016–1034.

Wang, D., Khosla, A., Gargeya, R., Irshad, H., & Beck, A. H. (2016). Deep learning for identifying metastatic breast cancer. arXiv preprint arXiv:1606.05718.

Wang, D., Churchill, E., Maes, P., Fan, X., Shneiderman, B., Shi, Y., Chun, M., Wang, Q., & Ying, W. (2020). From human-human collaboration to human-AI collaboration: Designing AI systems that can work together with people. In Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1–13). ACM.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Untersuchung der Eignung von Inertialsensoren zur Erfassung von Handgelenksbewegungen

Chris SCHRÖER[1], Stefanie TÄNZLER[1], Niels HINRICHER[1], Claus BACKHAUS[1]

[1] Zentrum für Ergonomie und Medizintechnik, FH Münster, Bürgerkamp 3, D-48565 Steinfurt

Kurzfassung: Das Karpaltunnelsyndrom ist eine häufige Erkrankung bei Dialysepflegekräften. Es wird vermutet, dass das tägliche Auf- und Abrüsten der Dialysegeräte die Ursache für die hohe Prävalenz in dieser Berufsgruppe ist. Ziel dieser Studie ist es, die Eignung von Inertialsensoren (DOT-Sensoren, Fa. Xsens) für die quantitative Analyse von Handgelenksbewegungen zu untersuchen.
Um diese Sensoren zu validieren, wird ein Vergleich mit einem Ultraschall-Messsystem zur Bewegungsanalyse (Zebris-Medizintechnik) durchgeführt. Die DOT-Sensoren und Zebris-Marker werden auf einem Winkelmesser befestigt, um die Bewegungsrichtungen des Handgelenks zu simulieren. Der Winkelbereich von 0-90° wird in 5°-Schritten abgetastet. Die Mittelwerte der Winkel werden als Streudiagramm mit einer Regressionsgraden dargestellt. Der Korrelationsgrad wird mit dem Korrelationskoeffizienten (r) von Pearson bestimmt.
Die lineare Regression zeigt eine hohe Anpassung ($R^2 = 1$). Die berechneten Winkel weichen im Durchschnitt um 0,4° (Palmarflexion/Dorsalextension) und um 0,6° (Ulnar-/Radialabduktion) von den Zebris-Winkeln ab.
Die Winkelmessung mit den Inertialsensoren und dem Zebris-System liefern vergleichbare Werte. Weitere Studien sind erforderlich, um die Genauigkeit der Sensoren bei dynamischen Bewegungen zu bewerten.

Schlüsselwörter: Hand-Arm-Belastung, Muskuloskelettale Erkrankungen, Hämodialyse, Bewegungsanalyse.

1. Situation

Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) sind bei Beschäftigten im Gesundheitssystem weitverbreitet (Heidari et al. 2018; Occhionero et al. 2014). Am häufigsten betroffen ist der Rücken, gefolgt von Nacken, Schultern und Handgelenken (Aleid et al. 2021). Pflegekräfte in der Dialyse haben im Vergleich zu Beschäftigten im Krankenhaus eine doppelt so hohe Prävalenz bei Handgelenksbeschwerden (Westergren et al. 2019). 56% der Dialysepflegekräfte leiden unter Handgelenksschmerzen und jede zehnte Pflegekraft bleibt aufgrund solcher Beschwerden der Arbeit fern (Ibenthal et al. 2023). Auslöser dieser Beschwerden kann ein Karpaltunnelsyndrom sein. Repetitive Handgelenksbewegungen, hoher Kraftaufwand und Hand-Arm-Schwingungen erhöhen das Risiko für das Auftraten eines Karpaltunnelsyndroms. Als Ursache für die hohe Prävalenz von Handgelenksbeschwerden bei Dialysepflegekräften werden die täglichen Auf- und Abrüstvorgänge der Dialysegeräte vermutet.

Dabei wird ein Schlauchsystem über Druck- und Schraubverbindungen mit dem Dialysegerät und dem Patienten verbunden. Derzeit existieren nur qualitative Analysen zur Handgelenksbelastung von Dialysepflegekräften. Messtechnische Untersuchungen wurden bisher nicht durchgeführt, da ausreichend geeigneten Messsysteme nicht zur Verfügung stehen.

Ziel der Arbeit ist zu untersuchen, ob eine quantitative Analyse der Handgelenksbewegungen mithilfe von Inertialsensoren möglich ist und ob diese Sensoren reproduzierbare Ergebnisse liefern. Mit den Sensoren sollen zukünftig die bei der Aufrüstung eines Dialysegerätes auftretende Gelenkwinkel für die Palmarflexion und Dorsalextension sowie für die Ulnar- und Radialabduktion erfasst werden.

2. Methode

In dieser Studie werden Trägheitssensoren von der Firma Xsens (Digital orientation trackers = DOT-Sensoren; Xsens Technologies B.V., Niederlande) verwendet. Jeder Sensor verfügt über einen drei-Achsen Gyroskop (± 2000°/s), einen drei-Achsen Beschleunigungsmesser (± 16 g) und ein drei-Achsen Magnetometer (± 8 Gauss). Neben der Beschleunigung, der Winkelgeschwindigkeit und der magnetischen Feldstärke liefert der Sensor auch Informationen über seine Lage im Raum. Diese Information kann in Euler-Winkeln als Drehung um die drei Achsen (Gieren, Neigen, Rollen als ZYX-Sequenz) oder in Form von Quaternionen ausgedrückt werden. Damit die Palmarflexion und Dorsalextension sowie die ulnare und radiale Abduktion der Hand erfasst werden können, müssen Informationen darüber vorliegen, wie sich die Hand relativ zum Unterarm bewegt.

Für die Validierung der DOT-Sensoren als Messsystem, wird ein Vergleich mit einem Ultraschall-Messsystem der Firma Zebris-Medizintechnik (Isny/Tübingen, Deutschland, Version CMS HS) durchgeführt. Dieses basiert auf dem Prinzip der Laufzeitmessung von Ultraschallimpulsen und wird vor allem für Bewegungsanalysen verwendet. Die DOT-Sensoren und Zebris-Marker werden an einem Winkelmesser befestigt, um die Bewegungsrichtungen des Handgelenks zu simulieren. Für die Messung wird das Goniometer an einer Wand fixiert. Jeweils ein DOT-Sensor wird in dem gleichen Abstand zum Rotationszentrum auf einem Schenkel befestigt. Abbildung 1 zeigt den Testaufbau.

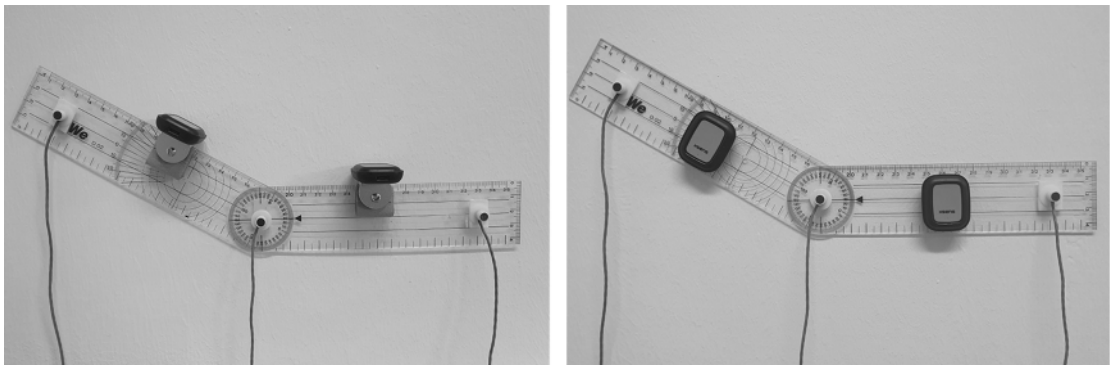


***Abbildung 1**: Testaufbau für die Validierung: Platzierung der DOTs sowie der Marker auf dem Goniometer für (links) die Dorsalextension und Palmarflexion (hier 30° Dorsalextension); (rechts) Ulnar- und Radialabduktion (hier 30° Ulnarabduktion).*

Um eine Ulnar- und Radialabduktion zu simulieren, werden die DOTs mit doppelseitigem Klebeband auf die flache Seite des Winkelmessers geklebt, sodass die X-Achse des Sensors nach oben zeigt (Abbildung 1 rechts). Um eine Dorsalextension sowie Palmarflexion zu simulieren, werden die DOTs mithilfe von Klemmen parallel zur schmalen Seite des Winkelmessers angebracht. Hierbei zeigt die X-Achse der Sensoren zur Wand (Abbildung 1 links). Die Marker des Zebris-Systems werden auf der flachen Seite des Winkelmessers jeweils auf den zwei Schenkeln, sowie auf dem Rotationszentrum befestigt. Die Position der Marker bleibt während der gesamten Messung konstant.

Der Winkelbereich von 0-90° wird in 5°-Schritten für jede Bewegungsrichtung abgetastet. Jeder Schritt wird mit beiden Messsystemen für ein Zeitintervall von 10 Sekunden aufgezeichnet. Die Orientierungsdaten der DOTs werden mit der Xsens DOT-App erfasst und in Form von CSV-Dateien gespeichert. Die Winkelstellung zwischen den DOT-Sensoren wird mit Hilfe eines in GNU-Octave geschriebenen Programm automatisch berechnet und grafisch als Funktion der Zeit ausgegeben. Die Winkel der Zebris-Marker werden mit der dazugehörigen Software (Win-Data) aufgezeichnet und grafisch als Funktion der Zeit ausgegeben.

Die Mittelwerte der Winkel werden als Streudiagramm mit einer Regressionsgraden dargestellt. Der Korrelationsgrad zwischen den Messergebnissen der beiden Systeme wird mit dem Korrelationskoeffizienten (r) nach Pearson bestimmt. Zur Beurteilung der Übereinstimmung der beiden Winkelmessungen werden Bland-Altman-Diagramme erstellt (Bland & Altman 1986). Die statistische Auswertung der Daten erfolgt mithilfe der Software IBM SPSS Statistics (Version 27).

3. Ergebnisse

Die Korrelationsrechnung zeigt, dass sowohl für die Palmarflexion und Dorsalextension als auch für die Ulnar- und Radialabduktion ein vollständiger linearer Zusammenhang existiert.

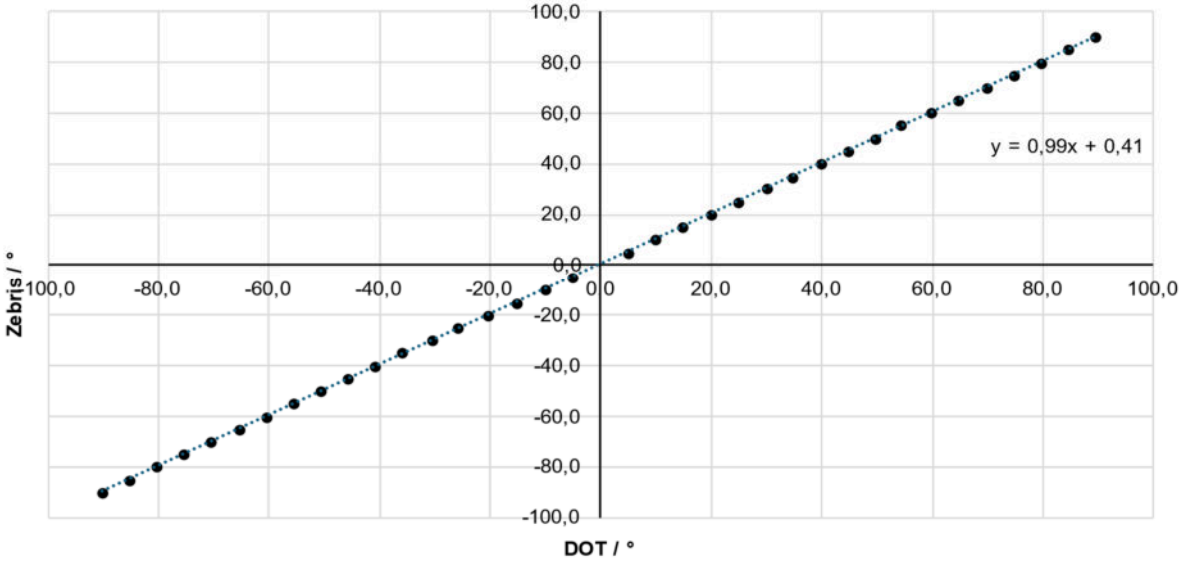


***Abbildung 2**: Zusammenhang zwischen der Winkelmessung mit den DOTs und dem Zebris System für die Palmarflexion (negative Werte) und Dorsalextension (positive Werte) mit linearer Regressionsgrade.*

Die Regressionsgraden y = x + 0,4 für die Palmarflexion und Dorsalextension (siehe Abbildung 2) sowie y = x + 0,6 für die Ulnar- und Radialabduktion (siehe Abbildung 3) weisen in beiden Fällen eine Steigung von 1 auf. Es besteht für alle vier Bewegungsrichtungen ein vollständiger, signifikanter Zusammenhang (r = 1; p < 0,001).

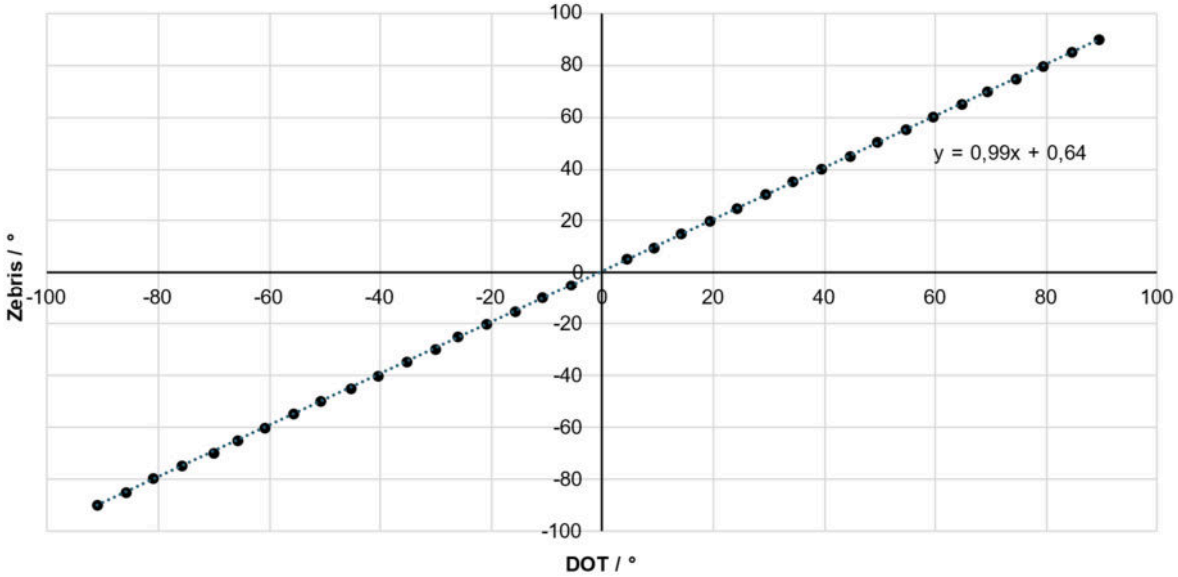


***Abbildung 3**: Zusammenhang zwischen der Winkelmessung mit den DOTs und dem Zebris System für die Ulnar- (negative Werte) und Radialabduktion (positive Werte) mit linearer Regressionsgrade.*

Der Mittelwert der Differenzen für die Palmarflexion und Dorsalextension beträgt 0,4° (siehe Abbildung 4 rote Linie) mit einem 95%-Konfidenzintervall von 0,3° - 0,5°. Die Übereinstimmungsgrenzen belaufen sich auf 0 - 0,8° (Abbildung 4 grüne Linie).

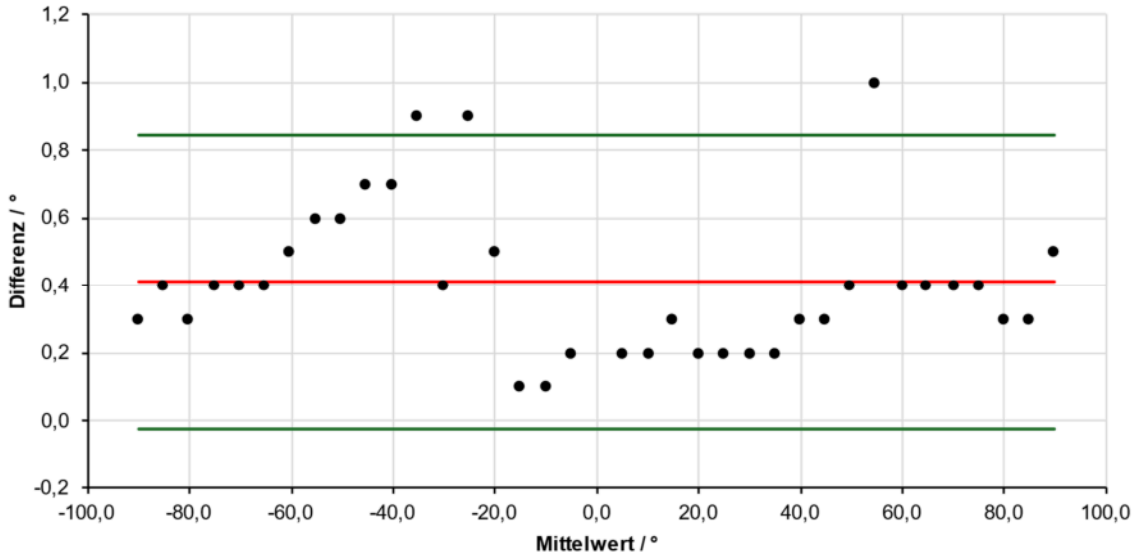


***Abbildung 4**: Vergleich der Winkelmessung mit dem Zebris-System und den DOTs für die Palmarflexion und Dorsalextension. Die rote Linie visualisiert den Mittelwert der Differenzen, die grünen Linien stellen die Übereinstimmungsgrenzen dar.*

Das Bland-Altman-Diagramm für die Ulnar- und Radialabduktion ist in Abbildung 5 abgebildet. Die mittlere Differenz der Winkelmessung in dieser Bewegungsebene liegt bei 0,6° (siehe Abbildung 5 rote Linie) mit einem 95%-Konfidenzintervall von 0,5 – 0,7°. Die Übereinstimmungsgrenzen bilden ein Intervall von 0,2 – 1,1° (Abbildung 5 grüne Linie).

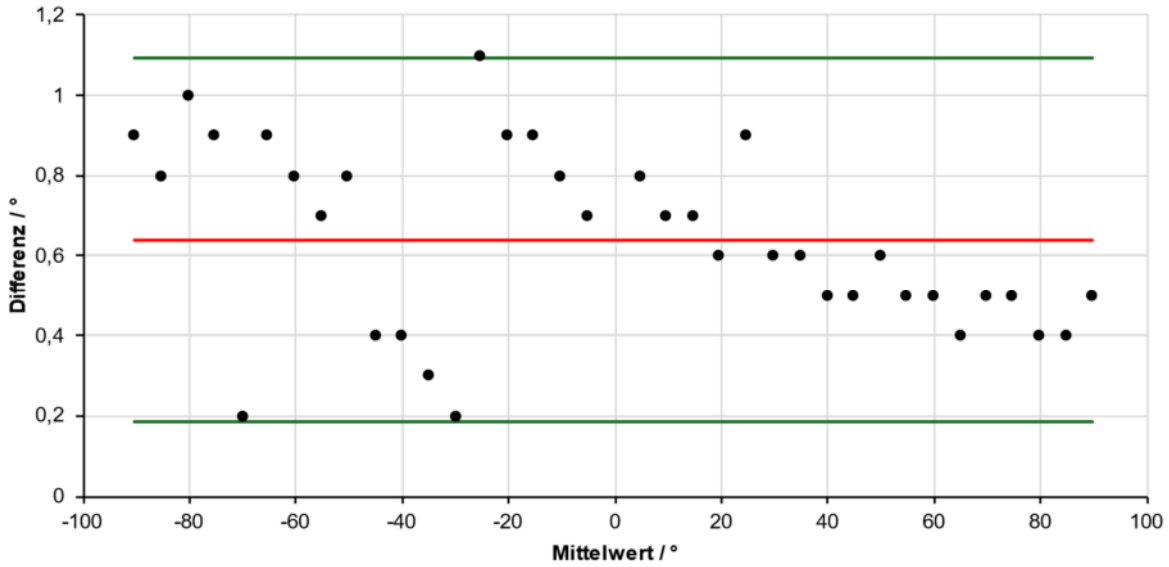


***Abbildung 5**: Vergleich der Winkelmessung mit dem Zebris-System und den DOTs für die Ulnar- und Radialabduktion. Die rote Linie visualisiert den Mittelwert der Differenzen, die grünen Linien stellen die Übereinstimmungsgrenzen dar.*

4. Diskussion

Die Winkelmessungen mit den Inertialsensoren und dem Zebris-System liefern vergleichbare Werte mit einer Abweichung von ± 0,4° bei einer Palmarflexion und Dorsalextension sowie ± 0,6° bei einer Ulnar- und Radialabduktion. Eine Änderung des Winkels führt bei beiden Systemen zu einer Änderung des gemessenen Winkels um den gleichen Wert. Der Y-Abschnitt der Bland-Altman-Diagramme repräsentiert die mittlere Differenz und damit die durchschnittliche Abweichung der beiden Methoden voneinander. Für beide Bewegungsebenen ist dieser Bias positiv, d. h. die Winkelmessung mit dem Zebris-System liefert größere Winkel als die Messung mit Inertialsensoren.

Die Bland-Altman-Diagramme in Abbildung 4 und 5 bestätigen die systematische, positive Abweichung der Winkelmessung mit dem Zebris-System gegenüber der Winkelmessung mittels Inertialsensoren. Das Intervall, das durch die Übereinstimmungsgrenzen gebildet wird, schließt 95% der Messwerte ein. Anhand dieser Grenzen kann nicht der Nachweis erbracht werden, dass beide Messverfahren übereinstimmen, sondern nur wie stark die Streuung der Differenzen ist. Diese beträgt in beiden Fällen ± 0,4° von der mittleren Differenz. Ob diese Streuung klein oder groß ist und somit die Übereinstimmung klein oder groß ist, muss anhand der klinischen Fragestellung beurteilt werden. In Bezug auf die Erfassung der Handgelenkbelastung von Hämodialyse-Pflegekräften, spielen weniger exakte Winkel eine Rolle, sondern vielmehr die Erfassung der repetitiven Beugung und Streckung des Handgelenks.

Daher kann für diese Fragestellung der Unterschied zwischen den Messsystemen vernachlässigt werden kann. Aufgrund der Ergebnisse sind die DOT-Sensoren für eine Quantifizierung der Handgelenksbelastung in der Dialyse geeignet. Das Zebris-System wird in vielen klinischen Studien verwendet, um z. B. Bewegungsanalysen durchzuführen (Illyés & Kiss 2006). Daher kann angenommen werden, dass die Messwerte des Zebris-Systems valide sind.

Die Limitation der Validierung geht im Wesentlichen auf den menschlichen Einfluss zurück. Insbesondere bei der Anbringung der Marker des Zebris-Systems sowie der DOTs kann es zu Ungenauigkeiten bei der Positionierung und Ausrichtung gekommen sein. Um diesen Einfluss zu minimieren, wurden die Marker und Sensoren anhand der Messskala sowie den horizontalen Linien des Goniometers, jeweils im gleichen Abstand zum Rotationszentrum positioniert.

Die Inertialsensoren sind bisher nur statisch an einem Goniometer validiert, d. h. in festen Winkelschritten und definierten Zeitintervallen. Das Auf- und Abrüsten von Dialysegeräten ist jedoch ein dynamischer Prozess. In weiteren Studien muss die Genauigkeit der Sensoren bei dynamischen Bewegungen evaluiert werden, damit zukünftig die Handbelastung von Dialysepflegekräften über eine oder mehrere Arbeitsschichten messtechnisch erfasst werden kann.

Diese Studie zeigt, dass Inertialsensoren geeignet sind, um die Handgelenksstellung präzise zu messen. Mit je einem Xsens-DOT-Sensor am Handrücken und am Unterarm können zukünftig die Handgelenksbewegungen des Pflegepersonals erfasst werden, ohne die Bewegung beim Auf- und Abrüsten der Dialysemaschinen zu stören.

5. Literatur

Aleid AA, Eid Elshnawie HA, Ammar A (2021) Assessing the Work Activities Related to Musculoskeletal Disorder among Critical Care Nurses. Critical Care Research and Practice, 1-10.

Bland JM, Altman DG (1986) Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet, 307-310.

Heidari M, Borujeni MG, Khosravizad M (2018) Health-promoting Lifestyles of Nurses and Its Associations with Musculoskeletal Disorders: A Cross-Sectional Study. Journal of Lifestyle Medicine, 2, 72 – 78.

Ibenthal E, Hinricher N, Nienhaus A, Backhaus C (2023) Hand and wrist com-plaints in dialysis nurses in Germany: a survey of prevalence, severity, and occupational associations, Annals of Work Exposures and Health, Volume 68, Issue 2, 136–145, https://doi.org/10.1093/annweh/wxad075.

Illyés Á, Kiss RM (2006) Kinematic and muscle activity characteristics of multidirectional shoulder joint instability during elevation. Knee Surg Sports Traumatol Arthr, 14, 673-685, https://doi.org/10.1007/s00167-005-0012-7.

Occhionero V, Korpinen L, Gobba F (2014) Upper limb musculoskeletal disorders in healthcare personnel. Ergonomics, 8, 1166-1191.

Westergren E, Ludvigsen MS, Lindberg M (2019) Prevalence of musculoskeletal complaints among haemodialysis nurses – a comparison between Danish and Swedish samples. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 3, 896-901.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Envisioning Tomorrow's Assembly Workplace: Insights from a User-Centric Development Process Integrating Motion Capture and Mixed Reality

Philip SCHÄFER[1], Alexander MERTENS[1], Verena NITSCH[1]

[1] Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen University, Eilfschornsteinstr. 18, D-52062 Aachen

Abstract: Recent technological advances, particularly in the field of motion capture and immersive technologies, offer new opportunities to present process-relevant information to production workers on site, for example, to improve work processes or working postures. However, the design space for integrating these technologies into established work environments tailored to the prospective users' needs is complex and has yet to be fully explored. Hence, in this paper we present insights gained during the user-centric development process of two Mixed-Reality research demonstrators that use Motion Capture Technologies. The findings underline that Mixed Reality is not yet mature enough to be used in a practical setting but can be used to gain valuable insight for the design of future systems. They also highlight workers' concerns regarding privacy and increased performance pressure related to the perceived monitoring of work activities.

Keywords: Mixed Reality, Motion Capture, User-Centric Design

1. Introduction

As Virtual (VR), Augmented (AR) and Mixed Reality (MR) technologies rapidly advance and become increasingly accessible, there is a growing possibility for their future integration into everyday work environments providing a wide range of novel opportunities. For instance, while VR training for a bimanual assembly task matched video-based training in immediate performance, two-week retention data suggested VR may offer a longer-lasting benefit (Shen et al. 2021). With respect to AR, Vanneste et al. (2020) demonstrated that AR-guided instructions during assembly tasks can outperform traditional oral and paper-based instructions, particularly for individuals with cognitive or motor disabilities, opening up new design spaces for inclusion (Mott et al., 2019). MR lets users see the real environment via video-passthrough. Early studies have demonstrated that MR-based training can achieve equivalence to conventional face-to-face training in terms of effectiveness (Gonzalez-Franco et al. 2017). However, the seamless integration of these innovations into established workflows, tailored to the diverse needs of prospective users and organizational constraints, remains a complex design challenge. For example, Plakas et al. (2020) reported that they faced issues with unintuitive user interface designs, leading to reduced acceptance and performance. Aiming to explore use cases for MR applications that provide feedback to workers on their working posture and methods, this paper presents insights gained during the user-centered development process of two research demonstrators. The demonstrators were developed as part of the Regional Competence Center AKzentE4.0, which aims to support regional companies in pursuing innovative and human-friendly digital solutions.

2. System Design and Development

In both our research demonstrators, we employ the Meta Quest 3 head-mounted display, and the Captury as markerless Motion Capture (MoCap) System equipped with up to 16 wired cameras to collect high-quality movement data without restricting the user's range of motion. A mobile workstation with an Intel Core i9 processor and a GeForceRTX 3700ti graphics card generated the virtual environment and Unity 2022 LTS with Oculus integration was used as the programming environment.

As there is inconsistent terminology related to VR, AR and MR in literature (Laato et al. 2024), we understand VR in this article in accordance with Rauschnabel et al. (2022) as an immersive experience within a fully enclosed three-dimensional virtual environment, isolating the user from the physical world. AR overlays virtual elements onto the physical world, enabling simultaneous interaction with both virtual and real environments (Rauschnabel et al. 2022). In MR, the user's surroundings is projected as a stereoscopic video stream within the headset where virtual elements are placed and interact with the physical environment (Bailenson et al. 2024).

2.1 MirrorXR: Real-Time Ergonomic Feedback

Inspired by the idea of enabling workers to view live ergonomic analyses on-site to make real-time posture corrections (Brandl et al. 2022; Vicente et al., 2023) we addressed in *MirrorXR* key limitations of earlier systems, such as fixed television screens that forced users into unergonomic head positions and single-camera MoCap technology which limited their movement and orientation to a small area. In *MirrorXR*, while wearing a MR headset, workers can see their physical surroundings, hands and own body while having a miniature representation of themselves as an ergonomic skeleton mirroring their movement in real-time (Fig. 1, Left). Using a color-coding system, users were able to directly identify potentially stressful joint positions on the skeletal representation. The skeleton could be placed and resized without the need of controllers using the Meta hand-tracking SDK.

2.2 ErgoReplay: Reflective Ergonomic Analysis

The *ErgoReplay* demonstrator provides workers and supervisors with the ability to relive and analyze recorded work processes in a fully immersive VR or MR environment. Users have complete control over playback, allowing them to examine their movements in detail after task execution. For later review, key moments could be marked on the timeline (Fig. 1, Right). Users can visualize completed walking paths or display ergonomic evaluations, like those in the *MirrorXR* demonstrator. An optional dashboard provides access to detailed information, such as compression loads or ergonomic scoring values.

3. Procedure and Findings

The primary key user group using the *ErgoReplay* and *MirrorXR* system comprises shopfloor workers, aged up to retirement, who do not have a technical background or prior experience with VR/MR systems. The second key user group consists of individuals with a technical background responsible for setting up and managing the systems. As shop-floor workers were often occupied with ongoing production, we ensured

rapid development cycles by leveraging frequent feedback loops between the product owner and the developer team. In addition, observations of system users (e.g., lab visitors, colleagues, or other experts from the project) took place on an irregular basis during actual use, accompanied by expert discussions.

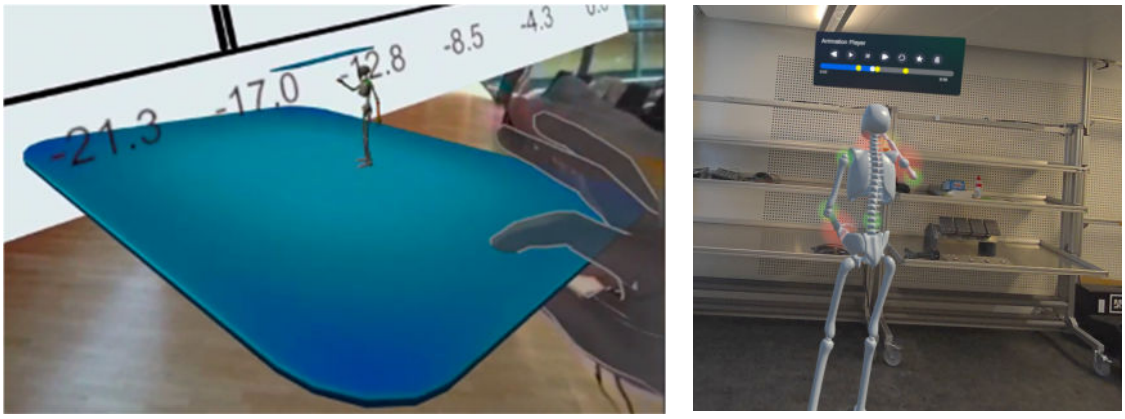


***Figure 1**: (Left) The miniature representation of the users can be placed and resized by hand. (Right) The digital representation of a previous recording has floating control elements that allow users to play, pause, and navigate the animation in XR.*

3.1 Motion Capture

3.1.1 Privacy and data protection

Since the MoCap system captures sensitive user information that could potentially be used for performance evaluations, a comprehensive data protection plan was developped and consent obtained from the responsible department head and the worker representatives prior to rolling out the MoCap system at one of our industrial partners to analyze workplace ergonomics. In an introductory meeting with the employees, legal and technical measures for anonymizing MoCap data were explained (Fig. 2). It was explicitly communicated that no performance evaluations would be conducted.

The first half of the introductory meeting was done together with the head of department followed by an open discussion for employees to ask questions. In the second half, the discussion was continued without the head of department. Although employyees welcomed that their workplaces should be optimized ergonomically, they expressed concerns that performance reviews would take place despite the legal and technical measures. It was feared that other behavior like toilet breaks or discussions with collogues would be noted and interpreted negatively. Ultimately, only two employyees younger than 45 years out of seven were willing to participate. Two employees shortly before retirement argued they would no longer benefit from the prospective workplace designs and did not want to risk negative consequences.

3.1.2 Installation and data capture

Before using the MoCap on-site, the system setup was evaluated within a real-world laboratory environment (Schäfer et al., 2023), a setting that mirrors an industrial environment and enables realistic testing in a laboratory setting, to identify possible pitfalls beforehand. At the site of our industry partner, in two sessions the motion data of a switch cabinet assembly worker was recorded across two full shifts in a working area of around 20m^2.

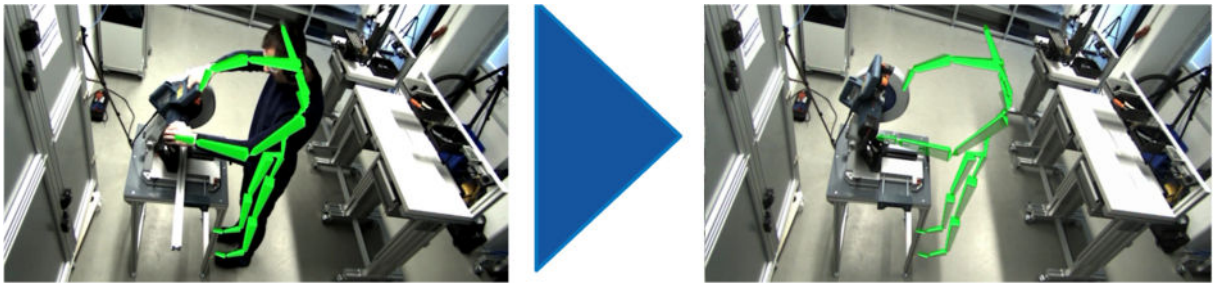


***Figure 2**: The anonymization process of the motion capture system is discarding the visual data of the user to ensure that no identifiable video footage is saved.*

Table 1 shows in comparison a selection of difficulties raised on-site despite addressing them in the real-world laboratory. In the follow up interview after the first data recording, the employee mentioned that the MoCap pressured him subconsciously and he tried to work faster, but it did not impact his work process negatively nor was he uncomfortable. During the second data recording, the pressure to work faster was not reported.

***Table 1:** Lessons learned from the MoCap installation in a real-world laboratory and the on-site setup at a switch cabin assembly workstation.*

	Real-World laboratory	**On-Site Installation**
Camera setup and system calibration	At least three cameras needed to maintain mutual visibility during setup and motion data capture to ensure optimal tracking. The recording process proceeded without any unexpected issues.	Individual cameras were unexpectedly obscured by deliveries, temporarily placed work utilities, or people from other departments entering the recording area.
Resuming recording after the worker temporarily left the recording area.	Upon return, the worker was automatically recognized and the tracking resumed.	Resuming did not always work reliably, for instance, when the worker returned together with another person
Beleuchtung	Well-lit workshop. Lighting remained constant. Solar radiation could be reduced by darkening and did not influence data collection.	Moderately to well-lit production hall with a ceiling crane altering sunlight, occasionally causing tracking errors. One recalibration needed.
Cabling	Cables could be routed overhead or outside the recording area.	Since heavy trolleys sometimes had to drive over cables, cable ducts must be considered.

3.2 MirrorXR: Real-Time Ergonomic Feedback

Two male electricians from our industrial partner, both under the age of 45 and with no prior experience using immersive technologies, tested the *MirrorXR* demonstrator at their workplace. They performed typical work tasks while thinking aloud, followed by a structured interview to gather their feedback. Similar to Vicente et al., we used color coding from green (low risk) to red (high risk) to highlight ergonomically unsuitable positioning. Both shopfloor workers rated the coding intuitive and easy to understand. Initially, the platform with the skeleton followed the user to remain visible in peripheral vision. However, automatic placement occasionally failed, obstructing crucial real-

world elements. To address this, users were enabled to manually anchor the platform in the environment and adjust the skeleton's size by hand interaction.

Placing the skeleton by pinching the platform with two fingers to move and release to anker was considered intuitive. However, technical issues sometimes prevented proper release, frustrating users. Zooming required pinching a specific area of the skeleton and dragging it towards the user, which was challenging to understand. The observations showed that familiar gestures from phone usage were often tried.

None of the participants reported motion sickness but it was noted that the displayed image of the physical surrounding was not sharp and distorted, making it difficult to perform the tasks properly. It was mentioned that the presence of the warning system gives a feeling of safety knowing that problems like herniated disc would be less likely to occur. One worker stated that he could imagine someone with prior physical issues feeling even a greater sense of security knowing that such problems are less likely to recur.

3.3 ErgoReplay: Reflective Ergonomic Analysis

The development of *ErgoReplay* was driven by iterations between the developers and the product owner supplemented by valuable insights gained through expert discussions. To ensure that the recorded animation aligns correctly with the physical environment, the system requires initial calibration. This involves the user standing on a predefined spot in the room and initiating the calibration process through the app. However, if the users do not position themselves accurately on the designated spot, deviations of a few centimeters can occur, necessitating recalibration. This process was perceived as frustrating and time-consuming. To address this issue, an automatic calibration method using a scanable QR code was introduced. While this approach improved ease of use, it was not always sufficiently precise, often requiring multiple calibration attempts. The most effective solution combined automatic calibration with a manual adjustment feature, allowing users to fine-tune the placement via the controller. This hybrid approach significantly reduced the calibration effort and improved the user experience.

4. Discussion & Conclusion

The integration of immersive technologies and MoCap into assembly workplaces represents a promising step toward enhancing ergonomics, training, and worker productivity. However, our findings highlight critical challenges in user acceptance, technical reliability, and practical implementation that must be addressed to ensure the successful adoption of these systems. A key concern of employees was the perceived pressure to perform in the presence of the MoCap, even though we clarified that no performance metrics were being recorded. Notably, this pressure was not reported during the second data capture, suggesting that employees may adapt to the system over time. Another significant issue centered on privacy concerns related to MoCap, which underscores the need for robust data protection measures and transparent communication. Despite these concerns, it was shown that the presence of a warning system might increase workers' sense of safety and reduce their fears of long-term injuries. This suggests that the ergonomic feedback provided by the system not only aids in immediate posture correction but also fosters a supportive environment for workers concerned about long-term health risks. Overall, our findings are consistent with those of Maqsoom et al. (2023), who identified that workers often reject immature

hardware due to its technical limitations, lack of usability and perceived usefulness. To better engage users inexperienced with immersive technologies, our observations suggest incorporating smartphone-like gestures into hand-tracking systems, even though the XR community has already established its own set of interaction patterns. Despite the convenience of autoconfiguration, users expressed the desire for control: rather than repeatedly running the configuration to achieve a perfect setting, the manual adjustment feature was used. This highlights the need to always provide manual override and fine-tuning capabilities. Due to technical limitations in image quality and hand interaction, MR may not yet be suitable for a productive use in our scenario, but we have shown that MR presents a great opportunity to gather research insights into how future systems can be designed and how they could benefit future workplaces, even before the technical hurdles are fully overcome.

5. Literature

Bailenson, J. N., Beams, B., Brown, J., DeVeaux, C., Han, E., Queiroz, A. C. M., Ratan, R., Santoso, M., Srirangarajan, T., Tao, Y., & Wang, P. (2024). Seeing the World Through Digital Prisms: Psychological Implications of Passthrough Video Usage in Mixed Reality. Technology, Mind, and Behavior, 5(2: Summer 2024).

Brandl, C., Brunner, O., Marzaroli, P., Hellig, T., Johnen, L., Mertens, A., Tarabini, M., & Nitsch, V. (2022). Using real-time feedback of L5/S1 compression force based on markerless optical motion capture to improve the lifting technique in manual materials handling. International Journal of Industrial Ergonomics, 91, 103350.

Gonzalez-Franco, M., Pizarro, R., Cermeron, J., Li, K., Thorn, J., Hutabarat, W., Tiwari, A., & Bermell-Garcia, P. (2017). Immersive Mixed Reality for Manufacturing Training. Frontiers in Robotics and AI.

Laato, S., Xi, N., Spors, V., Thibault, M., & Hamari, J. (2024). Making Sense of Reality: A Mapping of Terminology Related to Virtual Reality, Augmented Reality, Mixed Reality, XR and the Metaverse. Proceedings of the 57th Hawaii International Conference on System Sciences, 6625–6634.

Maqsoom, A., Zulqarnain, M., Irfan, M., Ullah, F., Alqahtani, F. K., & Khan, K. I. A. (2023). Drivers of, and Barriers to, the Adoption of Mixed Reality in the Construction Industry of Developing Countries. Buildings, 13(4), Article 4.

Mott, M., Cutrell, E., Gonzalez Franco, M., Holz, C., Ofek, E., Stoakley, R., & Ringel Morris, M. (2019). Accessible by Design: An Opportunity for Virtual Reality. 2019 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct), 451–454.

Plakas, G., Ponis, S. T., Agalianos, K., Aretoulaki, E., & Gayialis, S. P. (2020). Augmented Reality in Manufacturing and Logistics: Lessons Learnt from a Real-Life Industrial Application. Procedia Manufacturing, 51, 1629–1635.

Rauschnabel, P. A., Felix, R., Hinsch, C., Shahab, H., & Alt, F. (2022). What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality. Computers in Human Behavior, 133, 107289.

Schäfer, P. H., Nitsch, V., Goppold, M., Brandl, C., & Brunner, O. (2023). Exploration von Motion-Capture zur Replikation von Erwerbsarbeit für die betriebliche Kompetenzförderung (No. RWTH-2023-02585). 69. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. GfA Press.

Shen, S., Chen, H.-T., Raffe, W., & Leong, T. W. (2021). Effects of Level of Immersion on Virtual Training Transfer of Bimanual Assembly Tasks. Frontiers in Virtual Reality, 2.

Vanneste, P., Huang, Y., Park, J. Y., Cornillie, F., Decloedt, B., & Van den Noortgate, W. (2020). Cognitive support for assembly operations by means of augmented reality: An exploratory study. International Journal of Human-Computer Studies, 143, 102480.

Vicente, D., Schwarz, M., & Meixner, G. (2023). Improving Ergonomic Training Using Augmented Reality Feedback. In V. G. Duffy (Ed.), Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management (pp. 256–275). Springer Nature Switzerland.

Funding notice: The research and development has been conducted within the AKzentE4.0 project, funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) within the “The Future of Value Creation - Research on Production, Services and Work” program and managed by the Project Management Agency Karlsruhe (PTKA), grant 02L19C400

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Augen- und Muskel-Skelett-Beschwerden bei der Bildschirmarbeit im Homeoffice in den letzten vier Wochen

Stephanie GRIEMSMANN[1], Swaantje CASJENS[2], Jörg RISSLER[1], Ingolf HOSBACH[2], Konstantin WECHSLER[1], Claudia CLARENBACH[3], Jens PETERSEN[4], Birger NEUBAUER[4], Britta WEBER[1], Thomas BEHRENS[2], Rolf ELLEGAST[1]

[1] Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e.V. (IFA), Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin
[2] Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e.V. (IPA), Bürkle de la Camp-Platz 1, D-44789 Bochum
[3] Berufsgenossenschaft Holz- und Metall (BGHM), Arcadiastr. 8. D-40472 Düsseldorf
[4] Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Massaquoipassage 1, D-22305 Hamburg

Kurzfassung: Beim Arbeiten im Homeoffice kann eine inadäquate Ausstattung mit Informations- und Kommunikationstechnologien oder ergonomisch unzureichenden Arbeitsmitteln Ursache für Augen- und/oder Muskel-Skelett-Beschwerden sein. Die vorliegende Querschnittsstudie hatte zum Ziel, die Auswirkungen auf die körperliche Gesundheit in Abhängigkeit der Ausstattung im Homeoffice zu untersuchen. Hierfür wurde eine Online-Befragung unter Beschäftigten mit Bildschirmarbeitsplatz durchgeführt und über 1.000 Fragebögen ausgewertet. Zur Bewertung der Qualität des Arbeitsplatzes wurde ein muskuloskelettaler Ergonomiescore entwickelt. Die meisten Teilnehmenden arbeiteten im HO an einem Arbeitsplatz, der ergonomisch an einen Bildschirmarbeitsplatz in der Arbeitsstätte angelehnt war und seltener zu Beschwerden führte.

Schlüsselwörter: Muskel-Skelett-Beschwerden, Bildschirmarbeitsplatz, Homeoffice, Querschnittsstudie

1. Einleitung

Das Arbeiten im Homeoffice (HO) ist untrennbar mit dem Fortschritt der mobilen Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) verbunden. Der technologische Fortschritt ermöglicht es Beschäftigten an Bildschirmarbeitsplätzen, von jedem beliebigen Ort aus zu arbeiten. Mit dem Ausbruch der Coronavirus-19-Pandemie (Covid-19) verlagerte sich die Arbeit vieler Büroangestellter unvorbereitet in die häusliche Umgebung. Dies war eine wichtige Strategie, um die Ausbreitung von Covid-19 zu verhindern, unabhängig von der bestehenden ergonomischen Situation. Seit dem Ende der Pandemie hat sich die Situation jedoch geändert. Eine beträchtliche Anzahl von Beschäftigten arbeitet weiterhin im HO mit IKT-Geräten und profitiert von der verbesserten Work-Life-Balance und der gesteigerten Arbeitszufriedenheit (Babapour Chafi et al. 2022; Rahnfeld 2022). Die Vor- und Nachteile von HO hängen von der eingenommenen Perspektive ab, und die Literatur liefert widersprüchliche Ergebnisse in

Bezug auf eine Reihe von Faktoren, u. a. Produktivität, Isolation, Work-Life-Balance, Pausen, Karrierechancen sowie allgemeine Gesundheit und Wohlbefinden (Hall et al. 2024).

Studien deuten darauf hin, dass Muskel-Skelett-Beschwerden (MSB) und durch Bildschirmarbeit bedingte Augenbeschwerden, die auch als Computer-Vision-Syndrom (CVS) bekannt sind, bei der Arbeit im HO auf unzureichende ergonomische Bedingungen zurückzuführen sein könnten (Lunde et al. 2022; Wechsler et al. 2024). Über die ergonomischen Bedingungen von Bildschirmarbeit im HO und das Auftreten von MSB und CVS bei Büroangestellten in Deutschland ist jedoch wenig bekannt.

Im Rahmen eines gemeinsamen Projektes von IPA und IFA wurde eine Online-Befragung durchgeführt um Informationen zu IKT, Arbeitsmitteln, Zeit im HO, MSB, CVS und psychischen Belastungen zu erheben. Darüber hinaus wurden im Rahmen des Projektes zwei Ansätze zur Bewertung der ergonomischen Qualität von Bildschirmarbeitsplätzen im HO in Bezug auf MSB und CVS entwickelt, von denen hier exemplarisch der muskuloskelettale Ergonomiescore (MES) vorgestellt wird.

2. Methoden

Von September 2023 bis April 2024 wurde in Kooperation mit mehreren Berufsgenossenschaften und Unfallkassen sowie dem Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e.V. (IAG) eine Online-Befragung unter in Deutschland tätigen Beschäftigten an Bildschirmarbeitsplätzen durchgeführt.

Die Teilnahme an der Studie war freiwillig und erforderte die Zustimmung zur Datenschutzerklärung. Volljährige Arbeitnehmende mit einer mindestens vierstündigen Bildschirmarbeitszeit pro Tag durften an der Befragung teilnehmen. Von der Teilnahme ausgeschlossen waren Personen, die an Krankheiten litten, die im Berufskrankheitenkatalog genannt sind, oder das Schmerzempfinden beeinflussen, wie Multiple Sklerose, Gicht, schubweise verlaufendes Rheuma, psychische Erkrankungen (z. B. Depression, Burnout, bipolare Störung), Fibromyalgie oder bestimmte Tumorerkrankungen. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Ruhr-Universität Bochum, Deutschland, genehmigt (Reg. Nr. 23-7884).

Der Fragebogen setzte sich aus mehreren Teilen zusammen. Neben den soziodemografischen Informationen wurden die IKT-Geräte und Arbeitsmittel im HO, die Körperhaltung, der allgemeine Gesundheitszustand, MSB (auf einer Skala von 0-10; Brief Pain Inventory) sowie Symptome von Angst und Depression (Patient Health Questionnaire) in den letzten vier Wochen erfasst (Radbruch et al. 1999; Keller et al. 2004; Williamson & Hoggart 2005; Kroenke et al. 2009). Der CVS-Fragebogen umfasste Fragen zur Intensität und Häufigkeit verschiedener Augensymptome (Computer Vision Syndrome Questionnaire, CVS-Q) (Seguí et al. 2015, Sánchez-Brau et al. 2020) sowie Fragen zu den Merkmalen des Bildschirmarbeitsplatzes mit Fokus auf die Augen.

Der MES umfasste die Körperhaltung, die Position des Laptops, die Eigenschaften und Einstellungen des Stuhls, des Tisches sowie des Bildschirms. Außerdem wurden Informationen zu externen Geräten sowie der Tablet- und Smartphonenutzung abgefragt. Die Punktzahl wurde auf Grundlage der empfohlenen ergonomischen Ausstattung für Büroarbeit entwickelt (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. 2018, Sachgebiet Büro im Fachbereich Verwaltung der DGUV 2022) und in Abhängigkeit vom Grad der Ergonomie in die drei Bereiche ungünstig (0-<6); mittel (6-<11) und günstig (11-16) unterteilt.

Zur Analyse der soziodemografischen Merkmale und der Büroumgebung wurden deskriptive Statistiken verwendet. Die Untersuchung der Zusammenhänge erfolgte mittels logistischer Regression und Kontingenztafeln.

3. Ergebnisse

Insgesamt haben mehr als 1.200 Beschäftigte an der Online-Befragung teilgenommen. Nach einer sorgfältigen Prüfung der Ausschlusskriterien konnten 1.070 Fragebögen für die Auswertung herangezogen werden.

Tabelle 1: *Ergonomische Eigenschaften des Bildschirmarbeitsplatzes im HO. Angaben in % der Studienpopulation (n = 1.070).*

Ergonomische Merkmale		**% der Studienpopulation**
Körperhaltung	Sitzen	87,2
	Stehen	2,7
	Liegen/Halbliegen	0,7
	Unterarme waagerecht	70,9
Position des Laptops	Ständig auf dem Tisch	71,8
	Ständig auf dem Schoss	0,3
	Ständig auf Sitzhöhe	2,0
Eigenschaften und Einstellungen des Stuhls	Sofa oder Bett	1,8
	Regulärer Stuhl	19,9
	Höhenverstellbarer Stuhl	68,7
	Optimale Einstellung bekannt	62,1
	Optimal eingestellt durch andere Person	0,9
	Höhenverstellung ungenutzt	6,1
Eigenschaften und Einstellungen des Tisches	Kein Tisch	0,7
	Tisch ohne Höhenverstellung	61,9
	Schreibtisch mit Höhenverstellung	28,1
	Optimale Einstellung bekannt	18,1
	Optimal eingestellt durch a. Person	0,1
	Stehfunktion genutzt	14,5
	Höhenverstellung ungenutzt	2,3
Eigenschaften und Einstellungen des Bildschirms	Laptop-Bildschirm	21,3
	Mind. 1 ext. Bildschirm	69,1
	Bildschirm auf Augenhöhe	63,9
Weitere und externe Geräte	Laptoptastatur und -touchpad	19,4
	Externe Tastatur und/oder Maus	71,1
	Tablet	5,6
	Smartphone	29,8

Die Auswertung der Daten ergab, dass mehr als jeweils 40 % der Teilnehmenden unter Beschwerden im Nacken- und im unteren Rückenbereich litten, während Beschwerden in anderen Regionen der oberen Körperhälfte seltener auftraten. Die Schmerzen wurden dabei meist als mild oder moderat eingestuft.

Die meisten Beschäftigten saßen auf einem höhenverstellbaren Stuhl und arbeiteten an einem Tisch mit dem Laptop, sodass die Unterarme eine waagerechte Position

einnahmen (Tabelle 1). Andere Körperhaltungen oder die Nutzung des Sofas oder Betts waren die Ausnahme. Wenn ein Schreibtisch mit Höhenverstellung verfügbar war, wurde dieser nur selten zum Arbeiten im Stehen verwendet. Zudem nutzten fast 70 % der Beschäftigten mindestens einen externen Monitor und verwendeten eine externe Maus und/oder Tastatur. Unter den Teilnehmenden arbeiteten weniger als 30 % mit einem Smartphone, und Tablets wurden nur von sehr wenigen Personen beruflich genutzt.

Die Berechnung der MES anhand der Angaben der Beschäftigten ergab, dass die überwiegende Zahl der Beschäftigten (74 % der berechneten MES) über eine eher günstige ergonomische Ausstattung im HO verfügten. In der Regressionsanalyse zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer unzureichenden ergonomischen Ausstattung des Arbeitsplatzes und Beschwerden im Nacken sowie im unteren/oberen Rücken. Signifikante Zusammenhänge wurden hingegen weder für die Schultern, Unterarm/Ellenbogen noch Hand/Handgelenk beobachtet. Es konnte ein Einfluss von Angst- und Depressionssymptomen auf die Beschwerden in den verschiedenen Körperregionen festgestellt werden. Unter den weiteren analysierten Einflussfaktoren Alter, BMI und sportliche Aktivität zeigte sich, dass lediglich ein Alter > 52 Jahren einen Zusammenhang mit Beschwerden im Unterarm/Ellenbogen aufwies. Die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung beeinflusste die Prävalenz von MSB bei den Teilnehmenden.

4. Diskussion

Die hier vorgestellten Daten der Online-Befragung zu MSB im HO bieten Einblicke in die Arbeitssituation von Beschäftigten mit Bildschirmarbeitsplatz im HO und die damit verbundenen MSB und geben einen kleinen Einblick in die umfangreichen Ergebnisse, die an anderer Stelle ausführlich vorgestellt werden. Zur Bewertung der ergonomischen Qualität der Arbeitsmittel und IKT wurde ein muskuloskelettaler Ergonomiescore entwickelt.



***Abbildung 1**: Ein ergonomische Bildschirmarbeitsplatzausstattung wie in der Arbeitsstätte hilft MSB zu vermeiden. © DGUV.*

Die Ergebnisse zeigen, dass die Mehrheit der Teilnehmenden unter eher günstigen ergonomischen Bedingungen arbeitete. Ein Vergleich der Ausstattungsmerkmale im HO mit den Empfehlungen für Bildschirmarbeitsplätze im Betrieb (Abbildung 1) zeigte Abstufungen in der ergonomischen Qualität. Eine günstige ergonomische Qualität des HO-Arbeitsplatzes erwies sich in dieser Studie als präventiver Faktor für MSB bei der

Bildschirmarbeit. Die Prävalenz von Rücken- und Nackenschmerzen ist in Deutschland generell hoch (Black & St-Onge 2022, Todd et al. 2019), und viele Teilnehmende berichteten in der Befragung über solche Schmerzen im letzten Monat.

Der hier skizzierte MES erwies sich als ein hilfreiches Instrument zur Bewertung von Bildschirmarbeitsplätzen bei der mobilen Arbeit im HO und kann zukünftig in der Praxis eingesetzt und weiterentwickelt werden.

Die Informationen beruhen auf einer freiwilligen Selbstauskunft der Teilnehmenden. Um den Wirkmechanismus der Bildschirmarbeitsplatzausstattung auf MSB zu untersuchen und eine Reproduzierbarkeit der Ergebnisse im Labor zu überprüfen, sind weitere Studien unter kontrollierten Bedingungen erforderlich.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine adäquate ergonomische Ausstattung, das Risiko von Muskel-Skelett-Beschwerden minimiert und folglich eine sorgfältige Unterweisung der Beschäftigten zur Prävention beitragen kann.

6. Literatur

Babapour Chafi M, Hultberg A, Bozic Yams N (2022) Post-Pandemic Office Work: Perceived Challenges and Opportunities for a Sustainable Work Environment. Sustainability 14(1):294.

Black NL, St-Onge S (2022) Measuring pandemic home-work conditions to determine ergonomic recommendation relevance. Work 71:299-308.

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (2018) DGUV Regel 115-401 Branche Bürobetriebe

Hall CE, Brooks SK, Mills F, Greenberg N, Weston D (2024) Experiences of working from home: umbrella review. J Occup Health 66(1).

Keller S, Bann CM, Dodd SL, Schein J, Mendoza TR, Cleeland CS (2004) Validity of the Brief Pain Inventory for Use in Documenting the Outcomes of Patients With Noncancer Pain. The Clinical Journal of Pain 20(5):309-318.

Kroenke K, Spitzer RL, Williams JB, Löwe B (2009) An ultra-brief screening scale for anxiety and depression: the PHQ-4. Psychosomatics 50(6):613-21.

Lunde L-K, Fløvik L, Christensen JO, Johannessen HA, Finne LB, Jørgensen IL, Mohr B, Vleeshouwers J (2022) The relationship between telework from home and employee health: a systematic review. BMC public health 22(1):47.

Radbruch L, Loick G, Kiencke P, Lindena G, Sabatowski R, Grond S, Lehmann KA, Cleeland CS (1999) Validation of the German Version of the Brief Pain Inventory. Journal of Pain and Symptom Management 18(3):180-187.

Rahnfeld M (2022) Kurzbericht zum aktuellen iga.Barometer Arbeiten im Jahr 2022 (iga. Barometer 2022). Initiative Gesundheit und Arbeit. https://www.iga-info.de/veroeffentlichungen/arbeitshilfen/iga-barometer-2022.

Sachgebiet Büro im Fachbereich Verwaltung der DGUV (2022) FBVW-402: Arbeiten im Homeoffice - nicht nur in der Zeit der SARS-CoV-2-Epidemie. Berlin: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV).

Sánchez-Brau M, Domenech-Amigot B, Brocal-Fernández F, Quesada-Rico JA, Seguí-Crespo M (2020) Prevalence of Computer Vision Syndrome and Its Relationship with Ergonomic and Individual Factors in Presbyopic VDT Workers Using Progressive Addition Lenses. International journal of environmental research and public health 17(3).

Seguí MM, Cabrero-García J, Crespo A, Verdú J, Ronda E (2015) A reliable and valid questionnaire was developed to measure computer vision syndrome at the workplace. Journal of clinical epidemiology 68(6):662-73.

Todd A, McNamara CL, Balaj M, Huijts T, Akhter N, Thomson K, Kasim A, Eikemo TA, Bambra C (2019) The European epidemic: Pain prevalence and socioeconomic inequalities in pain across 19 European countries. European Journal of Pain 23(8):1425-1436.

Wechsler K, Griemsmann S, Weber B, Ellegast R (2024) Die Auswirkungen der mobilen Bildschirmarbeit auf die körperliche Gesundheit: eine systematische Literaturrecherche. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft.

Williamson A, Hoggart B (2005) Pain: a review of three commonly used pain rating scales. Journal of clinical nursing 14(7):798-804.

Danksagung: Diese Studie wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) durchgeführt und durch mehrere Berufsgenossenschaften und Unfallkassen unterstützt (BGHM, VBG; UVB; UKH und BGHW). Weiterhin möchten wir uns bei allen Teilnehmenden bedanken, die sich die Zeit genommen haben, an dieser Studie teilzunehmen.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Herausforderungen und Lösungsansätze bei der Einführung KI-basierter Schicht- und Personaleinsatzplanungstools

Veit HARTMANN, Andreas HESSLER, Ufuk ALTUN

ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V,
Uerdinger Straße 56, D-40474 Düsseldorf

Kurzfassung: Die zunehmende Komplexität bei der Schicht- und Personaleinsatzplanung aufgrund sich stark verändernder (Arbeits)märkte, erfordert eine verstärkte Digitalisierung (inklusive Künstlicher Intelligenz) der Planung und Verwaltung, da den Herausforderungen mit herkömmlichen Standardanwendungen in vielen Fällen nicht mehr adäquat begegnet werden kann. Dabei stellen besonders die passgenaue Konzeption und Auswahl von entsprechend leistungsfähigen Tools viele betriebliche Entscheider vor Herausforderungen. Der Beitrag zeigt exemplarisch auf, wie Unternehmen und Organisationen die Erarbeitung individueller Anforderungen für eine passgenaue digitale Lösung organisieren und erarbeiten können und welche Inhalte und Stakeholder hierbei eine Rolle spielen (können).

Schlüsselwörter: Schichtplangestaltung, Personaleinsatzplanung, Künstliche Intelligenz, Nacht- und Schichtarbeit, arbeitswissenschaftliche Kriterien

1. Ausgangslage und Problemstellung

Die zunehmenden Anforderungen für betriebliche Entscheider, Planer und weitere Akteure, die sich primär aus unsicheren Märkten, schwankenden Auftragszahlen und einem deutlich veränderten Arbeits(kräfte)markt ergeben (Fraunhofer IAO 2024), führen dazu, dass bestehende Konzepte der Schicht- und Personaleinsatzplanung zunehmend an ihre Grenzen stoßen. Bisherige betriebliche Ansätze zum Umgang mit flexiblen Anforderungen an die Schicht- und Personaleinsatzplanung in der Produktion sind immer seltener erfolgreich, da diese den Anforderungen nicht gerecht werden (können) (INQA 2025). Auf der einen Seite können mit herkömmlichen Tabellenkalkulationsprogrammen, die in vielen Unternehmen als technische Basis für die Planung dienen, die auftretenden Komplexitätsgrade kaum bis gar nicht mehr bewältigt werden (Computerwoche bereits 2010), andererseits stellt sich vor dem Hintergrund der mittlerweile vielfältig auf dem Markt verfügbaren „neuen“ Tools (häufig mit dem Label der künstlichen Intelligenz versehen) die Frage, wie belastbare betriebliche Entscheidungen zur Auswahl einer solchen Software bestmöglich aussehen können.

2. Unterschiede zwischen Schichtplanung und Personaleinsatzplanung

Dabei wird an dieser Stelle für den Bereich der Produktion davon ausgegangen, dass sich Schicht- und Personaleinsatzplanung zwar ergänzen und bedingen, der wesentliche Unterschied im Hinblick auf die Flexibilität jedoch darin besteht, dass in der Schichtplangestaltung primär betriebliche Flexibilitätsparameter (z. B. zur Abfederung

von Auftragsschwankungen) abgebildet werden, während in der (digitalen) Personaleinsatzplanung primär mitarbeiterorientierte und individuelle Parameter berücksichtigt werden (sollten). Für das Generieren von Schichtplänen existieren seit Jahren ausgereifte Tools auf dem Markt. Mit diesen Tools können betriebliche Akteure auf Basis vorhandener betrieblicher Parameter und gesetzlicher Grundlagen, unterschiedliche (zunächst theoretisch mögliche) Modelle entwickeln, bewerten und mit den Beschäftigten und Sozialpartnern diskutieren. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Einführungsprozess eines neuen Schichtmodells bekannt ist bzw. bekannt sein sollte, da vielfältige Informationen vorliegen und frei verfügbar sind (exemplarisch ifaa 2023). Es wird daher unterstellt, dass es sich im negativen Fall maximal um ein Informationsdefizit seitens der Akteure handelt, nicht aber um eine generelle „Bedarfslücke“. Ferner stehen sowohl arbeitgeber- wie arbeitnehmerseitig und auch auf dem freien Markt unterschiedliche Beratungskompetenzen den Unternehmen zur Verfügung. Anders verhält es sich bei der Nutzung und Einführung digitaler und KI-basierter Softwarelösungen zum Personaleinsatz, da hier die Informationen aktuell in erster Linie an die jeweiligen Softwareanbieter gekoppelt sind. Hier sind viele Unternehmen (und das zeigen die an die Autoren gerichteten Anfragen nach Beratung und Seminaren zu diesem Thema) sowohl was die Anforderungsformulierung als auch die Kenntnisse über die Möglichkeiten der Softwaresysteme angeht, noch unsicher und trauen sich belastbare Entscheidungen für die Optimierung eines digitalen Personaleinsatzplanungs-prozesses mittels künstlicher Intelligenz vielfach (noch) nicht zu.

Das folgend beschriebene Fallbeispiel greift diese Unsicherheiten auf und zeigt exemplarisch, wie ein umfassender Planungsprozess mit dem Ziel einer passgenauen und betriebsspezifischen Softwareauswahl aussehen kann.

3. Betriebliche Anforderungen bestimmen im Fallbeispiel die Komplexität

Das Unternehmen in diesem Fallbeispiel wird dem (öffentlichen) Dienstleistungssektor zugerechnet, beschäftigt knapp 300 Mitarbeitende und stellt große Anforderungen hinsichtlich der flexiblen und bedarfsgerechten Arbeitszeitgestaltung an die Beschäftigten und Führungskräfte, aber auch an diejenigen Personen, die diese Arbeitszeiten planen, verwalten und dokumentieren. Im Gegensatz zur Dienstplangestaltung in anderen Branchen ist es hier kaum möglich, Prozesse, Tätigkeiten oder Zeiten zu verschieben. Der öffentliche Auftrag erfordert eine präzise Einhaltung eines aufgestellten Zeitplans. Darüber hinaus stellt die Planung von Arbeitszeiten eine besondere Herausforderung dar, weil ein 24-Stunden-Betrieb aufrechterhalten werden muss. Zudem erfolgt die Arbeitszeitplanung im Spannungsfeld zwischen den „harten“ Faktoren wie Regelungen aufgrund des Arbeitszeitgesetzes und des Tarifvertrages, sowie dem notwendigen Abgleich von Soll- und Ist-Zeiten, und den „weichen“ Faktoren wie Beschäftigtenwünschen hinsichtlich bestimmter Dienstzeiten, Freischichten oder der Urlaubsplanung. Hier zeigt sich ein Spannungsverhältnis zwischen den funktionalen Anforderungen des Dienstplans und des Erfüllungsgrads von Wünschen der Beschäftigten, insbesondere wenn noch Gerechtigkeitsgrundsätze sowie unterschiedliche Lebensphasen und die hieraus resultierenden Bedürfnisse zu berücksichtigen sind. Wesentliche inhaltliche Aufgabenstellung war die Beantwortung der Frage, ob sich arbeitswissenschaftliche Kriterien (vgl. Arbeitszeitgesetz (ArbZG)§ 6 Nacht- und Schichtarbeit, Absatz 1) und doppelte Flexibilität (Rat der Arbeitswelt 2023) auch dort berücksichtigen lassen, wo die Schicht- und Personaleinsatzplanung ohne feste Muster

oder Grundpläne erfolgt und welche organisationalen Schritte erforderlich sind, um eine technische Umsetzung vorzubereiten.

4. Vorgehen, Ablauf und Arbeitspaketinhalte

Um zu belastbaren Ergebnissen gelangen zu können, einigten sich die Beteiligten auf ein modulares Vorgehen, welches a) jeweils inhaltliche Aspekte beinhaltete und jeweils voneinander (auch zeitlich) abgrenzte und b) unterschiedliche Stakeholder adressierte. Während im Modul 1 primär die schon zum Thema bestehende Projektgruppe sowie Teile der Geschäftsleitung und Beschäftigtenvertretung vertreten waren, konzentrierte sich beispielsweise die Arbeit im Modul 3 auf das personelle Planungsteam und in Modul 4 auf eine große Anzahl von Beschäftigten, die an beteiligungsorientierten Workshops partizipierten.

4.1 Modul 1:Vorbereitung, Durchführung und Auswertung eines Kick-Off-Workshops

Im Modul 1 ging es zunächst darum, mit allen Beteiligten wesentliche Ziele und (Projekt)Grundlagen zu erarbeiten und zu vereinbaren, die für die spätere inhaltliche Arbeit den Rahmen lieferten. Dazu diente in erster Linie ein Kick-Off-Workshop, an dem alle relevanten Stakeholder teilnahmen und der seitens des ifaa konzipiert und moderiert wurde. Inhaltlich bildeten die gesetzlichen und vor allem tariflichen Vorgaben die rechtliche Basis für zu diskutierende Alternativen im weiteren Projektverlauf. Ferner wurde der vorab ausgefüllte ifaa-Erhebungsbogen mit den dort erarbeiteten Ergebnissen thematisiert. Darüber hinaus wurde in dem Kick-Off-Treffen festgelegt, welche Ansprechpartner für welche Themen fungieren, wie die Themen Fairness, Gesundheit und Wirtschaftlichkeit gemessen werden sollen und welche Auswirkungen diese Anforderungen an ein EDV-System haben. Die Projektgruppe beschloss ferner einen gemeinsam abgestimmtem Projektverlauf sowie die Art der internen wie externen Kommunikation. Im Anschluss an die Kick-Off-Veranstaltung fand ein zusätzliches, gesondertes Treffen mit der zuständigen Mitarbeitervertretung statt, in dem das Thema persönlicher Datenschutz im Rahmen des Projektes der wesentliche Diskussionspunkt war. Alle Aspekte konnte zur Zufriedenheit der Mitarbeitervertretung erklärt bzw. geklärt werden.

4.2 Modul 2: Bestandsaufnahme und Bewertung der aktuellen betrieblichen (Planungs)Grundlagen

Auf Basis der vom Auftraggeber/Projektpartner gelieferten Informationen, erstellte das ifaa einen Überblick über die planerische Basis und die relevanten Planungsparameter. Dazu gehörten insbesondere die Themen Qualifikation und Berufsbezeichnungen, Kompetenzen und Vertretungsregelungen, die Anzahl und Lage der zu erbringenden Dienste und Schichten, die rechnerischen Kapazitäten und der Personalbedarf. Die bestehenden Arbeitszeitmodelle der Beschäftigten wurden analysiert und die Arbeitszeitkonten im Hinblick auf Schwankungen und Über- bzw. Unterschreitungen hin betrachtet. Mit Hilfe dieser Informationen konnte das ifaa die rechnerischen Grundlagen für mögliche Alternativszenarien zusammenführen, die sowohl für die Bestandsaufnahme und Bewertung der operativen Arbeit des Planungsteams als auch für die Diskussion erster Planmuster von Bedeutung waren.

4.3 Modul 3: Bestandsaufnahme und Bewertung der operativen Arbeit des Planungsteams

Im Modul 3 ging es darum, a) die operative Arbeit des Planungsteams praktisch kennenzulernen, b) die Möglichkeiten und Grenzen der bestehenden Softwareanwendungen im Realbetrieb zu erfassen und c) erste Alternativpläne für die bestehenden Anforderungen zu entwickeln, welche die Basis für weitere Diskussionen bilden sollten. Darüber hinaus war es ein wesentliches Anliegen, im Austausch mit den Planerinnen und Planern wünschenswerte Features im Hinblick auf eine erleichterte oder wirtschaftlichere Planung zu diskutieren. Hierzu lieferte das ifaa einige Anwendungsbeispiele aus anderen Anwendungsbereichen und Branchen, die von den Anforderungen einen ähnlichen Charakter aufwiesen. Diese Alternativen wurden mit den Planerinnen und Planern hinsichtlich ihrer grundsätzlichen Eignung diskutiert und bildeten daraufhin einen wertvollen Input für eine strukturierte Diskussion möglicher Alternativansätze in den Beschäftigtenworkshops.

4.4 Modul 4: Durchführung von Beschäftigtenworkshops

Die Beschäftigtenworkshops dienten der Sammlung und Strukturierung unterschiedlicher Anforderungen und Wünsche aus der Belegschaft (Belegschaftsgruppen) an zukünftige Dienstpläne sowie die Einsatzplanung. Dabei wurden in vier Tagesworkshops mit insgesamt 60 Beschäftigten die unterschiedlichen Aspekte bearbeitet. Die Teilnahme an den Workshops erfolgte freiwillig. Beschäftigte, die an den Workshops nicht teilnehmen konnten, hatten die Möglichkeit ihre Anliegen vorab schriftlich entweder über die Mitarbeitervertretung oder über die Projektgruppe in die Workshops einzubringen. Wesentliche Punkte in den Workshops waren, alle Beschäftigte auf einen einheitlichen Informations- und Wissenstand zu bringen, die positiven wie negativen Aspekte des bisherigen Planungsverfahrens in der subjektiven Wahrnehmung der Beschäftigten zu sammeln, relevante Handlungsfelder für Änderungen zu definieren und innerhalb der Handlungsfelder neue Ansätze und Maßnahmen zu erarbeiten sowie Indikatoren zum Messen der Verbesserung in den Handlungsfeldern zu benennen. Ferner wurden die unterschiedlichen Realisierungs-möglichkeiten und deren Auswirkungen auf Anforderungen thematisiert. Die Gruppen-Ergebnisse wurden in die Belegschaft gespiegelt und die Reaktionen der Nichtteilnehmenden aufgenommen.

4.5 Modul 5: Projektmanagement und Ergebniserstellung

Die einzelnen Prozessschritte wurden seitens des ifaa geplant, gestaltet und dokumentiert. Die Ergebnisse wurden zusammengeführt und erläutert. Es erfolgte eine Berichtserstellung und Dokumentation sowie eine Zusammenstellung relevanter Handlungspunkte, die über 60 Einzelmaßnahmen beinhaltete. Dabei ging es nicht um die technische Umsetzung der jeweiligen Wünsche, Bedarfe und Anforderungen, sondern um die organisationalen Vorbereitungsschritte für eine mögliche neue Softwareeinführung.

5. Ergebnisse, Diskussion und Fazit

Die Arbeiten haben gezeigt, dass es grundsätzlich möglich ist, die Berücksichtigung von arbeitswissenschaftlichen Kriterien und doppelter Flexibilität auch dort zu erreichen, wo keine einheitlichen, systematischen Muster zu erkennen sind, wie sie in der produktionsnahen Schichtplangestaltung zu finden sind und an denen die Umsetzung der arbeitswissenschaftlichen Kriterien zur Gestaltung von Nacht- und Schichtarbeit „gemessen“ werden kann.

Sollen die Aspekte der arbeitswissenschaftlichen Kriterien auch jenseits einer offen ersichtlichen Systematik analog zur Schichtplangestaltung berücksichtigt werden, so ist eine digitale, belastbare und organisational gut vorbereitete Personaleinsatzplanung der Schlüssel für eine erfolgreiche Umsetzung. Dabei ist zu beachten, dass sich hier die Bewertungsmaßstäbe von kollektiven Regelungen im Rahmen der Schichtplangestaltung (Umsetzung der arbeitswissenschaftlichen Kriterien) hin zu individuellen Regelungen und Bewertungen (Vereinbarkeit, Work-Life-Balance, Chronotyp, etc.) mit erhöhter Komplexität im Rahmen einer individuellen Personaleinsatzplanung wandeln. Um auch negative Effekte zu vermeiden und ggf. Beschäftigte vor dem eigenen Fehlverhalten zu schützen, ist hier die Organisation gefordert, den passenden kollektiven Rahmen für individuelle Entscheidungen gemeinsam zu erarbeiten. Dieser Rahmen wurde gemeinsam mit den Beschäftigten, den Planern und der vorhandenen Arbeitsgruppe in einem „Pflichtenheft“ zusammengefasst. Dieses „Pflichtenheft“ enthält 60 einzelne Punkte, die vor einer technischen Realisierung im Hinblick auf Planung und Organisation thematisiert und entschieden werden müssen. So konnte eine technische Umsetzung a) formal für eine Beauftragung beschrieben werden und es blieben b) keine inhaltlichen Punkte ungeklärt, die möglicherweise dazu führen, dass systembedingt keine oder eine unzureichende Entscheidung getroffen werden kann, was als Folge insgesamt die gesamte Leistungsfähigkeit des Systems in Frage stellen würde. Bleibt ein solch relevanter Punkt offen, können die technischen Möglichkeiten nicht ausgeschöpft werden. Daher sei an dieser Stelle noch einmal explizit darauf hingewiesen, dass sich hier das technische System an die Organisation anpassen muss (maßgeschneiderte Lösung!). Diese Forderung setzt aber voraus, dass sich die Organisation auch intensiv mit der Thematik auf unterschiedlichen Ebenen beschäftigen muss.

Das hier beschriebene Fallbeispiel hat exemplarisch gezeigt, dass es möglich ist, in einer überschaubaren Zeitspanne von zwölf Monaten zu belastbaren Ergebnissen zu gelangen und Vorarbeiten für die Beschreibung einer technischen Beauftragung inklusive Probephase zu realisieren. Wie der nächste Schritt der Umsetzung in diesem Fallbeispiel aussehen wird, hängt in erster Linie von der Freigabe benötigter (finanzieller) Ressourcen ab, wobei die Ergebnisse ebenfalls dazu genutzt werden können, das bestehende System in Kooperation mit dem aktuellen Dienstleister kontinuierlich im laufenden Betrieb zu optimieren.

6. Literatur

Computerwoche (2010) Kostenloser Leitfaden: Effiziente Personalplanung ohne Excel-Tabellen. https://www.computerwoche.de/article/2662400/effiziente-personalplanung-ohne-excel-tabellen.html, zuletzt geprüft am 30.01.2025.

Fraunhofer IAO (2024) Personaleinsatz und Schichtbetrieb flexibilisieren. Schichtbetrieb resilient, effizient und attraktiv gestalten. https://www.iao.fraunhofer.de/de/veranstaltungen/2024/personaleinsatz-und-schichtbetrieb-flexibilisieren-apr.html, zuletzt geprüft am 27.01.2025.

ifaa - Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V. (2023) Checkliste zur Einführung und Auswertung von Schichtmodellen. https://www.arbeitswissenschaft.net/fileadmin/Downloads/Angebote_und_Produkte/Checklisten_Handlungshilfen/Checkliste_Schichtmodelle_Formular_final.pdf, zuletzt geprüft am 30.01.2025.

INQA Initiative Neue Qualität der Arbeit (2025) Starre Schichten ade: Wie flexible Schichtarbeit gelingt. https://www.inqa.de/DE/angebote/praxisbeispiele/starre-schichten-ade-wie-flexible-schichtarbeit-gelingt.html, zuletzt geprüft am 30.01.2025.

Rat der Arbeitswelt (2023). Arbeitsweltbericht. Nachhaltige Arbeit als wichtigste Ressource. https://www.arbeitswelt-portal.de/fileadmin/user_upload/awb_2023/Arbeitsweltbericht_2023_Kapitel5_6_BF.pdf, zuletzt geprüft am 30.01.2025.

Gamifizierte Ansätze zur KI-Sensibilisierung: Ein Workshop-Format für Fach- und Führungskräfte zur Einführung und Anwendung von Künstlicher Intelligenz am Arbeitsplatz

Simon FRONCZEK, Susann ZEINER-FINK, Claudia GRAF-PFOHL

Arbeit, Technik und Bildung gGmbH,
Neefestraße 76, D-09119 Chemnitz

Kurzfassung: Untersucht wird ein analoges, gamifiziertes Workshop-Konzept zur Einführung von KI im betrieblichen Kontext. Aufbauend auf qualitativen Interviews mit Teilnehmenden und Beobachtenden werden drei zentrale Wirkmechanismen identifiziert: die kollaborative Kompetenzentwicklung im Team, ein niedrigschwelliger Zugang zu KI-Konzepten und die spielerische und zugleich praxisnahe Auseinandersetzung mit der Technologie. Die Ergebnisse zeigen, dass das Workshop-Konzept frühzeitig Akzeptanz fördern und Hemmschwellen abbauen kann. Somit liefert das Konzept wichtige Impulse für eine partizipative und motivierende KI-Sensibilisierung im Unternehmensumfeld.

Schlüsselwörter: Künstliche Intelligenz, Gamification, Partizipation, Sensibilisierungsworkshop, Mensch-Maschine-Kollaboration

1. Einleitung und Hinführung

Im Kontext der zunehmenden Implementierung von Künstlicher Intelligenz (KI) in Arbeitsprozesse rückt der Mensch als entscheidender Gelingensfaktor verstärkt in den Fokus (Fronczek et al. 2024; Schlick et al. 2018). Die erfolgreiche Einführung von KI-Technologien erfordert nicht nur technisches Wissen, sondern auch eine bewusste Einbindung von Fach- und Führungskräften, um Akzeptanz und Verständnis zu fördern (Böhme et al. 2024). Vor diesem Hintergrund wurde ein Sensibilisierungsworkshop entwickelt und evaluiert, der analoge Gamification-Ansätze nutzt (Barzilai & Blau 2014), um die Potenziale von KI im Arbeitsalltag für Fach- und Führungskräfte erfahrbar zu machen. Der Workshop stärkt die partizipative Einbindung von Mitarbeitenden frühzeitig und regt dabei eine Diskussionskultur hinsichtlich betrieblicher KI-Nutzung an (vgl. Lauer 2021).

In dem vorgestellten Workshop konnten die Teilnehmenden anhand analoger und hybrider Elemente die Arbeit mit KI kennenlernen. Die Entscheidung für eine nicht-digitale Variante liegt mehreren zentralen Kritikpunkten an digitalen Lernformaten zugrunde: Die Technikzentrierung vernachlässigt häufig die Bedürfnisse der Lernenden, wodurch der Fokus auf die Implementierung technologischer Lösungen gelegt wird (Servage 2005). Dadurch wirken digitale Lernformate häufig abstrakt und praxisfern, wodurch sie die Lernenden nicht ausreichend motivieren oder adressieren können (Islam et al. 2014). Hinzu kommt die häufige mangelnde soziale Interaktion, durch die Abwesenheit direkter Kommunikation und Kollaboration. Der fehlende soziale Austausch kann nicht nur das Lernen behindern, sondern auch die Akzeptanz neuer Technologien im Arbeitsumfeld verringern (Tavangarian et al. 2004).

Ein Workshop-Format mit gamifizierten und interaktiven Elementen bietet hier eine sinnvolle Alternative. Die Simulation konkreter Anwendungsszenarien macht die Vorteile und Herausforderungen der Technologie unmittelbar erfahrbar. Gleichzeitig ermöglicht der Workshop eine stärkere soziale Einbindung: Führungskräfte und Mitarbeitende mit unterschiedlichen Erfahrungsstufen können miteinander diskutieren, ihre Perspektiven austauschen, mögliche Fallstricke teilen und gemeinsam Lösungen für potenzielle Spannungsfelder erarbeiten. Dies stärkt nicht nur das Verständnis für die praktische Integration von KI in den Arbeitsalltag, sondern fördert auch die Akzeptanz durch den partizipativen Ansatz. Im Vergleich zu traditionellen E-Learning-Formaten schafft ein hybrides Workshop-Format eine intensivere Lernerfahrung, die individuellen und organisationalen Lernbedürfnissen gerecht wird. Basierend auf dem Konzept der Gamification, das spielerische Elemente zur Förderung von Motivation und Engagement nutzt (Deterding et al. 2011; Werbach & Hunter 2012), können die Teilnehmenden die Technologie durch analoge und praxisnahe Elemente in einem geschützten Rahmen aktiv erleben und ausprobieren (Zeiner-Fink 2022), ohne sich von einer rein digitalen Lernumgebung entfremdet zu fühlen. Somit wird das Ziel des Workshops, Hemmschwellen abzubauen, die Mensch-Maschine-Interaktion zu verbessern und Führungskräfte für die soziotechnischen Herausforderungen der KI-Implementierung zu sensibilisieren, gefördert.

2. Methodik

Grundlage des Vorhabens bildet ein im September 2024 durchgeführter Workshop in einem KMU (17 Teilnehmende) der Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilungsbranche. Auf dem Betriebsgelände des Unternehmens wurden hierfür diverse Stationen vorbereitet, welche die Teilnehmenden in mehreren Gruppen durchlaufen haben. Neben dem Herantasten an auf Künstlicher Intelligenz basierender Applikationen standen auch die Themen Gesundheit und Arbeitsschutz im Fokus. Für das erfolgreiche Durchführen der einzelnen Aufgaben wurden Punkte vergeben; bei einigen Stationen wurden zudem Punkte entsprechend der Leistung der Gruppen verteilt. Das Thema der KI wurde durch ein KI-Quizz („*KI oder nicht KI?“*) behandelt, in welchem verschiedene technologische Applikationen beschrieben wurden. Die teilnehmenden Gruppen mussten aufbauend auf der Beschreibung entscheiden, ob es sich bei der skizzierten Anwendung um ein bzw. kein KI-basiertes System handelt, wobei den Gruppen jeweils Zeit zur Diskussion eingeräumt wurde. In der zuvor stattfindenden Kreativaufgabe *„Arbeitsschutz Comicerstellung“* hatten die Teilnehmenden den Auftrag, mit der Hilfe einer generativen KI-Comics zum Arbeitsschutz zu erstellen. Eine erfahrene KI-Trainerin war anwesend, um die Teilnehmenden zum Prompt Engineering zu befähigen.

Auf der Grundlage von Interviews mit teilnehmenden Beobachtenden (N=3) sowie leitfadengestützten Interviews mit Teilnehmenden des Workshops (N=2) wurde die Wirkung und der Nutzen der eingesetzten gamifizierten Workshopelemente zur Einführung einer KI erfasst und qualitativ ausgewertet (Mayring, 2015).

3. Ergebnisse

Es wurden drei zentrale Wirkmechanismen identifiziert, die die Effektivität analoger gamifizierter Workshops zur Einführung von Künstlicher Intelligenz am Arbeitsplatz er-

klären: (1) kollaborativer Kompetenzaufbau, der eine offene Kommunikationskultur und den Austausch vielfältiger Perspektiven fördert, (2) niedrigschwellige Einführung in KI-Konzepte, die Unsicherheiten abbaut und Vertrauen in die Technologie schafft, und (3) spielbasierte Auseinandersetzung, die durch interaktive Elemente sowohl Engagement als auch die praktische Anwendbarkeit von KI vermittelt.

3.1 Kollaborativer Kompetenzaufbau

Die Ergebnisse der Interviews zeigen auf, dass Teilnehmende durch Diskussionen und Rückmeldungen wertvolle Perspektiven gewinnen konnten, was die Wahrnehmung von KI und deren Potenzial am Arbeitsplatz betrifft:

> *„Da [wurde] aber auch gut mit-argumentiert und eigentlich auch gut mitdiskutiert, sodass eigentlich bei der Auswertung […] da nochmal schön da auch einige Dinge mit aufgerollt worden sind und dann wirklich mal die Breite von KI auch mitdiskutiert worden ist.“ (I3)*

Besonders betont wurde, dass durch den Workshop eine offene Kommunikationskultur gefördert wurde, in der Personen aus diversen Abteilungen gleichermaßen Gehör fanden. Diese partizipative Umgebung trug dazu bei, Vorbehalte abzubauen und eine gemeinsame Basis für die Integration von KI zu schaffen:

> *„Ich denke, es hat auf jeden Fall so ein bisschen tiefgründige Gespräche und auch so fächerübergreifend[en Austausch] angeregt. Bei uns war die Gruppe ja sehr heterogen, [und bestand] nicht [nur] aus der Teamleitung, sondern [auch Wasseranalytikern, und dem] Hausmeister. Und das fand ich sehr interessant, wie sich dann jeder auch eingebracht hat.“ (I5)*

Teilnehmende beschrieben den Prozess als motivierend, da praktische Beispiele und konkrete Anwendungen im Team analysiert wurden. Durch niedrigschwellige und praxisnahe Beispiele entstand ein gemeinsames Grundverständnis der Technologie:

> *„Das hat dazu beigetragen, die Kommunikation untereinander auch auf jeden Fall anzukurbeln […]. Manchmal haben sich [die Teilnehmenden] dann an meiner Station zum Beispiel zu dritt dort getroffen und sich das gemeinsam angeschaut und es war definitiv so, dass sie dann auch aufeinander eingegangen sind und das eben eine Möglichkeit war.“ (I1)*

3.2 Niedrigschwellige Einführung in KI-Konzepte

Die niedrigschwellige Einführung ermöglichte den Teilnehmenden einen leichten Zugang zu komplexen KI-Themen. Insbesondere wurde deutlich, dass der sanfte Einstieg die Hemmschwelle vieler Mitarbeitende:r reduzierte, sich mit neuen Technologien auseinanderzusetzen. Durch einfach gehaltene Beispiele und klare Erläuterungen wurde die Abstraktheit von KI-Anwendungen greifbarer gemacht:

> *„Das ist ein gutes Einstiegstool, um dort auch auf KI zu sensibilisieren.“ (I4)*

Insbesondere wurde betont, dass Teilnehmende den geschützten Rahmen des Workshops schätzten, da dieser Fehler erlaubte und Unsicherheiten adressierte. Die Möglichkeit, ohne Druck erste Erfahrungen zu sammeln, steigerte das Vertrauen und förderte das Verständnis für potenzielle Einsatzmöglichkeiten:

> *„[..] damit die Menschen sich damit vielleicht auch nicht überfordert fühlen und auch die Möglichkeit haben, erstmal zu sagen, wie sie sich dazu fühlen.“ (I2)*

> *„Und das war eine gute Geschichte, um den Teilnehmern so ein bisschen die Angst davor zu nehmen.“ (I4)*

Diese methodische Herangehensweise kann den Grundstein für eine weiterführende Auseinandersetzung mit KI legen.

3.3 Spielbasierte Auseinandersetzung

Die spielbasierte Auseinandersetzung mit KI ermöglichte es den Teilnehmenden, sich in einem interaktiven und motivierenden Setting mit der Technologie auseinanderzusetzen. Die Segmente zeigen, dass spielerische Ansätze, wie beispielsweise die KI-Bildgenerierung oder das KI-Quiz, nicht nur den Spaß förderten, sondern auch die Bandbreite an bereits genutzten KI-Anwendungen aufzeigt.

> *„[Ich glaube, dass] Aufklären da das richtige Wort ist, weil das wie gesagt auch eine spielerische Möglichkeit ist, darüber zu informieren.“ (I2)*

> *„Und was man vielleicht auch schon benutzt, was sehr stark in die Richtung geht. Ich denke auch, dass das noch mal so ein Bewusstsein geschaffen hat bei den Kollegen.“ (I5)*

Als möglicher Kritikpunkt wurde genannt, dass sich die Aufgaben noch näher an der Arbeitstätigkeit der Mitarbeitenden orientieren hätte können:

> *[…] dass sich die Mitarbeiter dann auch immer fragen, wie hilft mir das jetzt für meinen Arbeitsalltag […]. Es ist ja auch gedacht, dass die KI-Einführung da ja auch gerade erst anfängt. Aber das ist eben schon eine Frage, die die Mitarbeitenden beantwortet bekommen müssen. […] Ich kann mir […] Zusammenhänge vorstellen, wo die Mitarbeitenden da vorsichtiger sind und da aktiver nachfragen, was nützt mir das jetzt für meine Arbeit.“ (I3)*

Auf der anderen Seite motivierten der Wettbewerb und die Teamaufgaben dazu, sich intensiver mit den Inhalten zu beschäftigen. Durch den partizipativen Charakter, insbesondere durch die gemeinsame Erstellung von Bildern zum Arbeitsschutz anhand von Prompting, wurden Lerninhalte nicht als belehrend, sondern als ansprechend und direkt umsetzbar empfunden:

> *Das war ganz humorvoll. Also, ich glaube, das hat jetzt zum Teil auch Spaß gemacht, weil es ja doch dann jetzt nicht so ernst war mit den üblichen Arbeitsschutzbedarfen, Arbeitsschutzzeichen, Symbole, die wir so auf Arbeit haben. Also, ich denke, das wird recht positiv aufgenommen, da es eine recht lockere Art und Weise ist […].“ (I5)*

4. Diskussion und Fazit

Die Bedeutung von kollaborativen Ansätzen der Gamification (beispielsweise durch gemeinsamen Austausch und Problemlösung) zur Verbesserung der Lernmöglichkeit, wurde bereits vertieft in der Literatur behandelt (Uz Bilgin & Gul, 2020). Für zukünftige Workshops könnte eine Abwandlung der eingesetzten Elemente (kompetitiver vs. kooperativer Charakter) angedacht werden. Dabei muss beachtet werden, dass die dabei entstehenden Lerneffekte von vorhandenen Gruppendynamiken abhängig sind. Besonders in konfliktreichen Branchen (bsps. im Gesundheitssektor (Saridi et al., 2021)) sollten daher kompetitive Einheiten mit Vorsicht eingebracht werden (Uz Bilgin & Gul 2020). Der Einsatz von kollaborativen Lernmöglichkeiten kann sinnvoll sein, zumal diese die Gruppenkohäsion stärken können.

Der durchgeführte Workshopansatz stellt eine Möglichkeit dar, die Mensch-Maschine-Kollaboration zu verbessern und langfristig die erfolgreiche Integration von KI in betriebliche Abläufe einzubinden. Es ist davon auszugehen, dass Lernen durch die Mitarbeitenden stärker akzeptiert wird, wenn ein direkter Bezug zum jeweiligen Arbeitsumfeld besteht bzw. von den Teilnehmenden hergestellt werden kann (Dehnbostel 2018; Korge et al. 2021) und somit konkret zur Verbesserung der Arbeitsergebnisse beiträgt (Decius 2020) und kontextabhängig zur Situation im Arbeitsprozess und zu Vorerfahrungen der Lernenden passt (vgl. Dreyer 2006; Zeiner-Fink 2022). Wenn

beim Lernen sowie der Erstellung von Lerneinheiten Teilnehmende mit verschiedenen fachlichen Hintergründen beteiligt sind, können Lernprozesse kreativer und nutzenorientierter vonstattengehen (Korge et al. 2021; Michalik 2020).

Das interaktive Auseinandersetzen mit dem Material innerhalb von Workshops kann Lerneffekte verbessern (Chi & Wylie 2014). Allerdings wird in der spielerischen Auseinandersetzung mit Technologien komplexe Inhalte vereinfacht, was ein unvollständiges Verständnis der Materie hinterlassen kann (Despeisse 2018). Bei der Konzipierung zukünftiger Sensibilisierungsworkshops, für KI-Anwender*innen mit mehr Erfahrung, kann somit die Komplexität der Inhalte der Aufgabenstellungen und die gamifizierten Elemente noch stärker an die Zielgruppe und deren Erfahrungslevel angepasst werden. Insbesondere bei komplexen KI-Anwendungen ist bspw. eine Betrachtung der tatsächlichen Wirkweise und technologischer Hintergründe ratsam.

Die Stichprobe der durchgeführten qualitativen Interviews (N=5) ist gering, wodurch keine allgemeingültigen Aussagen getroffen werden können. Während qualitative Methoden zwar auf Tiefe anstatt auf Breite abzielen, ist das Sample hier so klein, dass mögliche Variationen in der Wahrnehmung des Workshops und abweichende Meinungen nur unzureichend erfasst werden können. Dies macht die weitere Erforschung von analogen gamifizierten Workshops zur KI-Sensibilisierung (möglicherweise in anderen Kontexten oder Zielgruppen) nötig.

Die Ergebnisse unterstreichen den Wert analoger gamifizierter Formate für die Einführung von KI im Unternehmen. Durch den spielerischen Charakter sowie die Einbindung aller Hierarchie- und Erfahrungsstufen entstand ein geschützter Diskussionsraum, in dem Skeptiker*innen wie Befürworter*innen der neuen Technologie gleichermaßen zu Wort kamen und voneinander lernten. Die Teilnehmenden konnten erste Hemmschwellen abbauen und gewannen durch praxisnahe Übungen ein anschauliches Verständnis für KI-Anwendungen. Zugleich wurde deutlich, dass kollaborative Gruppenaufgaben die Kommunikation und das gemeinsame Problemlösen förderten. Insgesamt bietet der Ansatz vielversprechende Impulse, um die Anwendung von KI im betrieblichen Setting nachhaltig zu etablieren.

5. Literatur

Barzilai S, Blau I (2014) Scaffolding game-based learning: Impact on learning achievements, perceived learning, and game experiences. Computers & Education, 70: 65–79.

Böhme C, Graf-Pfohl C, Meusinger K (2024) Human Centered Implementation Process of AI in SMEs – Conditions for Success. In AI Tomorrow—Working Conference on Artificial Intelligence Development for a Resilient and Sustainable Tomorrow. Data Week 29.-30.06.23 in Leipzig 83–99.

Chi MTH, Wylie R (2014) The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. Educational Psychologist, 49(4): 219–243.

Decius J (2020) Informelles Lernen im Kontext industrieller Arbeit—Konzeptionalisierung, Operationalisierung, Antezedenzien und Lernergebnisse [Kumulative Dissertation]. Universität Paderborn.

Dehnbostel P (2018) Lern- und kompetenzförderliche Arbeitsgestaltung in der digitalisierten Arbeitswelt. Arbeit, 27(4): 269–294.

Despeisse M (2018) Games and simulations in industrial engineering education: a review of the cognitive and affective learning outcomes. 2018 Winter Simulation Conference (WSC), 4046–4057.

Deterding S, Dixon D, Khaled R, Nacke L (2011) From game design elements to gamefulness: Defining gamification. 11: 9–15.

Dreyer, J (2006) Situative informationsbereitstellung an FertigungseinrichtungenInformationsmodell und erstellungssystematik, jost- jetter verlag heimsheim: [Phd].

Fronczek S, Graf-Pfohl, C, Böhme C, Andersen G (2024) KI-Implementierung im Unternehmen. zfo – Zeitschrift Führung + Organisation, 93(4): 212-218.

Islam AKMN, Azad, N Mäntymäki M, Islam SMS (2014) TAM and E-learning Adoption: A Philosophical Scrutiny of TAM, Its Limitations, and Prescriptions for E-learning Adoption Research. In H. Li, M. Mäntymäki, & X. Zhang (Hrsg.), Digital Services and Information Intelligence. Springer Berlin Heidelberg.

Korge G, Bauer A, Sharma M (2021) Agil arbeiten, lernen, Unternehmenswerte pflegen. In J. Longmuß, G. Korge, A. Bauer, & B. Höhne (Hrsg.), Agiles Lernen im Unternehmen, 51–59. Springer Berlin Heidelberg.

Lauer T (2021) Change Management: Fundamentals and Success Factors. Springer Berlin Heidelberg.

Mayring P (2015) Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (12., überarbeitete Auflage). Beltz Verlag.

Michalik G (2020) Co-Creation: Die Kraft des gemeinsamen Denkens. Schäffer-Poeschel.

Saridi M, Panagiotidou A, Toska A, Panagiotidou M, & Sarafis P (2021) Workplace interpersonal conflicts among healthcare professionals: A survey on conflict solution approach at a General Hospital. International Journal of Healthcare Management, 14(2): 468–477.

Schlick C, Bruder R, Luczak H, Abendroth B, Bier L, Biermann H (2018) Arbeitswissenschaft (4. Auflage). Springer Vieweg.

Servage, L (2005) Strategizing for workplace e-learning: Some critical considerations. Journal of Workplace Learning, 17(5/6): 304–317.

Tavangarian D, Leypold ME, Nölting K, Röser M, Voigt D (2004) Is e-Learning the Solution for Individual Learning? The Electronic Journal of E-Learning, 2(2).

Uz Bilgin C, Gul A (2020) Investigating the Effectiveness of Gamification on Group Cohesion, Attitude, and Academic Achievement in Collaborative Learning Environments. TechTrends, 64(1): 124–136.

Werbach K, Hunter D (2012) For the win: How game thinking can revolutionize your business. Wharton Digital Press.

Zeiner-Fink S (2022). Konzeption und Evaluation eines Planspiels unter besonderer Betrachtung von Lerneffekten und Planspiel-Akzeptanz. Universitätsverlag Chemnitz, Chemnitz.

Danksagung: Diese Forschungsarbeiten wurden durchgeführt im Rahmen von „PerspektiveArbeit Lausitz“ (PAL) (Förderkennzeichen: 02L19C306), gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Der Geldgeber hatte keinen Einfluss auf das Studiendesign, die Erhebung, Analyse und Interpretation der Daten, auf das Verfassen oder Einreichen des Berichts. Die Autoren danken Frau Kathleen Lehmann, Anne Leidenroth und Max Lange (Team Umweltanalytik GmbH) sowie Sarah Kelschebach und Jens Gerlinghoff vom Fachkräftenetzwerk Oberlausitz.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Was institutionell getrennt ist, muss in der Praxis verbunden werden – Wie sich die Arbeitswissenschaft aufstellen sollte, um die Perspektive betrieblicher Interessenvertretungen nachhaltig zu integrieren

Leandra SCHOLZ, Carola KÖPPEL, Isabelle PUCCINI, Tim HARBECKE, Nils SCHLESINGER

BTQ Kassel im ver.di Bildungswerk Hessen e. V.,
Königstor 35, D-34117 Kassel

Kurzfassung: Betriebliche Interessenvertretungen stehen angesichts der voranschreitenden Digitalisierung, die insbesondere durch die Entwicklungen auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz eine enorme Schubkraft entwickelt hat, unter zunehmendem Druck. Die Arbeitsforschung hat wichtige Erkenntnisse zu bieten, die dazu beitragen können, die Arbeit von betrieblichen Interessenvertretungen in dieser herausfordernden Situation zu unterstützen. Der Praxisbeitrag soll dazu beitragen, die bestehenden Herausforderungen der betrieblichen Interessenvertretungen für die Arbeitswissenschaft sichtbar zu machen und mögliche Stellschrauben aufzeigen, die Potenzial bieten, um die Transferlücke zwischen Arbeitswissenschaft und betrieblichen Interessenvertretungen zu verringern.

Schlüsselwörter: Wissenstransfer, Interessenvertretung, Mitbestimmung, Partizipation, Künstliche Intelligenz

1. Ausgangslage

Bei Betrieben, Sozialpartnern und Vertreter*innen der Arbeitswissenschaft besteht Konsens darüber, dass die Arbeitswelt vor großen Herausforderungen steht. Insbesondere durch das Thema Künstliche Intelligenz (KI) hat die Digitalisierung der Arbeitswelt weiter an Schubkraft gewonnen. Für die betriebliche Praxis bedeutet dies, dass eine große Anzahl an Softwareeinführungen, die KI-Komponenten enthalten und sich stetig aktualisieren, zu beobachten ist. Vor dem Hintergrund der Komplexität der Systeme und der schieren Menge an Updates und Upgrades geraten betriebliche Interessenvertretungen hinsichtlich der Ausübung und Ausgestaltung ihrer Mitbestimmungs- und Beteiligungsrechte zunehmend unter Druck (vgl. Grasy et al. 2024).

2. Komplexe IT-Systeme treffen auf geringe zeitliche Ressourcen

Die Komplexitätssteigerung der Softwaresysteme ist u. a. auf die Intransparenz selbstlernender Algorithmen zurückzuführen. Der Nachvollzug der Entscheidungslogiken des Systems wird nahezu verunmöglicht, da die Ergebnisse auf komplexen Wahrscheinlichkeitsrechnungen basieren (vgl. Schröder & Höfers 2022). Softwarelösungen die KI-Komponenten beinhalten, verarbeiten große Datenmengen und greifen über Schnittstellen auf eine Vielzahl unstrukturierter Unternehmens- und Beschäftigtendaten zu. Dies ermöglicht eine Leistungs- und Verhaltenskontrolle der Beschäftigten auf eine Art und Weise, die schwer kontrollierbar ist und nach § 87 Abs. 1

Nr. 6 Betriebsverfassungsgesetz (BetrVG) der zwingenden Mitbestimmung unterliegt. Betriebliche Interessenvertretungen müssen die Auswertungsmöglichkeiten der Systeme genau verstehen, um die unzweckmäßige Nutzung von Beschäftigtendaten mit technisch-organisatorischen Maßnahmen einzugrenzen. Altbewährte Arbeitsmodi der Gremien können mit diesen gesteigerten Anforderungen häufig nicht mehr mithalten. Es braucht zeitliche Ressourcen, an denen es insbesondere in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) ohne freigestellte Mitglieder mangelt. Unter dem Damoklesschwert der Wettbewerbsfähigkeit sind die Gremien häufig aufgefordert, Einführungs- und Änderungsprozessen rasch zuzustimmen oder schnell umsetzbare Lösungsvorschläge zu erarbeiten. Hier zeigt sich eine zentrale Herausforderung, die die betriebliche Situation vielerorts prägt (vgl. Bahnmüller et al. 2023). Eine produktive Zusammenarbeit zwischen Management und Interessenvertretung ist auf eine kooperative und vertrauensvolle Zusammenarbeit trotz bestehender Interessengegensätze angewiesen. Die aktuelle Studienlage der Arbeits- und Industriesoziologie weist jedoch darauf hin, dass die betriebliche Situation häufig durch eine mangelhafte Informationsbereitstellung und konflikthafte Kooperationsbeziehungen gekennzeichnet sei (vgl. Bahnmüller et al. 2023).

3. Transferforschung als wirksamer Weg in die betriebliche Praxis

Grundsätzlich sollen gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse über die menschengerechte Gestaltung der Arbeit als Richtlinien für die Betriebsparteien dienen. So werden eben diese in § 90 Abs. 2 BetrVG als wichtige Bezugspunkte für die Gestaltung von Arbeit explizit ausgewiesen. Fakt ist, dass die Arbeitsforschung wichtige Erkenntnisse bietet, die betriebliche Interessenvertretungen in dieser herausfordernden Situation unterstützen *können*. Um diesem Anspruch jedoch auch gerecht zu werden, muss die Frage, wie diese Erkenntnisse ihren Weg in die Praxis finden, stärker in den Fokus rücken. Hier kann insbesondere der Ansatz der Transferforschung seine Wirksamkeit entfalten (vgl. Borowski et al. 2023; Virgillito et al. 2022; Niewerth et al. 2022).

In diesem Sinne speist sich der vorliegende Praxisbeitrag aus einer zweifachen Perspektive: Einerseits fußt er auf Erfahrungen, die wir als Transferakteurin durch unsere Rolle als gewerkschaftsnahe Technologieberatungsstelle in der betrieblichen Praxis sammeln. Andererseits blicken wir als Teil des Projekts Wissens- und Innovationsnetzwerk: Arbeitsforschung (WIN:A) auf die Transferaktivitäten arbeitswissenschaftlicher Akteur*innen im Förderprogramm »Zukunft der Wertschöpfung. Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit« des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF).

4. Dialog – Kooperation – Transfer

Arbeitswissenschaftliche Forschung, die sich mit den Auswirkungen der digitalen Transformation auf die Arbeitswelt auseinandersetzt, beschäftigt sich mit einem dynamischen Prozess, der sich aktuell vollzieht. Forschungsmethoden, die dies erfassen wollen, müssen in der Lage sein, Ergebnisse, parallel zu dem sich vollziehenden Transformationsprozess, zu produzieren und eine gewisse Anpassungsfähigkeit an die Dynamik der Praxis mitbringen (vgl. Niewerth et al. 2022; Virgillito et al. 2022).

Darüber hinaus ist die Einstellung zentral, dass Transferforschung nicht als Einbahnstraße betrachtet werden kann, die einzig und allein das Ziel verfolgt, wissen-

schaftliche Erkenntnisse in die Praxis einzuspielen (vgl. Hohlbaum et al. 2023). Transferforschung muss als Austauschprozess zwischen Forschenden und den Akteur*innen der betrieblichen Praxis verstanden werden. Der Begriff *Transfer* sollte dabei eher in den Hintergrund treten. Es sollte viel eher um die Etablierung eines Dialog- und Kooperationsmodells hinsichtlich der Zusammenarbeit von Forschung und Praxis gehen (vgl. Jaich 2021). Das Konzept der Transferforschung sehe vor, dass im Rahmen des Forschungsprozesses nicht über, sondern mit den Akteur*innen geforscht werde (vgl. Niewerth et al. 2022). Um dies zu erreichen, braucht es ein Umdenken in der Entwicklung von Forschungsprojekten und der Anwendung von Forschungsmethoden. Hierfür müssen Forschende ihre Erkenntnisabsichten für die betriebliche Praxis verständlich kommunizieren und sich auf einen Prozess einlassen, der die Entwicklung eines gemeinsamen Erkenntnisinteresses ermögliche (vgl. Virgillito et al. 2022; Kuhlmann 2021; Nierwerth et al. 2022).

5. Verständnis und der Einbezug des Handlungskontextes sind die halbe Miete

Wie bereits deutlich wurde, ist die Ausgangslage für die betriebliche Interessenvertretungen komplex Einerseits stehen betriebliche Interessenvertretungen vor der Aufgabe, die heterogenen Interessen und Bedürfnisse der Belegschaft zu bündeln und gegenüber der Geschäftsführung wirkungsvoll zu vertreten. Mit Blick auf die zunehmende betriebliche Digitalisierung bahnt sich zusätzlich ein Konflikt zwischen Interessenvertretungen und Beschäftigten an. Dieser besteht maßgeblich darin, dass Beschäftigte sich eine enorme Arbeitsentlastung erhoffen – insbesondere durch den Einsatz generativer KI wie der großen Sprachmodelle – und somit vielerorts den Wunsch formulieren, diese möglichst schnell auch im Arbeitskontext nutzen zu können. Äußert die betriebliche Interessenvertretung Bedenken bezüglich des Datenschutzes oder des möglichen Verlustes von Handlungsspielräumen im Zuge einer Automatisierung von Tätigkeiten, kann sie schnell als Bremse oder Verweigerer angesehen werden. Florian Butollo et al. weisen darauf hin, dass die Erwartungen und die erhoffte Entlastung in der Belegschaft auch von einem öffentlichen Diskurs geprägt sind, der die Technologie mystifiziert. Die breite Nutzung im Arbeitskontext sei mit vielfältigen Herausforderungen verbunden und es sei nicht zu erwarten, dass diese ein Selbstläufer werde (vgl. Butollo et al. 2024). Den betrieblichen Interessenvertretungen obliegt somit die schwierige Aufgabe, auf der einen Seite die Wahrung der Persönlichkeitsrechte im Auge zu behalten. Dies beinhaltet eine betriebliche Regelung des Datenschutzes im Sinne der Belegschaft. Auf der anderen Seite sind sie aufgefordert, Vereinbarungen zu treffen, um eine Nutzung von Softwaresystemen mit KI-Komponenten zu ermöglichen.

Zusätzlich sind betriebliche Interessenvertretungen gefordert, im Rahmen ihrer begrenzten Handlungsmöglichkeiten nach dem Betriebsverfassungsgesetz, nicht nur die Interessen der Beschäftigten zu wahren, sondern auch das Betriebswohl im Blick zu behalten. Der Handlungskontext betrieblicher Interessenvertretungen ist unweigerlich mit den Maßgaben des Betriebsverfassungsgesetzes oder den Personalvertretungsgesetzen, die die Mitbestimmung gesetzlich regeln, verwoben. Im Anschluss an die im Projekt WIN:A durchgeführten Bedarfserhebung der Zielgruppe und aktuelle Forschungsarbeiten zu dieser Fragestellung lassen sich gewisse Themenfelder als zentrale Handlungsfelder identifizieren. Es gehe um neue Gestaltungsaufgaben hinsichtlich der Arbeitsorganisation, eine Flexibilisierung von Arbeitszeiten und -ort, Maßnahmen des Arbeitsschutzes, Entgeltthematiken sowie Aspekte der Qualifizierung und

Kompetenzentwicklung (vgl. Niewerth et al. 2022). Unumstritten stellt jeder dieser Aspekte ein Themengebiet dar, das in der Arbeitswissenschaft intensiv bespielt wird. Jedoch muss über den thematischen Bezug hinaus auch eine Praxisrelevanz für die konkrete Aufgabe der Zielgruppe im Betrieb gegeben sein, um bei knappen zeitlichen Ressourcen ein Interesse an einer Kooperation zu wecken. Dies gilt im Übrigen für alle betrieblichen Akteur*innen, insbesondere in KMU. Um dies zu erreichen, sollten Forschende den spezifischen Handlungskontext der unterschiedlichen betrieblichen Akteur*innen vor Augen haben. Hier können Tools wie der Transfercheck, der im Projekt WIN:A erarbeitet wurde, als Unterstützung dienen.

Betrachtet man die bestehenden Forschungsprojekte mit explizitem Praxisbezug, zeigt sich zumindest konzeptionell vielerorts eine begriffliche Fokussierung auf das Konzept der Partizipation von Beschäftigten. Für die Perspektive der betrieblichen Interessenvertretung offenbart sich hier jedoch eine zentrale Leerstelle: Dem Konzept der Partizipation ist der bestehende strukturelle Interessenkonflikt zwischen Arbeitgeber- und Arbeitnehmer*innenseite nicht inhärent (vgl. Friedrichsmeier & Wannöffel 2010). Partizipation und Mitbestimmung beziehen sich auf die unterschiedlichen Beteiligungsmöglichkeiten in Organisationen. Im Anschluss an Andreas Friedrichsmeier und Manfred Wannöffel ist dies wichtig, weil die Mitbestimmung die demokratische Beteiligungsform sowie die Institutionalisierung der Einflusschancen und Mitwirkungsmöglichkeiten im Betrieb darstellt (vgl. Friedrichsmeier & Wannöffel 2010). Bei der Konzentration auf partizipative Prozesse wird die betriebliche Interessenvertretung als zentraler betrieblicher Akteur jedoch nur am Rande und nicht in ihrer Funktion adressiert und einbezogen. Für den Handlungskontext der betrieblichen Interessenvertretung ist es zentral, von Partizipation *und* Mitbestimmung zu sprechen. Alfredo Virgillito et al. verweisen bei der Implementierung von Transferprodukten auf einen partizipativen Implementierungsprozess unter Berücksichtigung der betrieblichen und überbetrieblichen Mitbestimmungsorgane und ermöglichen somit eine konzeptionelle Verbindung der beiden Aspekte (vgl. Virgillito et al. 2022). So können praxisrelevante „Good-Practice“-Beispiele entstehen, die eine Anschlussfähigkeit für den Handlungskontext der spezifischen Zielgruppe darstellen und in einem weiteren Schritt auch von den gewerkschaftlichen Transferakteur*innen aufgegriffen und in die Bereite getragen werden können.

6. Gewerkschaften als zentrale Transferakteurinnen

Der Weg zu den Gremien führt in der Regel über die Gewerkschaften. In den durchgeführten Bedarfserhebungen der Zielgruppe im Rahmen von WIN:A zeigt sich, dass Gewerkschaften und die mit ihnen verbundenen Bildungs- und Beratungsinstitutionen die zentralen Akteur*innen der Wissensvermittlung für die Gremien darstellen. Insbesondere für praxisorientierte Verbundprojekte ist es demzufolge ratsam, Gewerkschaften *aktiv* in die Gestaltung des Forschungsprojektes einzubeziehen, da häufig bereits ein Vertrauensverhältnis zwischen Gewerkschaftssekretär*innen und den betrieblichen Gremien besteht. Dieser mögliche Vertrauensvorschuss sollte je nach Betriebsklima für die weitere Zusammenarbeit nicht unterschätzt werden. Betriebliche Aushandlungsprozesse sind Konfliktfelder, in denen u.a. Machtstrukturen wirken (vgl. Wenckebach 2023). Der Einbezug gewerkschaftlicher Akteur*innen kann dabei unterstützen, Hürden auf Seiten des Gremiums abzubauen und die Kooperationsbereitschaft zu fördern. Aufgrund der Anbindung von ganzen Gremien, einzelnen Mitgliedern oder Vertrauensleuten im Betrieb an gewerkschaftliche Strukturen bestehen etablierte Kanäle zu Arbeitnehmer*innen, die für den Transfer von arbeitswissenschaftlichen

Erkenntnissen in die Breite enorm hilfreich sind. Gewerkschaften haben diesbezüglich nahezu eine Monopolstellung.

Um diese bestehenden Potenziale nutzen zu können, müssen jedoch einige Dinge bedacht werden. Obwohl Gewerkschaften und Wissenschaft sich häufig mit dem gleichen Gegenstand beschäftigten, unterscheiden sich ihre Blickwinkel und ihre Interessen (vgl. Haipeter 2021). Sie bewegen sich in unterschiedlichen Handlungssystemen mit eigenen Maßgaben, Regeln und Zielen (vgl. Kuhlmann 2021). Gewerkschaften profitieren in der Regel dann von den Projektergebnissen, wenn die Möglichkeit besteht, als Verbundpartner*in an Forschungsprojekten beteiligt zu sein. Eine Beteiligung ermöglicht Gestaltungsspielraum, der insbesondere für die Frage nach der Praxisrelevanz und dem Transferpotenzial für die eigene Zielgruppe zentral ist (vgl. Müller 2023).

7. Erfolgreicher Transfer funktioniert nur gemeinsam

Es ist eindeutig, dass wir uns gesellschaftlich wie betrieblich in einer Findungsphase befinden, in der wir gemeinsame Gestaltungsräume haben und in der wir gemeinsam lernen. Gemeinsames Lernen kann jedoch nur funktionieren, wenn wir uns auf Augenhöhe begegnen und die Nöte der anderen anerkennen. Analog zu betrieblichen Einführungsprozessen gilt somit auch für praxisnahe Forschungsvorhaben, die betrieblichen Akteur*innen einzubeziehen, denn eine Beteiligung an der Gestaltung fördert maßgeblich die Akzeptanz des Ergebnisses.

Zum Abschluss sind hinsichtlich der Ausgangsfrage drei Punkte hervorzuheben:

1. Aufgrund der herausfordernden Situation in den Betrieben und den knappen zeitlichen Ressourcen der Gremien ist eine wichtige Aufgabe der Arbeitsforschung, dass ihre Untersuchungsergebnisse eine hohe Praxisrelevanz entfalten. Hierfür gilt es, die Zielgruppe mit ihrem spezifischen Handlungskontext und den sich daraus ableitenden Interessen und Erfordernissen zu kennen. Die Entwicklung eines gemeinsamen Erkenntnisinteresses muss daran anschließend in einem gemeinsamen Prozess erfolgen.

2. Der Handlungskontext betrieblicher Interessenvertretungen orientiert sich maßgeblich an den verbrieften Möglichkeiten betrieblicher Mitbestimmung. Wird das Ziel verfolgt, anschlussfähige „Good-Practice“-Beispiele zu schaffen, besteht die Aufgabe darin, sich multiperspektivisch aufzustellen und über die Verbindung von Partizipation und Mitbestimmung Praxisrelevanz für die betrieblichen Interessenvertretungen zu schaffen.

3. Gewerkschaften bieten ein großes Potenzial, um diese „Good-Practice“-Beispiele in die Breite zu tragen. Aufgrund der spezifischen Interessenlage im Sinne der Arbeitnehmer*innen braucht es jedoch eine aktive Einbindung von gewerkschaftlichen Transferakteur*innen von Beginn an. Nur so kann sichergestellt werden, dass die unterschiedlichen Interessen bei der Entwicklung des Erkenntnisinteresses berücksichtigt werden und die entwickelten Produkte ihr Transferpotenzial entfalten können, um ihren Weg über für die Transferakteur*innen in die Breite zu finden.

8. Literatur

Bahnmüller, R. et al. (2023): Mitsprache bei der Digitalisierung? Beteiligung von Betriebsrat und Beschäftigten in digitalisierungsaktiven Betrieben. Study No. 479. Hans-Böckler-Stiftung.

Butollo, F. et al. (2024): Die Symbiose von generativer KI und Arbeit Erweiterung der Horizonte oder Erosion menschlicher Kompetenz? #41. Weizenbaum Discussion Paper.

Borowski, E. et al. (2023): Erfolgreicher Transfer in der Arbeitsgestaltung. Wie Dienstleistungen zur präventiven Arbeitsgestaltung und Ergebnisse der Arbeitsforschung die Akteure in den Unternehmen wirkungsvoll erreichen. Münster/ New York: Waxmann.

Friedrichsmeier, A. & Wannöffel, M. (2010): Mitbestimmung und Partizipation: Das Management von demokratischer Beteiligung und Interessenvertretung an deutschen Hochschulen. Arbeitspapier 203. Hans-Böckler-Stiftung.

Grasy, J. et al. (2024): KI und algorithmische Systeme verstehen, bewerten und begrenzen. So gelingt Mitbestimmung bei KI: Praxisbeispiele und Impulse. Mitbestimmungspraxis, No. 59, 02/2024. Institut für Mitbestimmung und Unternehmensführung (I.M.U.) der Hans-Böckler-Stiftung

Hohlbaum, K. et al. (2023): Transfer als Medium und Methode. In: BOROWSKI, E. et al. (2023): Erfolgreicher Transfer in der Arbeitsgestaltung. Wie Dienstleistungen zur präventiven Arbeitsgestaltung und Ergebnisse der Arbeitsforschung die Akteure in den Unternehmen wirkungsvoll erreichen. Münster/ New York: Waxmann, 19–33.

Haipeter, T. (2021): Kooperationsmodelle zwischen Arbeitsforschung und Gewerkschaften – Erfahrungen aus der Begleitforschung des IAQ zum gewerkschaftlichen Projekt Arbeit 2020. In: DENK-doch-MAL.de, Das online-Magazin. Ausgabe 02/2021. [zuletzt abgerufen: 29.01.2025]

Jaich, R. (2021): Der Wissenschaftliche Beraterkreis von ver.di und IG Metall – Kommunikation zwischen Wissenschaft und Gewerkschaften. In: DENK-doch-MAL.de, Das online-Magazin. Ausgabe 02/2021. [zuletzt abgerufen: 29.01.2025]

Kuhlmann, M. (2021): Praxisbezug und Kooperationsmöglichkeiten der Arbeitssoziologie am Beispiel der Forschungslinie Innovative Arbeitspolitik. In: DENK-doch-MAL.de, Das online-Magazin. Ausgabe 02/2021. [zuletzt abgerufen: 29.01.2025]

Müller, N. (2023): Die Bedeutung von Arbeits- und Dienstleistungsforschung und des Transfers ihrer Erkenntnisse für eine gute und nachhaltige Gestaltung von Zukunft. In: BOROWSKI, E. et al. (2023): Erfolgreicher Transfer in der Arbeitsgestaltung. Wie Dienstleistungen zur präventiven Arbeitsgestaltung und Ergebnisse der Arbeitsforschung die Akteure in den Unternehmen wirkungsvoll erreichen. Münster/ New York: Waxmann, 257–263.

Niewerth, C. et al. (2022): Betriebsräte in der doppelten Transformation. Ein Transferforschungsprojekt zur Organisationsentwicklung von Betriebsratsgremien. Study No. 468. 01/ 2022. Hans-Böckler-Stiftung.

Schröder, L. & Höfers, P. (2022): Praxishandbuch Künstliche Intelligenz. Handlungsanleitungen, Praxistipps, Prüffragen, Checklisten. Frankfurt: BUND-Verlag.

Virgillito, A. et al. (2022): Transferforschung – ein methodisches Konzept für die Analyse der Industriellen Beziehungen. In: Industrielle Beziehungen. Zeitschrift für Arbeit, Organisation und Management. 29. Jg. 2022. Leverkusen: Verlag Barbara Budrich GmbH, 129–147.

Wenckebach, J. (2023): Technik, Macht und Mitbestimmung. In: OPPELT, Martin & BLUMENTHAL, Falko (2023): Digitalisierung von Gegenmacht. Gewerkschaftliche Konfliktfähigkeit und Arbeitskampf heute. Bielefeld: transcript Verlag, 37–56.

Förderhinweis: Dieser Beitrag ist im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ geförderten und durch den Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreuten Projekt „WIN:A: Wissens- und Innovations-Netzwerk: Arbeitsforschung“ entstanden. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Ansätze zur Stärkung der Menschzentrierung in der Ultraeffizienzfabrik

Michael HERTWIG[1], Joachim LENTES[1], Christof SCHILLINGER[2], Michael LÖFFLER[2], Tobias RIETHMÜLLER[2]

[1] Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart
[2] Centrum für Digitalisierung, Führung und Nachhaltigkeit Schwarzwald gGmbH, Herzog-Eberhard-Straße 56, D-72250 Freudenstadt

Kurzfassung: Die Ultraeffizienzfabrik ermöglicht eine ganzheitliche Nachhaltigkeitsbetrachtung produzierender Unternehmen. Um die ökologischen und sozialen Dimensionen fassbar zu machen, wurden diese in fünf Handlungsfeldern zusammengefasst. Für eine ganzheitliche, datenbasierte Optimierung der Fabrik sind Daten aus allen Handlungsfeldern erforderlich. Im Beitrag werden für das Handlungsfeld „Mensch/Personal“ werden leichtgewichtige Ansätze zur Datenerhebung vorgestellt, die für die Anwendung in produzierenden Unternehmen geeignet sind. Mit Wearables werden Vitaldaten zur Bewertung von körperlicher Belastung herangezogen. Durch eine Videoanalyse wird begleitend die Ergonomie der Arbeitsplatzsituation betrachtet. Die erhobenen Daten werden mit weiteren Daten aus der Fabrik zusammengeführt, wodurch eine Grundlage für Optimierungen mit verstärkter Berücksichtigung der Handlungsfelder „Mensch/Personal“ und „Organisation“ geschaffen wird. Der Ansatz wurde im industriellen Umfeld validiert.

Schlüsselwörter: Ultraeffizienzfabrik, Soziale Innovation, Wearables, Ganzheitliche Optimierung

1. Einführung und Motivation

Klimawandel, Weltbevölkerungswachstum sowie die Endlichkeit von Ressourcen führen zum Zwang, unser aktuelles Handeln und Wirtschaften zu hinterfragen sowie Wachstum und Ressourcenverbrauch zu entkoppeln. Dazu erfolgte die Entwicklung des Konzepts der Ultraeffizienzfabrik. Deren Vision ist eine verlust- und verschwendungsfreie Fabrik, die darüber hinaus einen symbiotisch-positiven Beitrag zu ihrem Umfeld leistet. Basierend auf dieser Vision wurden fünf Handlungsfelder identifiziert, die im Rahmen der Umsetzung der Ultraeffizienzfabrik betrachtet werden müssen: Material, Energie, Organisation, Mensch/Personal und Emissionen (Lentes et al 2016).

In den Jahren lag der Fokus auf den Handlungsfeldern Energie und Material. Die Bedeutung des Handlungsfelds Material wurde durch pandemiebedingte Unterbrechungen und Verzögerungen von Lieferketten noch gesteigert (Habermann et al. 2024). In den letzten Jahren erfolgte, auch aus Gründen der Versorgungssicherheit, ein Umdenken bei der Energieerzeugung hin zu regenerativen Energien. Daher erfuhren die Handlungsfelder Mensch/Personal und Organisation eher untergeordnete Aufmerksamkeit. Mit diesem Beitrag erfolgt eine mensch-zentrierte Betrachtung im Sinne der Ultraeffizienzfabrik, um förderliche Effekte für Menschen in der Fabrik und positive Beiträge für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen zu ermöglichen.

2. Ultraeffizienzfabrik als Transformationsleitbild für nachhaltige und umfeldverträgliche Wertschöpfung

Die Ultraeffizienzfabrik wurde als Leitbild für die die produzierende Industrie entwickelt. Zielsetzung war es dabei, Optimierungen auf allen möglichen Betrachtungsebenen zu ermöglichen. Optimierungen sollten unabhängig von der im Fokus stehenden Betrachtungsebene weder für untergeordnete noch übergeordnete Betrachtungsebenen Konflikte erzeugen oder sogar einen positiven Beitrag leisten. Besondere Eigenschaft des Leitbildes ist die Erweiterung über die Fabrik als Betrachtungsebene hinaus. Durch eine Erweiterung auf eine Betrachtung des urbanen und regionalen Umfeldes lassen sich damit auch Fabrik-übergreifende Verbesserungen betrachten.

Um die ganzheitliche Betrachtung systematisch und hinsichtlich möglicher Optimierungsperspektiven diskutieren zu können, wurden fünf Handlungsfelder definiert (Abbildung 1). Diese Handlungsfelder – Energie, Material, Emission, Mensch/Personal und Organisation – können selbstverständlich einzeln betrachtet werden. Eine integrierte Betrachtung kann jedoch zusätzliche Potenziale erschließen.

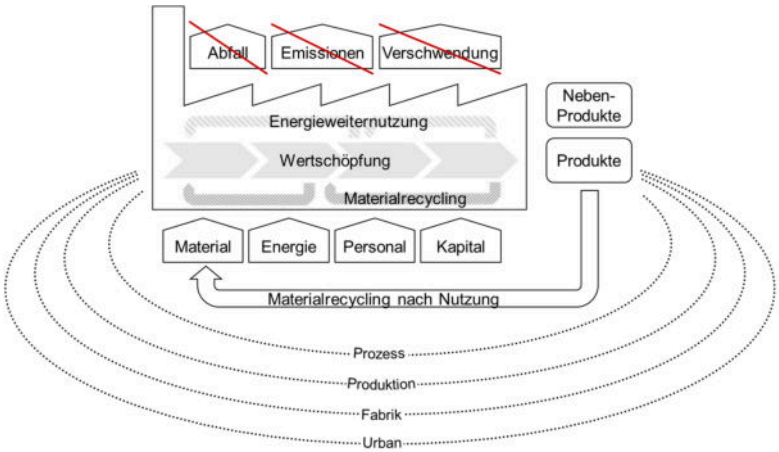


Abbildung 1: *Leitbild der Ultraeffizienzfabrik – eine ganzheitliche Betrachtung mit unterschiedlichen Handlungsfeldern und Betrachtungsebenen in Anlehnung an Lentes et al. (2016)*

Das Handlungsfeld Energie befasst sich mit allen Aspekten, welche aus Energiebezug, -verbrauch und -effizienz bzw. -optimierung rühren. Ziel ist es einerseits, die Primärenergiebedarf zu reduzieren und Energieverluste möglichst zu minimieren. Dafür gilt es Energiekreisläufe zu schaffen, um nicht genutzte Energie aufzufangen und als Betrag zur Energiezufuhr erneut nutzbar zu machen.

Im Handlungsfeld Material wird auch die Schaffung von Kreisläufen angestrebt. Diese können sowohl in einer Fabrik etabliert werden oder als Kreislaufwirtschaft.

Emissionen werden in der Ultraeffizienzfabrik als Verluste, die zu minimieren sind, betrachtet. Dabei können interne Kreisläufe, die eine Aufbereitung der Eingangsstoffe beinhalten, ein wichtiger Baustein sein. So lässt sich verschmutztes Wasser aufbereiten und weiternutzen und damit ein Beitrag zum Handlungsfeld Material leisten. Ebenso lässt sich Abwärme nutzen, wobei ein Bezug zum Handlungsfeld Energie besteht. Gleiches gilt für bisher untergeordnet betrachtete Emissionen, wie Licht, Gerüchte, Schall und Vibrationen, deren negativer Einfluss auf die Umwelt bekannt ist, aber Rückgewinnung bisher erst am Anfang steht.

Ziel des Handlungsfelds Organisation ist deren effektive und effiziente Gestaltung. Dazu zählen datengetriebene Ansätze, wie Digitale Zwillinge sowie alle Ansätze, für

welche ausreichend Daten verfügbar sein müssen – Prädiktive Instandhaltung, Condition Monitoring, event-basierte Prozessanpassung, etc. (Werner et al. 2019). Jede Optimierungsmaßnahme in den Handlungsfeldern wird nur unter Einbeziehung von Wirkungen im Handlungsfeld Organisation das volle Potenzial entfalten.

3. Das Handlungsfeld „Mensch/Personal“

Im Sinne der Ultraeffizienz ist die Wirkung des Menschen auf das System positiver zu gestalten als auch negative Einflüsse auf den Menschen zu reduzieren oder gar umzukehren. Um die Wirksamkeit von Weiterentwicklungen bewerten zu können, bedarf es geeigneter Kenngrößen, die jedoch häufig nicht erhoben werden.

3.1 Tracking von Vital-Daten von Mitarbeitenden mittels Wearables

In Studien wurden Sensorik und Wearables auf ihre Eignung zur Auswertung von Vital-Daten, um potenzielle Anwendungsfelder im Sinne der Gesundheitsüberwachung zu bewerten, durchgeführt (King & Sarrafzadeh 2016). Smartwatches bieten durch die verbaute Sensorik, verfügbare Rechentechnik und Kommunikationsschnittstellen die Möglichkeit direkt Applikationen über das Wearable auszuspielen, wobei geräteinterne und externe Datenquellen eingesetzt werden können (Ramezani et al. 2023). Neben der Nutzung für gesundheitliche Zwecke lassen sich die Vital-Daten auch im betrieblichen Umfeld nutzen (Zenker & Hobert 2019). Gemäß der Untersuchung von Maltseva (2020) bietet die Nutzung von Wearables das Potenzial Risiken zu minimieren, Produktivität zu steigern, Kompetenzen erheben und die Arbeitserfahrung zu erweitern. Trotz der positiven Potenziale wird das Risiko, Daten zielfremd zu nutzen als problematisch bewertet.

Nach Nguyen et al. (2023) stellen Wearables durch die Verbindung aller relevanter Bestandteile (Sensor, Aktor, Datenspeicher, Recheneinheit und Kommunikationsschnittstelle) ein Cyberphysisches System dar, welches geeignet in die Unternehmensstrukturen zu integrieren ist. Damit lassen sich sowohl Potenziale für die Mitarbeitenden, Echtzeit-Prozessüberwachung und schnellere Kommunikation zwischen den eingebundenen Arbeitskräften im mensch-zentrierten Produktionsprozess realisieren. Durch die Analyse bestehender Indikator-Systeme mit sozialer Dimension können potenzielle Messgrößen für eine mensch-zentrierte Bewertung des Arbeitsumfeldes abgeleitet werden, Beispiele sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: *Relevante Kenngrößen mit Bezug zur menschlichen Arbeitskraft deren Bestimmung mindestens teilweise durch Wearables erfolgen kann*

Kenngröße	Einheit	Messung	Herausforderung
Lärmbelastung in der Produktion	dB(A)	Lärmmessung: Dauerpegel und Maximalamplitude	Bezug auf Umgebungsgeräusch
Intensität der Arbeit	Level / N/s	Häufigkeit der Kraftanwendung, Höhe der benötigten Kraft	physiologische Gegebenheiten, Messung schwierig
Arbeitsproduktivität	s	Vergleich Vorgabenzeit (z.B. MTM) mit Echtzeit-Messung --> Abweichung von Soll-Zeit	Vorgabezeitbestimmung aufwändig und mehrheitlich manuell
Physiologischer Zustand des Mitarbeitenden	1/min	Pulsmessung (verglichen mit Ruhepuls)	vielfältige Einflüsse auf Referenzwert (physiologische Gegebenheiten)

3.2 Leicht-gewichtige Auswertung von Video-Bildern für eine Ergonomie-Bewertung

Die Bewertung der Ergonomie in Bezug auf Prozessabläufe erfolgt typischerweise im Rahmen der Arbeitsplatzgestaltung und wird im Anschluss häufig nicht weiter betrachtet. Allerdings hat die Arbeitsplatzergonomie wesentlichen Einfluss auf die Produktivität und die produzierte Qualität. Daher sind auch für die Bewertung der ergonomischen Situation von Mitarbeitenden während der Arbeit Systeme verfügbar. Professionelle Systeme für Ergonomieanalysen wie beispielsweise XSENS von Movella[1] und Siemens Process Simulate Human[2] sind für den praktischen Einsatz bei klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU) nicht geeignet, da Anschaffungs- und Trainingskosten außerhalb deren Möglichkeiten liegen. Zur Verbesserung der Situation wurde ein Ansatz für den Einsatz mit Hardware entwickelt, die auch in KMU standardmäßig verfügbar ist – und der auf Open Source-Software basiert. Hardwareseitig ist der dazu entwickelte Softwareprototyp auf jedem Windows-Rechner lauffähig und benötigt für seinen Einsatz lediglich eine Webcam. Softwareseitig basiert der Prototyp zur Ergonomieanalyse auf der KI-basierte Open Source-Lösung Lightweight Open Pose (Osokin 2019) für die Bestimmung der Position von Körperpunkten auf und führt mit diesen das ergonomische Standardverfahren Rapid Upper Limp Assessment (RULA) in vereinfachter Form durch. Für die RULA notwendige weitere Informationen können vorab vom Anwender festgelegt werden. Körper- und RULA-Daten werden in einer graphischen Benutzungsoberfläche angezeigt und farblich markiert, wodurch mit wenig ausgeprägten Ergonomiekenntnissen Analysen durchführt werden können.

4. Ganzheitliche Bewertung durch Daten-Aggregation

Durch die Aggregation und Synchronisation von Daten aus allen Handlungsfeldern werden neue Erkenntnisse ermöglicht. Daten können zu Energieverbräuchen, Lagerbeständen, Kapazitätsauslastung, erzeugten Emissionen, etc. erhoben und in einem Dashboard dargestellt werden – inklusive mensch-bezogener Daten aus Wearables und der Video-gestützten Ergonomie-Analyse.

Ein Merkmal des entwickelten Dashboards ist die intuitive und schnelle Erfassung des Effizienzgrads der einzelnen Fertigungsschritte durch den Einsatz visueller Hilfsmittel wie Farbcodierungen. Diese Methode ermöglicht es Nutzern, den aktuellen Zustand der Fertigungsprozesse auf einen Blick zu erkennen und effizient auf Abweichungen oder potenziell ineffiziente Abläufe zu reagieren. Der Demonstrator integriert dabei die fünf Handlungsfelder der Ultraeffizienz – Energie, Material, Emissionen, Mensch und Organisation – und verdeutlicht die Synergien zwischen diesen Bereichen. Durch den Einsatz digitaler Dashboards und interaktiver Displays wird eine ganzheitliche Betrachtung und Optimierung der Produktionsprozesse ermöglicht.

5. Evaluierung an einem Praxisfall

Im Rahmen der Untersuchung wurde ein Anwendungsfall bei der mittelständischen Brauerei Alpirsbacher Klosterbräu analysiert: Im Zuge einer Weiterentwicklung der

[1] https://www.movella.com/applications/research-education/human-factors-research
[2] https://resources.sw.siemens.com/en-US/fact-sheet-use-process-simulate-human-to-plan-simulate-and-validate-human-tasks

Produktionseinheit, erfolgte die Ergänzung einer neuen Mischanlage für die kontinuierliche Inline-Produktion. Durch den Vergleich der neuen Anlage mit der bestehenden Anlage anhand verschiedener Metriken, lagen neben Produktions- und Leistungskennzahlen auch Metriken des Handlungsfeldes Mensch im Fokus. Angestrebt wurde eine deutliche Entlastung der Mitarbeitenden durch die neue Anlage, da weniger manuelle Tätigkeiten erforderlich sind (Batch-Prozess). Bei der Analyse wurden die körperliche Belastung, die Lärmbelastung sowie die Körperhaltung der Mitarbeitenden untersucht.

Die Datenerhebung erfolgte durch Messreihen an beiden Anlagen (Abbildung 3). Für die Ermittlung der körperlichen Belastung wurde die Herzfrequenz der Mitarbeitenden aufgezeichnet. Die Lärmbelastungsmessung erfolgte anhand der Umgebungslautstärke. Beide Parameter wurden mit Wearables erfasst. Zur Analyse der Körperhaltung kam RULA (siehe 2.2) zu Einsatz.

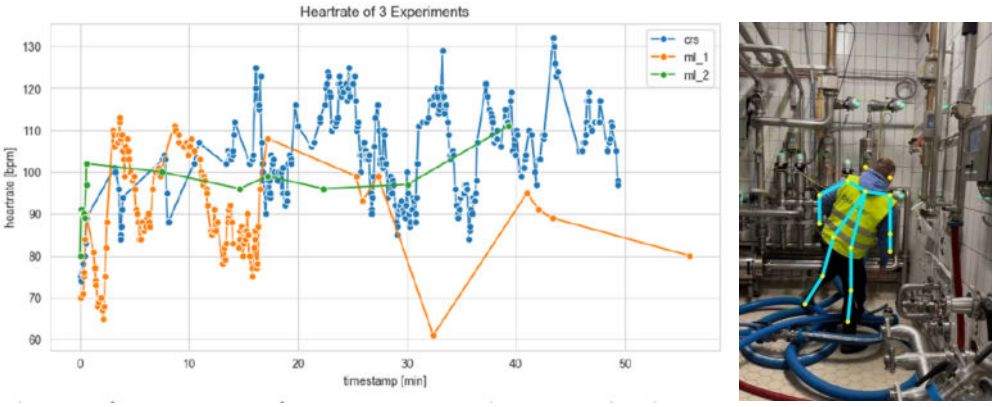


Abbildung 2: *Darstellung der Herzfrequenz aus drei Messreihen an der bestehenden Mischanlage, sowie die Auswertung aus dem videobasierten Ansatz*

Die Kombination dieser leichtgewichtigen Ansätze ermöglichte eine vergleichende Evaluierung der beiden Mischanlagen, bzw. deren Prozesse. Ziel war es, eine praxisnahe, ressourcenschonende Methode zur Bewertung und Optimierung von Arbeitsprozessen im Kontext der Ultraeffizienzfabrik und des Handlungsfelds Mensch bereitzustellen, die mit minimalem technischem und zeitlichem Aufwand durchführbar ist.

6. Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick

In der Arbeitswissenschaft ist die Wechselwirkung zwischen Arbeitsumgebung, Arbeitsgegenstand und menschlicher Arbeitskraft (beispielsweise Werkarbeitende) bereits Forschungs- und Betrachtungsgegenstand. Als integraler Bestandteil des Arbeitssystem können Mitarbeitende auch im ganzheitlichen Zusammenspiel betrachtet werden. Ebenso dient der Ultraeffizienzfabrik-Ansatz eine holistische Untersuchung und Verbesserung. Im vorliegenden Artikel wird skizziert, wie potenziell die Rolle des Menschen quantifiziert und mit Daten aus anderen Handlungsfeldern synchronisiert werden kann. Somit soll eine Optimierung des Arbeitssystem Fabrik im Sinne der Ultraeffizienz (ganzheitliche Steigerung von Effizienz und Effektivität) unterstützt werden.

Die Nutzbarkeit der erhobenen Daten wird aktuell ausgewertet. Auch werden dabei Einflüsse auf Abweichungen bzw. fehlerhafte Dateninterpretationen untersucht. Ziel ist Handlungsempfehlungen auf Basis der Daten bereit zu stellen und so einen Beitrag zu verträglichen, effizienten und nachhaltig attraktiven Arbeitsplätzen zu schaffen.

Dazu müssen die technischen Lösungen in größerem Rahmen angewendet und die Ergebnisse ausgewertet werden. Zusätzlich muss die Datenaggregation und -auswertung dahingehend weiterentwickelt werden, dass diese einerseits eine Zuordnung zum jeweiligen Arbeitsgeschehen zulassen, andererseits jedoch keine unzulässige Nutzung personenbezogener Daten ermöglichen.

7. Literatur

Habermann M, Schauberger K, Sternbeck M (2024) Die Verwundbarkeit globaler Lieferketten und betriebliche Ansatzpunkte in Supply Chain Management und Finance zur Steigerung der Resilienz. In: Knoppe M (Hg.) Unternehmerische Wertschöpfung neu aufstellen. Wiesbaden: Springer, 85–119.

Jat A, Grønli T-M (2022) Smart Watch for Smart Health Monitoring: A Literature Review. In: Rojas I, Valenzuela O, Rojas F, Herrera L J, Ortuño F (Hg.) Bioinformatics and Biomedical Engineering. 9th International Work-Conference, IWBBIO 2022, Maspalomas, Gran Canaria, Spain, June 27–30, 2022, Proceedings, Part I (1. Auflage). Cham: Springer International Publishing, 255–268.

King C, Sarrafzadeh, M (2018) A SURVEY OF SMARTWATCHES IN REMOTE HEALTH MONITORING. Journal of healthcare informatics research 2 (1-2): 1–24. DOI: 10.1007/s41666-017-0012-7.

Lentes J, Mandel J, Schließmann U, Blach R, Hertwig M (2016) Competitive and sustainable manufacturing by means of ultra-efficient factories in urban surroundings. International Journal of Production Research. DOI: 10.1080/00207543.2016.1189106.

Maltseva K (2020) Wearables in the workplace: The brave new world of employee engagement. Business Horizons 63 (4): 493–505. DOI: 10.1016/j.bushor.2020.03.007.

Nguyen T, Tran K, Raza A, Nguyen Q-T, Bui H, Tran K (2023) Wearable Technology for Smart Manufacturing in Industry 5.0. Methods, applications, and challenges. In: Tran K P (Hg.) Artificial intelligence for smart manufacturing. Methods, applications, and challenges. Cham: Springer, 225–254.

Osokin D (2019) Real-time 2D Multi-Person Pose Estimation on CPU: Lightweight OpenPose. In Proceedings of the 8th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods - ICPRAM; ISBN 978-989-758-351-3; ISSN 2184-4313, SciTePress, pages 744-748. DOI: 10.5220/0007555407440748.

Ramezani R, Cao M, Earthperson A, Naeim A (2023) Developing a Smartwatch-Based Healthcare Application: Notes to Consider. Sensors (Basel, Switzerland) 23 (15). DOI: 10.3390/s23156652.

Stefana E, Marciano F, Rossi D, Cocca P, Tomasoni G (2021) Wearable Devices for Ergonomics: A Systematic Literature Review. Sensors (Basel, Switzerland) 21 (3). DOI: 10.3390/s21030777.

Werner A, Zimmermann N, Lentes J (2019) Approach for a Holistic Predictive Maintenance Strategy by Incorporating a Digital Twin, Procedia Manufacturing, Volume 39: 1743-1751, https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.265.

Zenker S, Hobert S (2019) Design and Implementation of a Collaborative Smartwatch Application Supporting Employees in Industrial Workflows. Stockholm, Uppsala: Association for Information Systems: Association for Information Systems, 8. Juni 2019. URL: https://aisel.aisnet.org/ecis2019rp/142.

Danksagung: Diese Veröffentlichung entstand im Rahmen der Projekte Ultraeffizienzfabrik – Verstetigung & Verwertung (BWDU 24102) und Ultraeffizienzfabrik – Deep Dive (BWDU 24106), gefördert vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Ein besonderer Dank gilt dem Unternehmen Alpirsbacher, konkret den Herren Meier und Glauner für die konstruktive Zusammenarbeit und die Neugier neue Ansätze ergebnis-offen auszuprobieren.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Überwindung der Transferlücke: Strategien zur Verbesserung der Auffindbarkeit und Nutzung arbeitswissenschaftlicher Forschungsergebnisse für kleine und mittlere Unternehmen sowie deren Unterstützende

Anja CORDES[1], Nele KRÄMER[2], Leandra SCHOLZ[3], Oleg CERNAVIN[2]

[1] Institut für Betriebsführung im Deutschen Handwerksinstitut e. V., Unterweingartenfeld 6, D-76135 Karlsruhe
[2] Stiftung Mittelstand-Gesellschaft-Verantwortung, Hohe Straße 85-87, D-50667 Köln
[3] BTQ Kassel im ver.di Bildungswerk Hessen e. V., Königstor 35, D-34117 Kassel

Kurzfassung: Die Arbeitsforschung liefert wertvolle Erkenntnisse zur Unterstützung kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) bei aktuell relevanten Herausforderungen. Diese Erkenntnisse werden oftmals in Form von Hilfsmitteln wie Leitfäden, für die Zielgruppe der KMU aufbereitet, erreichen die Breite der KMU jedoch oft unzureichend. Im folgenden Beitrag wird die Transferlücke in der Arbeitsforschung thematisiert und Barrieren bei der Auffindbarkeit von Forschungsergebnissen untersucht. Es werden Strategien abgeleitet, um den Wissenstransfer zwischen Arbeitsforschung und Praxis zu verbessern und die Nutzung arbeitswissenschaftlicher Hilfsmittel in der Praxis zu etablieren.

Schlüsselwörter: Wissenstransfer, Transferlücke, Auffindbarkeit, KMU (kleine und mittlere Unternehmen)

1. Einleitung

Die angewandte Arbeitsforschung generiert im Rahmen öffentlich geförderter Forschungsvorhaben kontinuierlich Erkenntnisse für eine produktive, sichere, menschen- und gesundheitsgerechte Gestaltung von Arbeit. Diese bieten für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) wertvolle Impulse, die sich u. a. auf relevante Schwerpunktthemen für KMU wie Digitalisierung, Einsatz/Nutzung Künstlicher Intelligenz, Fachkräftemangel, Bürokratiebelastung oder Energiekrise beziehen (Schliephake et al. 2023; Cernavin & Joerrißen 2022; Cordes et al. 2024). Sie erschließen für KMU den innovativen Stand der angewandten Arbeitsforschung. Oftmals werden diese Erkenntnisse in praxistaugliche Hilfsmittel wie Leitfäden, Checklisten oder Apps umgesetzt. Diese können KMU dabei unterstützen, die aktuellen Herausforderungen zu bewältigen und gleichzeitig gute Arbeitsbedingungen zu schaffen und zu sichern. Oftmals werden Förderprogramme explizit für die Zielgruppe von KMU aufgelegt, da diese angesichts fehlender Fachabteilungen (z. B. für die Bereiche Personal oder für FuE) begrenzte Kapazitäten haben.

Allerdings lassen sich zwei zentrale Hürden ausmachen, die die Nutzung des großen Potenzials innovativer Erkenntnisse und Hilfsmittel aus der Arbeitsforschung, auch über den Kreis der geförderten Betriebe hinaus, erschweren: Zum einen sind Hilfsmittel aus Forschungsprojekten oft in der Praxis unbekannt bzw. es fehlen An-

knüpfungspunkte für betriebliche Akteure oder intermediäre Organisationen. Zum anderen sind diese Hilfsmittel oft schwer aufzufinden, da zusätzliche Informationen (z. B. Förderprogramme, Projekt- oder Produktnamen) erforderlich sind, die insbesondere KMU aufgrund der begrenzten Ressourcen meist nicht zur Verfügung stehen. Dies erschwert für KMU den Zugang zu innovativen Hilfsmitteln der Arbeitsforschung. Dieser Beitrag fokussiert die Barrieren bei der Auffindbarkeit von Forschungsergebnissen und den in diesem Kontext generierten Hilfsmitteln, die speziell für KMU entwickelt wurden. Es wird analysiert, inwieweit aktuelle Informationsplattformen diesen Bedarf abdecken, und welche Defizite bestehen. Zudem wird untersucht, wie gut Hilfsmittel (wie Checklisten, Leitfäden oder Apps) aus abgelaufenen Forschungsprojekten auffindbar sind. Abschließend werden Strategien aufgezeigt, um die Auffindbarkeit zu verbessern und den Wissenstransfer zwischen Arbeitsforschung und KMU-Praxis effektiver zu gestalten. Eine verbesserte Informationszugänglichkeit ermöglicht KMU einen schnellen Zugang zu relevanten und existierenden Hilfsmitteln für aktuelle Herausforderungen. Ziel ist es, den Zugang zu bestehenden Informationen zu optimieren und so die Wettbewerbsfähigkeit und Arbeitgeberattraktivität von KMU, durch die Förderung zeitgemäßer Arbeitsbedingungen zu gestalten. Gleichzeitig ergeben sich Chancen, die betriebliche Beteiligung, Partizipation und Mitbestimmung von Mitarbeitenden und Interessenvertretungen durch fundierte Entscheidungsgrundlagen zu unterstützen und zu stärken.

2. Herausforderungen für den Wissenstransfer

Die Transferforschung belegt eine Transferlücke (siehe Borowski et al. 2023), da Forschungsergebnisse und Produkte aus der Arbeitswissenschaft in der Praxis häufig weitgehend unbekannt sind, wodurch ihr Potenzial für eine breite praktische Nutzung, insbesondere durch KMU, nicht vollständig ausgeschöpft werden kann. Es gibt zentrale Hürden, die einer zielgerichteten Nutzung von Erkenntnissen und Hilfsmitteln bzw. Instrumenten aus Forschungsvorhaben der Arbeitsforschung im Wege stehen. Ein Grund dafür ist u. a., dass oftmals Anknüpfungspunkte für das alltägliche Handeln betrieblicher Akteure und intermediärer Organisationen wie Verbände, Kammern oder Gewerkschaften nicht deutlich werden. Darüber hinaus erweisen sich diese Hilfsmittel oftmals als schwer auffindbar (siehe Abb. 1). Die Abbildung zeigt die Ergebnisse einer Befragung zu den Gründen für fehlende Kenntnisse über Arbeitsforschung. Die häufigsten Gründe sind der fehlende Zugang zu Ergebnissen sowie das Fehlen geeigneter Informationsmaterialien (Zustimmung bei je rund 60 % der Befragten). Weitere genannte Hindernisse sind der Mangel an praxisrelevanten Ergebnissen sowie fehlende Anknüpfungspunkte an die Arbeit der Befragten. Die Ergebnisse zeigen somit strukturelle und inhaltliche Barrieren beim Zugang und der Vermittlung von Erkenntnissen aus der Arbeitsforschung auf.

Diese Hürden sind besonders für KMU als problematisch zu sehen, da sie oftmals über begrenzte Ressourcen verfügen, die einer Auseinandersetzung mit neuen Themen, z. B. durch die geringe Betriebsgröße oder das Fehlen von Fachabteilungen, häufig im Wege stehen.

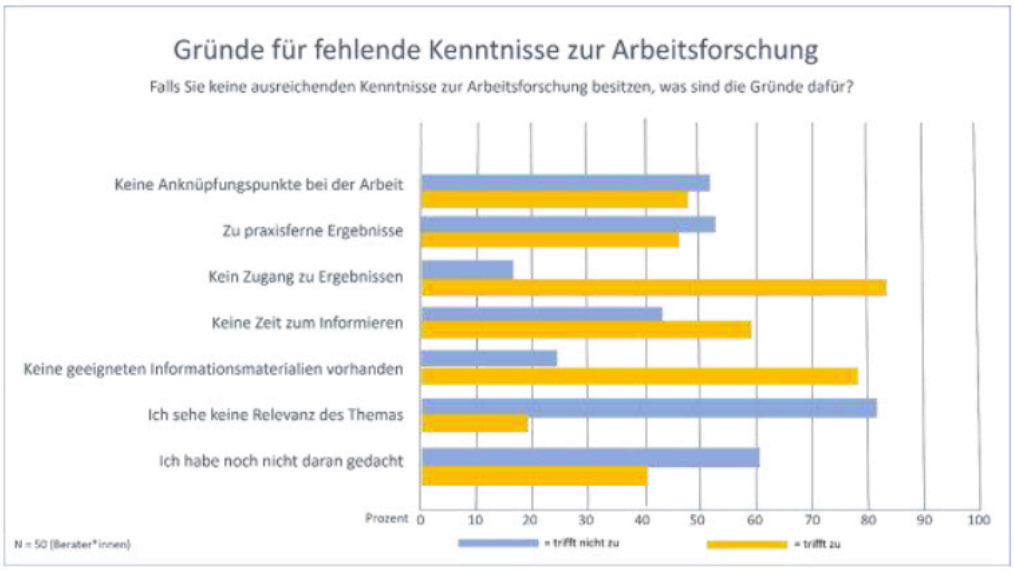


***Abbildung 1**: Gründe für fehlende Kenntnisse zur Arbeitsforschung (Cernavin & Joerißen 2022)*

Die Transferlücke besteht aber auch durch die Tatsache, dass die Ergebnisse der angewandten Arbeitsforschung allgemein oftmals nur schwer oder gar nicht zugänglich sind. Dies legt die Untersuchung nahe, die im Rahmen des Forschungsprojekts WIN:A zur Zugänglichkeit von Projektergebnissen durchgeführt wurde (Icks et al. 2024). Um zu analysieren, ob und wie die hier entwickelten Produkte fünf bzw. neun Jahre nach Ende der Projektförderung noch verfügbar sind, wurden zwei Förderschwerpunkte des BMBF untersucht. Hier wurden 56 Verbundprojekte und die darin erarbeiteten Produkte (im Sinne von Hilfsmitteln, Instrumenten, wie Checklisten, Leitfäden, Factsheets) bzgl. ihrer Zugänglichkeit / Auffindbarkeit untersucht (Abb. 2).

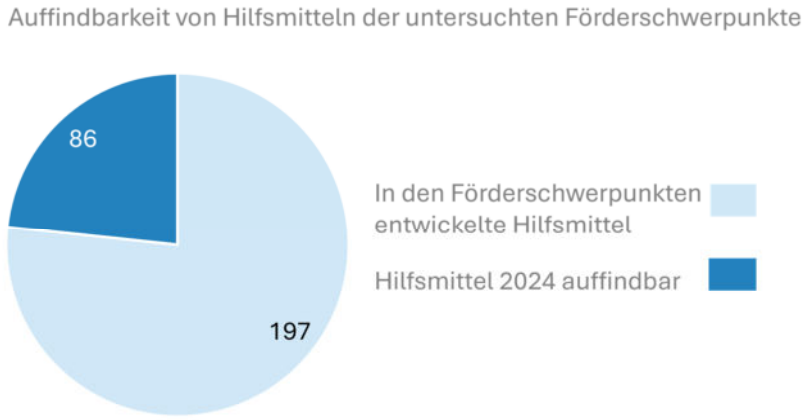


***Abbildung 2**: Zugang zu Produktenaus Forschungsprojekten der Arbeitsforschung nach Förderdauer (Icks et al. 2024).*

Abbildung 2 veranschaulicht die Verfügbarkeit von Produkten, die im Rahmen der beiden BMBF-Förderschwerpunkte „Innovationsfähigkeit im demografischen Wandel“ (Förderdauer 2012-2015) und „Präventive Maßnahmen für die sichere und gesunde Arbeit von Morgen“ (Förderdauer 2016-2019) entwickelt wurden. Von den insgesamt berücksichtigten 283 Produkten waren im Jahr 2024 86 (30,4 %) auffindbar. Demnach sind rund 70 % der hier entwickelten Hilfsmittel nicht mehr auffindbar. Die Unter-

suchung von Icks et al. thematisiert zusätzlich die Vorgehensweise bei der Recherche nach Hilfsmitteln der Arbeitsforschung und zeigt, dass diese oftmals nur durch eine explizite Suche, z. B. anhand von Informationen über den genauen Titel des Instrumentes, des Projektnamens oder der beteiligten Organisationen möglich war. Es liegt nahe, dass KMU diese nötigen Informationen bei der Suche nach existierenden Hilfsmitteln in der Regel nicht vorliegen und sie somit nicht in der Lage sind, in der betrieblichen Praxis auf diese Hilfsmittel zurückzugreifen. Die Ergebnisse verdeutlichen den Stand der langfristigen Verfügbarkeit der geförderten Ergebnisse aus Forschungsprojekten. Insbesondere die Lücke zwischen entwickelten und auffindbaren Hilfsmitteln hebt die Bedeutung einer effektiven Verstetigung von Förderergebnissen hervor. Dies deutet auf mögliche Optimierungspotenziale in der Verstetigung von Förderergebnissen im Wissens- und Technologietransfer hin. Die begrenzte Auffindbarkeit und Verfügbarkeit von Ergebnissen der angewandten Arbeitsforschung stellen erhebliche Barrieren für deren Transfer in die betriebliche Praxis dar.

3. Analyse der Barrieren der Auffindbarkeit/Verfügbarkeit von Forschungsergebnissen der angewandten Arbeitsforschung für die betriebliche Praxis

Die folgende Aufstellung beleuchtet zentrale hemmende Faktoren der Auffindbarkeit von Forschungsergebnissen:

*Begrenzte Ressourcen in KMU***:** KMU verfügen häufig über begrenzte personelle, zeitliche oder finanzielle Kapazitäten, um sich mit neuen Themen intensiv auseinanderzusetzen. Die zusätzliche Zeit, die erforderlich ist, um schwer auffindbare Forschungsergebnisse zu suchen und zu evaluieren, stellt eine Belastung dar, die viele KMU nicht stemmen können. Die oft fehlende Verfügbarkeit von Informationen in zugänglicher und praxisnaher Form verschärft dieses Problem.

Mangelnde Sichtbarkeit und Zugang: Ein zentrales Problem ist die geringe Bekanntheit der Forschungsergebnisse in der Praxis. Wie die Studien von Borowski et al. (2023) und Icks et al. (2024) zeigen, sind viele der entwickelten Hilfsmittel nicht leicht zugänglich bzw. erfordern spezifische Kenntnisse, die bei KMU nicht vorausgesetzt werden können. Wie im vorherigen Kapitel gezeigt wurde, konnten nur 30 % der Produkte aus den untersuchten BMBF-Förderschwerpunkten im Jahr 2024 problemlos aufgefunden werden. KMU, die selten über spezifische FuE-Fachabteilungen, sind darauf angewiesen, dass solche Instrumente leicht verfügbar und auffindbar sind. Die Notwendigkeit, Informationen wie den Titel des Hilfsmittels oder die beteiligten Organisationen zu kennen, stellt eine hohe Hürde dar. Fehlt dieses Detailwissen, sind die Forschungsergebnisse für KMU oft nahezu unerreichbar.

*Fehlende Anknüpfungspunkte***:** Forschungsergebnisse der Arbeitsforschung sind häufig nicht in einer Weise aufbereitet, die den betrieblichen Alltag und die hier vorherrschenden Bedingungen unmittelbar adressieren. Dies hat zur Folge, dass betriebliche Akteure oftmals keinen direkten Nutzen erkennen können. Intermediäre Organisationen wie Verbände, Kammern oder Gewerkschaften, die eine Brückenfunktion übernehmen könnten, sind ebenfalls oft nicht ausreichend informiert oder in der Lage, den Wissenstransfer zwischen der Arbeitsforschung und der betrieblichen Praxis effektiv zu unterstützen.

Fehlende Nachhaltigkeit in der Ergebnissicherung: Die Untersuchung von Icks et al. (2024) zeigt, dass die Verfügbarkeit von Forschungsergebnissen mit zunehmender Zeit nach Projektende abnimmt, da Personalstellen zur Pflege von Webseiten oder

Forschungsprodukten nicht weiterfinanziert und andere Projekte begonnen werden. Dies deutet auf mögliche Optimierungspotenziale in der Strategie einer langfristigen Sicherung/Pflege von Forschungsergebnissen nach dem Ablauf der Förderdauer hin.

4. Strategien zur Verbesserung des Wissenstransfers zwischen der Arbeitsforschung und der KMU-Praxis

Die nachhaltige Nutzung von Ergebnissen der angewandten Arbeitsforschung, auch nach Abschluss entsprechender Forschungsprojekte, erfordert eine stärkere Fokussierung auf deren langfristige Verfügbarkeit, eine zielgerichtete Aufbereitung für die betriebliche Praxis sowie die Förderung intermediärer Organisationen. Ein zentraler Ansatzpunkt ist die Optimierung von Informationsplattformen und Datenbanken, um den Zugang zu innovativen Hilfsmitteln aus der Arbeitsforschung zu erleichtern. Bestehende Datenbanken und Plattformen sollten einer umfassenden Analyse unterzogen werden, inwieweit diese die Bedarfe von KMU abdecken und wo Verbesserungen erforderlich sind. Darüber hinaus müssen Anknüpfungspunkte für den betrieblichen Alltag geschaffen werden, um die Nutzung von bereitgestellten Instrumenten zu fördern.

Eine entscheidende Rolle bei der Verbesserung des Wissenstransfers spielen intermediäre Organisationen wie Kammern, Verbände oder Gewerkschaften. Diese Institutionen bilden das Potenzial von Multiplikator/innen, die die Ergebnisse der Arbeitsforschung in das Alltagshandeln von KMU und von Betriebsrät/innen übermitteln können (vgl. u. a. Bau 2014; Biniok 2020; Cernavin et al. 2015; DGB 2020; Leisten 2012; Schmauder et al. 2012). Voraussetzung dafür ist, dass sie den Nutzen bzw. Mehrwert dieser Hilfsmittel erkennen und in das Alltagshandeln bzw. die eigene Beratungstätigkeit integrieren können. Dabei ist es wichtig, dass die Arbeitsforschung in ihrer Semantik und Zielsetzung auf die Handlungslogik dieser Organisationen abgestimmt ist. Erst durch eine solche Integration kann gewährleistet werden, dass die Ergebnisse in KMU nachhaltig genutzt werden können. Die vom WIN:A-Projekt entwickelte Plattform „Management – Arbeit -Forschung“ (www.om-maf.de) ist eine Initiative in diese Richtung.

Daher stellt die Förderung der Zusammenarbeit zwischen angewandter Arbeitsforschung und intermediären Organisationen, auch über die jeweils geförderten intermediären Akteure hinaus, ein zentrales Handlungsfeld dar. Wenn diese Organisationen die Themen der Arbeitsforschung in ihre Beratung aufnehmen, wird es möglich, innovative Erkenntnisse aus Forschungsprojekten nachhaltig in den Arbeitsalltag von KMU zu integrieren. Dies setzt jedoch voraus, dass Arbeitsforschung als gemeinsames Anliegen verstanden wird und von den beteiligten Akteuren aktiv vorangetrieben wird. Eine stärkere Förderung der Zusammenarbeit zwischen Arbeitsforschung und intermediären Organisationen ist entscheidend, um den Wissenstransfer zwischen angewandter Arbeitsforschung und KMU zu verbessern.

Um die vielen hilfreichen innovativen Hilfsmittel der Arbeitsforschung für KMU besser zugänglich zu machen, sollten auch die Anforderungen an die Projekte für den Breitentransfer noch einmal angegangen werden. Dazu sollte vor allem überlegt werden, wie die innovativen Hilfsmittel auch nach Projektende weiter angeboten werden. Dazu gehört z. B. das Aufbrechen des „Von-Projekt-zu-Projekt-Denkens“, das unter den momentanen Bedingungen verständlich ist, um Personalstellen zu sichern. Es ist ein Förderkonzept zu überlegen, wie die Pflege der Produkte nach Projektende für die

ursprünglich geförderten Partner möglich ist. Ein Vorschlag aus der WIN:A-Untersuchung ist es z. B., „flexible und begrenzte Fördermittel als Modulsystem vorzusehen, mit dem die Projektpartner auch nach Projektende noch die Möglichkeit haben, die entwickelten Produkte zu aktualisieren und zu pflegen. [...] Die Mittel für diesen Topf könnten ggf. daraus entstehen, dass zu jeder Bekanntmachung einige Projekte weniger gefördert werden, daraus eingesparte Mittel flexibel zur späteren Pflege der entwickelten Hilfsmittel zu nutzen. Das bedeutet, die nachhaltige Nutzung entwickelter und geförderter Produkte der angewandten Arbeitsforschung vor die Vielzahl von Produkten zu stellen." (Icks et al. 2024, S. 30). Das ist sicherlich leicht zu Papier gebracht und schwer umgesetzt. Aber das Potenzial der entwickelten innovativen Produkte der angewandten Arbeitsforschung ist für KMU hilfreich und wertvoll, dass sich auch grundlegendere Überlegungen zur besseren Nutzung dieses Potenzials volkswirtschaftlich und für eine menschengerechte Arbeitsgestaltung lohnen würden.

6. Literatur

Bau M (2014) Perspektiven für den Technologie- und Wissenstransfer im Kreis Herzogtum Lauenburg, Reihe: ILAG – Sozialwissenschaftliche Forschung, Bd. 7, Ascheberg.

Biniok P (2020) Transformativer Wandel im Handwerk. In: Franz H-W, Beck G, Compagna D, Dürr P, Gehra W, Wegner M (Ed.) Sozialwissenschaften und Berufspraxis. Wiesbaden: Springer, 215–234.

Borowski E, Cernavin O, Hees F, Joerißen T (Ed.) (2023) Erfolgreicher Transfer in der Arbeitsgestaltung. Münster, New York: Waxmann Verlag.

Cernavin O, Joerißen T (2022). Arbeitsforschung in der KMU-Praxis. Schriftenreihe 08/2022 der Stiftung Mittelstand–Gesellschaft–Verantwortung. Köln.

Cernavin O, Schröder S, Thiele T, Jooß C (2015) Ergebnistransfer nachhaltig gestalten – eine strukturelle Übersicht. In: Jeschke S, Richert A, Hees F, Jooß, C (Ed) Exploring Demographics. Wiesbaden: Springer, 25 - 40.

Cordes A, Bauer JM, Schliephake J (2024) Das Handwerk und die Arbeitsforschung: Faktoren für effektiven Wissenstransfer. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Ed) Arbeitswissenschaft in-the-loop: Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung. Beitrag H.3.3.

DGB, Deutscher Gewerkschaftsbund (2020) DGB-Konzept: Künstliche Intelligenz für Gute Arbeit: “Gute Arbeit by Design". Accessed Dec 13, 2024.

Icks A, Cernavin O, Cordes A, Krämer N (2024) Von der Förderung zur Praxis: Zur Verfügbarkeit von Ergebnissen aus BMBF-Projekten. Potenziale und Transfer nach Projektende in der angewandten Arbeitsforschung. Stiftung Mittelstand-Gesellschaft-Verantwortung, Schriftenreihe 12/2024 der Stiftung Mittelstand–Gesellschaft–Verantwortung. Köln.

Leisten I (2012) Transfer Engineering in transdisziplinären Forschungsprojekten. Norderstedt: BOD.

Schliephake J, Cordes A, Bauer JM, Ihm A (2023) Vom Labor zur Werkbank. Karlsruhe.

Schmauder M (Ed.) Krause-Jüttler G. Bau M (2012) Transferszenarien – Bedingungen erfolgreicher Kooperationsbeziehungen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft in Innovationsprozessen, Transferszenarien, Dresden, Berlin: BMBF.

Förderhinweis: Dieser Beitrag ist im Rahmen des vom BMBF im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ geförderten und durch den Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreuten Projekt „WIN:A: Wissens- und Innovations-Netzwerk: Arbeitsforschung“ entstanden.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Workshopkonzept zur Identifikation unternehmerischer KI-Potentiale

Adjan HANSEN-AMPAH[1], Markus HARLACHER[2], Andrea ALTEPOST[1], Ingo ELSEN[3], Farah ELAROUSSI[1], Wolfgang MERX[1], Matteo TSCHESCHE[3], Tobias ARNDT[3]

[1] Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Otto-Blumenthal-Straße 1, D-52074 Aachen
[2] ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft, Uerdinger Str. 56, D-40474 Düsseldorf
[3] Institut für Mobile Autonome Systeme und Kognitive Robotik der FH Aachen, Eupener Str. 70, D-52074 Aachen

Kurzfassung: Unterstützungsangebote zur Identifikation von Einsatzpotentialen KI-gestützter Systeme im Unternehmen sind vielfältig. Sie zielen häufig darauf ab, Voraussetzungen für den Einsatz von KI im Gesamtunternehmen zu bewerten. Da spezifische KI-Lösungen zur Verbesserung der Arbeitssituation meist einzelne Unternehmensbereiche adressieren und in einer frühen Projektphase die Bedürfnisse der Beschäftigten und Wissensträger zu berücksichtigen sind, wirken diese Unterstützungsangebote häufig nur unzureichend.
Zur Identifikation und Auswahl von Anwendungsbereichen für den Einsatz von KI im Unternehmen wurde daher ein dreistufiges Workshopkonzept entwickelt.
Im Beitrag wird das dreistufige Workshopkonzept, welches auf der Erfahrung von neun Anwendungsfällen entwickelt wurde, detailliert beschrieben und die Vorteilhaftigkeit des methodischen Ansatzes – Möglichkeiten des Nachfragens, Entwicklung von Vorstellungen und Gedanken zum beabsichtigten Projekt über einen längeren Zeitraum im Gegensatz zur Querschnitt-Befragung, Vertrauensbildung uvm. – im Vergleich zu bestehenden Ansätzen diskutiert.

Schlüsselwörter: KI, KI-Readiness, Innovationsworkshop, Digitalisierung

1. Motivation und Zielsetzung

Insbesondere in kleinen und mittleren Unternehmen gibt es nur eine diffuse Vorstellung davon, welche Ausprägungen KI-Systeme haben können und welche Möglichkeiten und Limitationen sich in konkreten Anwendungen zeigen. Ebenso erscheinen Unklarheiten bzw. verzerrte Selbstwahrnehmungen zu bestehen, was die IT-technischen und arbeitsgestalterische Voraussetzungen für den Einsatz von KI betrifft. Bestehende Readiness-Checks unterstützen meist nur unzureichend bei der adäquaten Auswahl von Anwendungsbereichen und Anwendungen. In diesem Beitrag wird ein Konzept des sogenannten Innovationsworkshops vorgestellt, der diese Lücke schließen soll.

Basierend auf einem Prozess, der arbeitswissenschaftliche und KI-technische Aspekte integriert, werden die Potentiale von KI insbesondere im Zusammenhang mit

einer menschzentrierten Arbeitssystemgestaltung aufgezeigt und die Ausgangssituation, Motivation und (strategischen) Ziele des Unternehmens erfragt, hinterfragt und diskutiert. Hierauf basierend werden Aktionsfelder, Probleme und Verbesserungspotenziale in den verschiedenen Unternehmensbereichen identifiziert und diese Unternehmensbereiche hinsichtlich beispielsweise der Größe, Fluktuation oder Krankenstand charakterisiert. Abschließend werden mögliche Prozesse, die für eine KI-Unterstützung in Frage kommen, hinsichtlich Input, Output und Einflussgrößen analysiert und die Datenverfügbarkeit und -speicherung bzw. die Gestaltung der technischen Schnittstellen erfasst. Hierauf basierend lässt sich abschätzen, für welche Prozesse sich im aktuellen Zustand eine KI-Einführung eignet.

Im nächsten Abschnitt werden exemplarisch einige bestehende Readiness-Checks aufgeführt. Im dritten Abschnitt wird das Vorgehen bei der Entwicklung des Innovationsworkshops skizziert, bevor dieser im vierten Abschnitt vorgestellt wird. Zum Schluss erfolgt eine kritische Reflexion des Konzepts.

2. Bestehende Ansätze zur Identifikation von KI-Einsatzpotentialen

Reifegradmodelle sind zentral für ein strukturiertes Vorgehen bei komplexen Themen wie der Einführung von KI-Technologien (Yams et al. 2020). In Deutschland wächst die Zahl an „KI-Readiness-Checks“, darunter kostenpflichtige Beratungsangebote wie der Workshop-basierte „KI-Readiness-Check“ von Orbit IT-Solutions oder der App-basierte Reifegradcheck von Adesso (ORBIT Gesellschaft für Applikations- und Informationssysteme mbH, adesso SE o.J.). Im Forschungsumfeld bietet das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung eine KI-Reifegrad-Ermittlung mit Konzeption eines KI-Use-Case an (Fraunhofer IFF o.J.). Applied AI, eine Initiative der TU München, entwickelte das „Maturity Assessment Tool“ mit 109 Fragen in 10 Kategorien, das in sieben EU-Ländern verwendet wird (applied AI o.J.).

Kostenlose Angebote existieren ebenfalls, jedoch oft mit reduziertem Tiefgang. Das Mittelstand-Digital Zentrum Chemnitz bietet einen browserbasierten Selbsttest mit 20 Items in Kategorien wie „Strategie und Planung“ und „Daten und Technologie“, ergänzt durch Ergebnisdarstellungen in Diagrammen (Mittelstand-Digital Zentrum Chemnitz o.J.). Ähnliche Fragebögen, mit variierendem Umfang, kommen etwa vom Kompetenzzentrum KARL (acht Fragen), Arbeitswelt.Plus (22 Fragen, Fokus Personalmanagement) und dem BVDW e.V. (20 Fragen) (Kompetenzzentrum KARL, BVDW o.J.). Der „KIRC“ des Mittelstand-Digital Zentrums Kaiserslautern umfasst 61 Fragen in vier Kategorien und liefert Dashboards mit Reifegraddarstellung, Empfehlungen und Kontaktangeboten zu KI-Trainern (Mittelstand-Digital Zentrum Kaiserslautern o.J.).

Obwohl KI-Reifegradmodelle meist von Praxisakteuren definiert werden (Schuster et al. 2021), existieren wissenschaftliche Modelle zur Orientierung. Limat (2022) identifiziert 19 KI-Gestaltungsobjekte wie Datenqualität und Akzeptanz, zugeordnet zu sieben Dimensionen, darunter Daten, Kultur und Strategie. Das „Artificial Intelligence Maturity Model“ von Alsheiabni et al. (2019) fokussiert vier Dimensionen („KI-Funktionen“, „Datenstruktur“, „Personal“ und „Organisation“) in fünf Reifegraden. Holmström (2022) unterscheidet „Technologien“, „Aktivitäten“, „Grenzen“ und „Ziele“, jeweils mit einer fünfstufigen Skala. Trotz ihrer Orientierungshilfe sind viele Reifegradmodelle generalistisch und berücksichtigen keine branchenspezifischen oder größenabhängigen Merkmale (Schuster et al. 2021).

3. Vorgehen bei der Entwicklung des Innovationsworkshops

Die ursprüngliche Idee des Innovationsworkshops drehte sich vor allem um die Akquise von Unternehmen nach einer etwaigen Verstetigung des Kompetenzzentrums WIRKsam als marktwirtschaftlich tätige Organisation. So wurden zunächst folgende Ziele formuliert:

- Zugrundeliegendes Problem und Ziel des Kunden identifizieren und verstehen
- Eignung möglicher KI-Anwendungsbereiche im Unternehmen beurteilen
- Informationsbasis schaffen
- Kompetenzzentrum WIRKsam präsentieren.

In dieses frühe Workshopkonzept war bereits die Erkenntnis eingeflossen, dass die Voraussetzungen bzw. Rahmenbedingungen der KI-Entwicklung und -Einführung aus technischer und arbeitswissenschaftlicher Perspektive geprüft werden sollten. Hier bestand allerdings noch die Idee, dass die KI-Readiness mithilfe eines bestehenden Tools standardisiert abgefragt und vom Unternehmen eigenständig beantwortet werden kann. Im weiteren Projektverlauf verdichteten sich jedoch die Anzeichen, dass Unternehmen zum Teil ein unzureichendes Verständnis der Anforderungen eines KI-Projekts und gleichzeitig eine verzerrte Wahrnehmung der eigenen Fähigkeiten, Kenntnisse und Prozesse haben. Zudem besteht die Gefahr, dass die Unternehmen die Begriffe nicht einheitlich verstehen. Daher verfestigte sich zunehmend die Idee eines Workshops, in dem der Erfüllungsgrad der unterschiedlichen Anforderungen gemeinsam erarbeitet wird.

Zur Entwicklung eines solchen KI-Readiness-Konzepts wurde eine interdisziplinäre, d. h. arbeits- und KI-wissenschaftliche, Arbeitsgruppe gebildet, die sich aus drei an WIRKsam beteiligten Forschungsinstituten bildete. Zunächst wurden die bereits bestehenden KI-Readiness-Ansätze recherchiert und, wie in Abschnitt 2 aufgeführt, zusammengetragen, hinsichtlich Stärken und Schwächen analysiert und als sinnvoll erachtete Kategorien und Fragen zur späteren Einbindung ins eigene Konzept extrahiert. Dann wurden die WIRKsam-Anwendungsfälle in Bezug auf der zu Projektbeginn bestehenden KI-Readiness und der daraus hervorgehenden Herausforderungen aufgearbeitet. Die Herausforderungen wurden systematisiert, entsprechende Kategorien und Fragestellungen induktiv abgeleitet und anschließend, wo möglich und sinnvoll, mit e.g. extrahierten Kategorien und Fragen verbunden. Das Konzept wurde iterativ weiterentwickelt – bspw. unter Berücksichtigung unterschiedlicher Personengruppen an den jeweiligen Workshopformaten.

4. Innovationsworkshop – dreistufiges Workshopkonzept

Im ersten Teil des Workshops werden die Angebote von WIRKsam vorgestellt, um den Teilnehmenden einen umfassenden Überblick über das Leistungsspektrum und die Unterstützungsmöglichkeiten zu geben. Hierbei liefert das Kompetenzzentrum WIRKsam das Know-How sowohl im Bereich der Arbeitssystemgestaltung als auch im Themenfeld der Digitalisierung und künstlichen Intelligenz und ermöglicht Unternehmen dabei, die Lücken in den jeweiligen Expertisen zu schließen. Es wird ein klarer Rahmen der strategischen Optionen geschaffen, um potenzielle Synergien und Anwendungsfelder zu identifizieren. Im Anschluss erfolgt eine Analyse der strategischen Ausrichtung des Unternehmens im Kontext der Digitalisierung, insbesondere im Hinblick auf den Einsatz von KI-Technologien. Hierbei werden sowohl der Status quo als

auch die langfristige Vision des Unternehmens berücksichtigt, um ein fundiertes Verständnis für die Zielsetzung zu schaffen.

Darauf aufbauend wird die aktuelle Unternehmenssituation analysiert, indem wirtschaftliche und organisatorische Daten wie Umsatz, Marktstellung und personelle Ressourcen gemeinsam von den Teilnehmenden und der Workshop-Leitung erfasst werden. Ergänzend dazu werden technologische Infrastruktur, Belegschaftsstruktur sowie relevante Aspekte der Unternehmenshistorie untersucht. Diese Informationen dienen dazu, spezifische Herausforderungen und Potenziale zu identifizieren und den Kontext für den gezielten Einsatz von KI-Technologien zu verstehen. Dies bildet die Grundlage für eine passgenaue Strategie, die auf die Bedürfnisse und Ziele des Unternehmens abgestimmt ist.

Basierend auf den Ergebnissen der ersten Phase erfolgt im zweiten Teil des Workshops die Identifikation möglicher Use Cases. Gemeinsam mit WIRKsam werden Bereiche herausgearbeitet, in denen der Einsatz von KI nachweislich Mehrwert bieten kann, z.B. durch die Optimierung von Geschäftsprozessen, die Automatisierung von Abläufen oder die datenbasierte Unterstützung von Entscheidungsprozessen. Die Identifikation erfolgt in enger Zusammenarbeit mit den relevanten Abteilungen des Unternehmens, um die praktische Umsetzbarkeit und strategische Relevanz der Anwendungsfälle sicherzustellen. Faktoren wie technische Infrastruktur, personelle Ressourcen und bestehende Datenbestände werden in einer Machbarkeitsanalyse bewertet. Der Umfang der identifizierten Use Cases wird klar definiert, um eine sinnvolle Priorisierung und planvolle Umsetzung zu ermöglichen.
Dabei wird auch geprüft, ob alternative digitale Lösungen zielführender sein könnten. Sollten KI-Lösungen als sinnvoll bewertet werden, wird im Anschluss an diesen Prozess eine detaillierte Planung für die Umsetzung eingeleitet. Andernfalls wird die Möglichkeit eines flexiblen Abbruchs oder einer Neuausrichtung der Gespräche gewährleistet.

Im dritten Teil des Workshopkonzepts werden die in der vorherigen Phase identifizierten, potenziellen Use Cases einer detaillierten Prüfung unterzogen, um ihre technische und organisatorische Machbarkeit sowie ihre Eignung für den Einsatz von KI-Technologien zu evaluieren. Dabei werden Aspekte wie die Verfügbarkeit und Qualität der erforderlichen Daten, bestehende technologische Systeme und die Notwendigkeit zusätzlicher Hardware- oder Softwarelösungen analysiert. Ebenso wird die Strukturierung und Standardisierung der zu unterstützenden Prozesse beleuchtet. Ein besonderer Fokus liegt auf der Akzeptanz und Qualifikation der Mitarbeitenden im Umgang mit KI. Schulungsbedarfe und Anpassungen interner Prozesse werden sorgfältig bewertet, um eine erfolgreiche Einführung und nachhaltige Nutzung der Lösungen sicherzustellen.

Sofern der Digitalisierungsstand des Unternehmens noch nicht ausreicht, können ergänzende Projekte mit Unterstützung durch WIRKsam durchgeführt werden, um die erforderlichen Voraussetzungen zu schaffen. Der gesamte Prozess bleibt flexibel, um eine realistische Planung und gegebenenfalls einen Ausstieg aus der Zusammenarbeit zu ermöglichen.

5. Diskussion

Das Kompetenzzentrum WIRKsam machte die Erfahrung, dass Unternehmen nicht unbedingt wissen, ob eine KI für ihre Problemstellungen überhaupt relevant ist und, wenn ja, welche menschlichen, technischen und organisationalen Voraussetzungen

sie für die erfolgreiche Entwicklung, Einführung und Nutzung von KI-Arbeitssystemen erfüllen müssen und ob sie diese erfüllen. Die bereits auf dem Markt bestehenden KI-Readiness-Checks in Form von standardisierten Self-Assessment-Tests scheiden für unsere Zwecke folglich zum einen wegen des zuletzt genannten Aspekts aus. Zum anderen beziehen sich diese Checks meistens auf das gesamte Unternehmen und blenden somit aus, dass der jeweilige Anwendungsfall ein spezifisches KI-Arbeitssystem benötigt, welches somit spezifische Anforderungen zur Folge hat. Dementsprechend ist es für Unternehmen möglich, in einem Bereich die Anforderungen in allen drei MTO-Dimensionen (Strohm 2019) zu erfüllen und in anderen Bereichen nicht.

Das auf Projekterfahrungen basierende IW-Konzept umgeht Schwachstellen anderer Checks, indem nicht nur in einem ersten Schritt die unternehmensweiten Rahmenbedingungen und strategische Ausrichtung beleuchtet und die damit einhergehenden notwendigen Bedingungen geprüft werden, sondern in einem zweiten Schritt konkrete Unternehmensbereiche und Anwendungsfälle mitsamt ihrer spezifischen Anforderungen als hinreichende Bedingungen herausgearbeitet werden, bevor im dritten Schritt die Prüfung dieser Bedingungen durchgeführt wird. Daraus resultiert eine auf jedes Unternehmen zugeschnittene Lösung mit hohem Passungsgrad. Der Ansatz ermöglicht es Nachfragen zu stellen, um mögliche Problem- bzw. Fragestellungen zu spezifizieren und potenzielle Unterschiede in den Begriffsverständnissen zu identifizieren und auszumerzen. Das Konzept sieht eine dreiteilige Gliederung sowie die Einbindung verschiedener Beschäftigtengruppen über mehrere Zeitpunkte hinweg vor.

Die Kehrseite eines solchen Vorgehens ist zum einen der erforderliche Ressourceneinsatz. Für die drei Teile des Workshops müssen jeweils sowohl aufseiten des Unternehmens als auch des Kompetenzzentrums verschiedene Personen für mehrere Stunden zur Verfügung stehen. Zum anderen erfolgt die Bewertung der KI-Readiness individuell und nicht standardisiert, sodass eine vergleichende Bewertung zwischen Unternehmen, bspw. auf Grundlage einer Punktevergabe, nicht ermöglicht wird.

Trotz des Ressourcenaufwands und der fehlenden Vergleichbarkeit zwischen Unternehmen wird eine Vorteilhaftigkeit im Einsatz des Konzeptes erwartet. Diese begründet sich u. a. in der Möglichkeit gezielter Nachfragen, im Aufbau einer gemeinsamen Sprache sowie eines geteilten Verständnisses, insbesondere bzgl. KI-Technologien, und in der über Zeit entwickelten Vertrauensbasis.

Zum Zeitpunkt des Publikationsprozesses erfolgt die Erprobung des Innovationsworkshops. Diese soll auch im Anschluss mit weiteren assoziierten Unternehmen als Transferpartner fortgesetzt werden. Die in der Erprobung gewonnenen Erkenntnisse über die Vorteilhaftigkeit des Ansatzes können zur weiteren Adaption des Konzepts führen.

6. Literatur

Adesso SE (o.J.) Reifegradcheck GenAI. https://www.adesso.de/de/impulse/generative-ai/leistungen/index.jsp.

Alsheiabni S, Cheung Y, Messom C (2019) Towards An Artifificial Intelligence Maturity Model: From Science Fiction To Business Facts. In: PACIS 2019 Proceedings, 46.

applied AI (o.J.) https://www.appliedai.de/en/solutions-services/strategy-transformation/ai-maturity-tool Zugegriffen: 24.11.2024.

Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V. (o.J.) KI-Readiness-Checker. https://survey.lamapoll.de/KI-Readiness-Checker Zugegriffen: 25.11.2024.

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF) (o.J.) https://www.iff.fraunhofer.de/de/geschaeftsbereiche/logistik-fabriksysteme/kuenstliche-intelligenz-im-mittelstand-ki-checkup.html Zugegriffen: 24.11.2024.

Holmström J (2022) From AI to digital transformation: The AI readiness framework. In: Business Horizons (2022) 65, 329-339.
Kompetenzzentrum KARL (o.J.) KI-Readiness-Schnellcheck. KI-Readiness-Check – Kompetenzzentrum KARL Zugegriffen: 25.11.2024.
Limat C (2022) Disruptionspotenzial künstlicher Intelligenz: Ein Reifegradmodell zur Einführung ganzheitlicher KI-Initiativen in Unternehmen. In: Wirtschaftsinformatik & Management 2022, 14 (1): 60–67.
Mittelstand-Digital Zentrum Chemnitz (2024) Fachcheck KI-Readiness. https://digitalzentrum-chemnitz.de/werkzeuge/selbstchecks/fachcheck-readiness/ Zugegriffen: 24.11.2024.
Mittelstand-Digital Zentrum Kaiserslautern (2024) KI-Readiness-Check. https://digitalzentrum-kaiserslautern.de/unser-angebot/self-service/ki-readiness-check Zugegriffen: 26.11.2024
ORBIT Gesellschaft für Applikations- und Informationssysteme mbH (2024) KI-Readiness-Check. https://www.orbit.de/ki-readiness-check/ Zugegriffen: 24.11.2024.
Schuster T, Waidelich L, Volz R (2021) Reifegradmodelle zur Bewertung Künstlicher Intelligenz in kleinen und mittleren Unternehmen. In: Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) (Hrsg.): INFORMATIK 2021, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn.
Strohm O (2019) Teil I : Methoden und Vorgehensweisen, Die ganzheitliche MTO-Analyse: Konzept und Vorgehen. In O Strohm & E. Ulich (Hrsg.): Unternehmen arbeitspsychologisch bewerten, vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich.
Yams N B, Richardson V, Shubina G E, A & D Gillblad (2020) Integrated AI and InnovationManagement: The Beginning of a Beautiful Friendship. In: Technology Innovation Management Review, Volume 10, Issue 11.

Danksagung: Das Kompetenzzentrum WIRKsam (FKZ: 02L19C600ff.) wird im Rahmen der Fördermaßnahme „Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für diesen Beitrag liegt bei den Autor*innen.

The use of eye tracking in (re)manufacturing – a scoping review

Blanca HANDWERKER, Alexandra NICK, Theresa BARTELS, Manuel ZAREMSKI, Barbara DEML

Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation,
Fakultät für Maschinenbau, Karlsruher Institut für Technologie,
Engler-Bunte-Ring 4, D-76131 Karlsruhe

Abstract: This scoping review aims to give a first overview of the current literature on the use of eye tracking to investigate cognitive concepts in (re)manufacturing and (dis)assembly settings. An extensive literature search of the most relevant 1500 titles and abstracts was carried out, with *n* = 32 articles being included in answering three research questions. Two main cognitive concepts were identified from the included literature. The most commonly used eye movement parameter in the included literature was found to be the (average) pupil dilation. Limitations and challenges of the current literature were found to be, among others, small sample sizes and a particular group of participants in the studies. The scoping review gives implications on future possible research fields to be discovered and for future research questions to be answered.

Keywords: eye tracking, cognitive concepts, remanufacturing, assembly, scoping review

1. Introduction

Research on eye and gaze behaviour within humans is being carried out in many areas of industrial work, such as manufacturing and logistics (Zheng et al. 2022). However, so far, there is little research solely on cognitive concepts, such as cognitive load or problem-solving, investigated via eye tracking in industrial contexts, such as remanufacturing. In order to gain initial insight into the existing research findings on disassembly tasks in the domain of remanufacturing, and with a comparative analysis of assembly tasks in manufacturing, a scoping review is conducted. This appropriate method (Tricco et al. 2018) will give a first overview of the main cognitive concepts investigated via eye tracking in industrial (dis)assembly or (re)manufacturing settings. A scoping review is a suitable method for identifying research gaps in the current research field (Tricco et al., 2016). The present scoping review was, as far as possible, conducted in accordance with the proposed PRISMA-ScR checklist by Tricco et al. (2018). This scoping review is intended to answer the following three relevant research questions:

1. What are the main cognitive concepts that have been researched via eye tracking in (dis)assembly or (re)manufacturing?
2. Which parameters investigated via eye tracking have been used to research these cognitive concepts?
3. What gaps, limitations or challenges exist in the current research on cognitive concepts in dis(assembly) and (re)manufacturing?

2. Method

The literature research was conducted via the database Scopus. The search was conducted on 8th of January 2025. 3706 papers were found by the following search string:

("cognitive process" OR "cognitive load" OR "visual attention" OR cognit* OR "mental load" OR "problem solv*") AND ("eye track*" OR eye-track*) AND (manufactur* OR remanufactur* OR disassembly OR reassembly OR assembly) AND PUBYEAR > 1999 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO (SRCTYPE , "j") OR LIMIT-TO (SRCTYPE , "p")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "German")).

From these, the first 1500 most relevant titles and abstracts were screened for eligibility. The articles included in the full-paper analysis had to report the results of a case study, pilot study or an experiment, or explain the planned experiment in detail. Participants had to be adults and the task had to be in the context of (re)manufacturing, production or dis-/re-/assembly. If clear from the title and abstract screening, articles that only introduced new frameworks without reporting results and literature reviews were excluded. Articles that solely focused on virtual reality (dis)assembly or virtual industrial scenarios were also excluded. Only peer-reviewed articles published between 2000 and 2024 in English or in German were eligible for the review. After screening the titles and/or abstracts of the 1500 most relevant papers, 126 publications remained for a full-text screening. Information on the characteristics of the sample, the cognitive concepts researched via solely eye tracking or combined with other methods, the used eye tracking system, the used parameters investigated via eye tracking, the main results for the eye tracking data alone or combined or compared with other methods and the challenges and limitations of the conducted studies were extracted from each included article. The choice of included articles was made by three authors independently. If there were still uncertainties about whether to include an article or not, either the article was included in the full text screening, or a second author was included in the decision.

3. Results

A total of 126 papers were subjected to a screening process to ascertain their eligibility. Following a thorough examination of the full papers, 94 articles were deemed to be ineligible and were consequently excluded from the study (see Fig. 1). The remaining 32 papers were deemed suitable for inclusion in answering the research questions of this scoping review. Due to space limitations, the table used for the analysis of all three research questions can be found at https://www.ifab.kit.edu/287.php as well as a complete reference list of all included articles.

3.1 Main cognitive concepts

To answer the first research question, an overview table of the examined cognitive concepts was created (https://www.ifab.kit.edu/287.php). As can be seen in Figure 2, the majority amount of papers (*n* =17) dealt with cognitive or mental (work)load aspects.

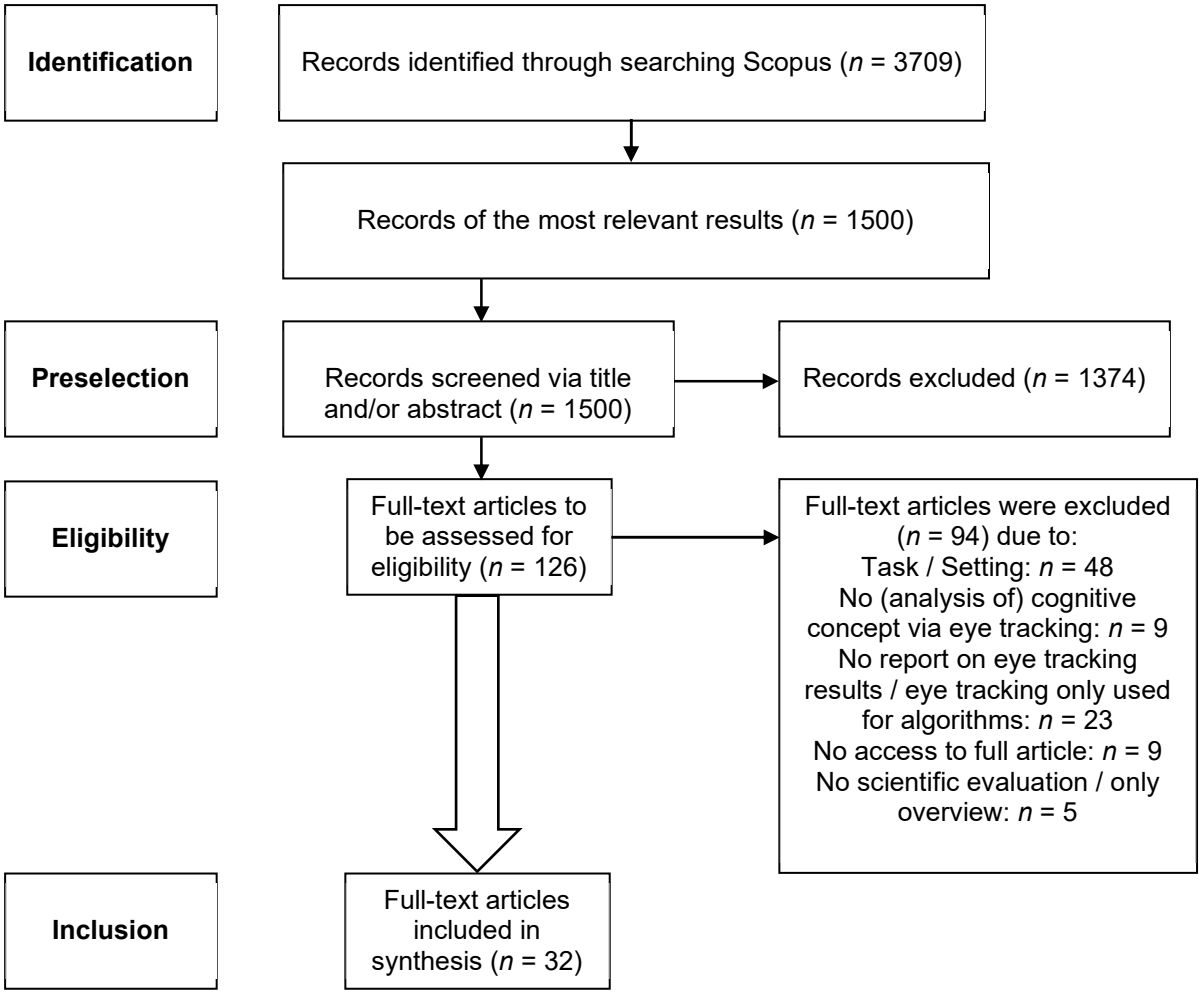


Figure 1: *Flowchart of current scoping review (adapted from a template created by Moher et al., 2009).*

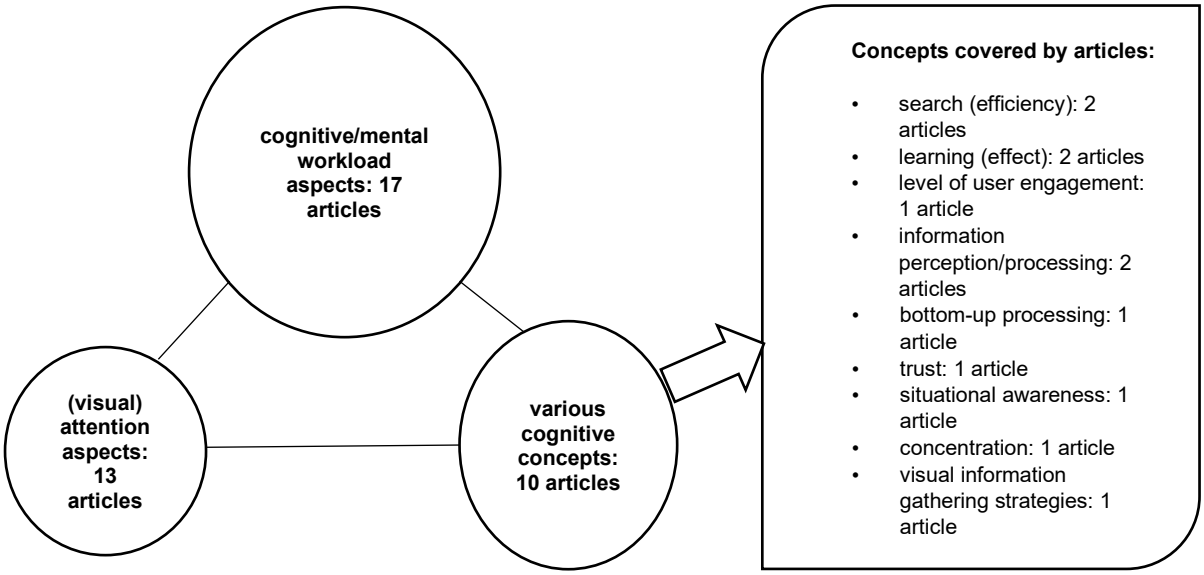


Figure 2: *Amount of articles that dealt with different cognitive concepts measured via eye tracking.*

The second biggest group of articles dealt with (visual) attention aspects (*n* = 13) and 10 articles dealt with various other cognitive concepts. Papers included in this group dealt with topics such as learning aspects (Gervasi et al. 2024; Zanardi et al. 2024) or trust (Hopko et al. 2024).

3.2 Main parameters measured via eye tracking

To answer research question 2, the cognitive concepts were mapped with the used parameters measured via eye tracking (see https://www.ifab.kit.edu/287.php). The results presented here focus on the biggest cognitive concept group concerning cognitive or mental workload aspects (see Figure 1). Table 1 shows the result of the mapping process for the 17 articles dealing with aspects of this concept.

Table 1: *Main parameters measured via eye tracking in publications to investigate cognitive/mental workload.*

Cognitive/mental workload aspects	
Pupillometry	**Fixations**
(Average) pupil diameter/dilation (7)	(Average) fixation duration (6)
Pupil size (5)	Fixation number/counts (3)
Index of Pupillary Activity (1)	Fixation frequency (2)
Pupillary response (1)	Areas of Interest (AOI) analysis (1)
Blink metrics	**Saccades**
Blink rate (3)	Peak velocity (3)
Blink duration (and frequency) (2)	Saccade number (2)
	Saccade duration (2)
	Saccade amplitude (2)
	Saccade frequency (1)
	Nearest neighbour index (NNI) (1)

Notes. The figure appended to the metrics denotes the number of articles that have reported their utilisation.

The most frequently used parameter was the (average) pupil diameter or dilation that was, often among others, used in seven articles (e.g. Grandi et al. 2020). The second most common used parameter was the (average) fixation duration (*n* = 6) (e.g. Liu et al. 2024). In contrast to that, only one article used the Index of Pupillary Activity (IPA) to investigate cognitive load (An et al. 2021).

3.3 Limitations and challenges of previous research

What can be derived from the results of the previous two research questions is that the same parameters investigated via eye tracking are used for different cognitive concepts. At the same time, the same cognitive concepts are measured by a variety of parameters. 29 articles provided information on the used sample size and *n* = 22 studies had a sample size below *N* = 30 participants. Furthermore, 21 articles reported specific information on the professional background of the participants. 13 articles used a University-related sample, whereas seven articles reported the use of workers. Employees from different levels were used in one article. Biondi et al. (2023) and Biondi, Saberi et al. (2023) used the same student sample for the two articles. Three articles on the same worker sample were published (Al-Haddad et al. 2022; Sears et al. 2018; Sears et al. 2022). One article dealt with a disassembly task (Grandi et al. 2020) and none of the articles had their setting in a remanufacturing scenario. The majority of articles dealt with manufacturing settings or used assembly tasks.

4. Discussion

Two main cognitive concepts, namely cognitive/mental workload aspects and visual attention aspects, were identified in the scoping review to answer the first research question (Figure 2). A variety of further cognitive concepts was summarized in one category, as none of them were topic in more than two included articles. For answering the second research question, the parameters investigated via eye tracking were mapped to the cognitive concepts. The main parameters used in analysing the cognitive concepts were found to be the (average) pupil diameter/dilation, followed by the average fixation duration and the pupil size. Finally, a challenge and limitation for the current literature seems to be rather small sample sizes and difficulty in deciding on which parameters investigate which cognitive concepts. Additionally, there was only one article dealing with disassembly tasks and none of the included studies reported a remanufacturing scenario.

4.1 Limitations of the present scoping review

Although we showed a first overview of the current literature on the topics of cognitive concepts tracked via eye tracking in (re)manufacturing, only one database and the first 1500 results were screened for eligibility. Future reviews should include different databases and a variation in the search string to make sure to grasp further relevant literature. For a broader overview, publications from reviews and further literature should be screened and potentially be included as well. In a next step, the results focusing on Virtual Reality (dis)assembly tasks or other production tasks should be included. In order to facilitate optimum standardization of the screening process, it may be useful that an independent search of relevant articles is carried out by two or more individuals. Consequently, the issue of missing relevant literature due to unclear wording can be overcome.

4.2 Conclusion

Future research should conduct more experiments with a bigger sample size. Furthermore, it would be beneficial to include disassembly tasks and remanufacturing settings in future set-ups, as it is likely that different cognitive processes, such as problem-solving or cognitive workload, happen for example during disassembly tasks. Also, the tasks may differ from manufacturing in remanufacturing scenarios. Additionally, the limitations and results found in the included articles could be used to answer further research questions, such as which parameters investigated via eye tracking are the most reliable assessments of the cognitive concepts, or how results may be influenced by the choice of sample. A more extensive literature research with an assessment of the quality of the studies would also be beneficial to understand the status quo of this research field better.

4.3 Funding

The sources of funding for the included articles can be found in the articles themselves. This scoping review was funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, German Research Foundation) – SFB 1574 – 471687386.

5. References

Al-Haddad, S., Sears, M., Alruwaythi, O., & Goodrum, P. M. (2022). Complexity, Performance, and Search Efficiency: An Eye-Tracking Study on Assembly-Based Tasks among Construction Workers (Pipefitters). Buildings, 12(12). Scopus. https://doi.org/10.3390/buildings12122174.

An, Y., Yang, J., Li, J., He, B., Guo, Y., & Yang, G.-Z. (2024). Skill Learning in Robot-Assisted Micro-Manipulation Through Human Demonstrations with Attention Guidance. 15601–15607. Scopus. https://doi.org/10.1109/ICRA57147.2024.10610945.

Biondi, F. N., Graf, F., & Cort, J. (2023). On the potential of pupil size as a metric of physical fatigue during a repeated handle push/pull task. Applied Ergonomics, 110. Scopus. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2023.104025.

Biondi, F. N., Saberi, B., Graf, F., Cort, J., Pillai, P., & Balasingam, B. (2023). Distracted worker: Using pupil size and blink rate to detect cognitive load during manufacturing tasks. Applied Ergonomics, 106, 103867. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103867.

Gervasi, R., Capponi, M., Mastrogiacomo, L., & Franceschini, F. (2024). Does size matter? Exploring the effect of cobot size on user experience in human–robot collaboration. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 133(11–12), 5777–5791. Scopus. https://doi.org/10.1007/s00170-024-14060-2.

Grandi, F., Zanni, L., Peruzzini, M., Pellicciari, M., & Campanella, C. E. (2020). A Transdisciplinary digital approach for tractor's human-centred design. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 33(4), 377–397. Scopus. https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1599441.

Hopko, S. K., Zhang, Y., Yadav, A., Pagilla, P. R., & Mehta, R. K. (2024). Brain-Behavior Relationships of Trust in Shared Space Human-Robot Collaboration. ACM Transactions on Human-Robot Interaction, 13(1). Scopus. https://doi.org/10.1145/3632149.

Liu, L., Zou, Z., & Greene, R. L. (2024). The Effects of Type and Form of Collaborative Robots in Manufacturing on Trustworthiness, Risk Perceived, and Acceptance. International Journal of Human-Computer Interaction, 40(10), 2697–2710. Scopus. https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2169527

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & the PRISMA Group. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. Annals of Internal Medicine, 151(4), 264–269. https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135.

Sears, M., Alruwaythi, O., & Goodrum, P. (2018). Visualizing Eye Tracking Convex Hull Areas: A Pilot Study for Understanding How Craft Workers Interpret 2D Construction Drawings. 747–757. https://doi.org/10.1061/9780784481264.073.

Sears, M., Alruwaythi, O., & Goodrum, P. M. (2022). How pipefitters obtain visual information from construction assembly drawings. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 27(15), 290–311. https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.015.

Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K., Colquhoun, H., Kastner, M., Levac, D., Ng, C., Sharpe, J. P., Wilson, K., Kenny, M., Warren, R., Wilson, C., Stelfox, H. T., & Straus, S. E. (2016). A scoping review on the conduct and reporting of scoping reviews. BMC Medical Research Methodology, 16(1), 15. https://doi.org/10.1186/s12874-016-0116-4.

Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E. A., Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M. G., Garritty, C., … Straus, S. E. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. Annals of Internal Medicine, 169(7), 467–473. https://doi.org/10.7326/M18-0850.

Zanardi, D., Nenna, F., Orlando, E. M., Nannetti, M., Mingardi, M., Buodo, G., & Gamberini, L. (2024). Pupil Responses as Indicators of Learning and Adaptation in Human-Robot Collaboration Scenarios. 337–342. Scopus. https://doi.org/10.1145/3652037.3663909.

Zheng, T., Glock, C. H., & Grosse, E. H. (2022). Opportunities for using eye tracking technology in manufacturing and logistics: Systematic literature review and research agenda. Computers & Industrial Engineering, 171, 108444. https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108444.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Potential of Using Dynamic Image Processing in Examinations of Ergonomic Reach- and Movement Spaces

Pascal ROMMEL, Marcel RACS, Ferdinand LANGER, Jonathan KIEßLING, Daniel HOLDER, Thomas MAIER

Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Lehrstuhl Technisches Design, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 9, D-70569 Stuttgart

Abstract: This paper presents various applications of MediaPipe Pose and Hands for analyzing posture and reach areas in human-machine-interface experiments. MediaPipe can process both live and prerecorded image and video data, highlighting joints and joint angles to measure the posture during experiments. As an evaluation tool, it can help identify poor postures and their cause. Further data processing enables the creation of joint heat maps, which can reveal resting positions of specific joints and frequently used controls over time. While MediaPipe offers extensive flexibility through integration with Python or C++, tracking issues still persist.

Keywords: MediaPipe, Interface design, posture and reach area analysis, Interface analysis, Human- Maschine- Interface

1. Introduction

In user-centered design research, measuring joint angles and analyzing reach and movement spaces are essential. Traditionally, motion tracking required either tracking suits or sensors placed on the subject, which could affect their behaviour or even restrict their movement (Jarque-Bou et al. 2020). However, with the rise of AI marker-less motion capture has gained popularity, allowing the tracking of movement and joints without wearable equipment (Rigoni et al. 2023, p.173). One open-source framework that supports markerless motion capture is MediaPipe (GoogleAI 2024). MediaPipe is often used for pose analysis and corrections in sports and gesture recognition, while less literature is available on its use as an evaluation tool for human-machine interfaces (Kwon & Kim 2022; Li et al. 2022; Patil et al. 2023).

This paper describes how MediaPipe, alongside other Python libraries, was utilized in various human-machine analyses to evaluate the ergonomics of different products. It highlights the versatility of MediaPipe and demonstrates diverse applications.

2. State of the Art

The program used during the subject experiments extensively leverages MediaPipe, an open-source Framework, that provides libraries and tools for integrating artificial intelligence into applications (GoogleAI 2024). MediaPipe offers various pre-trained models, including Hand Landmark Detection and Pose Landmark Detection. The Hand Landmark Detection model, developed by Zhang et al. (2020), identifies 21 landmarks on the hand surface, while the Pose Landmark Detection model, created by

Bazarevsky et al. (2020), identifies 33 landmarks on the human body.

OpenCV, an open-source computer vision library, is also used alongside MediaPipe for video and image editing (OpenCV 2025). Additionally, data processing was performed using NumPy and Pandas. NumPy provides various mathematical functions (NumPy 2025), while Pandas is a tool for data analysis and manipulation (Pandas 2025). Other essential libraries include Python's standard libraries, Multiprocessing and Tkinter. Multiprocessing enables the use of multiple processors for parallel computation, while Tkinter serves as a GUI toolkit (python 2024a; python 2024b).

3. Methodical Approach

Multiple programs were developed to address various use cases. Following the structure of the written codes is explained and how different libraries and tools were used. The programs utilizing MediaPipe varied based on the joints targeted in each experiment, but their overall structure remained consistent. The core principle of the program centers around MediaPipe's Hands and Pose joint tracking capabilities, combined with OpenCV's image editing tools.

For each camera, a separate function is initiated using multiprocessing, enabling simultaneous execution of multiple processes. Within each function, general settings, such as frame rate, are configured. Then each frame is saved unedited as a backup in case issues arise during recording. Alternatively, recording and the editing can be handled in two different scripts. Then, for each frame, MediaPipe tracks the required joints, and the coordinates are converted into a format compatible with OpenCV. The frame is then passed to different functions depending on the necessary editing for the evaluation. One option involves marking joints with dots and connecting them with lines to form a simplified skeleton, as shown in Figure 1.



***Figure 1**: Buildup of the simplified skeleton.*

Joint angles are calculated using vector angles derived from vectors extending to nearby joints. For example, the elbow angle is determined by the angle between one

vector extending from the elbow to the wrist and another from the elbow to the shoulder. These angles are then displayed either next to the joint or on the top left side. The numbers next to the joints are color coded to indicate whether the angle falls within a comfort zone or is in an uncomfortable range.

Another possible option involves creating heat maps bound to specific joints. Three different types are used. The first is a general heat map, shown in Figure 2. In this heat map, a single joint is tracked throughout the entire recording, and the color intensity increases based on how long the joint remains at a particular coordinate. When only one joint is traced, the color scheme transitions from light blue, for a short duration, to yellow and then to intense red, for long durations. If multiple joints are traced simultaneously, each joint is assigned a unique color, and the duration is indicated by the color's saturation and brightness.

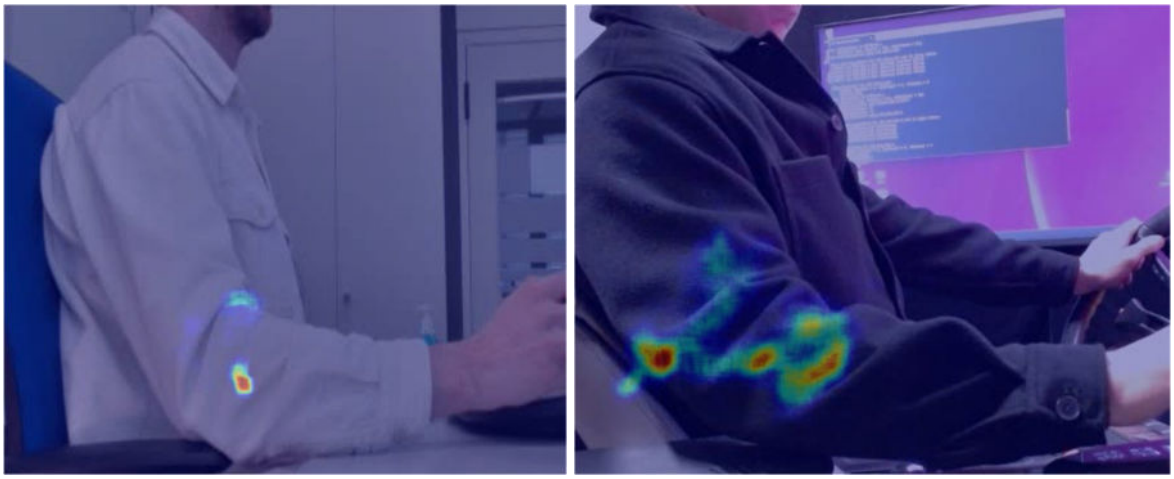


***Figure 2**: General heat map for elbow movement.*

The other heat maps focus on specific areas where joints are traced. These can be seen in Figure 3. While the heat maps appear similar, their color intensity mechanisms differ. In one, the color intensifies based on the duration the joint remains within the area, while in the other, it depends on how many times the joint crosses into the area.

Each heat map is normalized, then overlaid onto the recorded frame. Edited frames are saved as video files, joint angles are recorded in a table and the finalized heat map is saved as an image.



***Figure 3**: Area heat maps: left: the duration in the area. right: the amount of crossed area border.*

Before using this program in user studies it is important to consider camera placements. While distortions caused by the camera or recording angle are corrected mathematically, it is best to avoid or minimize them upfront. Therefore, the cameras in the subject test are always placed parallel to the most important plane of joint movement for this experiment. For instance, in Figure 4, the cameras are placed parallel to the elbow, to observe whether the elbow is lifted from the resting point.

The repeated usage of the program revealed the benefits of incorporating a graphical user interface (GUI) with the following functions. One valuable feature is a button which closes all recordings simultaneously, simplifying synchronization and ensuring a uniform recording end. This is especially important in subject tests, with short use cases in a quick succession. Additional buttons were added to further manage short use cases and fast subject switching, such as one for creating a new folder for a subject and another for a new use case while starting a new recording. Lastly, a pause button proved highly useful. During subject tests, often questions arise for the subject, which need to be answered to fulfill the test correctly. This could affect the evaluation or require editing of the recorded content. This button allowed to pause the recording process, allowing questions to be addressed, without impacting the recorded content.



***Figure 4**: Analysis of the influence of body and hand posture on the precision of joystick operation.*

4. Discussion

The program's results enabled various types of analysis across multiple user experiments. The simplified skeleton proved most useful, serving both during experiments and in subsequent evaluations. During the experiments, it enabled analyzing the posture and movements of the subject, allowing the correcting of the subject's posture for a proper usage of a product. For example, the first three images in Figure 1 show an experiment where MediaPipe was used to ensure a consistent posture to analyze isometric load transfer. In the bottom-right image of Figure 1, it was used to ensure a stable posture, isolating wrist movement for analysis without interference from other joint movements. In post-experiment evaluations, it helped identify incorrect postures and their causes. To ease finding the timestamps in which joint angles fell outside comfort areas the program generates a table with time stamps and joint angles, in which these timestamps are highlighted.

While the simplified skeleton assists in posture analysis, the heat maps focus more on operation frequency. The general heat map identifies common joint positions, such

as resting positions and frequently used controls. For instance, it was used to determine whether the shape of a joystick influences the elbow's resting point. As mentioned before multiple joints can be traced in the same heat map and assigned different colors. This allows for a detailed analysis of joints interaction during product use. In the project "Adaptive Interface Systems on Agricultural Tractors 2.0" (aISA 2.0), for example, the palm and elbow were tracked to determine reach areas relative to the elbow's resting point (Hülle et al. 2024). However, the general heat map primarily shows where joints remain for extended periods, which may not reflect active control use, especially in longer tests with significant resting times. To address this, two additional heat maps were developed: one that tracks time spent in specific areas and another that counts the frequency of joint entries into those areas. In a subject experiment in aISA 2.0, these heat maps were placed over control elements, shown in Figure 3. The time-based heat map highlighted how often and for how long controls were used, filtering out resting positions outside these areas. Meanwhile, the entry-based heat map showed the frequency of interaction, highlighting how often a control was switched to. Together, these heat maps complement each other and provide a comprehensive view of control usage. One reveals frequent and sustained usage, while the other identifies interaction frequency, validating the other heat map to see if the control was used frequently or if the subject just had prolonged rests in these areas. Altogether these heat maps are used to see the frequency of use for control elements. This allows to analyze and rate the position and order in which they are placed, for example whether frequently used elements are placed in remote areas outside the user's comfort area.

While established tools like RAMSIS and RULA excel in digital human modeling and ergonomic posture analysis, MediaPipe offers distinct advantages for live footage analysis in later stages of product development (Bullinger-Hoffmann and Mühlstedt 2016). RAMSIS and RULA are typically used early in the design process to evaluate digital models and prototypes. MediaPipe, however, is particularly useful for evaluating live experiments, introducing objective measurements to subject tests. It helps identify discomfort associated with frequently used controls placed outside the user's comfort zone.

MediaPipe's open source nature allows for extensive customization in Python and C++, adapting it to specific test requirements, making it flexible and accessible. With its integration into Python or C++ and the use of computer vision for image processing, it can automate the processing of large datasets. This makes it possible to evaluate not only individual videos computer-aided but also entire user tests. However, it does require coding knowledge, unlike ready-to-use tracking software. The high CPU demand can be a limitation during live testing, depending on the number of cameras and processing required per frame. For post-experiment data analysis, frames can be queued for processing, saving each frame for later evaluation to manage computational load. This approach can be necessary because MediaPipe occasionally fails to recognize joints or tracks them inaccurately. Improved tracking can be achieved by ensuring joints are visible or minimally covered and also well illuminated. Increasing the model's complexity can further improve detection, although it requires more computing resources. Additionally, adjusting the tracking and detection confidence thresholds allows for fine-tuning performance to balance accuracy. Due to these tracking limitations and the potential distortions mentioned earlier, MediaPipe is less suitable for applications requiring absolute precision. However, it is highly effective for general comparisons and precise estimations, making it particularly valuable for posture and reach analysis, like the given examples in this paper.

5. Summary and Outlook

This paper presents the integration of MediaPipe with various libraries in user studies for ergonomically analyzing posture and reaching areas. MediaPipe, combined with OpenCV, is used to edit live recordings to facilitate real-time posture recognition or to analyze recorded videos for postural evaluation and reaching area assessment. During experiments, real-time posture recognition ensures subjects maintain specific required postures. For recorded evaluations, MediaPipe can identify postures outside comfort zones, their causes, rest positions, and frequently used controls, through heat maps.

This makes MediaPipe an invaluable tool for analyzing human-maschine interfaces in a wide range of use cases, offering high customization and flexibility through its integration with Python or C++. However, tracking issues can occur, which can be mitigated by ensuring joints are visible, minimally covered and well-illuminated or by increasing model complexity.

6. Literatur

Bazarevsky V, Grishchenko I, Raveendran K, Zhus T, Zhang F, Grundmann M (2020) BlazePose: On-device Real-time Body Pose tracking. arXiv preprint arXiv:2006.10204.

Bullinger-Hoffmann A, Mühlstedt J (2016) Homo Sapiens Digitalis – Virtuelle Ergonomie und digitale Menschenmodelle, Springer Vieweg, ISBN 978-3-662-50458, DOI: 10.1007/978-3-662-50459-8

Jarque-Bou NJ, Atzori M, Müller H (2020) A large calibrated database of hand movements and grasps kinematics. In: Scientific Data, Vol. 7, Nr. 1.

Li X, Zhang M, Gu J, Zhang Z (2022) Fitness Action Counting Based on MediaPipe, in: IEEE: 15th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics, DOI: 10.1109/CISP-BMEI56279.2022.9980337.

NumPy (2025) The fundamental package for scientific computing with python. Accessed: Jan. 26, 2025. https://www.numpy.org.

OpenCV (2025) Computer Vision software and services, Accessed: Jan. 26, 2025. https://www.opencv.ai/.

Google AI (2024) Pose landmark detection guide in Accessed: Sep. 26, 2024. https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/vision/pose_landmarker.

Hülle BG, Ernst V, Boysen J, Böttinger S, Racs M. (2024) Evaluation of adaptive operating concepts on agricultural tractors in a laboratory test rig to assess cognitive and physical ergonomics, in: LAND:TECHNIK 2024, Band 2444, DOI: 10.5120/9783181024447-119

Kwon Y, Kim D (2022) Real-Time Workout Posture Correction using OpenCV and MediaPipe, in: The Journal of Korean Institute of Information Technology, DOI 10.14801/jkiit.2022.20.1.199.

Pandas (2025) Accessed, Jan. 26, 2025. https://pandas.pydata.org/.

Patil V, Sutar S, Ghadeage S, Palkar S (2023) Gesture Recognition for Media Interaction: A Streamlit Implementation with OpenCV and MediaPipe, in: International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology, Volume 11 Issue IX.

Python (2025) multiprocessing Accessed Jan. 26, 2025. https://docs.python.org/3/library/multiprocessing.html.

Python Tkinter (2025) Accessed Jan. 26, 2025. https://docs.python.org/3/library/tkinter.html

Rigoni G, Monaco N, Martinez GC, Cibin F, Spolaor F, Guiotto A, Sawacha Z (2023): Reliability of an Ai driven 3-dimensional markerless motion capture system for on the field sport applications. In: Gait & Posture (106), p. 173–174.

Zhang F, Bazarevsky V, Vakunov A, Tkachenka A, Sung G, Chang CL, Grundmann, M (2020) Mediapipe hands: On-device real-time hand tracking. arXiv preprint arXiv:2006.10214.

Zukünftige Normierungsbedarfe zur Humanzentrierung von KI-basierten Soziotechnischen Systemen: Eine Evaluation bestehender Standards

Katharina MORSCH, Uta WILKENS

Institut für Arbeitswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum,
Universitätsstraße 150, D-44780 Bochum

Kurzfassung: Im aktuellen deutschen Ordnungsrahmen zu Sozio-technischen Systemen fehlt eine Fundierung humanzentrierter KI, die über rein technische Merkmale hinausgeht. Eine kriteriengeleitete Evaluierung von 44 bestehenden Normen zeigt, dass entweder ein enger Fokus auf der Technik liegt oder das Zusammenspiel aus Technik-Personal-Organisation ohne konkreten KI-Bezug erfolgt. Diesbezügliche Kriterien der Humanzentrierung sind kaum vertreten. Die Regelungslücken werden identifiziert, um für die zukünftige Normungsarbeit Empfehlungen für die Standardisierung von soziotechnischen KI-Personal und KI-Organisationssystemen abzuleiten.

Schlüsselwörter: Normung, Humanzentrierung, Regelungslücken

1. Einleitung

Normen und Standards fördern eine verantwortungsvolle Entwicklung und Nutzung von Künstlicher Intelligenz (KI) in betrieblichen Arbeitsprozessen und tragen dazu bei, die Herausforderungen einer menschgerechten Arbeitsgestaltung in der digitalisierten Arbeitswelt zu meistern.

Einen weiteren Schritt zur Normierung unternimmt die Europäische Union mit der Veröffentlichung des EU Artificial Intelligence Act (EU AI Act) im August 2024. Ziel ist es, die Risikofaktoren für die von einem KI-Einsatz betroffenen Menschen zu begrenzen (Directorate-General for Communication 2024). Auf nationaler Ebene haben die deutschen Normungsorgane die zweite Deutsche Normungsroadmap KI im Jahr 2022 veröffentlicht. Diese bietet einen Überblick über die aktuelle Normungslandschaft und identifiziert weitere Standardisierungsbedarfe in Deutschland. Im Sinne einer menschgerechten Arbeitsgestaltung beim Einsatz von KI wurden dabei erstmals die Soziotechnischen Systeme in den Fokus gerückt (DIN 2022, S.154). Die Autoren in der Roadmap kommen dabei zu der Erkenntnis, dass die Anforderungen aus soziotechnischer Perspektive auf die Nutzung von KI noch nicht hinreichend berücksichtigt werden (DIN 2022, S. 174). Welche konkreten Anforderungen in der Interdependenz der KI-Personal-Organisation-Interaktion unterrepräsentiert sind, wird allerdings nicht weiter präzisiert. Daraus lassen sich die Forschungsfragen ableiten: Welche Kriterien der Humanzentrierung werden in bereits bestehenden Normen abgebildet? Findet dabei eine explizite Befassung mit KI-basierten Soziotechnischen Systemen statt? Wo besteht zusätzlicher Regelungsbedarf?

2. Theoretischer Hintergrund

Unter einer soziotechnischen Perspektive wird die Betrachtung des Zusammenspiels von Mensch, Technik und Organisation verstanden. Sie berücksichtigt nicht nur die einzelnen Teilsysteme, sondern nimmt vor allem die Schnittstellen in den Fokus, um Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zwischen den drei Dimensionen zu verstehen (Ulich 2013). Geht es um die Normierung einer humanzentrierten Entwicklung, Implementierung und Nutzung von KI müssen diese Normen entsprechend an den besonderen Herausforderungen der Schnittstellen ansetzen. Dies umfasst die Mensch-KI-Interaktion am Arbeitsplatz, aber ebenso die KI-Integration in Teams oder auf der Gesamtorganisationsebene (Kluge et al. 2024). In KI-basierten Soziotechnischen Systemen werden die Arbeitsausführungen, individuelle und kollektive Entscheidungsprozesse sowie Kooperationen unter Akteuren und zwischen Akteursebenen beeinflusst (Latniak 2023). Auf der Arbeitsplatzebene betrifft dies die direkte Interaktion zwischen Mensch und KI, beispielsweise durch Assistenz- oder Entscheidungsunterstützungssysteme. Auf der Teamebene wirkt sich der Technologieeinsatz auf die Zusammenarbeit aus, indem KI die Aufgaben- und Rollenverteilung verändert. Auf der Organisationsebene beeinflusst KI übergeordnete Strukturen und Prozesse sowie Weichenstellungen für eine verlässliche und zielorientierte Nutzung der Technologie.

Um die für einen Normungsrahmen KI-basierter Soziotechnischer Systeme zu berücksichtigende Mehrdimensionalität und Schnittstellenthematik in einem Evaluationsrahmen für Humanzentrierung abzubilden, werden nachfolgend für die Mikroebene des Arbeitsplatzes die Kriterien nach Nitsch et al. (2024) und für die darüber hinausgehende Gesamtorganisationsperspektive die acht von Wilkens et al. (2023) im Rahmen einer Meta-Analyse herausgearbeiteten Kriterien humanzentrierter KI zugrunde gelegt. Dabei beziehen sich die Kriterien der Verlässlichkeit und Erklärbarkeit auf die interaktionsrelevanten Charakteristika der Technologie. Die Kriterien der physischen und mentalen Gesundheit der Nutzenden, ihre Augmentierung und Kreativitätsförderung bzw. auch ihre Beschäftigungssicherheit sind auf die Auswirkungen der KI auf die Arbeitskräfte hinsichtlich ihrer Tätigkeiten, deren Ausführung, Autonomie, Entscheidungshoheit und Lernförderlichkeit gerichtet. Kriterien zum Ausgleich von Schwachstellen, zur Integration von Nutzerwissen und zur Organisationsverantwortung beschreiben die organisationalen Nutzungsszenarien und begleitenden Maßnahmen der verantwortlichen Implementierung (s. Tabelle 1).

3. Methodik

Die genannten Kriterien humanzentrierter KI werden zu einem Evaluationsrasters verdichtet. Die durch die Deutsche Normungsroadmap (DIN 2022, S. 308 ff.) gelisteten, bereits bestehenden 44 Normen und Standards zu Soziotechnischen Systemen mit explizitem oder indirektem Bezug zur KI werden entlang dieses Evaluationsrasters bewertet (s. Tabelle 1). Dies erfolgt angelehnt an eine strukturierte Inhaltsanalyse nach Mayring (2015).

Zunächst wurden alle Vorgaben inhaltlich überprüft und systematisch in einer Tabelle erfasst, indem relevante Eckdaten und Kurzzusammenfassungen der Kerninhalte gelistet wurden. Dabei erfolgt eine Differenzierung zwischen einem expliziten KI-Bezug und indirekten Bezügen, die sich aus der Auseinandersetzung mit Soziotechni-

schen Systemen ergeben (s. Tabelle 1 S1). Im Hauptteil der Analyse werden die Standards anhand der Evaluationskriterien eingeordnet. Daraus ergibt sich eine Übersicht, an welchen Kriterien und soziotechnischen Gestaltungsebenen die Standards ansetzen. Differenzierend zeigt sich welche Kriterien bei explizitem KI-Bezug fokussiert und welche Kriterien bei soziotechnischer Systembeschreibung adressiert werden. Zudem lassen sich die Normen danach unterscheiden, ob sie lediglich einzelne Kriterien beinhalten oder von umfassenderer Natur sind und kumulativ mehrere Facetten von Humanzentrierung integrieren.

Die 44 geprüften Standards setzen sich aus verschiedenen Normensystemen zusammen, die unterschiedliche Herkunft oder Anwendung aufweisen. Die Normenauswahl erfolgte durch interdisziplinäre Arbeitsgruppen, in dem Bewusstsein, dass eine erfolgreiche Implementierung von KI nicht nur technische Standards erfordert, sondern auch klare Leitlinien für die Gestaltung der Mensch-KI-Interaktion sowie deren Einbettung in betriebliche Prozesse (DIN 2022). Die gelisteten Vor-schriften umfassen überwiegend europäische (DIN EN) und internationale Normen (DIN EN ISO) der International Organization for Standardization oder des Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Diese wurden teilweise von der DIN ins deutsche Normenwerk übernommen. In geringer Anzahl sind auch Richtlinien des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) enthalten, die auf den Maschinenbau und verwandte Bereiche begrenzt sind. Diese Richtlinien haben keinen normierenden Charakter, sondern sind eher als technische Empfehlung für spezifische Anwendungen in Deutschland zu verstehen. Dementsprechend liegt der inhaltanalytischen Auswertung ein heterogenes Textmaterial zugrunde. Neben allgemein gehaltenen Normen, die über mehrere Seiten schildern, wie bestimmte Prozesse gestaltet sein sollen und dabei keinen konkreten KI-Bezug aufweisen (vgl. DIN EN ISO 12100), gibt es Regelungen mit einem spezifischen Anwendungs-Sachverhalt und klar benanntem KI-Kontext (vgl. DIN SPEC 91426).

4. Ergebnis

Tabelle 1 gibt einen Überblick welche Facetten einer humanzentrierten KI-Implementierung und -Nutzung in den bereits bestehenden Normen aufgegriffen werden. Als Teil der deskriptiven Auswertung ist zu nennen, dass 16 der analysierten Vorgaben des Soziotechnischen Systems explizit KI als zentrales Thema behandeln, während die anderen Normen aus dem soziotechnischen Bereich ebenfalls verschiedene Humanzentrierungskriterien berücksichtigen, aber kaum bis keinen KI-Bezug aufweisen (S1). Drei mit Sternchen markierte Normen weisen keinen direkten KI-Bezug auf, thematisieren aber Neuerungen in der Informationsverarbeitung oder verweisen auf Entwicklungen in der Digitalisierung.

Bei der Auswertung wird deutlich, dass bei mehr als der Hälfte der untersuchten Standards ein Schwerpunkt auf den technologischen Charakteristika liegt (S2). Werden die Auswirkungen auf der Personalebene adressiert, so stehen Kriterien der Gesunderhaltung im Vordergrund (S3). Hierbei wird die physische Gesundheit in Verbindung mit der technischen Sicherheit genannt (vgl. DIN EN ISO 12100). Die psychische Gesundheit wird mehrheitlich in eigenen Standards behandelt, wie etwa in allen Teilen der DIN EN ISO 10075, die sich mit der psychischen Arbeitsbelastung befasst. Demgegenüber werden die Augmentierung der Mitarbeitenden oder ihre Beschäftigungssicherheit nur in wenigen Vorgaben berücksichtigt, wie beispielsweise

in der Richtlinie VDI/VDE MT 7100, die sich mit notwendigen Voraussetzungen für die Einführung und Gestaltung lernförderlicher Arbeit befasst. Auf organisationaler Ebene (S4) sind Organisationsverantwortung und ethische Reflexion zentrale Kriterien. Ein weiteres Kriterium des Ausgleichs von Schwachstellen im System wird konkret in der DIN EN ISO 11064 aufgegriffen, die darauf abzielt, die menschliche Fehleranfälligkeit zu verringern und zugleich die Leistungsfähigkeit sowie das Wohlbefinden des Nutzers zu verbessern. Das Kriterium der Integration von Nutzerwissen wird in der DIN EN ISO 9241-Reihe „Ergonomie der Mensch-System-Interaktion“ thematisiert. Im Zentrum der Norm 9241 Teil 210 stehen Empfehlungen, wie Wissen und Bedürfnisse der Nutzenden in den Entwicklungsprozess einzubeziehen sind.

Tabelle 1: Evaluation soziotechnischer Standards nach Kriterien humanzentrierter KI

		Kriterien von Humanzentrierung								
Spalte (S)	S1	S2		S3			S4			
Dokument	*Expliziter KI-Bezug*	Verlässlichkeit, Datenschutz, Ethik	Erklärbarkeit und Transparenz	Physische und Psychische Gesundheit	Augmentierung, menschliche Handlungsfähigkeit, Kreativität, Förderung menschenwürdiger Arbeitsbedingungen	Beschäftigungs-sicherheit	Ausgleich von Schwachstellen, Prozessoptimierung	Integration von Nutzerwissen	Organisations-verantwortung und ethische Reflexion
DIN SPEC 91426	x	x	x						
DIN SPEC 92001-1	x	x	x	x					
DIN SPEC 92001-2	x	x							
ISO/IEC 22989	x	x	x						
ISO/IEC 23894	x	x	x						
ISO/TR 221005	x	x							
IEEE 7010	x	x	x						
IEEE 3333.1.3	x	x	x						
IEEE 7000	x		x						x
IEEE 7001	x	x	x						
IEEE 7002	x	x							
IEEE 7007	x	x	x						
IEEE 7005	x		x						
IEEE P2802	x	x		x					
VDE AR 2842-61	x	x							
VDE SPEC 90012	x	x	x						x
DIN EN ISO 10075*			x	x					
DIN EN ISO 11064*							x		
VDI-MT 7001*									x
DIN ISO 31000		x							x
DIN EN ISO 12100		x		x					
DIN SPEC 33888				x					
DIN EN ISO 26000									x
DIN EN ISO 27000		x							
DIN EN ISO 17000		x							
DIN EN ISO 26800				x					x
DIN EN ISO 6385				x					
DIN EN ISO 9241				x				x	
DIN EN 614-1				x					
DIN EN 614-2				x					
DIN EN 894				x					
DIN EN 16710-2				x	x				x
DIN EN ISO 27500		x	x	x	x				x
VDI/VDE MT 7100					x	x			
ITUT Y.3170		x							
ETSI TS 103 296		x							

Quelle: Evaluationskriterien nach Wilkens et al. (2023) & Nitsch et al. (2024)

Es zeigt sich, dass sich Regelungslücken nicht durch reine Quantifizierung identifizieren lassen. So gibt es Richtlinien, die umfangreiche Vorgaben für eine menschgere-

chte Arbeitsgestaltung enthalten. Ein Beispiel ist die DIN EN ISO 27500 (2017) „Die menschzentrierte Organisation – Zweck und allgemeine Grundsätze“, in der Leitlinien formuliert werden, wie Organisationen humanzentrierte Werte in ihre Strategien und Entscheidungsprozesse integrieren können. Sie legt den Fokus auf das Wohlbefinden der Mitarbeitenden und anderer Stakeholder, indem sie Ergonomie, Sicherheit, Gesundheit und Nachhaltigkeit in den Mittelpunkt stellt. Eine solche Norm kann als „Leuchtturm“ im Bereich der Humanzentrierung aufgefasst werden, von der es keine große Anzahl bedarf, um organisationales Handeln menschgerecht zu unterstützen. Allerdings fehlt hier – ebenso wie in der DIN EN ISO 26000 „Leitfaden zur gesellschaftlichen Verantwortung“ – die KI-Perspektive, welche zusätzliche Herausforderungen der KI-Personal-Organisation-Interaktion mit sich bringt. Denn KI ist zunehmend weitaus mehr als ein technisches Tool. Sie kann aufgrund der Emergenz des Systems ungeplante Dynamik erzeugen und einen eigenen Akteurscharakter annehmen (Kaplan et al. 2020; Vanneste & Puranam 2024).

Im Ergebnis kann festgehalten werden, dass es zwar erste Normen gibt, die einen KI-Ansatz bei der Betrachtung Soziotechnischer Systeme erkennen lassen, sich dabei aber im engeren Sinne auf die Mensch-KI-Interaktion beziehen. Vorgaben, die auch die Team- und Organisationsebene berücksichtigen, haben aktuell noch selten einen KI-Bezug. Hier liegt der zukünftige Entwicklungsbedarf.

5. Diskussion und Limitation

Die Analyse ermöglicht einen ersten Überblick über die aktuelle Befassung mit Kriterien der Humanzentrierung in der Gestaltung KI-basierter Soziotechnischer Systeme. Daraus ergibt sich die Ausgangsgrundlage für zukünftige Regelungs-vorhaben. Die Aufgabe der Normierung besteht darin, für die Nutzung von KI in Arbeits- und Organisationsprozessen eine verbindliche Grundlage zu schaffen. Derzeit bieten Normen ohne spezifischen KI-Bezug, die jedoch Humanzentrierung umfassend adressieren, mehr Anknüpfungspunkte als KI-bezogene Normen. Sobald dieser Gegenstand des Regelungsgeschehens ist, tritt aktuell die soziotechnische hinter die technische Perspektive zurück. Einschränkend ist hinzuzufügen, dass die Untersuchung sich ausschließlich auf die von der DIN und der DKE im Soziotechnischen System verorteten Normen und Standards bezieht und keinen Anspruch auf Vollständigkeit hat (DIN 2022, S. 308). Acht der 44 Normen konnten zudem nicht eingesehen werden, da ISO/IEC (TR/TS)-Normen für wissenschaftliche Zwecke nicht verfügbar sind. Darüber hinaus arbeiten Arbeitsgruppen in KI-Normenausschüssen bereits an der umfassenderen Berücksichtigung soziotechnischer Systemkomponenten. Aus der Analyse ergibt sich die Empfehlung einer engeren Zusammenarbeit zwischen den Normausschüssen.

6. Fazit und Ausblick

Die Analyse zeigt, dass Regelungslücken in der Gestaltung Soziotechnischer Systeme mit KI nicht durch Quantifizierung identifiziert werden können. Zwar existieren bereits umfassende Richtlinien wie die DIN EN ISO 27500, die eine menschzentrierte Arbeitsgestaltung fördern, jedoch fehlt es diesen Normen an einer spezifischen KI-Perspektive, die die neuen Herausforderungen in der KI-Personal-Organisation-Inter-

aktion berücksichtigt. Es wird deutlich, dass Normen mit KI-Bezug häufig einen stärkeren Fokus auf die direkte Mensch-Technik-Interaktion legen, während Humanzentrierungskriterien auf Team- und Organisationsebene selten im KI-Kontext betrachtet werden. Für die Zukunft wäre es daher entscheidend, eine verbindliche, alle Facetten umfassende, menschgerechte Grundlage für den Einsatz von KI in Arbeits- und Organisationsprozessen zu schaffen. Dabei bietet es sich an, Normen, die bereits Humanzentrierungskriterien neben der technischen Perspektive berücksichtigen, stärker in die Weiterentwicklung einzubeziehen. Die Empfehlung für eine verstärkte Zusammenarbeit zwischen den zuständigen Normausschüssen unterstreicht den Bedarf an einer ganzheitlichen und zukunftsfähigen Normierung.

7. Literaturverzeichnis

Directorate-General for Communication (2024) AI Act enters into force. Accessed Jan 24, 2025. https://commission.europa.eu/news/ai-act-enters-force-2024-08-01_en.

DIN, DKE (2022) Deutsche Normungsroadmap Künstliche Intelligenz (Ausgabe 2). Accessed Jan 27, 2025. https://din.de/go/normungsroadmapki.

DIN (o.J.) Arten von Normen. Accessed Jan 27, 2025. https://www.din.de/go/normen.

DIN, Deutsches Institut für Normung (2001) Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen. DIN EN ISO 11064.

DIN, Deutsches Institut für Normung (2002) Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. DIN EN ISO 9241.

DIN, Deutsches Institut für Normung (2011) Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung. DIN EN ISO 12100.

DIN, Deutsches Institut für Normung (2017) Die menschzentrierte Organisation – Zweck und allgemeine Grundsätze. DIN EN ISO 27500.

DIN, Deutsches Institut für Normung (2018 Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung . DIN EN ISO 10075.

DIN, Deutsches Institut für Normung (2020) Qualitätsanforderungen für video-gestützte Methoden der Personalauswahl (VMP). DIN SPEC 91426.

DIN, Deutsches Institut für Normung (2021) Leitfaden zur gesellschaftlichen Verantwortung. DIN EN ISO 26000.

EU Artificial Intelligence Act (EU AI Act) (2024) AI Act. Accessed Jan 24, 2025. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32021R0690.

Kaplan J, McCandlish S, Henighan T, Brown TB, Chess B, Child R, Gray S, Radford A, Wu J, Amodei D (2020) Scaling Laws for Neural Language Models. arXiv:2001.08361. https://doi.org/10.48550/arXiv.2001.08361.

Kluge A, Wilkens U, Nitsch V, Peifer C (2024) Editorial: Human-centered AI at work: Common ground in theories and methods. Front Artif Intell 7:1411795. https://doi.org/10.3389/frai.2024.1411795.

Latniak E, Tisch A, Kaufeld S (2023). Zur Aktualität soziotechnischer Arbeits- und Systemgestaltungsansätze in Zeiten von Digitalisierung und KI. Gr Interakt Org 54: 1–8. https://doi.org/10.1007/s11612-023-00673-w.

Mayring P (2015) Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. 12. Aufl. Beltz.

Nitsch V, Rick V, Kluge A, Wilkens U (2024) Human-centered approaches to AI-assisted work: the future of work? Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 78(3):261ff.

Ulich E (2013) Arbeitssysteme als Soziotechnische Systeme – eine Erinnerung. Journal Psychologie des Alltags handelns / Psychology of Everyday Activity, Vol. 6: 4–12.

Vanneste BS, Puranam P (2024) Artificial intelligence, trust, and perceptions of agency. Academy of Management Review. https://doi.org/10.5465/amr.2022.004.

VDI, Verein Deutscher Ingenieure (2019) Functional safety — Safety-related electrical, electronic and programmable electronic systems. VDI/ VDE MT 7100.

Wilkens U, Lupp D, Langholf V (2023) Configurations of human-centered AI at work: seven actor-structure engagements in organizations. Frontiers in Artificial Intelligence 6:1272159. https://doi.org/10.3389/frai.2023.1272159.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Untersuchung zum Einfluss der Formmerkmale von Joystick-Griffen auf eine präzise Bedienung

Marcel RACS, Pascal ROMMEL, Lutz FISCHER, Thomas MAIER

Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design,
Lehrstuhl Technisches Design, Universität Stuttgart,
Pfaffenwaldring 9, D-70569 Stuttgart

Kurzfassung: Moderne Produkte erfordern optimierte Stellteile, die Nutzerempfinden und Bedienaufgabe bestmöglich berücksichtigen. Dieser Beitrag präsentiert eine Studie zur experimentellen Untersuchung des Einflusses der Formmerkmale und der Härte eines Joystick-Griffes auf die Präzision und Zufriedenheit bei der Bedienung. Mithilfe einer Conjoint Analyse wurden die individuellen Einflüsse der Merkmale auf die Messgrößen ermittelt, was zu einem besseren ganzheitlichen Verständnis der Einflussgrößen beiträgt.

Schlüsselwörter: Joystick, Präzisionsaufgabe, Conjoint Analyse, Form

1. Motivation und Zielsetzung

Moderne Produkte müssen zunehmend komplexer werdende Aufgaben mit variierenden Funktionalitäten und steigender Funktionsintegration bewältigen, was herkömmliche Stellteile an ihre Grenzen bringt (Kaufmann et al. 2020). Deshalb ist es umso wichtiger, Stellteilseitig die exakten Einflüsse auf die Bedienaufgabe und das Nutzerempfinden zu kennen, um die bestmögliche Griffgestalt für die jeweilige Aufgabe zu bestimmen. In der Literatur und den Normen gibt es viele Angaben zur Ausgestaltung von Griffen für verschiedene Anwendungszwecke (Bullinger 1994; DIN EN 894-3 2010; DIN EN ISO 9241-420 2011). Dies sind gute Startwerte, aber nicht immer ausreichend für eine präzise Weiterentwicklung. Das Ziel dieses Beitrags ist es, durch einen Vergleich der Bedeutung unterschiedlicher Griffmerkmale ein besseres Verständnis der Merkmale und deren Einflüsse auf das Nutzerempfinden sowie die Präzision bei der Bedienung zu entwickeln. Dabei soll im Rahmen einer Studie ermittelt werden, welche Merkmale den größten Hebel bieten und inwieweit diese einen positiven bzw. negativen Einfluss auf die Präzisionsaufgabe und das Nutzerempfinden ausüben. Den Gedanken weitergeführt bietet dies künftig die Möglichkeit, in Stellteilen gezielt eine adaptive Griffgestalt abgestimmt auf Aufgabe und Nutzer einzubringen.

2. Methodik und Durchführung der Studie

Diese Studie untersucht den Einfluss verschiedener Formmerkmale und der Härte eines Joystick-Griffes auf Präzision und Zufriedenheit bei der Bedienung. Für ein besseres Verständnis der Einflüsse der spezifischen Merkmale wird eine Conjoint Analyse durchgeführt. Die Conjoint Analyse ist eine in der Marktforschung etablierte statistische Analysemethode zur Ermittlung von Produktpräferenzen (Müller-Hagedorn et al. 1993). Sie basiert auf der Annahme, dass der Gesamtnutzen eines Produkts die Sum-

me der Teilnutzen seiner Eigenschaften ist. Dazu werden relevante Merkmale mit verschiedenen Ausprägungen definiert und zu Reizmustern kombiniert. Jede Ausprägung muss mehrfach berücksichtigt werden, und die Merkmale müssen voneinander unabhängig, relevant und realisierbar sein (Baier & Brusch 2021). In dieser Studie werden die Merkmale Grundform, Länge des Greifbereichs, Griffdurchmesser, Verjüngung im Greifbereich, Fase an der Oberseite des Griffs sowie Härte bzw. Nachgiebigkeit im Greifbereich untersucht (vgl. Abbildung 1, links). Die Gesamtlänge aller Griffe wird konstant gehalten, um bei konstanter Empfindlichkeit in der virtuellen Bedienaufgabe und bei gleichem Auslenkungswinkel eine vergleichbare Bewegungsspanne zu gewährleisten. Damit wird eine vergleichbar präzise Bedienung gewährleistet. Für die Generierung der Reizmuster wird mit der Statistiksoftware SPSS ein orthogonaler Versuchsplan erstellt. Hierbei kommen für Merkmale und Merkmalspaare jeweils die Ausprägungen und Ausprägungspaare gleich häufig vor, um die Merkmalsausprägungen statistisch unabhängig auf ihre Wirkung hin schätzen zu können (Baier & Brusch 2021). Im vorliegenden Fall kann die Anzahl der Reizmuster von (4x3x3x3x2x2) = 432 auf 16 reduziert werden (vgl. Abbildung 1, rechts).

Merkmal	Ausprägung
Grundform	Kreis
	Quadrat
	Dreieck
	Achteck
Länge Greifbereich	lang
	mittel
	kurz
Griffdurchmesser	breit
	mittel
	schmal
Verjüngung	keine
	zur Mitte hin
	zum Rand hin
Fase	Fase
	keine Fase
Härte	hart
	weich

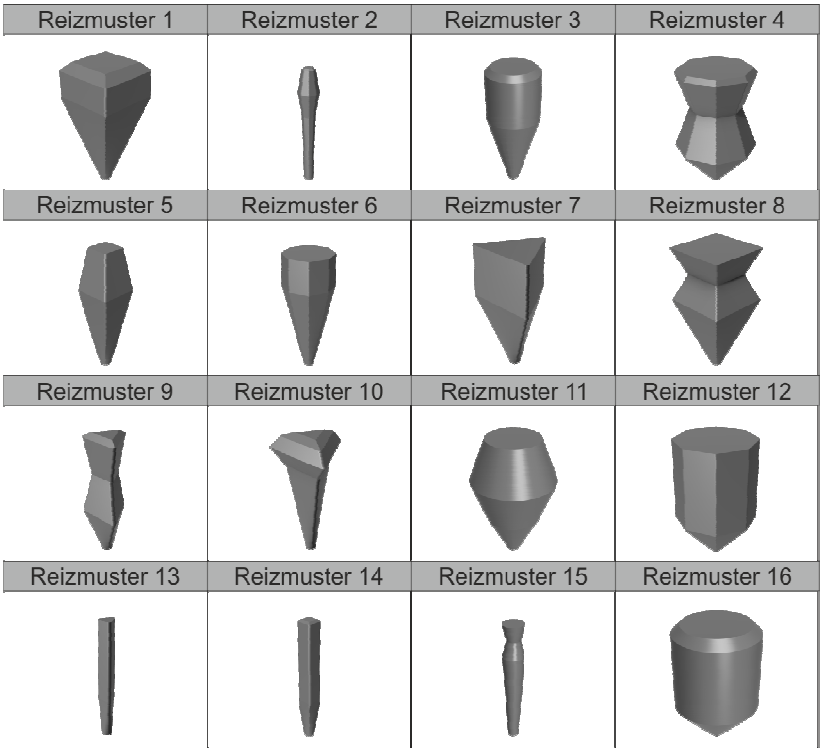


***Abbildung 1**: Merkmale und Ausprägungen der Conjoint Analyse (links) sowie die aus dem orthogonalen Design resultierenden Reizmuster (rechts).*

Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 2 dargestellt. Als Bedienaufgabe wird eine Präzisionsaufgabe des Wiener Testsystems (WTS) der Firma Schuhfried GmbH verwendet, bei der ein virtueller Punkt in je einem Durchlauf entlang einer vorgegebenen Bahn in ein Ziel gesteuert werden muss (vgl. Abbildung 2, rechts). Für die Aufgabe wird ein Joystick des WTS mit zwei rotatorischen Freiheitsgraden verwendet, dessen Griff abgenommen und durch die 16 aufgebauten Reizmuster ersetzt wird. Die Dimensionierung der Reizmuster bewegt sich innerhalb der Empfehlungen für handbetätigte Stellteile der DIN EN 894-3 (2010) und wird über die Normzahlreihe DIN 323-1 (1974)

skaliert. Die Abmaße werden maßgeblich mit der R5-Reihe mit den Multiplikatoren 1, 1,6, 2,5 und 4 skaliert. Der Durchmesser der Reizmuster beträgt 15 mm, 37,5 mm und 60 mm und die Länge des Greifbereichs 24 mm, 37,5 mm und 60 mm. Die konstante Gesamtlänge beträgt 90 mm. Die Einschnürung wird ausgehend vom anliegenden Durchmesser um 1,6 herabskaliert auf rund 9,38 mm, 23,44 mm und 37,5 mm. Die Länge und Breite der Fase ergibt sich aus einem Zehntel des anliegenden Durchmessers. Die Reizmuster werden mittels FDM-3D-Druck hergestellt. Für eine bessere Vergleichbarkeit wird mittels Füllgradvariierung und konstruktiven Anpassungen ein ähnliches Gewicht der Modelle erzielt: kleine Modelle 5-10 g, mittlere Modelle 20 g und große Modelle 30 g. Die Nachgiebigkeit kann durch dünnwandige Strukturen im Greifbereich und mittels TPU (85 ShA) erzeugt werden. Die harten Modelle werden mit PLA hergestellt. Der Arbeitsplatz (vgl. Abbildung 2, rechts) kann von jedem Probanden frei eingestellt werden (Abstand des Joysticks, Tisch- und Stuhlhöhe). Die Greifart und Abstützung des Hand-Arm-Systems sind frei wählbar. Einzige Vorgaben ist die Verwendung des definierten Greifbereichs am Griff und eine Betätigung mit der rechten Hand. Die eingenommene Haltung und Greifart wird durch zwei Kameras erfasst. Die objektiven Messgrößen der Bedienaufgabe umfassen die Gesamtdauer zur Aufgabenerfüllung, Fehlerhäufigkeit sowie Fehlerdauer. Subjektive Daten werden mit Hilfe eines Fragebogens, bestehend aus 6 Items, erhoben (vgl. Abbildung 3). Item 1 - 3 dienen zur Beurteilung von Präzision, Benutzungsgeschwindigkeit und Erlernbarkeit bei der Bedienung. Item 4 - 6 Fragen nach der Unterstützung bei der Bedienung durch die Form, die Größe und die Härte des Griffs. Die Bewertung erfolgt jeweils über eine 7-Punkt-Likert-Skala mit den Extremwerten 1 (bspw. „nicht zutreffend“) bis 7 (bspw. „trifft zu“). Mit Hilfe der Borg-Skala nach DIN EN ISO 9241-420 (2011) wird die mentale Beanspruchung in Item 7 abgefragt. Die Reizmuster werden in randomisierter Reihenfolge präsentiert und nach jedem Durchlauf bewertet. An der Studie nahmen 35 Probanden im Alter von 19 bis 63 Jahren teil (Ø = 31,78 Jahre, SD = 11,22 Jahre), davon 10 weiblich (28,57 %) und 25 männlich (71,43 %). Der Großteil der Probanden hat einen Hochschulabschluss (77,14 %), ist rechtshändig (91,43 %), deutscher Nationalität (91,43 %) und nutzt „ab und an“ (60 %) Joysticks.

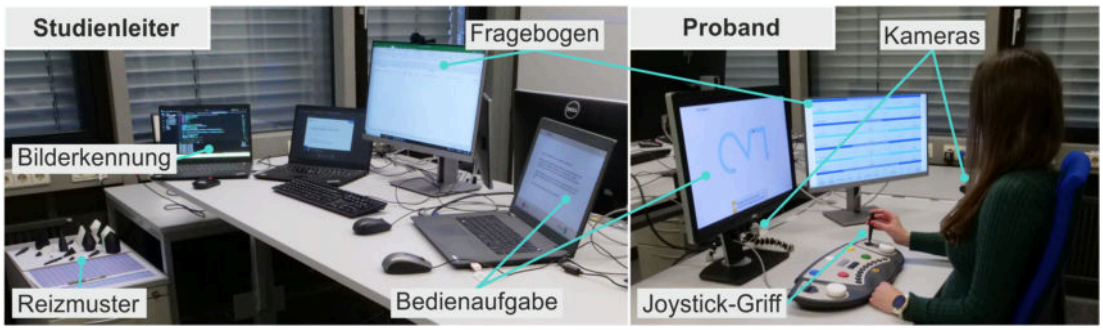


***Abbildung 2**: Versuchsaufbau für Studienleiter (links) und Probanden (rechts).*

3. Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Conjoint Analyse präsentiert. Die verwendeten Messgrößen beschreiben zusammengefasst die Gebrauchstauglichkeit, indem durch die objektiven Messgrößen und die mentale Beanspruchung die Effizienz (Dauer, mentale Beanspruchung) und Effektivität (Fehleranzahl, Fehlerdauer) erfasst wer-

den. Die verbleibenden subjektiven Messgrößen (Frage 1-6) lassen Rückschlüsse zur Zufriedenheit der Nutzer zu. Die Ergebnisse zu den einzelnen Merkmalen sind je Messgröße zu verstehen und wurden nach dem Nutzenbeitragsmodell für diskrete Merkmale ausgewertet (Baier & Brusch 2021). In Abbildung 3 sind die Wichtigkeiten der Merkmale für die jeweilige Messgröße dargestellt. Die Wichtigkeit ist relativ und ergibt je Messgröße für alle Merkmale addiert 100 %. Im vorliegenden Fall bedeutet dies, dass jeder Wert, der von 16,67 % abweicht, die Messgröße mit entsprechend höherer bzw. niedrigerer Wichtigkeit beeinflusst. So hat beispielsweise für die Frage, ob die Größe des Griffes den Nutzer bei der Bedienaufgabe unterstützt, das Merkmal „Griffdurchmesser“ mit 26,73 % einen hohen Einfluss auf das Nutzerempfinden und Änderungen würden sich deutlich stärker auswirken als Änderungen der „Länge des Greifbereichs“ mit 17,09 %. Insgesamt ist zu sehen, dass über alle Messgrößen hinweg die „Fase“ und „Härte“ den geringsten und die „Grundform“ und „Griffdurchmesser“ den größten Einfluss haben.

	Merkmal / Messgröße	Grundform	Länge Greifbereich	Griffdurch-messer	Verjüngung	Fase	Härte	Visualisierung
		Wichtigkeit [%]						
Subjektive Befragung	1. Präzision	23,35	19,41	21,21	15,87	9,63	10,53	
	2. Bedienge-schwindigkeit	21,71	20,17	22,52	14,85	9,14	11,62	
	3. Erlernbarkeit	26,92	18,35	19,36	16,10	8,38	10,89	
	4. Form	29,82	17,69	21,30	15,43	7,86	7,90	
	5. Größe	22,42	17,09	26,73	16,39	7,76	9,60	
	6. Härte	20,6	16,63	18,06	15,55	8,05	21,12	
	7. Mentale Beanspruchung	25,24	17,83	20,35	17,47	8,77	10,35	
Objektive Messungen	8. Gesamtdauer	26,99	18,67	16,50	17,01	10,58	10,26	
	9. Fehleranzahl	25,50	16,60	18,93	17,21	10,89	10,87	
	10. Fehlerdauer	23,33	16,02	20,55	20,09	8,81	11,19	
								0% 16,67% 30%

***Abbildung 3**: Wichtigkeit bzw. Einfluss der Merkmale für alle erfassten Messgrößen.*

In Abbildung 4 wird für die objektiven Messgrößen die statistische Bestimmung der Teilnutzwerte je Ausprägung im Detail dargestellt. Dabei wird aus der Bewertung der

Reizmuster, welche wiederum aus den Merkmalskombinationen bestehen, die Bedeutung bzw. der Teilnutzen der einzelnen Merkmalsausprägungen berechnet. Für die Berechnung der Teilnutzenwerte wird für jede Messgröße eine Konstante aus den Analyseergebnissen als Basiswert über alle Probanden berechnet. Die Teilnutzenwerte weichen als positiver oder negativer Wert von der Konstante ab, wobei eine größere Spanne der Werte auch eine größere Wichtigkeit bedeutet. Im vorliegenden Fall bedeutet eine negative Abweichung jeweils einen positiven Effekt, da dies eine Reduzierung der Gesamtdauer, der Fehleranzahl und der Fehlerdauer nach sich zieht.

		Gesamtdauer (Sek.)		Fehleranzahl		Fehlerdauer (Sek.)		
Merkmal	Ausprägung	Teil-nutzen	SE	Teil-nutzen	SE	Teil-nutzen	SE	**Visualisierung**
Grundform	*Kreis*	-0,203	0,255	-0,195	0,152	-0,050	0,020	
	Quadrat	0,142	0,255	0,348	0,152	0,035	0,020	
	Dreieck	-0,031	0,255	-0,173	0,152	-0,005	0,020	
	Achteck	0,092	0,255	0,020	0,152	0,020	0,020	
Länge Greifbereich	lang	0,024	0,196	0,040	0,117	0,012	0,015	
	mittel	-0,069	0,230	0,015	0,138	0,005	0,018	
	kurz	0,046	0,230	-0,056	0,138	-0,017	0,018	
Griffdurch-messer	breit	0,327	0,196	0,045	0,117	0,017	0,015	
	mittel	-0,225	0,230	-0,612	0,138	-0,085	0,018	
	schmal	-0,103	0,230	0,567	0,138	0,069	0,018	
Verjüngung	keine	0,238	0,196	-0,002	0,117	0,008	0,015	
	zur Mitte hin	-0,094	0,230	-0,267	0,138	-0,013	0,018	
	zum Rand hin	-0,144	0,230	0,269	0,138	0,004	0,018	
Fase	Fase	0,135	0,147	0,116	0,088	0,021	0,011	
	keine Fase	-0,135	0,147	-0,116	0,088	-0,021	0,011	
Härte	hart	-0,199	0,147	-0,113	0,088	-0,011	0,011	
	weich	0,199	0,147	0,113	0,088	0,011	0,011	
Konstante		12,269	0,170	3,338	0,102	0,335	0,013	-0,5 -0,25 0 0,25 0,5

***Abbildung 4**: Teilnutzenschätzung aller Ausprägungen für die obj. Messgrößen (SE = Std.-Fehler).*

Bei der Grundform zeigt sich an der Fehleranzahl, dass die Ausprägungen Kreis (-0,195) und Dreieck (-0,173) zu einer Reduzierung und Quadrat (0,348) zu einer Erhöhung der Fehler führen, während das Achteck (0,020) nahezu neutral ist. Beim Griffdurchmesser ergaben sich deutliche Vorteile von mittleren (-0,612) Griffen für die Fehleranzahl und Nachteile durch schmale (0,567) Griffe. Auf die Gesamtdauer haben mittlere (-0,225) und schmale (-0,103) Griffdurchmesser ebenfalls einen positiven Effekt. Breite (0,327) Griffe führen zu einer Erhöhung der Gesamtdauer. Die Verjüngung zur Mitte (-0,267) hat einen hohen Nutzen bei der Fehleranzahl, während die

Verjüngung zum Rand (-0,144) das bessere Ergebnis bei der Gesamtdauer erzielt. Bezüglich des Merkmals Fase schneidet bei allen Messgrößen die Variante ohne Fase besser ab. Hinsichtlich der variierten Härte kann für die Ausprägung hart ein positiver Effekt identifiziert werden. Es ist außerdem zu sehen, dass die Teilnutzenwerte der Messgröße Fehlerdauer insgesamt kleine Ausschläge aufweisen, sodass der Einfluss als gering eingeschätzt werden kann. Aus Platzgründen kann nicht auf die detaillierten Teilnutzenwerte der subjektiven Messgrößen eingegangen werden. Abgeleitet aus den berechneten Teilnutzen lassen sich nun theoretisch optimale Griffe gestalten und anschließend im Kontext einer konkreten Präzisionsaufgabe evaluieren.

4. Diskussion

Durch das reduzierte orthogonale Design konnte eine hohe Anzahl verschiedener Merkmalsausprägungen abgeprüft werden. Die Ergebnisse zeigen, dass Unterschiede in den Einflüssen der einzelnen Merkmale und deren Ausprägungen auf die erhobenen Messgrößen bestehen. Diese geben Auskunft darüber, welche Ausprägungen beeinflusst werden müssen, um gezielte Verbesserungen bezüglich der subjektiven und objektiven Messgrößen zu realisieren. Dadurch kann die Griffgestalt gezielt variiert werden, um bspw. Griffe für spezifische Aufgaben zu optimieren oder relevante Bereiche des Griffes adaptiv zu gestalten. Einflüsse durch die freie Wahl der Haltung und Greifart können in diesem Studiendesign nicht ausgeschlossen werden. Eine Vergrößerung der Stichprobe und anschließende Clusteranalyse erscheinen sinnvoll, um die Einflüsse der verschiedenen Greifarten und der Abstützung des Handballens bzw. des Armes zu berücksichtigen. Weiterhin muss angemerkt werden, dass sich die „kurzen“ Greifbereiche durch die konstante Gesamtlänge des Griffes immer oben am Griff befanden, was teilweise dem Wunsch zum Abstützen des Handballens entgegenstand. Hier kann potenziell neben der Greifart auch die bevorzugte Greifhöhe näher beleuchtet werden. Einige Probanden merkten an, dass die Nachgiebigkeit des Greifbereichs durch die Änderung der Härte aufgrund der geringen Betätigungskräfte des Joysticks am WTS nicht wahrgenommen wurde. Sie hing außerdem davon ab, wo der Griff angefasst wurde, da die Kanten der Geometrien bedingt durch das Fertigungsverfahren härter als die Griffflächen sind. Damit kann auch der geringe Einfluss dieses Merkmals erklärt werden. Die Härte sollte in nachfolgenden Studien nochmals feiner auf die Betätigungskräfte und Greifbereiche abgestimmt werden.

6. Literatur

Baier D, Brusch M (2021) Konstruktion von Erhebungsdesigns bei der Conjointanalyse. In: Conjointanalyse: Springer Gabler, Berlin, Heidelberg, S. 95–116.

Bullinger HJ (1994) Ergonomie - Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Stuttgart: Teubner.

DIN 323-1 (1974) Normzahlen und Normzahlreihen. Hauptwerte, Genauwerte, Rundwerte. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

DIN EN 894-3 (2010) Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteile. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

DIN EN ISO 9241-420 (2011) Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 420: Auswahlverfahren für physikalische Eingabegeräte. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

Kaufman A, Schempp T, Stöhr I, Schmid M, Maier T (2020) Komplexität managen - Adaptive Bedienarmlehne. ATZ Heavy Duty, S.22-29.

Müller-Hagedorn L, Sewing E, Toporowski W (1993) Zur Validität von Conjoint-Analysen. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung 45.2, 123-148.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Automatisiertes Monitoring im Arbeitsumfeld: Risiken und Chancen der automatisierten Erfassung von Ressourcenverbräuchen und Prozessen zur Gefährdungsprävention am Arbeitsplatz

Ikram EL MOUSSAOUI[1], Monika EIGENSTETTER[1]

[1] A.U.G.E.-Institut der Hochschule Niederrhein, Reinarzstr. 49, D-47805 Krefeld

Kurzfassung: Automatisierte Monitoring-Systeme bieten ein erhebliches Potenzial zur Steigerung der Ressourceneffizienz und zur Vermeidung von Gesundheitsrisiken am Arbeitsplatz. Insbesondere in Laborumgebungen können eine ausgefeilte Sensorik und künstliche Intelligenz (KI) dazu beitragen, den Verbrauch von Energie, Wasser und Chemikalien zu optimieren und sicherheitsrelevante Parameter kontinuierlich zu überwachen. Gleichzeitig ergeben sich Herausforderungen in Bezug auf Datenschutz, Akzeptanz und ethische Fragen, insbesondere bei der Erfassung von Daten. Die Arbeit untersucht die Wahrnehmung und Akzeptanz von automatisierten Monitoring-Systemen in Hochschullaboren mittels qualitativer Interviews. Die Ergebnisse zeigen, dass die Akzeptanz stark von der Einbindung der Beschäftigten und dem wahrgenommenen Nutzen der Technologie abhängt.

Schlüsselwörter: Automatisierte Monitoring-Systeme, Künstliche Intelligenz, Ressourceneffizienz, Akzeptanz, Ethische Dilemmata

1. Automatisiertes Monitoring – Digitale Technologien, Sensoren, Künstliche Intelligenz und Arbeitsgestaltung

Labore zählen zu den ressourcenintensivsten Arbeitsumgebungen und stellen ein vielversprechendes Untersuchungsfeld für die Anwendung und Pilotierung für ein automatisiertes Monitoring dar. Automatisiertes Monitoring umfasst die kontinuierliche und systematische Erfassung, Analyse und Steuerung von Prozessen und Ressourcenverbräuchen in Echtzeit. Dies geschieht durch den Einsatz von Sensoren, vernetzten Systemen und häufig auch künstlicher Intelligenz (KI), die miteinander kommunizieren und Daten in Echtzeit verarbeiten können. Sensoren erfassen die physikalischen oder chemischen Parameter wie CO_2-Emissionen, Stromverbrauch, Wasserverbrauch (Schmidt et al. 2021). Die gesammelten Daten können zentral oder dezentral in vernetzten Systemen gespeichert und verarbeitet werden. KI-Systeme können über das Erkennen von Mustern und die Vorhersage zukünftiger Entwicklungen zu einer dynamischen Optimierung von Arbeitsprozessen beitragen (Hoffmann et al. 2020).

Durch automatisierte Monitoring-Systeme in Laboren können in einem digitalen Zwilling gespeichert werden. Die kontinuierliche Erfassung über Monitoring-Systeme und der Auswertung von Daten, wie z. B. Luftqualität, chemische Belastungen und Energieverbrauch, dienen als Grundlage für die ökologische Bewertung von Produkten und Prozessen (Münger 2021). Automatisierte Monitoring-Systeme ermöglichen hier

nicht nur eine Optimierung des Ressourceneinsatzes, sondern können auch Arbeitssicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz erhöhen. So können präventive Maßnahmen zum Schutz der Mitarbeitenden eingeleitet werden (Schmidt et al. 2021; Rossi et al. 2022; Hoffmann et al. 2020).

Gleichzeitig zeichnen Sensoren und KI-Systeme aber auch Bewegungsmuster, Ressourcennutzung und Prozessabläufe auf, was zu einer Verletzung von Persönlichkeitsrechten führen kann. Die Einhaltung der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) ist daher essenziell, um das Vertrauen der Beschäftigten in die eingesetzten Technologien zu stärken (Brown et al. 2022, S. 19). Für eine weitreichende Digitalisierung von Laboratorien im Hochschulkontext fehlen bislang systematische Untersuchungen.

2. Forschungsfragen

Vor diesem Hintergrund bleibt offen, inwiefern automatisierte Monitoring-Systeme zur Erhöhung von Ressourceneffizienz und Risikoprävention von den Mitarbeitenden in Laboratorien tatsächlich akzeptiert werden. Ziel ist es, durch den Ansatz einer partizipativen soziotechnischen Systemgestaltung sowohl ökologische als auch arbeitswissenschaftliche Herausforderungen zu adressieren. Folgenden Fragen wird nachgegangen:

- Wie bewerten die Mitarbeitenden in Laboratorien an Hochschulen den Einsatz der geplanten Technologien (Sensoren, KI, Ressourcenmessgeräte) in den Laboren in Bezug auf Sicherheit und Datenschutz?
- Würden die neuen Technologien in den Laboratorien akzeptiert werden?

3. Methodik und Aufbau der Studie

Ein Szenario des zukünftigen Einsatzes des oben skizzierten Monitoringsystems wurde präsentiert, und anschließend erfolgte eine Bewertung dieses Zukunftsszenarios mittels offener Fragen durch Beschäftigte.

Das Szenario beschreibt eine Laborsituation, in der Prozesse analysiert und Daten für Forschungsarbeiten gesammelt werden. Das Labor im Szenario ist mit einer Vielzahl von technischen Systemen ausgestattet, die sowohl der Erfassung von Ressourcenverbräuchen als auch der Überwachung von Arbeitsprozessen dienen. Mehrere Mitarbeiter*innen arbeiten in diesem Labor und interagieren zwangsläufig mit den Systemen und digitalen Technologien, die in die Infrastruktur integriert sind. Zur Erfassung und Optimierung der Ressourcennutzung sind Sensoren installiert, die den Verbrauch von Wasser, Energie und Chemikalien in Echtzeit messen. Darüber hinaus ermöglichen Bewegungssensoren die Analyse von Arbeitsmustern und die Nutzung bestimmter Laborbereiche, um potenzielle Stürze oder Gefahren zu melden. NFC-Karten dienen der Zeiterfassung sowie der Dokumentation von Arbeitsschritten und Datenzugriffen, um den Forschungsprozess effizient und nachvollziehbar zu gestalten.

Sechs Fragen wurden gestellt:

1. Welche Auswirkungen erwarten Sie (zukünftig) durch den Einsatz von Sensoren, KI und Ressourcenmessgeräten auf das Sicherheitsempfinden in Ihrem Labor?
2. Welche Chancen und Herausforderungen sehen Sie (zukünftig) beim Einsatz dieser Technologien in Ihrer täglichen Arbeit?

3. Welche Bedenken haben Sie bezüglich des Datenschutzes und die Transparenz der erfassten Daten?
4. Inwiefern könnte die Einführung dieser Technologien (zukünftig) Ihre Arbeitsabläufe oder Ihr Gefühl der Kontrolle über Ihre Arbeit verändern?
5. Unter welchen Bedingungen würden Sie diese Technologien akzeptieren und aktiv nutzen?
6. Wie sollte der Einführungsprozess (zukünftig) gestaltet werden, damit er für Sie und Ihre Kolleginnen und Kollegen akzeptabel ist?

Elf Personen aus verschiedenen relevanten Arbeitsbereichen wurden befragt (Durchschnittsalter 31,6 Jahre). Die Stichprobe umfasste vier Professorinnen und Professoren, sechs wissenschaftliche Mitarbeitende und eine technische Angestellte.

4. Ergebnisse der Befragung

Die Einführung automatisierter Monitoring-Technologien, wie z. B. Sensoren zur Erfassung des Ressourcenverbrauchs, KI-gestützte Analysen und digitale Erfassungssysteme, wird als grundlegender Wandel hin zu einer stärker datengetriebenen und automatisierten Arbeitsweise verstanden. Es wurde jedoch betont, dass die technische Integration solcher Systeme nicht isoliert, sondern unter Berücksichtigung der bestehenden Arbeitsprozesse und der menschlichen Interaktion erfolgen sollte. Mehrere Befragte äußerten die Befürchtung, dass eine zunehmende Automatisierung zwar die Effizienz steigern, gleichzeitig aber auch die Abhängigkeit von der Technik erhöhen könnte. Zudem wurde die Notwendigkeit einer transparenten Kommunikation über Funktion und Zweck der Systeme betont, um Unsicherheiten und mögliche Akzeptanzbarrieren zu minimieren.

Im Zusammenhang mit der Einführung automatisierter Überwachungssysteme in Laboratorien wurden von den Befragten sowohl potenzielle Vorteile als auch Herausforderungen genannt. Die größte Chance wird in der Erhöhung der Laborsicherheit durch eine genauere Überwachung sicherheitsrelevanter Parameter gesehen, insbesondere die Sicherheit im Umgang mit Gefahrstoffen: Potenziell gefährliche Konzentrationen oder das Austreten giftiger Gase könnten frühzeitig erkannt und Alarme ausgelöst werden. Weiterer Vorteile sind die Möglichkeit einer effizienteren Arbeitsorganisation und Übernahmen von Routineaufgaben, so z. B. administrative Tätigkeiten wie die Dokumentation von Experimenten, Nachverfolgung von Verbrauchsmaterialien oder automatische Protokollierung von Sicherheitsmaßnahmen. Technologien können Fehlerquellen minimieren, und damit die Arbeitseffizienz verbessern. Die Datenqualität könnte erhöht werden. Energie- und Wasserverbräuche können gezielt reduziert und ineffiziente Prozessabläufe identifiziert werden, was langfristig sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile mit sich bringen würde.

Risiken werden In Bezug auf technische Fehleranfälligkeit und mögliche Fehlinterpretationen von Daten gesehen: Eine zu starke Automatisierung könnte dazu führen, dass kritisches Fachwissen und manuelle Kontrollmechanismen verloren gehen. Befragte äußerten Unsicherheiten bezüglich der Erhebung und Verwendung von Daten. Es ist unklar, ob die erhobenen Daten ausschließlich zur Optimierung der Sicherheit verwendet werden oder ob sie auch für Leistungsbewertungen oder andere überwachungsähnliche Zwecke genutzt werden würden.

Die Akzeptanz einer solchen Technologie ist abhängig von der Erfahrung und der Einschätzung des praktischen Nutzens. Eine hohe Benutzerfreundlichkeit und eine einfache Integration in bestehende Arbeitsprozesse wurden als wesentliche Faktoren

für die Akzeptanz genannt. Die Möglichkeit, Monitoringdaten eigenständig für die eigene Arbeit zu nutzen, erhöhte die Bereitschaft zur Nutzung der Technologien. Wichtig ist Partizipation: Befragte, die bereits in Entscheidungsprozesse eingebunden waren oder sich informiert fühlten, zeigten eine höhere Akzeptanz.

Als Belastungen durch die neue Technik wurden thematisiert: permanente Überwachung, die Abhängigkeit von der Technik bei Systemausfällen oder Fehlmessungen. Dies führt zu Skepsis gegenüber automatisierten Monitoring-Systemen.

5. Implikationen für die Praxis

Automatisierte Monitoring-Systeme können einen wichtigen Beitrag zur effizienten Ressourcennutzung leisten, indem sie Energie- und Materialverbräuche systematisch erfassen und Optimierungspotenziale aufzeigen. Dies ermöglicht nicht nur einen umweltschonenderen Umgang mit Ressourcen, sondern kann langfristig auch zu einer Senkung der Betriebskosten führen. Die Ergebnisse entsprechen Befunden, die im Kontext der Digitalisierung z. B. in der Industrie gefunden werden.

Auch im Hochschulkontext ist für eine erfolgreiche Integration der Technologien eine aktive Beteiligung der Beschäftigten erforderlich. Die Ergebnisse legen nahe, dass die Akzeptanz solcher Systeme stark von Transparenz, Schulungsmaßnahmen und einer nachvollziehbaren Einführungsstrategie abhängt. Entscheidend ist, dass die Monitoringsysteme nicht als Kontroll- oder Überwachungsinstanzen wahrgenommen werden, sondern als unterstützende Systeme, die Arbeitsprozesse erleichtern, Ressourcen und zur Sicherheit der Beschäftigten beitragen.

6. Literatur

Brown, P., Green, T., & Wilson, R. (2022). Digital Monitoring and Workplace Safety: A Critical Analysis of Data Utilization. Oxford University Press.

Hoffmann, R., Meier, L., & Schneider, P. (2020). AI-Based Predictive Maintenance: Enhancing Industrial Safety and Efficiency. Springer.

Münger, M. (2021). The Role of Digital Innovation in the Circular Economy: Strategies for Sustainable Business Transformation. Palgrave Macmillan.

Rossi, G., Fernandez, L., & Schmidt, A. (2022). Sustainable Workplaces: Digital Technologies and Occupational Safety. CRC Press.

Schmidt, L., Meier, P., & Weber, C. (2021). Sensor-Based Environmental Monitoring: Applications in Industrial and Laboratory Settings. Springer.

Förderhinsweis: Das Projekt „Smart Interfaces – SmInt“ wird vom Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen im Rahmen der Förderbekanntmachung „Profilbildung 2022“ gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Qualifizierungsbedarf von Fachkräften entlang der Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen-Batterien

Anna Kathrin GERHARDUS, Jule Marie DRESSEN, Martin FRENZ

Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen University;
Eilfschornsteinstraße 18, D-52062 Aachen

Kurzfassung: Die Transformation hin zur Elektromobilität verändert Arbeitsprozesse und stellt neue Kompetenzanforderungen an Fachkräfte in gewerblich-technischen Berufen. Zur Ermittlung des Qualifizierungsbedarfs wurden Arbeitsprozesse erhoben und analysiert, um erforderliche Kompetenzen zu beschreiben. Diese wurden mit den Berufen von Fachkräften entlang der Batteriewertschöpfungskette verglichen. Dadurch lässt sich der Qualifizierungsbedarf von Fachkräften der Batteriebranche ableiten.

Schlüsselwörter: Berufliche Bildung, Batteriewertschöpfungskette, Elektrifizierung, Qualifizierung, Energiewende

1. Einleitung

Aktuell durchläuft die Automobilbranche eine Transformation hin zur Elektromobilität (Clausen et al. 2022). Dieser Prozess rückt den Fokus auf die aufstrebende Batteriebranche. Hier wird ein stark wachsender Arbeitsmarkt für die gesamte Batteriewertschöpfungskette prognostiziert (Weymann & Leidenberger 2022; Hiebel et al. 2023). Im Jahr 2012 wurde prognostiziert, dass der Arbeitsmarkt gut auf die Elektromobilität vorbereitet sei (Müller & Goericke 2012), es zeigt sich nun, dass das Wachstum der Batteriebranche mehr qualifizierte Fachkräfte benötigt. Dies erfordert eine an die Batterietechnik angepasste Ausbildung (Döring et al. 2012) und arbeitsprozessorientierte Qualifizierungsangebote für bestehende Fachkräfte, damit diese in der Branche weiterhin handlungsfähig sind (Bauer et al. 2018).



***Abbildung 1**: Batteriewertschöpfungskette als Kreislaufwirtschaft (eigene Darstellung).*

Der Beitrag thematisiert den Zusammenhang zwischen der Wertschöpfungskette einer Lithium-Ionen-Batterie und ihrer Fachkräfte. Die Batteriewertschöpfungskette (BWK) umfasst die vier Hauptphasen Produktion, Logistik, Nutzung sowie Recycling und Zweitnutzung. Die Phase der Produktion gliedert sich in die Unterphasen Material, Komponente, Zelle sowie Modul und Systeme (vgl. Abbildung 1).

2. Methodik

Im Folgenden wurden zuerst die Arbeitsprozesse der Batteriewertschöpfungskette betrachtet, um die Fachkräfte dieser darzustellen und die arbeitsprozessbezogenen Zielkompetenzen zu erheben (2.1). Anschließend wurden die Ausgangskompetenzen durch eine Ordnungsmittelanalyse ermittelt (2.2) und der Qualifikationsbedarf abgeleitet (vgl. Abbildung 2).

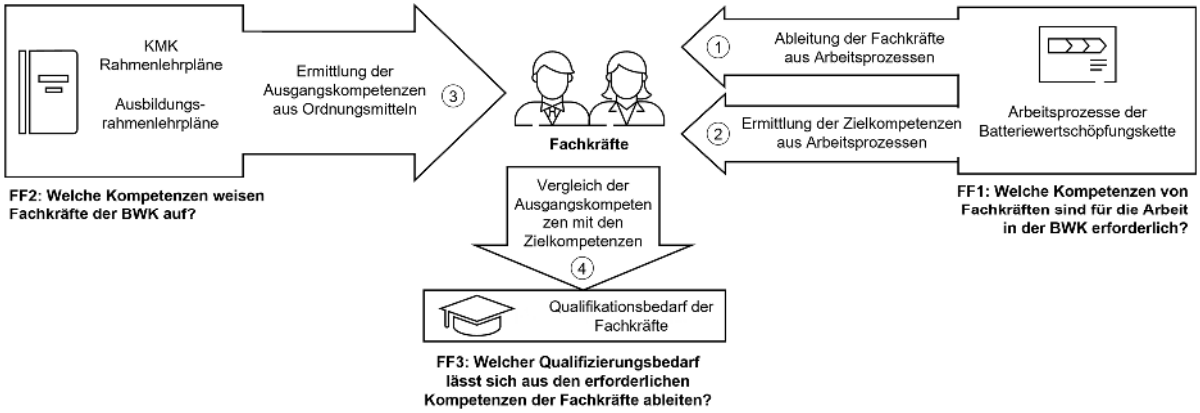


***Abbildung 2**: Bestimmung des Qualifikationsbedarfs von Fachkräften der Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen-Batterien (eigene Darstellung).*

Mit jedem dieser Schritte wird jeweils eine der drei Forschungsfragen beantwortet: Welche Kompetenzen von Fachkräften sind für die Arbeit in der Batteriewertschöpfungskette erforderlich? (FF1), Welche Kompetenzen weisen Fachkräfte der Batteriewertschöpfungskette auf? (FF2), Welcher Qualifizierungsbedarf lässt sich aus den erforderlichen Kompetenzen der Fachkräfte ableiten? (FF3)

2.1 Arbeitsprozessbezogene Zielkompetenzen der Batteriewertschöpfungskette

Die Arbeitsprozesse, auf die in dieser Arbeit zurückgegriffen wird, wurden durch Experteninterviews und Beobachtungen aufgenommenen und anschließend modelliert, sodass sie für jede einzelne Wertschöpfungsphase Handlungsabläufe und verantwortliche Personen darstellen (Gerhardus et al. In Veröffentlichung). Daraus lassen sich die Fachkräfte der Batteriewertschöpfungskette ermitteln. Es wurden die folgenden sieben Berufsbilder betrachtet (siehe Tabelle 1).

***Tabelle 1:** Fachkräftegruppen, je nach Wertschöpfungsphase (eigene Tabelle).*

Produktion			
Material	**Komponente**	**Zelle**	**Modul & System**
Fachkraft für Metalltechnik	Fachkraft für Metalltechnik	Fachkraft für Metalltechnik, Elektroniker*in für Automatisierungstechnik	Fachkraft für Metalltechnik, Elektroniker*in für Automatisierungstechnik, Fachkraft für Lagerlogistik

Logistik	**Nutzung & Wartung**	**Recycling & Zweitnutzung**
Berufskraftfahrer*in	Kraftfahrzeugmechatroniker*in	Fachkraft für Metalltechnik, Elektroniker*in für Automatisierungstechnik

Anhand der beschriebenen Tätigkeiten der Arbeitsprozesse lassen sich über das berufliche Handlungsfeld die benötigten Handlungskompetenzen ableiten (Howe & Knutzen 2021). Zur Beschreibung der weiteren Methodik wird als Beispiel der Qualifikationsbedarf der Kompetenz „Ein- und Ausschalten von Hochvolt-Systemen (HV-Systemen)“ des Berufs Kraftfahrzeugmechatroniker*in betrachtet (vgl. Tabelle 2). Diese arbeiten in der Wertschöpfungsphase der Nutzung und Wartung und benötigen die angegebene Kompetenz, um Elektrofahrzeuge spannungsfrei zu schalten.

Tabelle 2: *Erhebung der Ausgangskompetenzen aus KMK und ARLP (eigene Tabelle)*

Wertschöpfungsphase (WP)	Arbeitsprozessbezogene Kompetenzen (APK)
Nutzung und Wartung	Ein- und Ausschalten von HV-Systemen

Das Vorgehen, dass hier exemplarisch am Berufsbild Kraftfahrzeugmechatroniker*in gezeigt wird, lässt sich auf alle Fachkräfte und deren Tätigkeiten entlang der Batteriewertschöpfungskette übertragen. Durch dieses Vorgehen wird zudem Forschungsfrage 1 beantwortet: Welche Kompetenzen von Fachkräften sind für die Arbeit in der Batteriewertschöpfungskette erforderlich?

2.2 Ordnungsmittelanalyse zur Erhebung der Ausgangskompetenzen

In der dualen Berufsausbildung wird an zwei Lernorten gelernt: am betrieblichen Lernort für die berufliche Praxis und am schulischen Lernort für die Theorie (Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2025). Beide Ausbildungsorte nutzen verschiedene Rahmenlehrpläne. Die Lehre im Ausbildungsbetrieb wird durch Ausbildungsrahmenlehrpläne (ARLP) geregelt. Für den Lernort Berufsschule gilt der Rahmenlehrplan der Kultusministerkonferenz (KMK RLP) (Kultusministerkonferenz 1972). Zur Analyse der beruflichen Ausgangskompetenzen wurde eine Ordnungsmittelanalyse (Becker & Spöttl 2008; Rauner 2005) beider Dokumentarten durchgeführt. Hierzu wurden die arbeitsprozessorientierten Kompetenzen mit den Kompetenzen der Ordnungsmittel abgeglichen und nach möglichen Übereinstimmungen gesucht.

Tabelle 3: *Erhebung der Ausgangskompetenzen aus KMK RLP und ARLP (eigene Tabelle).*

WP	APK	Kompetenzen KMK RLP	Kompetenzen ARLP
Nutzung und Wartung	Ein- und Ausschalten von HV-Systemen	Freischalten von Hochvoltkomponente[…] (Lernfeld 3: […])	Beurteilung von Gefährdungen an HV-Fahrzeugen […] (Schwerpunkt: System- und Hochvolttechnik: Lernfeld 1 […])

Ausgehend vom Beispiel Kraftfahrzeugmechatroniker*in lässt sich die arbeitsprozessorientierte Kompetenz „Ein- und Ausschalten von HV-Systemen“ in beiden Ordnungsmitteln finden (vgl. Tabelle 3): im KMK Rahmenlehrplan in Lernfeld 2 als Kompetenz „Freischalten von Hochvoltkomponente“ und im Ausbildungsrahmenlehrplan als Kompetenz des „Schwerpunkt: System- und Hochvolttechnik: Lernfeld 1: Außer Betrieb nehmen und in Betrieb nehmen von fahrzeugtechnischen Systemen (§ 4 Absatz 3 Nummer 2)“. Dadurch lässt sich Forschungsfrage 2 beantworten: Welche Kompetenzen weisen Fachkräfte der Batteriewertschöpfungskette auf?

2.3 Erhebung des Qualifizierungsbedarfs aus Ausgangs- und Zielkompetenzen

Um den Qualifizierungsbedarf zu erheben ist der Vergleich von Ausgangs- und Zielkompetenzen notwendig. Für das betrachtete Beispiel ist die geforderte Kompetenz von beiden Ordnungsmitteln abgedeckt und es besteht kein weiterer Qualifizierungsbedarf (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: *Erhebung des Qualifizierungsbedarfs (eigene Tabelle).*

WP	APK	Kompetenzen KMK	Kompetenzen ARLP	Qualifizierungsbedarf
Nutzung und Wartung	Ein- und Ausschalten von HV-Systemen	Freischalten von Hochvoltkomponenten […] (Lernfeld 3: […])	Beurteilung von Gefährdungen an HV-Fahrzeugen […] (Schwerpunkt: System- und Hochvolttechnik: Lernfeld 1 […])	Kein Bedarf

Der Qualifizierungsbedarf anderer Fachkräfte fällt je nach betrachteter Kompetenz und Berufsgruppe verschieden groß aus und wir in Kapitel 3 erläutert. Dadurch lässt sich Forschungsfrage 3 beantworten: Welcher Qualifizierungsbedarf lässt sich aus den erforderlichen Kompetenzen der Fachkräfte ableiten?

3. Ergebnisse

Die Erhebung des Qualifizierungsbedarfs basierend auf der Ordnungsmittelanalyse der Ausbildungsrahmenlehrpläne (ARLP) des Landes Nordrhein-Westfalen, der KMK-Rahmenlehrpläne (KMK RLP), sowie der Analyse von Arbeitsprozessen der BWK (Gerhardus et al. In Veröffentlichung) ergab folgende Ergebnisse:

Fachkraft für Lagerlogistik: Für Fachkräfte für Lagerlogistik bestehen Qualifizierungsbedarfe. Aus den Arbeitsprozessen der Wertschöpfungsphase Modul und System lassen sich die benötigten Kompetenzen ableiten: Gelieferte Batteriezellen annehmen, Gelieferte Batteriezellen prüfen und nach Leistungsangaben sortieren, Batteriezellen an vorgesehenen Ort transportieren, Gelieferte Batteriezellen einlagern. Im KMK RLP (Kultusministerkonferenz 2004) lassen sich in Lernfeld 1, 2 und 4 Handlungskompetenzen zu den beschrieben Arbeitstätigkeiten finden. Im ARLP (Industrie- und Handelskammer 2004) finden sich diese in § 11 Nummer 7, 8 und 9. Fehlend sind jedoch batteriespezifische Kompetenzen, wie zum Beispiel Kenntnis um Transport- und Lagerungsbesonderheiten von Batterien. Dies ist als Ergänzung zu den vorhandenen Ausgangskompetenzen erforderlich, um einen korrekten Umgang mit Batterien sicherzustellen.

Berufskraftfahrer*in: Für Berufskraftfahrer*innen, aus der Wertschöpfungsphase Logistik, zeigt sich ebenso ein Qualifizierungsbedarf. Die arbeitsprozessbasierten Handlungskompetenzen (Batterien verladen, sichern, Im Gefahren-/Unfallfall reagieren, Dokumentation der Güter & Fahrt vornehmen, Einfuhr- und Ausfuhrregeln in andere Länder für Batterien) sind grundlegend in den Lernfeldern 3, 5, 8, 9 und 10 des KMK RLP und des § 3 Nummer 6, 8 und 10 des ARLP (Industrie- und Handelskammer 2001) vorhanden. Batteriespezifische Kompetenzen, wie zum Beispiel zur Dokumentation und dem Zollrecht von Batterien, sowie die Ladungssicherung von Batteriemodulen fehlen jedoch. Eine Qualifizierung ist notwendig, um einen sicheren und korrekten Transport von Batterien sicherzustellen.

Kraftfahrzeugmechatroniker*in: Für Kraftfahrzeugmechatroniker*innen, die der Wertschöpfungsphase Nutzung und Wartung zugeordnet sind, besteht kein Qualifizierungsbedarf. Die aus den Arbeitsprozessen abgeleiteten Kompetenzen (Ein- und Ausschalten von HV-Systemen, Überprüfung und Fehleridentifikation an HV-Systemen (Diagnose), Instandsetzung fehlerhafter HV-Systeme, Abnahme und Sicherheitsprüfung) decken sich mit den Lernfeldern 1, 3, 6, 8, 13S und 12S des KMK RLP (Kultusministerkonferenz 2013b) und den § 4 Absatz 3 Nummer 2, 5, 6 und 7 des ARLP (Industrie- und Handelskammer 2013b). Ausgegangen wird von der Schwerpunktsetzung System- und Hochvolttechnik, welche im Rahmen der Kraftfahrzeugmechatronik Ausbildung wählbar ist. Wurde dieser Schwerpunkt nicht gewählt, ist Qualifizierungsbedarf vorhanden.

Fachkraft für Metalltechnik: Fachkräfte für Metalltechnik arbeiten in allen vier Wertschöpfungsphasen der Produktion, sowie im Recycling. Dies zeigt sich in den heterogenen Kompetenzanforderungen dieser Berufsgruppe. Hierunter fällt die Bedienung diverser (batteriespezifischer) Maschinen, Kenntnisse über die Handhabung batteriespezifischer Materialien (zum Beispiel Elektrodenbänder), sowie der Montage und Demontage von Batteriezellen. Vorhandene Kompetenzen zeigen sich in den Lernfeldern 1, 2, 5 (Fachrichtung Umform- und Drahttechnik) und 6 (Fachrichtung Montagetechnik) der KMK RLP (Kultusministerkonferenz 2013a) und in § 4 Absatz 2 Abschnitt E Nummer 2, Abschnitt C Nummer 4 und Abschnitt B Nummer 2 des ARLP (Industrie- und Handelskammer 2013a). Jedoch ist eine weitere Qualifizierung notwendig, um den Umgang mit batteriespezifischen Materialen und Maschinen zu erlernen und die vorhandenen Kompetenzen zu ergänzen.

Elektroniker*in für Automatisierungstechnik: Hier zeigt sich, dass in den Ordnungsmitteln (KMK RLP (Kultusministerkonferenz 2018) und im ARLP (Industrie- und Handelskammer 2007)) die meisten benötigten Zielkompetenzen vorhanden sind. Es fehlt jedoch spezifische Kompetenz zur Batterietechnik. Da der Rahmenlehrplan jedoch das Handlungsfeld im Beruf beschreibt und nicht die konkreten Handlungen vorgibt, könnte eine Ausgestaltung dieser die Batterietechnik mit einbeziehen.

4. Fazit

Die durchgeführte Analyse zeigt, dass es diverse Qualifizierungsbedarfe entlang der Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen-Batterien gibt. Dies wurde aus den erhobenen Ausgangskompetenzen der Fachkräfte und den arbeitsprozessbasiert erhobenen Zielkompetenzen der Wertschöpfungskette erhoben. Die Ergebnisse zeigen, dass selbst bei Fachkräften eine kontinuierliche Anpassung der Ausbildung und gezielte Weiterbildung notwendig ist, um den steigenden Bedarf an qualifizierten Fachkräften in der Batteriebranche zu decken.

5. Literaturverzeichnis

Bauer, E. H.W.; Riedel, O.; Herrmann, F.; Borrmann, D.; Sachs, C. (2018): ELAB 2.0. Wirkung der Fahrzeugelektrisierung auf die Beschäftigung am Standort Deutschland. Abschlussbericht, November 2018. Hg. v. Fraunhofer-InstitutfürArbeitswirtschaft undOrganisation (IOA). Stuttgart.

Becker, M.; Spöttl, G. (2008): Berufswissenschaftliche Forschung. Ein Arbeitsbuch für Studium und Praxis. 1. Aufl. Frankfurt am Main, Berlin, Bern, Wien: Lang (Berufliche Bildung in Forschung, Schule und Arbeitswelt, 2).

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2025): Was ist eine duale Ausbildung? Online verfügbar unter https://www.die-duale.de/DE/duale-ausbildung/die-duale-ausbildung_node.html, zuletzt geprüft am 20.01.2025.

Clausen, J.; Grimm, A.; Pfaff, M. (2022): Die erfolgreiche Transformation der Automobilbranche. Working Paper Forschungsförderung. Hrsg. v. Hans-Böckler-Stiftung. Düsseldorf (No. 253).

Döring, O.; Benzer, U.; Vode, D. (2012): Qualifizierung für die Elektromobilität. Studie. Hrsg. v. Bayerischer Unternehmensverband Metall und Elektro e. V.

Gerhardus, A.K.; Roesges, S.; Dreßen, J.M. (In Veröffentlichung): Arbeitsprozessmodellierung entlang der Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen-Batterien für die kompetenzorientierte Qualifikation von Fachkräften. Aachen.

Hiebel, M.; Gehrke, I.; Sommer, L.; Somborn, A.; Gaikwad, A.; Deerberg, G. (Hrsg.) (2023): Technologieatlas Nachhaltigkeit. Familienunternehmen als Entwickler und Anwender von Umwelttechnologie. Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik; Stiftung Familienunternehmen. 2. Auflage. München: Stiftung Familienunternehmen.

Howe, F.; Knutzen, S. (2021): Arbeitsprozesse analysieren und beschreiben. Hamburg: tredition GmbH.

Industrie- und Handelskammer (2001): Ausbildungsrahmenplan für die Berufsausbildung zum Berufskraftfahrer / zur Berufskraftfahrerin. Anlage zu § 4 Abs. 1. Hrsg. v. Industrie- und Handelskammer Bodensee-Oberschwaben. Bodensee.

Industrie- und Handelskammer (2004): Ausbildungsrahmenplan für die Berufsausbildung Fachkraft für Lagerlogistik. Anlage 3 zu § 17. Hrsg. v. Industrie- und Handelskammer zu Dortmund.

Industrie- und Handelskammer (2007): Berufsausbildung in den industriellen Elektroberufen zum Elektroniker für Automatisierungstechnik / zur Elektronikerin für Automatisierungstechnik. Ausbildungsrahmenplan. Zu vermittelnde Fähigkeiten und Kenntnisse. Hrsg. v. Industrie- und Handelskammer zu Dortmund. Dortmund.

Industrie- und Handelskammer (2013a): Ausbildungsrahmenplan. Fachkraft für Metalltechnik. Zu vermittelnde Fähigkeiten und Kenntnisse. Hrsg. v. Industrie- und Handelskammer Bodensee-Oberschwaben.

Industrie- und Handelskammer (2013b): Ausbildungsrahmenplan. Kraftfahrzeugmechatroniker, Kraftfahrzeugmechatronikerin. Zu vermittelnde Fähigkeiten und Kenntnisse. Hrsg. v. Industrie- und Handelskammer zu Dortmund. Dortmund.

Kultusministerkonferenz (1972): Gemeinsames Ergebnisprotokoll. betreffend das Verfahren bei der Abstimmung von Ausbildungsordnungen und Rahmenlehrplänen im Bereich der beruflichen Bildung zwischen der Bundesregierung und den Kultusministern (-senatoren) der Länder. Beschluss-Nr. 320. Hrsg. v. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.

Kultusministerkonferenz (2004): Rahmenlehrplan. für den Ausbildungsberuf Fachkraft für Lagerlogistik. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 25.03.2004). Hrsg. v. Kultusministerkonferenz.

Kultusministerkonferenz (2013a): Rahmenlehrplan. für den Ausbildungsberuf Fachkraft für Metalltechnik. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 22.03.2013). Hrsg. v. Kultusministerkonferenz.

Kultusministerkonferenz (2013b): Rahmenlehrplan. für den Ausbildungsberuf Kraftfahrzeugmechatroniker und Kraftfahrzeugmechatronikerin. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 25.04.2013). Hrsg. v. Kultusministerkonferenz.

Kultusministerkonferenz (2018): Rahmenlehrplan. Für den Ausbildungsberuf Elektroniker für Automatisierungstechnik/Elektronikerin für Automatisierungstechnik. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.05.2003 i.d.F. vom 23.02.2018). Hrsg. v. Kultusministerkonferenz.

Müller, K.; Goericke, D. (2012): Kompetenz-Roadmap. NPE AG 6 – Ausbildung und Qualifizierung. Hrsg. v. Nationale Plattform Elektromobilität (NPE). Berin.

Rauner, F. (Hrsg.) (2005): Handbuch Berufsbildungsforschung. Bielefeld: Bertelsmann.

Weymann, L.; Leidenberger, J. (2022): Europäische Batteriezellfertigung: Verzehnfachung der Produktionskapazitäten bis 2030. Online verfügbar unter https://www.isi.fraunhofer.de/de/presse/2022/presseinfo-17-Batteriezellfertigung-Verzehnfachung-2030.html, zuletzt geprüft am 19.12.2024.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Handlungsanweisungen durch digitale Systeme in Produktion und Logistik: Auswirkungen eines Veto-Rechts auf die wahrgenommene Autonomie

Florens L. BURGERT, Fabian WILLEMSEN, Agnesa REÇICA, Susanne MÜTZE-NIEWÖHNER, Verena NITSCH

Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen University, Eilfschornsteinstraße 18, D-52062 Aachen

Kurzfassung: In Produktion und Logistik werden digitale Systeme eingesetzt, um Beschäftigte durch Handlungsanweisungen bei ihren Tätigkeiten zu unterstützen. Um die Frage zu beantworten, inwieweit sich die Gestaltungsoption, Handlungsanweisungen des Systems abzulehnen (sog. Veto-Recht), auf die wahrgenommene Autonomie auswirkt, wird eine Befragung von Beschäftigten aus Produktion und Logistik aus dem Forschungsprojekt AKzentE4.0 ausgewertet. Ein Gruppenvergleich zeigt, dass Beschäftigte mit Veto-Recht (n = 36) ihre Autonomie signifikant höher einschätzen als Beschäftigte ohne Veto-Recht (n = 55). Die Ergebnisse durchgeführter Regressionsanalysen bekräftigen grundlegende (positive) Zusammenhänge zwischen der Autonomie und verschiedenen Ergebnisvariablen, wie der Zufriedenheit und der Leistung (n = 91).

Schlüsselwörter: Arbeitsgestaltung, Digitale Systeme, Assistenzsysteme, Produktion, Logistik, Autonomie

1. Einleitung

In Produktion und Logistik werden digitale Assistenzsysteme eingesetzt, um Beschäftigte durch Handlungsanweisungen bspw. bei Kommissionier-, Montage- und Prüfaufgaben zu unterstützen (Zheng et al. 2024; Lensing 2023; Apt et al. 2018). Durch den Einsatz solcher Systeme streben Unternehmen und Systemanbieter vor allem eine Steigerung der Produktivität, Prozesskontrolle und Wirtschaftlichkeit an, indem Fehler vermieden, eine konstant hohe Qualität gewährleistet und die Anforderungen an die Qualifikationen für die Ausführung der Tätigkeiten reduziert werden (s. z. B. Klapper et al. 2019; Digital Manufacturing 2024; Raveling 2016). Die Auswirkungen auf die Arbeitsaufgaben und -bedingungen der Beschäftigten werden allerdings bei der Systemgestaltung und -einführung häufig nicht ausreichend betrachtet (Parker & Grote 2022), obwohl Studien immer wieder zeigen, dass diese zwar durchaus positiv, aber eben auch negativ sein können (s. z. B. Haase et al. 2020; Krzywdzinski et al. 2022; Mütze-Niewöhner et al. 2023).

Bei der Gestaltung von Arbeit mit digitalen Systemen muss insbesondere die Funktionsteilung zwischen Arbeitsperson und System festgelegt werden (Hacker 2022). Dies betrifft vor allem die Zuweisung der Entscheidungshoheit bei der Ausführung von Tätigkeiten, die aus arbeitswissenschaftlicher Sicht möglichst bei den Beschäftigten verbleiben sollte (Frost et al. 2020; Hacker 2022; Tegtmeier et al. 2022). Sollen digitale Systeme eingesetzt werden, die Beschäftigten konkrete Handlungsanweisungen vorgeben, dann bestehen u. a. folgende Gestaltungsoptionen: (1.) Entweder verfügen

Beschäftigte über die Entscheidungshoheit und können – im Sinne eines Veto-Rechts – vorgeschlagene Handlungen ggf. ablehnen bzw. abweichende Handlungen ausführen oder (2.) sie besitzen diese Möglichkeit nicht und sind gezwungen, den Anweisungen zu folgen.

Ein in der Arbeitsforschung vielfach untersuchtes Arbeitsmerkmal ist die wahrgenommene Autonomie, die sowohl Einfluss auf Wohlbefinden, Motivation und Zufriedenheit als auch auf die Leistung der Beschäftigten hat (Parker & Grote 2022; Parker et al. 2017; Hackman & Oldham 1976). Es stellen sich somit zwei Forschungsfragen: (1.) Schätzen Beschäftigte in Produktion und Logistik ihre Autonomie höher ein, wenn sie bei Handlungsanweisungen durch ein digitales System über ein Veto-Recht verfügen? (2.) Inwieweit zeigen sich für den konkreten Anwendungskontext grundlegende Zusammenhänge der Arbeitsgestaltung, d. h. Zusammenhänge zwischen der wahrgenommenen Autonomie und den Outputgrößen Zufriedenheit, kognitive Stresssymptome, allgemeiner Gesundheitszustand, Motivation sowie Performanz?

Im Forschungsprojekt AKzentE4.0 wurden Beschäftigte (N = 534) aus Produktion und Logistik befragt, die bei ihrer Tätigkeit durch ein digitales System unterstützt werden (Reçica 2023). Zur Beantwortung der Fragestellungen wird in diesem Beitrag eine Teilstichprobe (n = 91) ausgewertet.

2. Methode

2.1 Eingesetzte Erhebungsinstrumente

Zur Einstufung des eingesetzten Systems im Hinblick auf das Veto-Recht bei Handlungsanweisungen wurden zwei Antwortoptionen vorgegeben: (1.) „*Handlungsanweisungen mit Veto-Recht: Das System gibt mir vor, was ich tun soll. Ich kann davon abweichen.*“ (2.) „*Handlungsanweisungen: Das System gibt mir vor, was ich tun soll. Ich kann nicht davon abweichen.*“

Zur Erfassung der wahrgenommenen Autonomie der Beschäftigten wurden die Items der Methoden- (3 Items), Planungs- (3 Items) und Entscheidungsautonomie (3 Items) der deutschen Fassung des *Work Design Questionnaire* (*WDQ*) nach Stegmann et al. (2019) eingesetzt. Um den Bezug zur unterstützten Tätigkeit zu gewährleisten, wurde in der Formulierung der Items *Arbeit* durch *Tätigkeit* ersetzt. Zusätzlich wurden 3 Items zur Autonomie in Bezug auf die Ziele und Bewertung der Tätigkeit nach Breaugh (1985) (*Work Criteria Autonomy*) übersetzt und genutzt.

Die Zufriedenheit mit der Tätigkeit und die Motivation bei der Tätigkeit wurden in Anlehnung an die Konstrukte *Allgemeine Arbeitszufriedenheit* (5 Items) und *Intrinsische Arbeitsmotivation* (6 Items) der deutschen Übersetzung des *Job Diagnostic Survey* (*JDS*; Schmidt et al. 1985) erfasst, wobei der Begriff *Arbeit* in den entsprechenden Items beider Konstrukte durch den Begriff *Tätigkeit* ersetzt wurde. Stress und Gesundheit wurden mithilfe der Skalen *Kognitive Stresssymptome* (4 Items) und *Allgemeiner Gesundheitszustand* (1 Item) der verkürzten deutschen Fassung des *Copenhagen Psychosocial Questionnaire* (*COPSOQ*; Nübling et al. 2005) erhoben. Zur Erfassung der Performanz der Befragten wurden fünf Items eingesetzt, die eine Einschätzung von Zielerreichung, Produktivität, Zufriedenheit mit den Ergebnissen, Zufriedenheit der vorgesetzten Person mit den Ergebnissen sowie der Erfüllung von Qualitätsvorgaben ermöglichen.

Für die Erhebung der kognitiven Stresssymptome und des allgemeinen Gesundheitszustands wurden die Antwortskalen aus dem *COPSOQ* übernommen (Kognitive Stresssymptome: fünfstufige Antwortskala von 1 = *immer* bis 5 = *nie/fast nie*; Allgemeiner Gesundheitszustand: elfstufige Skala von 0 = *schlechtester denkbarer Gesundheitszustand* bis 10 = *bester denkbarer Gesundheitszustand*). Für die Beantwortung aller anderen Items wurde eine sechsstufige Likert-Skala verwendet (1 = *stimmt gar nicht* bis 6 = *stimmt völlig*).

2.2 Methodisches Vorgehen und Beschreibung der Stichprobe

Die Befragung wurde mit einem Online-Fragebogen umgesetzt. Die Akquise der Teilnehmenden wurde mithilfe eines Panelanbieters vorgenommen. Mit Filterfragen wurde sichergestellt, dass die Teilnehmenden regelmäßig eine Tätigkeit in Produktion oder Logistik ausführen, bei der sie von einem digitalen System unterstützt werden. Um eine ausreichende Datenqualität zu gewährleisten, wurde eine Datenbereinigung unter Berücksichtigung der Bearbeitungsdauern (Leiner 2019), eines Kontrollitems zur Überprüfung der Aufmerksamkeit (Shamon & Berning 2020) sowie der Freitextantworten zur eigenen Tätigkeit und dem eingesetzten System vorgenommen. Der bereinigte Datensatz umfasst 534 Teilnehmende. Die in diesem Beitrag zur Beantwortung der genannten Fragestellungen betrachtete Stichprobe umfasst 91 Befragte (17,0 %), die angaben, Handlungsanweisungen durch das System zu erhalten. Davon gaben 36 Personen (39,6 %) an, von den Handlungsanweisungen abweichen zu können, während 55 Befragte (60,4 %) kein Veto-Recht besitzen.

Von den 91 Befragten ordneten sich 65 Personen (71,4 %) der männlichen und 26 Personen (28,6 %) der weiblichen Geschlechtskategorie zu (*divers* und *keine Angabe*: 0 Personen). Das Alter der Befragten betrug durchschnittlich 45,7 Jahre (*SD* = 11,3 Jahre). 35 Personen (38,5 %) ordneten ihre Tätigkeit, bei der sie durch ein digitales System unterstützt werden, dem Bereich Produktion zu. 56 Befragte (61,5 %) wählten den Bereich Logistik. Als Tätigkeiten wurden im Bereich Produktion u. a. Montage, Maschinenüberwachung, Instandhaltung, Prüfung und Fertigung und im Bereich Logistik insbesondere Kommissionierung, aber auch Einlagern, Bestellen, Verpacken, Warenkontrolle und das Fahren von Staplern genannt. Die Tätigkeiten werden durchschnittlich 28,6 Stunden (*SD* = 14,5 Stunden) pro Woche ausgeführt.

Als digitale Systeme wurden bei produktionsbezogenen Tätigkeiten u. a. Computer, SAP, Tablet, RFID, Handscanner und Prozessleitsystem genannt. Befragte mit Tätigkeiten im Bereich Logistik gaben insbesondere SAP, Handscanner, Pick-by-Systeme, aber auch RFID, Tablet und Bestellsystem an. Die Mehrheit der Befragten (55 Personen, 60,4 %) gab an, das jeweilige System bereits länger als drei Jahre zu nutzen (weniger als ein Jahr: 10 Personen, 11,0 %; zwischen einem Jahr und drei Jahren: 26 Personen, 28,6 %).

3. Ergebnisse

Für die dargestellte Stichprobe wurde zunächst untersucht, inwieweit sich die wahrgenommene Autonomie der Beschäftigten abhängig vom Veto-Recht bei den Handlungsanweisungen durch das digitale System unterscheidet. Dazu wurde für die erfasste Autonomie ein t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt (ungerichtete Hypothesentestung; $\alpha = ,05$). Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: *Deskriptive Statistik zur Autonomie in beiden Gruppen sowie Gruppenvergleich.*

	Handlungsanweisungen mit Veto-Recht (*n* = 36)				Handlungsanweisungen ohne Veto-Recht (*n* = 55)						
	M	*SD*	*Min*	*Max*	*M*	*SD*	*Min*	*Max*	*t*(89)	*p*	*d*
Autonomie	4,11	0,99	2,00	6,00	3,22	1,33	1,00	6,00	3,449	< ,001	0,739

Die Ergebnisse zeigen, dass für das Autonomieempfinden ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen vorliegt (t (89) = 3,449; p < ,001). In der Gruppe der Befragten, die über ein Veto-Recht verfügen, wurde die eigene Autonomie höher (M = 4,11; SD = 0,99) eingeschätzt als in der Gruppe ohne Veto-Recht (M = 3,22; SD = 1,33). Die Effektstärke von d = 0,739 deutet nach Cohen (1988) auf einen mittleren bis tendenziell großen Effekt hin.

Um die wahrgenommene Autonomie hinsichtlich ihrer Zusammenhänge mit der Zufriedenheit mit der Tätigkeit, den kognitiven Stresssymptomen, dem allgemeinen Gesundheitszustand, der Motivation sowie mit der eingeschätzten Performanz der Beschäftigten für den Anwendungskontext einordnen zu können, wurden Regressionsanalysen durchgeführt. Für die genannten Kriterien wurden jeweils einfache lineare Regressionen mit der Autonomie als Prädiktor-Variable berechnet (α = ,05). Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der Regressionsanalysen.

Tabelle 2: *Koeffizienten der einfachen linearen Regressionen mit Autonomie als Prädiktor.*

Kriterium / Modell	Prädiktor	*B*	*SE*	*β*	*t*(89)	*p*
Zufriedenheit[1]	Konstante	3,101	0,248		12,525	< ,001
(R^2 = ,217)	Autonomie	0,325	0,065	,466	4,976	< ,001
Kognitive Stresssymptome[2]	Konstante	2,392	0,277		8,629	< ,001
(R^2 = ,019)	Autonomie	–0,095	0,073	–,137	–1,303	,196
Allg. Gesundheitszustand[3]	Konstante	6,649	0,520		12,785	< ,001
(R^2 = ,066)	Autonomie	0,345	0,137	,257	2,510	,014
Motivation[4]	Konstante	2,775	0,266		10,420	< ,001
(R^2 = ,211)	Autonomie	0,343	0,070	,459	4,877	< ,001
Performanz[5]	Konstante	3,763	0,264		14,229	< ,001
(R^2 = ,228)	Autonomie	0,358	0,070	,478	5,132	< ,001

Anmerkungen: n = 91; [1] M = 4,26, SD = 0,89; [2] M = 2,05, SD = 0,89; [3] M = 7,88, SD = 1,71; [4] M = 4,00, SD = 0,95; [5] M = 5,04, SD = 0,96; Quellen und Anzahl der Items: s. Beitrag

Die Regressionsmodelle mit der Zufriedenheit mit der Tätigkeit (F (1,89) = 24,730; p < ,001), dem allgemeinen Gesundheitszustand (F (1,89) = 6,302; p = ,014), der Motivation bei der Tätigkeit (F (1,89) = 23,782; p < ,001) und der Performanz (F (1,89) = 26,334; p < ,001) als jeweilige Kriteriums-Variable erwiesen sich als statistisch signifikant. Das Modell mit den kognitiven Stresssymptome als Kriterium war nicht statistisch signifikant (F (1,89) = 1,697; p = ,196). Die Bestimmtheitsmaße deuten auf eine schwache Varianzaufklärung des allgemeinen Gesundheitszustands (R^2 = ,066) sowie eine moderate Varianzaufklärung von Zufriedenheit (R^2 = ,217), Motivation (R^2 = ,211) und Performanz (R^2 = ,228) durch die Autonomie hin (vgl. Cohen 1998).

4. Diskussion und Ausblick

Im Beitrag werden der Einfluss eines Veto-Rechts bei Handlungsanweisungen durch digitale Systeme in Produktion und Logistik auf die wahrgenommene Autonomie sowie der Einfluss der Autonomie auf relevante Outputgrößen betrachtet und analysiert. Es konnte gezeigt werden, dass Beschäftigte mit Veto-Recht eine höhere Autonomie wahrnehmen und eine höhere Autonomie mit höheren Ausprägungen der Outputgrößen Zufriedenheit, Gesundheitszustand, Motivation und Performanz einhergeht. In Verbindung mit der weitestgehend moderaten Varianzaufklärung der Outputgrößen durch die Autonomie wird die Wichtigkeit der Betrachtung der wahrgenommenen Autonomie bei der Arbeit mit digitalen Systemen (Parker & Grote 2022; Tegtmeier et al. 2022) unterstrichen.

Die Ergebnisse bekräftigen somit die arbeitswissenschaftliche Empfehlung, dass auch bei der Arbeit mit digitalen Systemen und KI die Entscheidungsautonomie bei der Arbeitsperson verbleiben sollte (Frost et al. 2020; Hacker 2022; Tegtmeier et al. 2022). Neben den in diesem Beitrag dargelegten positiven Auswirkungen könnten so auch negative betriebliche Auswirkungen im Falle von fehlerhaften Anweisungen oder Systemstörungen reduziert werden (vgl. Hacker 2022). Die Ausübung des Veto-Rechts setzt allerdings sowohl ein ausreichendes Qualifikationsniveau in Bezug auf die Tätigkeitsausführung als auch ein angemessenes Verständnis des Systems und damit Systemtransparenz voraus (vgl. Hacker 2022; Tegtmeier et al. 2022).

Bei der statistischen Analyse wurden die erhobenen Dimensionen der Autonomie nicht separat betrachtet, sondern zu einem Konstrukt aggregiert, sodass ggf. differenziertere Zusammenhänge nicht erfasst wurden. Weiterhin ist die Bandbreite an eingesetzten Systemen recht groß. In weiteren Studien könnte überprüft werden, inwieweit die gefundenen Effekte von der Art des eingesetzten Systems abhängig sind. Dabei sollten auch andere Stufen der Automatisierung berücksichtigt werden (s. z. B. Frohm et al. 2008). Nicht erhoben wurde außerdem die erlebte Sinnhaftigkeit, die sich in verschiedenen Studien als Mediator zwischen Arbeitsmerkmalen und Arbeitsergebnissen gezeigt hat (Parker et al. 2017).

Insgesamt stützen die Ergebnisse zentrale Befunde der Arbeitsforschung und die darauf basierenden Empfehlungen für eine menschengerechte und menschenzentrierte Arbeitsgestaltung im Kontext von Digitalisierung und KI. Weiterer Forschungsbedarf zeigt sich in Bezug auf den Einfluss von Prozess- und Systemtransparenz auf die betrachteten Zusammenhänge.

6. Literatur

Apt W, Schubert M, Wischmann S (2018) Digitale Assistenzsysteme. Perspektiven und Herausforderungen für den Einsatz in Industrie und Dienstleistungen. Berlin: Institut für Innovation und Technik.

Breaugh JA (1985) The measurement of work autonomy. Hum Relat 38:551–570.

Cohen J (1988) Statistical power analysis for the behavioural sciences, 2. Aufl. New York: Routledge.

Digital Manufacturing (2024) Zusammenspiel Mensch und Maschine: "Der Schlaue Klaus" assistiert dem Werker im Arbeitsprozess. Abgerufen am 10.01.2025. https://www.digital-manufacturing-magazin.de/werkerassistenz system-der-schlaue-klaus-a-8e77aa49b57407ff066eeabf356af584/.

Frohm J, Lindström V, Stahre J, Winroth M (2008). Levels of automation in manufacturing. Ergonomia - Int J Ergon Hum Factors 30(3).

Frost M, Guhlemann K, Cordes A, Zittlau K, Hasselmann O (2020) Produktive, sichere und gesunde Arbeitsgestaltung mit digitalen Technologien und Künstlicher Intelligenz – Hintergrundwissen und Gestaltungsempfehlungen. Z Arb Wiss 74(2):76–88.

Haase T, Termath W, Berndt D, Dick M (2020) Assistive technologies: Companion or controller? Appropriation instead of instruction. J Syst Cybern Informatics 18:13–18.
Hacker W (2022) Arbeitsgestaltung bei Digitalisierung. Z Arb Wiss 76:90–98.
Hackman JR, Oldham GR (1976) Motivation through the Design of Work: Test of a Theory. Organ Behav Hum Perform 16:250–279.
Klapper J, Gelec E, Pokorni B, Hämmerle M, Rothenberger R (2019) Potenziale digitaler Assistenzsysteme: Aktueller und zukünftiger Einsatz digitaler Assistenzsysteme in produzierenden Unternehmen. Stuttgart: Fraunhofer IAO.
Krzywdzinski M, Pfeiffer S, Evers M, Gerber C (2022) Die Vermessung der Arbeitswelt: Wearables und digitale Assistenzsysteme in Fertigung und Logistik, Study der Hans-Böckler-Stiftung, No. 475. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung (Hrsg).
Leiner DJ (2019) Too fast, too straight, too weird: Non-reactive indicators for meaningless data in internet surveys. Surv Res Methods 13:229–248.
Lensing K (2023) KI-basierte Assistenzsysteme für die Industrie 4.0. In: Bauernhansl T (Hrsg) Handbuch Industrie 4.0, Band 1. Berlin: Springer, 209–237.
Mütze-Niewöhner S, Willemsen F, Mayer C, Duisberg M (2023) Partizipative und prospektive Arbeitsgestaltung – reloaded: Analyse und Gestaltung von Arbeitstätigkeiten im Kontext von Digitalisierung und Industrie 4.0. Working Paper Forschungsförderung, 296. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.
Nübling M, Stößel U, Hasselhorn HM, Michaelis M, Hofmann F (2005) Methoden zur Erfassung psychischer Belastungen: Erprobung eines Messinstrumentes (COPSOQ). Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Fb 1058. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
Parker SK, Grote G (2022) Automation, Algorithms, and Beyond: Why Work Design Matters More Than Ever in a Digital World. Appl Psychol 71:1171–1204.
Parker SK, Morgeson FP, Johns G (2017) One hundred years of work design research: Looking back and looking forward. J Appl Psychol 102:403–420.
Raveling J (2016) Digitale Assistenzsysteme: So können Unternehmen Produktionsfehler ausschließen. Wirtschaftsförderung Bremen. Abgerufen am 10.01.2025. https://www.wfb-bremen.de/de/page/stories/digitalisierung-industrie40/digitale-assistenzsysteme-so-koennen-unternehmen-produktionsfehler-ausschliessen.
Reçica A (2023) Untersuchung der Auswirkungen KI-gestützter Entscheidungen auf die Arbeitsproduktivität und das Wohlbefinden. RWTH Aachen: Institut für Arbeitswissenschaft, unveröffentlichte Masterarbeit.
Schmidt KH, Kleinbeck U, Ottmann W, Seidel B (1985) Ein Verfahren zur Diagnose von Arbeitsinhalten: Der Job Diagnostic Survey (JDS). Psychologie und Praxis 29:162–172.
Shamon H, Berning CC (2020) Attention Check Items and Instructions in Online Surveys with Incentivized and Non-Incentivized Samples: Boon or Bane for Data Quality? Surv Res Methods 14:55–77.
Stegmann S, van Dick R, Junker NM, Charalambous J (2019) WDQ: Work Design Questionnaire. Deutschsprachige Adaptation des Work Design Questionnaire (WDQ) von Frederick P. Morgeson und Stephen E. Humphrey. Bern: Hogrefe.
Tegtmeier P, Weber C, Sommer S, Tisch A, Wischniewski S (2022) Criteria and Guidelines for Human-Centered Work Design in a Digitally Transformed World of Work: Findings from a Formal Consensus Process. Int J Environ Res Public Health 19:15506.
Zheng T, Grosse EH, Morana S, Glock CH (2024) A review of digital assistants in production and logistics: applications, benefits, and challenges. Int J Prod Res 62:8022–8048.

Förderhinweis: Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt AKzentE4.0 wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in der Fördermaßnahme „Zukunft der Arbeit: Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung. Gestaltung neuer Arbeitsformen durch Künstliche Intelligenz“ im Programm „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ gefördert (Förderkennzeichen: 02L19C400) und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Untersuchungen zum prosozialen Fahrerverhalten beim Fahrstreifenwechsel im städtischen Mischverkehr

Felix FRIEDRICH

Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt, Otto-Berndt-Straße 2, D-64287 Darmstadt

Kurzfassung: Der vorliegende Beitrag befasst sich mit dem Promotionsvorhaben zur Untersuchung des prosozialen Fahrerverhaltens beim Einfädeln lassen von automatisierten Fahrzeugen (AV) im städtischen Mischverkehr. Ziel ist es, das menschliche prosoziale Fahrerverhalten in der Kooperation mit AV besser zu verstehen und ein externes Mensch-Maschine-Schnittstellenkonzept zu entwickeln, um dieses positiv zu beeinflussen. Hierfür wurden aus der Literatur Forschungslücken identifiziert und vier Forschungsfragen abgeleitet, sowie ein Forschungsmodell zu deren Einbettung und Visualisierung entwickelt. Anschließend wird das Untersuchungskonzept zur Beantwortung der Forschungsfragen des Promotionvorhabens vorgestellt.

Schlüsselwörter: prosoziales Fahrerverhalten, Fahrstreifenwechsel, automatisiertes Fahren, externe Mensch-Maschine-Schnittstelle, Stadtverkehr

1. Einleitung und Arbeitsdefinitionen

Durch die zunehmende Integration automatisierter Fahrfunktionen in den Straßenverkehr, wird der/die Fahrende in Zukunft als Adressat und Sender von Kommunikation an Bedeutung verlieren und/oder gänzlich wegfallen. Dabei sind vor allem solche Verkehrssituationen von Relevanz, bei denen die Qualität der Interaktion zwischen mehreren Verkehrsteilnehmenden für deren sicherheitsgemäßen Ablauf mitentscheidend ist.

Der Fahrstreifenwechsel stellt im Straßenverkehr eine herausfordernde Situation dar, die durch eine hohe Ambiguität und eine erhöhte Unfallwahrscheinlichkeit gekennzeichnet ist (Imbsweiler et al. 2017). Es wird bei eingehender Betrachtung der aktuellen Forschung bzgl. automatisierten Fahrens deutlich, dass ein starker Fokus auf der Modellierung und Untersuchung der kooperationsfordernden AV liegt, während die Perspektive der kooperationsbietenden menschlichen Fahrenden bisher wenig untersucht wurde. Ein vielversprechender Ansatz zur Verbesserung der Interaktion zwischen AV und menschlichen Verkehrsteilnehmenden ist die Nutzung externer Mensch-Maschine-Schnittstellen (eMMS), die eine explizite Kommunikation ermöglichen und so Vertrauen und Akzeptanz fördern können (Kraft et al. 2019). Es wird angenommen, dass eine prosoziale Kommunikation via eMMS rücksichtsvolleres Verhalten im Straßenverkehr unterstützt und zu einer verbesserten Interaktion zwischen allen Beteiligten führt (Wilbrink et al. 2023). Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, die Rolle der prosozialitätfördernden Kommunikation mittels eMMS beim Fahrstreifenwechsel zu untersuchen und die daraus resultierenden Auswirkungen auf das

Fahrerverhalten zu analysieren. Der aktuelle Stand der Forschung zeigt ein zunehmendes Interesse an der Untersuchung prosozialer Kommunikation im Kontext automatisierten Fahrens. Verschiedene Studien haben sich dabei aus der Perspektive menschlicher Verkehrsteilnehmenden – insbesondere zu Fuß Gehende und Fahrende – mit unterschiedlichen Kommunikationsmethoden und Verkehrssituationen beschäftigt. Sahin Ippoliti et al. (2023) untersuchten bspw. die Wirkung von eMMS in Form von Displays auf das Fahrverhalten, insbesondere bei komplexen Verkehrssituationen wie dem Einfädeln in den fließenden Verkehr oder bei Engstellen. Das hier beschriebene Vorhaben knüpft an diese Forschung an, indem es die Perspektive des/der Fahrenden einnimmt und zwei verschiedene Informationsdarstellungen auf einem Display am Heck des AV (zu Beginn des Fahrstreifenwechsels und beim Abschluss eines erfolgreichen Fahrstreifenwechsels) evaluiert, um deren Auswirkungen auf das Fahrerverhalten beim Fahrstreifenwechsel im städtischen Kontext zu bewerten. Dazu wird ein Fahrsimulator eingesetzt, der eine kontrollierte und realistische Testumgebung bietet. Um jedoch zunächst ein einheitliches Verständnis der zentralen Begriffe des prosoziales Fahrerverhaltens und des kooperativen Fahrstreifenwechsels zu erreichen, werden die folgenden Arbeitsdefinitionen vorgestellt, die auf Basis der vorherrschenden Literatur erarbeitet wurden:

Prosoziales Fahrerverhalten wird definiert als ein sicheres Fahrverhalten, das potenziell das Wohlergehen des einfädelnden Fahrenden/Fahrzeugs schützt und die effektive Zusammenarbeit mit anderen im Fahrumfeld fördert. Es garantiert dem Fahrenden keine Belohnung und kann mit Kosten (z. B. Zeit) einhergehen (nach Harris et al. 2014; Thielmann et al. 2020).

Beim kooperativen Fahrstreifenwechsel schafft das nachfolgende Fahrzeug aktiv Platz, indem es seine Geschwindigkeit reduziert, um dem vorausfahrenden Fahrzeug einen sicheren Wechsel des Fahrstreifen zu ermöglichen (nach Hidas, 2005).

2. Forschungslücken

Die Bedeutung der systematischen Erforschung von prosozialem Fahrerverhalten im Kontext des automatisierten Fahrens wird durch die Aussage von Boll et al. (2019, S. 5) deutlich:

"*We need to design for prosocial behavior with the automated vehicle and how cues and signals of the automated vehicles can support cooperative behavior and communication with bystanders.*"

Eine Forschungslücke im Bereich der Kommunikation von AVs betrifft die systematische Analyse von positiven Rückmeldungen und prosozialem Verhalten auf das nachfolgende Fahrzeug. Während Studien die Bedeutung von Feedback und positiven Interaktionen im menschlichen Verhalten betonen (Colley et al. 2021), bleibt unklar, wie AV effektiv vergleichbare Verhaltensweisen imitieren können. Wilbrink et al. (2023) heben hervor, dass die Ausdrucksmöglichkeiten von AVs, wie das Zeigen eines „Dankeschön" über visuelle Mittel, bislang kaum systematisch untersucht wurden. Diese Aspekte könnten jedoch entscheidend sein, um das Vertrauen und die Kooperation zwischen menschlichen Fahrenden und AVs zu fördern. Insbesondere fehlen detaillierte Untersuchungen darüber, wie solche Rückmeldungen in die Mensch-Fahrzeug-Interaktion integriert werden können. Sahin Ippoliti et al. (2023) betonen zwar die Bedeutung der Anzeige der Dringlichkeit eines Manövers und Sympathie auslösenden Signalen, doch der konkrete Einfluss von positivem Feedback auf zeitlich nachfolgende prosoziale Verhaltensweisen gegenüber AVs bleibt unerforscht. Des Weiteren

zeigen bisherigen Untersuchungen im Bereich prosozialen Verhaltens im Straßenverkehr, dass wesentliche Aspekte des Zusammenspiels zwischen individuellen Merkmalen und situativen Variablen bislang unzureichend erforscht sind. Diese Interaktion ist jedoch essenziell, um sozial interaktive Agenten zu entwickeln, die bei Menschen Prosozialität hervorrufen können (Paiva et al. 2018). Insbesondere die Beziehung zwischen individuellen Merkmalen und dem prosozialen Fahrerverhalten ggü. AV wurde bisher nur vereinzelt untersucht (Ge et al. 2021). Es ist notwendig, individuelle Merkmale zu identifizieren, die für das prosoziales Fahrerverhalten relevant sind, und diese mit situativen Charakteristika zu verknüpfen, um Übertragbarkeiten auf prosoziales Fahrerverhalten zu prüfen.

Die Adressierung dieser Forschungslücke ist von besonderer Relevanz, da die Effektivität von AV in gemischten Verkehrsumgebungen nicht nur von technologischen, sondern auch von sozialen und kommunikativen Fähigkeiten abhängt. Ein tieferes Verständnis davon, wie AVs positive Rückmeldungen geben und prosoziales Fahrerverhalten fördern können, bietet das Potenzial, die Akzeptanz und das Vertrauen in diese Technologien zu steigern und langfristig sicherere Verkehrsumgebungen zu schaffen.

3. Forschungsfragen

Um die Forschungslücken zu adressieren, wurden vier zentrale Forschungsfragen (FF) formuliert, die sich mit den Zusammenhängen zwischen den individuellen Merkmalen des /der Fahrenden, der Dringlichkeit des Manövers und den über eine eMMS angezeigten Informationen auf das prosoziale Fahrerverhalten befassen.

FF1: *Inwieweit beeinflussen die individuellen Merkmale des/der Fahrenden das prosoziale Fahrerverhalten bei einem von einem AV intendierten Fahrstreifenwechsel?*

FF2: *Inwieweit beeinflusst die Dringlichkeit des Manövers das prosoziale Fahrerverhalten bei einem von einem AV intendierten Fahrstreifenwechsel?*

FF3: *Welchen Einfluss hat die Kommunikation des Grundes für einen von einem AV intendierten Fahrstreifenwechsel auf das prosoziale Fahrerverhalten?*

FF4*:* *Inwieweit beeinflusst ein positives Feedback durch ein AV nach einem gewährten Fahrstreifenwechsel das prosoziale Fahrerverhalten in der Folgesituation?*

4. Forschungsmodell

Das vorgestellte Forschungsmodell (Abbildung 1) beschreibt in Anlehnung an das Wahrnehmen-Entscheiden-Handeln-Modell von Luczak (1974) die Zusammenhänge zwischen individuellen Merkmalen, situativen Faktoren und dem Entscheidungsprozess von Fahrenden bei der Reaktion auf Kommunikationssignale des AV.

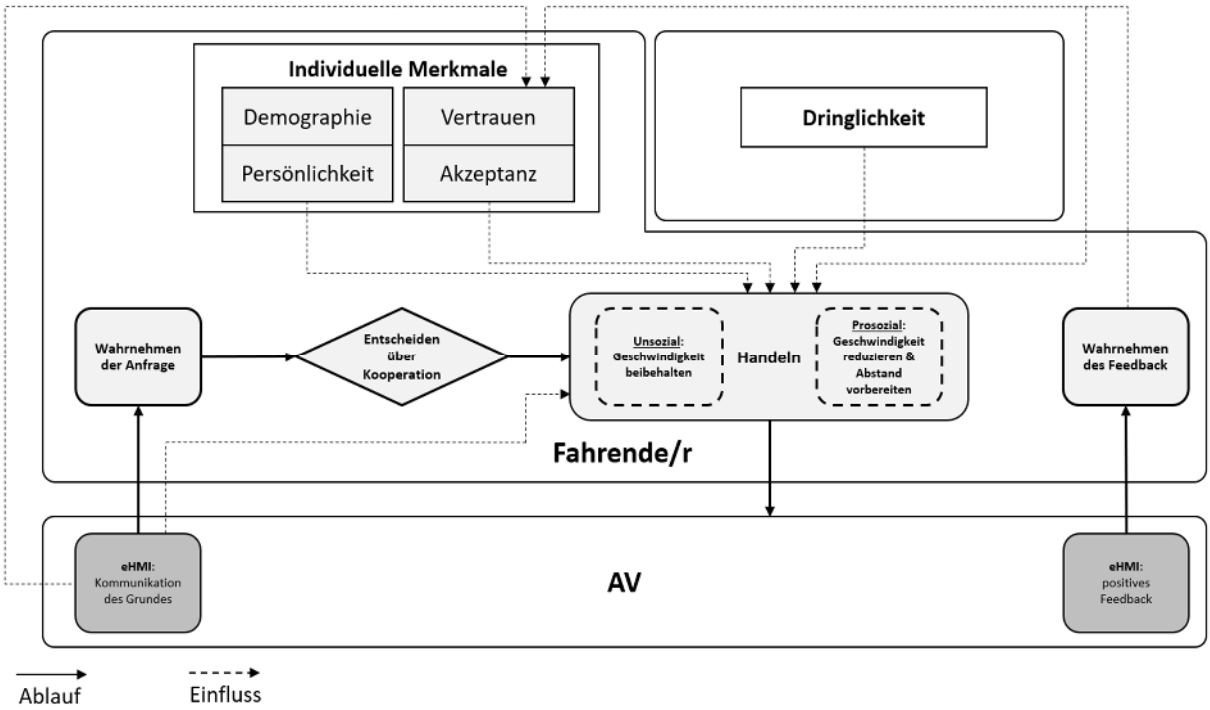


***Abbildung 1**: Forschungsmodell (eigene Darstellung, 2025).*

Zunächst kommuniziert das AV über den Blinker die Anfrage zum und über ein eHMI den Grund für den Fahrstreifenwechsel, was das Verständnis für das Fahrverhalten des AV und die Akzeptanz für dieses bei den Fahrenden erhöhen soll. Auf der Basis der wahrgenommenen Informationen entscheidet der/die Fahrende über eine Reaktion. Diese Entscheidung führt entweder zu einem unsozialen Fahrerverhalten (z B. Beibehalten der Geschwindigkeit) oder einem prosozialen Fahrerverhalten (z. B. Reduktion der Geschwindigkeit und Vorbereitung eines sicheren Abstands). Wird ein prosoziales Fahrerverhalten gewählt und das Manöver erfolgreich durch das Einscheren des AV vor dem EGO Fahrzeug abgeschlossen, wird über die eMMS am Heck des AV ein positives Feedback präsentiert. Dies soll dazu dienen, langfristig Vertrauen und Akzeptanz in AV zu erhöhen und prosoziales Verhalten im Verkehr zu fördern. Das Modell stellt somit einen ganzheitlichen Ansatz dar, der sowohl individuelle als auch situative Faktoren integriert, um die Dynamik prosozialer Interaktionen zwischen menschlichen Fahrenden und AV besser zu verstehen.

5. Untersuchungskonzept und Ausblick

Ziel der Untersuchungen ist es, fundierte Erkenntnisse über den Einfluss von individuellen Merkmalen (FF1), der Dringlichkeit des Manövers (FF2) und der Anzeige von zusätzlichen Informationen durch eine eMMS (FF2; FF3) auf das Fahrerverhalten, das Vertrauen und die Akzeptanz der Probanden ggü. AV zu gewinnen. Das geplante Untersuchungskonzept konzentriert sich auf die Durchführung von Laborexperimenten in einem statischen Fahrsimulator, bestehend aus einer Kleinwagenkarosserie mit einer beamergestützter, annähernden 360° Simulationsansicht. Es ist noch in der Entwicklungsphase und bedarf einiger Pretests hinsichtlich der auszuwählenden individuellen Merkmale, der Gestaltung und Überprüfung der eMMS, sowie der endgültigen

Operationalisierung der Variablen. Das prosoziale Fahrerverhalten als abhängige Variable soll aktuell über verschiedene Fahrdaten wie die Anzahl der erfolgreichen Fahrstreifenwechsel (Zheng et al. 2022), die Bremsreaktionszeit (Paiva et al. 2018), die Bremsrate und die Längsgeschwindigkeit (Ge et al. 2021) operationalisiert werden. Neben diesen quantitativen Daten sollen im Anschluss mithilfe von Interviews noch qualitative Daten zu den Gedankengängen der Versuchspersonen erhoben werden.

Es wird ein between-subject-Design mit zwei Probandengruppen (Interaktion mit einem AV mit/ohne eMMS) gewählt, um Verfälschungen der Untersuchungsergebnisse durch Lerneffekte sowie Demand-Effekte auszuschließen. Um den Einfluss von vorhinein unterschiedlichen Fahrerverhalten in den zwei Gruppen auszubalancieren, wird eine Vorabbefragung bzgl. des Fahrerverhaltens durchgeführt und mithilfe eines Matchingsverfahrens zwei Gruppen eingeteilt. Der Hauptversuch gliedert sich anschließend in drei Phasen: In der Pre-Experiment-Phase erfolgt die Aufklärung der Probanden und die Bearbeitung verschiedener Fragebögen zu demographischen Daten, individuellen Merkmalen sowie Vertrauen und Akzeptanz ggü. AV. Die Aufklärung über den eigentlichen Sinn und Zweck des Experiments wird so formuliert, dass die Versuchspersonen möglichst wenig vorab beeinflusst werden. In der Hauptphase des Experiments wird Probandengruppe 1 in drei verschiedenen Fahrstreifenwechselszenarien jeweils randomisiert mit konventionellen und automatisierten Fahrzeugen ohne eMMS interagieren. Probandengruppe 2 wird mit konventionellen und automatisierten Fahrzeugen mit eMMS interagieren. Dabei wird jedes Szenario zweimal durchlaufen, um eine höhere Validität der Daten zu gewährleisten, was zu 12 Interaktionen pro Versuchsperson führt. Im Anschluss an die Interaktionen werden erneut Befragungen zum Vertrauen und Akzeptanz ggü. AV durchgeführt, um mögliche Veränderungen festzustellen. Nach Abschluss des Experiments folgt die Post-Experiment-Phase. In einem Post-Interview reflektieren die Teilnehmenden ihr Fahrerverhalten, wobei ihnen Videoausschnitte der simulierten Verkehrssituationen gezeigt werden, um ein genaueres qualitatives Bild der Gedankengänge der Versuchspersonen zu erhalten.

Diese strukturierte Methodik ermöglicht eine umfassende Analyse der Faktoren, die prosoziales Fahrerverhalten im Kontext automatisierter Fahrzeuge beeinflussen.

6. Literatur

Boll, S., Koelle, M. & Cauchard, J. (2019). Understanding the Socio-Technical Impact of Automated (Aerial) Vehicles on Casual Bystanders.

Colley, M., Belz, J. H. & Rukzio, E. (2021). Investigating the Effects of Feedback Communication of Autonomous Vehicles. 13th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI ’21), September 9–14, 2021, Leeds, United Kingdom. ACM, New York, NY, USA, 11 pages, 263–273. https://doi.org/10.1145/3409118.3475133.

Ge, Y., Liu, X., Shen, B. & Qu, W. (2021). Can prosocial attitude reduce the risk behavior in simulated driving? Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 79, 84–93. https://doi.org/10.1016/j.trf.2021.04.003.

Harris, P. B., Houston, J. M., Vazquez, J. A., Smither, J. A., Harms, A., Dahlke, J. A. & Sachau, D. A. (2014). The prosocial and aggressive driving inventory (PADI): a self-report measure of safe and unsafe driving behaviors. Accident; analysis and prevention, 72, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.05.023.

Hidas, P. (2005). Modelling vehicle interactions in microscopic simulation of merging and weaving. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 13(1), 37–62. https://doi.org/10.1016/j.trc.2004.12.003.

Imbsweiler, J., Palyafári, R., Puente León, F. & Deml, B. (2017). Untersuchung des Entscheidungsverhaltens in kooperativen Verkehrssituationen am Beispiel einer Engstelle. at - Automatisierungstechnik, 65(7), 477–488. https://doi.org/10.1515/auto-2016-0127.

Kraft, A.-K., Maag, C. & Baumann, M. (2019). How to support cooperative driving by HMI design? Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 3, 100064. https://doi.org/10.1016/j.trip.2019.100064.

Luczak, H. (1974). Untersuchungen informatorischer Belastung und Beanspruchung des Menschen [Dissertation]. Technische Hochschule Darmstadt, Darmstadt..

Paiva, A., Santos, F. P. & Santos, F. C. (2018). Engineering Pro-Sociality with Autonomous Agents.

Sahin Ippoliti, H., Trilck, N., Koelle, M. & Boll, S. (2023). Please, Go Ahead! Fostering Prosocial Driving with Sympathy-Eliciting Automated Vehicle External Displays. Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, 7(MHCI), 1–18. https://doi.org/10.1145/3604265.

Thielmann, I., Spadaro, G. & Balliet, D. (2020). Personality and prosocial behavior: A theoretical framework and meta-analysis. Psychological bulletin, 146(1), 30–90. https://doi.org/10.1037/bul0000217.

Wilbrink, M., Cieler, S., Weiß, S. L., Beggiato, M., Joisten, P., Feierle, A. & Oehl, M. (2023). Principles for External Human–Machine Interfaces. Information, 14(8), 463. https://doi.org/10.3390/info14080463.

Zheng, J., Ma, L. & Zhang, W. (2022). Promotion of cooperative lane changes by use of emotional vehicle-to-vehicle communication. Applied ergonomics, 102, 103742. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103742.

Acknowledgement: Die vorliegende Arbeit ist ein Ergebnis des Verbundforschungsprojektes STADT:up (Förderkennzeichen 19A22006S). Das Forschungsvorhaben wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlich trägt allein der Verfasser.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Kompetenzmodell für die Einführung, Verbreitung und Anwendung von digitalen und KI-gestützten Prozessen und Technologien

Daniela DROST, Sarah SCHEEN, Lena HINTZEN, Dr. Paul FUCHS-FROHNHOFEN

MA&T Sell & Partner GmbH,
Karl-Carstens-Straße 1, D-52146 Würselen

Kurzfassung: Die Einführung von Künstlicher Intelligenz (KI) in Unternehmen erfordert eine differenzierte Betrachtung der beteiligten Akteure und deren Kompetenzanforderungen. Im Forschungsprojekt AKzentE4.0 wird daher ein Kompetenzmodell (KM) entwickelt, das wichtige Beteiligtengruppen und notwendige Kompetenzen bei der Implementierung von KI-Prozessen beschreibt. Basierend auf einer Literaturrecherche wurden drei zentrale Akteursgruppen identifiziert und ein entsprechendes KM entwickelt. Dieses KM wurde durch Interviews mit Praxisexpert*innen validiert und durch eine Einschätzung der Kompetenzanforderungen präzisiert. Es unterstützt die Entwicklung von Seminarkonzepten für die erfolgreiche Einführung digitaler und KI-gestützter Prozesse.

Schlüsselwörter: Kompetenzmodell, Künstliche Intelligenz, Akteure

1. Theoretischer Hintergrund

Die Digitalisierung der Arbeitswelt und die Einführung von Industrie 4.0 führen zu tiefgreifenden Veränderungen in Industrie- und Handwerksunternehmen. Ein wesentlicher Aspekt dieser Transformation ist die Integration von KI-Technologien in Arbeitsprozesse (Pfeifer et al. 2021). Während im Jahr 2023 noch 12 % der deutschen Unternehmen KI-Technologien einsetzten, waren es im Jahr 2024 bereits 20 %, was weitreichende Auswirkungen auf Aufgabenstrukturen hat (destatis.de; Stowasser & Suchy et al. 2020). Eine zentrale Herausforderung ist dabei die erfolgreiche Implementierung von KI in bestehende oder neue Arbeitsabläufe sowie die Anpassung von Organisationsstrukturen (Stowasser & Suchy et al. 2020). Besonders wichtig ist hierbei die Entwicklung von Kompetenzen der Beschäftigten, da fehlendes Wissen nach wie vor ein Hauptgrund für den Verzicht auf KI ist (Pfeifer et al. 2021; destatis.de).

In der Arbeitswelt 4.0 werden vielerlei berufliche Handlungskompetenzen benötigt, wie etwa Digitalkompetenz, Frustrationstoleranz, Kreativität, Reflexionsfähigkeit und Veränderungsbereitschaft (Vorpahl, 2020). Franken et al. (2022) legen in ihrer Arbeit dar, dass vermehrt Komplexität, Abstraktion sowie Problemlösung von den Beschäftigten erwartet werden. Zusätzlich werden, neben IT- und technischen Kompetenzen aber auch soziale und analytische Kompetenzen betont, vor allem die Fähigkeit zur interdisziplinären Zusammenarbeit sowie Kommunikation, Problemlösefähigkeit, Innovationsfähigkeit und lebenslanges Lernen (Fuchs-Frohnhofen et al. 2023; Franken et al. 2022). Wie sich erkennen lässt, sind für eine erfolgreiche Implementierung von digitalen und KI-gestützten Systemen sowohl technologische als auch nicht-technologische Kompetenzen erforderlich (Anton et al. 2020).

Die erfolgreiche Etablierung einer KI beginnt bereits bei den entwickelnden Personen, die neben IT-spezifischen Fachwissen auch die Ziele, Erwartungen und das

Verhalten der zukünftigen Anwender*innen berücksichtigen müssen und auch nicht-technologische Kompetenzen benötigen. Hierfür braucht es bspw. eine verstärkte Gestaltungskompetenz sowie die Kompetenz zur Perspektivübernahme (Weigel et al. 2022). Eine Studie von Montandon et al. (2020) analysierte 20.000 Stellenangebote im IT-Bereich und stellte fest, dass Kommunikationsfähigkeiten sowie Zusammenarbeit und Problemlösung zu den am häufigsten geforderten Soft Skills gehören. Bei den Anwender*innen stehen bspw. die Bereitschaft zur Veränderung sowie Kompetenz zu konstruktivem Feedback im Vordergrund (Pfeifer et al. 2021).

Dieser Artikel geht daher der Forschungsfrage nach, welche Kompetenzen für die erfolgreiche Etablierung einer KI in Abhängigkeit von der Rolle der verschiedenen Beteiligten notwendig sind. Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird ein KM entwickelt, das die für die Einführung einer KI notwendigen Kompetenzen in Abhängigkeit der verschiedenen Rollen beschreibt.

2. Methode

Die vorliegende Arbeit basiert auf einem explorativen Ansatz, um ein erstes ganzheitliches Bild der Fragestellung zu erhalten. Nachdem eine Literaturrecherche durchgeführt wurde, die als Grundlage für die Entwicklung des Modells diente, folgten zur Validierung und Erweiterung des Modells teilstandardisierte Interviews, in denen individuelle Perspektiven beleuchtet wurden. Nach der Durchführung der Interviews erhielten die Teilnehmenden einen ergänzenden Fragebogen, um spezifische Inhalte weiter zu präzisieren und die Ergebnisse zu vertiefen und in das KM einzuarbeiten.

2.1 Literaturrecherche

Im Rahmen dieser Studie wurden verschiedene Publikationen untersucht, die unterschiedliche Schwerpunkte und Rahmenbedingungen für den Einsatz von KI in Unternehmen fokussierten. Dabei wurden insbesondere Kompetenzen und deren Darstellungen und Ausprägungen betrachtet, um eine erste Orientierung im Forschungsfeld zu gewinnen und die Grundlage einer Arbeitsversion des KMs zu schaffen. So wurden verschiedene Kompetenzen aus der Literatur herausgearbeitet, die bei der erfolgreichen Etablierung von KI übergreifend eine zentrale Rolle spielen. Die Kompetenzen wurden für eine bessere Übersicht in die Bereiche Fach-, Methoden-, Selbst- und Sozialkompetenzen geclustert. Gleichzeitig wurde betrachtet, welche zentralen Akteure diese Kompetenzen in welchem Maße mitbringen müssen, da in der Literatur deutlich wurde, dass die Kompetenzanforderungen je nach Rolle variieren.

2.2 Gestaltung und Durchführung der Interviews

Die Auswahl der sieben Interviewteilnehmer*innen erfolgte innerhalb des Projektkonsortiums von AKzentE4.0 (https://www.akzente40.de). Alle Teilnehmer*innen hatten bereits Erfahrung mit der Etablierung und Verwendung eines KI-Demonstrators in der Praxis gemacht und nahmen freiwillig an dem Interview teil. Um eine Vielfalt an Perspektiven für das KM sicherzustellen, wurden Personen aus fünf unterschiedlichen Unternehmen interviewt. Davon war eine Person in einem Handwerksunternehmen, vier Personen in Industrieunternehmen und zwei in der Entwicklung tätig. Die Interviews wurden als halbstrukturierte Gespräche durchgeführt, um sowohl gezielte

Antworten auf spezifische Fragestellungen zu erfassen als auch spontanen Aussagen der Interviewteilnehmenden nachgehen zu können. Ein Interviewleitfaden diente als Orientierung und umfasste folgende drei Hauptfragen:

- Welche Personen sind am Gesamtprozess der erfolgreichen Etablierung des Demonstrators beteiligt?
- Welche Kompetenzen werden für die erfolgreiche Einführung eines KI-Demonstrators benötigt?
- Gibt es Qualifikationen oder Kompetenzen, die geschult werden sollten?

Die Antworten auf diese Fragen wurden während des Gesprächs notiert und im Anschluss in Form eines Gedankenprotokolls niedergeschrieben. Die durchschnittliche Dauer der Interviews betrug 60 Minuten. Vier der Gespräche fanden in Form einer Videokonferenz (Microsoft Teams) statt, während drei Interviews in Präsenz durchgeführt wurden. Nach Abschluss der Interviews wurden die gewonnenen Erkenntnisse erfasst und in die Arbeitsversion des KMs integriert, indem bspw. die aus der Literatur herausgearbeiteten Kompetenzen ergänzt wurden.

2.3 Fragebogengestützte Datenerhebung

Mithilfe der Plattform „Umfrage Online“ wurden die Teilnehmenden der Interviews, im Zeitraum vom 15.11.2024 bis zum 15.12.2024 in einem circa 15-minütigen online Fragebogen, zu ihrer persönlichen Einschätzung in Bezug auf verschiedene Kompetenzen und deren Ausprägung und Notwendigkeit für verschiedene Beteiligte bei der Implementierung von KI oder Digitalisierungsprozessen befragt. Insgesamt wurden 30 Kompetenzen, die im Rahmen der Literaturrecherche und den Interviews herausgearbeitet wurden, abgefragt (André & Bauer 2021a; André & Bauer 2021b; Münchner Kreis-Arbeitskreis 2020; Vorpahl 2020; Zwarg et al. 2023):

- Fachkompetenzen [FK] (5): Digitalkompetenz, Datenanalyse und -management, Produktaufbau und UX-Design, Digitalisierungsmanagement, IT und Programmierkenntnisse
- Methodenkompetenzen [MK] (6): Projekt- und Planungskompetenz, Problemlösefähigkeit, Strategische Kompetenz und unternehmerisches Denken, Fähigkeit in großen Zusammenhängen zu denken, Analysefähigkeit, Transferfähigkeit
- Selbstkompetenzen [SK] (13): Kreativität, Selbstführung/-management, Veränderungs- und Weiterbildungsbereitschaft, Durchhaltevermögen, Flexibilität und Agilität, Kritik- und Konfliktfähigkeit, Frustrationstoleranz, Überzeugungskraft, Motivation, Reflexionsfähigkeit, Resilienz und Belastungsfähigkeit, Ambiguitätstoleranz, Verantwortungsbewusstsein
- Sozialkompetenzen [SZK] (6): Kommunikationskompetenz, Kooperations- und Teamfähigkeit, Emotionale Kompetenz, Kulturelle Kompetenz, Führungskompetenz, Change Management

Diese Kompetenzen wurden für jeden Akteur mithilfe einer sechsstufigen Likert-Skala (von „*gar keine“* bis „*tiefgreifend“*) in ihrer benötigten Intensität von den Teilnehmer*innen eingeschätzt. Der direkte Vergleich der Akteure wurde am Ende der Umfrage durchgeführt. Dabei wurden die erforderlichen übergeordneten Kompetenzen (FK, MK, SK und SZK) miteinander verglichen.

3. Ergebnisse und Diskussion

Das finale KM beschreibt die für verschiedene Akteure notwendigen Kompetenzen für die abteilungsübergreifende und erfolgreiche Etablierung von digitalen und KI-gestützten Prozessen und Technologien. Zunächst wurde im Rahmen der Interviews festgestellt, dass KI- und Digitalisierungsprozesse in Unternehmen häufig eng miteinander verknüpft sind und in der Regel als ein zusammenhängender Prozess betrachtet werden. Daher sind die gewonnenen Erkenntnisse nicht ausschließlich auf die Implementierung von KI, sondern ebenfalls auf Digitalisierungsprozesse bezogen. Basierend auf der Literatur und weiteren Erkenntnissen aus den Interviews wurden drei zentrale Rollen identifiziert, welche die Einführung und Etablierung von KI bzw. Digitalisierung in Industrie- und Handwerksunternehmen maßgeblich tragen: Entwickler*in, Prozessbegleiter*in sowie Anwender*in.[i]

Der/die Entwickler*in kann sowohl eine firmenintern als auch -externe Person sein, die maßgeblich an der Entwicklung der einzuführenden KI bzw. Digitalisierung beteiligt ist.[ii] Die Rolle der Anwender*innen beschreibt diejenigen Personen, die schlussendlich die KI bzw. Digitalisierung in ihrem Arbeitsalltag umsetzen bzw. anwenden sollen. Die Aufgabe des/der Prozessbegleiter*in ist es, den Prozess der Einführung und Etablierung einer KI bzw. Digitalisierung von Anfang bis Ende zu begleiten, voranzutreiben und zu managen. Die Interviews weisen dieser Rolle eine Schlüsselkomponente zu und erwähnen wie wichtig die Schulung und Qualifizierung dieser Person ist, da sich die Motivation und das Engagement auf die anderen Akteure überträgt. Die, aus arbeitswissenschaftlicher Perspektive im Rahmen des Projektes, als besonders relevant betrachteten 30 Kompetenzen bei der Einführung und Etablierung von KI bzw. Digitalisierung wurden in den Interviews sowie in der online Befragung zu diesen Rollen betrachtet. Die Untersuchung dieser Kompetenzen hinsichtlich der drei fokussierten Akteure zeigt, dass es durchaus unterschiedliche Kompetenzstrukturen in Abhängigkeit der Rolle gibt (vgl. Abbildung 1). So wird bspw. deutlich, dass insbesondere der/die Prozessbegleiter*in gut ausgeprägte SK und SZK benötigt, während bei dem/der Entwickler*in eher die FK und MK im Fokus stehen. Die eingeschätzten Kompetenzen der Anwender*in werden in allen Kompetenzbereichen (FK, MK, SK, SZK) am wenigsten notwendig bewertet.

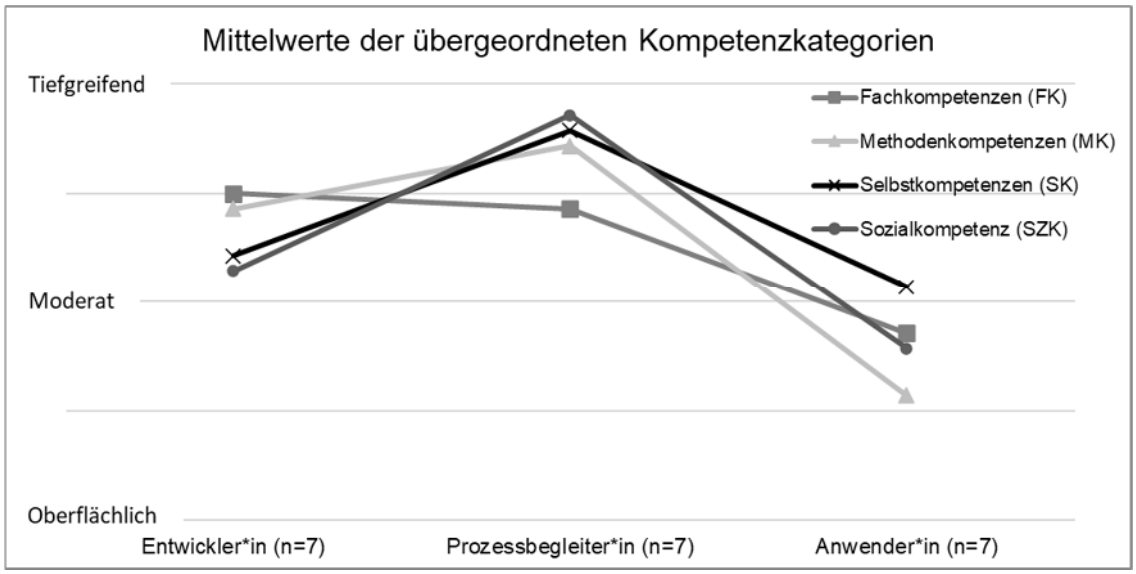


***Abbildung 1**: Mittelwerte der übergeordneten Kompetenzkategorien der identifizierten Rollen.*

Betrachtet man die Kompetenzen im Detail, zeigt sich für die Rolle der Entwickler*in, dass insbesondere IT- und Programmierkenntnisse (FK) sowie ausgeprägte Digitalkompetenzen (FK) für die erfolgreiche Einführung einer KI bzw. Digitalisierung als besonders wichtig eingeschätzt werden. In Kombination mit der Analysefähigkeit (MK) wurde die Relevanz dieser Kompetenzen am tiefgreifendsten eingeschätzt. Auch die Problemlösefähigkeit (MK) ist für die Rolle der Entwickler*in entscheidend. Eine hohe Kooperations- bzw. Teamfähigkeit (SZK) sowie ein hohes Durchhaltevermögen (SK) sind die am wichtigsten eingeschätzten SK und SZK.

Da der/die Prozessbegleiter*in eine zentrale Rolle bei der Einführung und Etablierung von KI bzw. Digitalisierung spielt und gleichzeitig auch die Schnittstelle zwischen den Rollen darstellt, werden hier insgesamt die höchsten erforderlichen Kompetenzen zugeschrieben. Heraus sticht dabei insbesondere die Kommunikationskompetenz (SZK), da der/die Prozessbegleiter*in zwischen Anwender*in und Entwickler*in moderiert und das Stakeholdermanagement übernimmt. Hinsichtlich der Rolle der Anwendender*in wurde vor allem durch die Interviews deutlich, dass eine KI bzw. die Digitalisierung möglichst so intuitiv und anwenderfreundlich gestaltet werden sollte, dass keine zusätzlichen Kompetenzen benötigt werden, um die KI anzuwenden. Dementsprechend wurden alle Kompetenzfelder für die Rolle geringer eingeschätzt, im Vergleich zu den anderen Akteuren. Außerdem stellte sich in den Interviews heraus, dass Anwender*innen niederschwellig und in Pionier-Gruppen in den Entwicklungsprozess einbezogen werden sollten, damit die nachhaltige Nutzung und die Akzeptanz der KI sichergestellt werden. Der höchste Wert für die Anwendender*in lag bei der Kooperations- bzw. Teamfähigkeit (SZK) und bei der Veränderungs- und Weiterbildungsbereitschaft (SK).

Neben der Identifikation besonders wichtiger Kompetenzen der jeweiligen Rollen, wurde deutlich, dass übergeordnet die Kooperations- und Teamfähigkeit (SK), die Kommunikationskompetenz (SZK) sowie die Veränderungs- und Weiterbildungsbereitschaft (SK) zentral für die erfolgreiche Einführung und Etablierung von KI bzw. Digitalisierungsprozessen sind. Es wird ersichtlich, dass insbesondere die gute Zusammenarbeit der Akteure wichtig für das erfolgreiche Vorantreiben solcher Prozesse ist.

4. Fazit und Ausblick

Die Untersuchung der Einführung von KI und Digitalisierungsprozessen in Industrie- und Handwerksunternehmen im Rahmen des Projektes AKzentE4.0 zeigt, dass eine differenzierte Betrachtung der beteiligten Akteure und deren Kompetenzanforderungen notwendig ist. Das KM bildet die Wichtigkeit des Zusammenspiels aller Rollen mit ihren jeweiligen Funktionen, für die erfolgreiche Umsetzung und Etablierung des Prozesses, ab. Es ist entscheidend, dass alle Beteiligten entsprechend der ermittelten Kompetenzen eingebunden werden. Die Notwendigkeit einer geschulten, motivierten, moderierenden Person, die den Prozess begleitet und vorantreibt wird als Schlüsselfaktor in den Interviews herausgearbeitet. Welche Kompetenzen in welchem Umfang bei der Etablierung notwendig sind, hängt jedoch von der Rolle ab, die eine Person im Gesamtprozess einnimmt. Die größte Akzeptanz wird geschaffen, wenn die Anwender*innen partizipativ bereits zu Beginn des Prozesses involviert werden, den Vorteil der Veränderung erkennen und sich gegenseitig unterstützen bzw. die Technik nah bringen können.

Die gewonnenen Erkenntnisse dienen als Grundlage für die Entwicklung eines Schulungskonzepts, das in weiteren Schritten praxisnah erprobt wird. Das Vorhaben wurde im Rahmen des Forschungsprojektes AKzentE4.0 umgesetzt, das durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ (Förderkennzeichen: 02L19C400) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut wird.

5. Literatur

André E, Bauer W, Aurich JC, Bullinger-Hoffmann A, Heister M, Huchler N, Neuburger R, Peissner M, Stich A, Suchy O, Ramin P, Wächter M (2021a) Kompetenzentwicklung für KI – Veränderungen, Bedarfe und Handlungsoptionen. Arbeitsgruppe Arbeit/Qualifikation, Mensch-Maschine-Interaktion. München: Lernende Systeme – Die Plattform für Künstliche Intelligenz (Hrsg).

André E, Bauer W, Braun M, Dang C, Peissner M, Weitz K (2021b) KI-Kompetenzentwicklung bei Sach- und Produktionsarbeit. Arbeitsgruppe Arbeit/Qualifikation, Mensch-Maschine-Interaktion. München: Lernende Systeme – Die Plattform für Künstliche Intelligenz (Hrsg).

Anton E, Behne A, Teuteberg F (2020) The humans behind artifical intelligence – An operationalisation of AI competencies. In: Proceedings of the 28th European Conference of Information Systems (Hrsg) An Online AIS Conference. Research Papers.

Franken S, Mauritz N, Prädikow L (2022) Kompetenzen für KI-Anwendungen: Theoretisches Modell und partizipative Erfassung und Vermittlung in Unternehmen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Technologie und Bildung in hybriden Arbeitswelten. Sankt Augustin: GfA Press.

Fuchs-Frohnhofen P, Palm G, Tomak K, Esser N (2023) Ein Modell zur Beteiligungsqualifizierung in der Pflege. In: Kauffeld S, Rothenbusch S. (Hrsg) Kompetenzen von Mitarbeitenden in der digitalisierten Arbeitswelt. Berlin, Heidelberg: Springer, 81-95.

Montandon JE, Politowski C, Silva LL, Valente MT, Petrillo F, Guéhéneuc Y (2020) What skills do IT companies look for in new developers? A study with Stack Overflow jobs. In: Information and Software Technology, 129, 106429. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2020.106429.

Münchner Kreis-Arbeitskreis: Arbeit in der digitalen Welt (2020) Kompetenzentwicklung für und in der digitalen Arbeitswelt.

Pfeifer Y, Weber MA, Jeske T, Stowasser S (2022) Künstliche Intelligenz als Einflussfaktor auf die Qualifizierung in der Mensch-Roboter Kollaboration. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Technologie und Bildung in hybriden Arbeitswelten. Sankt Augustin: GfA-Press.

Statistisches Bundesamt (2024) Pressemitteilung Nr. 444. Accessed Dez 12, 2024. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/11/PD24_444_52911.html.

Stowasser S, Suchy O, Huchler N, Müller N, Peissner M, Stich A, Vögel HJ, Werne J, Henkelmann T, Schindler T, Scholz M (2020) Einführung von KI-Systemen in Unternehmen – Gestaltungsansätze für das Change-Management. Arbeitsgruppe Arbeit/Qualifikation, Mensch-Maschine-Interaktion. München: Lernende Systeme – Die Plattform für Künstliche Intelligenz (Hrsg).

Vorpahl A (2020) Kompetenzen für die Arbeitswelt 4.0. Faktor A – Das Arbeitsmagazin. Accessed Jan 13, 2025. Accessed Sep 18, 2024. https://www.arbeitsagentur.de/faktor-a/zukunft-der-arbeit/kompetenzen-fuer-die-arbeitswelt-4-0.

Weigel A, Baumgart T L, Heinlein M, Huchler N, Niehaves B, Sauter L, Schmallenbach A, Staiger B, Wittal R (2022) Arbeitsgestaltung durch Kompetenzvermittlung in VR. In: Nitsch V, Brandl C, Häußling R, Roth P, Gries T, Schmenk B (Hrsg) Digitalisierung der Arbeitswelt im Mittelstand 2. Berlin: Springer-Verlag, 183-214.

Zwarg J, Jede A, Bensberg F (2023) Konzeption erfolgreicher Rahmenbedingungen für den Einsatz von Künstlicher Intelligenz im Unternehmen, AKWI 17:69-80.

[i] Darüber hinaus gibt es weitere Personen, die eine zentrale Rolle bei der Einführung und Etablierung von KI und Digitalisierung auf Ebene des Managements spielen, z. B. Interessensvertreter, Führungskräfte, Geschäftsführung. Das vorliegende Modell fokussiert jedoch die Personen, die insbesondere an der inhaltlichen Entwicklung, Verbreitung und Anwendung der KI bzw. Digitalisierung beteiligt sind, sodass die zentralen Rollen im Bereich des Managements an dieser Stelle nicht weiter betrachtet werden.

[ii] Die identifizierten Rollen sind hier einzelnen Person zugeordnet. Sie können jedoch ebenso ein Team oder eine Gruppe von Personen repräsentieren, die gemeinsam die entsprechenden Kompetenzen übernehmen, bspw. ein Entwicklerteam.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Potenziale und Herausforderungen beim Einsatz Generativer KI im Wissensmanagement – Ergebnisse einer qualitativen Studie

Ina SCHIEDERMAIR[1], Gizem GÜRKALE[2], Tobias KOPP[1]

[1] Institut für Lernen und Innovation in Netzwerken (ILIN), Hochschule Karlsruhe, Moltkestraße 30, D-76133 Karlsruhe
[2] Hochschule Karlsruhe, Moltkestraße 30, D-76133 Karlsruhe

Kurzfassung: Spätestens seit der Veröffentlichung von ChatGPT besteht großes Interesse an Large Language Models (LLM) und Generativer KI. Insbesondere im Wissensmanagement weist Generative KI großes Potenzial auf. Im Rahmen von 11 qualitativen, leitfadengestützten Experteninterviews wurden Vertreter aus den Bereichen Softwareentwicklung, Wissenschaft und Wirtschaft zu ihren Erwartungen, möglichen Einsatzbereichen und -potenzialen und Herausforderungen Generativer KI im Wissensmanagement befragt. Zudem wurden mögliche Auswirkungen auf das individuelle Lernen sowie den Umgang mit der Ressource Wissen thematisiert. Die Ergebnisse dieser Erhebung werden in diesem Beitrag präsentiert, diskutiert sowie Implikationen für die Forschung abgeleitet.

Schlüsselwörter: Generative KI, Wissensmanagement, leitfadengestützte Interviews, Herausforderungen und Einsatzpotenziale, individuelles Lernen, Umgang mit Wissen

1. Generative KI und Wissensmanagement

Wissensmanagement (WM) in Unternehmen zielt auf die Verbesserung der Leistung einer Organisation durch das Ergreifen von Maßnahmen zur effektiven und bedarfsgerechten Nutzung vorhandenen Wissens ab (Veng Seng et al. 2002; Sabherwal & Becerra-Fernandez 2003; Becerra-Fernandez & Sabherwal 2008). Aufgrund gesellschaftlicher, wirtschaftlicher und technologischer Entwicklungen gewinnt WM zunehmend an Bedeutung (North, 2021). So führen der demografische Wandel und der entstehende Fachkräftemangel zu großen Herausforderungen für deutsche Unternehmen, allen voran für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU), die für die deutsche Wirtschaft entscheidenden sind. Es drohen Wissensverluste und die Nicht-Besetzung wichtiger Stellen. Hochdynamische Entwicklungen im Bereich der Technologie sowie die zunehmende Komplexität der Arbeitswelt spitzen die Lage weiter zu (Müller & Link 2023). Wissen, welches im Zuge dieser Entwicklungen die Rolle als wichtigster Produktionsfaktor einnimmt (Mandl & Reinmann-Rothmeier 2000; Metaxiotis et al. 2003), muss somit mehr denn je aktuell gehalten werden (Müller & Link 2023; Mandl & Reinmann-Rothmeier 2000). Allerdings ist vorhandenes Wissen häufig in verschiedenen Formaten an verschiedenen Speicherorten abgelegt, die nur wenigen bekannt sind. Ein erfolgreiches WM hingegen zielt darauf ab, eine entsprechende Struktur zu bieten. Diese herzustellen ist für viele Unternehmen jedoch mit großen Schwierigkeiten verbunden. Zentrale WM-Prozesse, wie das Identifizieren, strukturierte Dokumen-

tieren, Speichern und Weiterverbreiten zusätzlichen Wissens erfordert personelle und zeitliche Ressourcen. Diese sind in der Regel, besonders in KMU, knapp.

Seit der Verbreitung von ChatGPT wird Generativer KI (GenKI) und Large Language Models (LLM) im WM großes Potenzial zugeschrieben (Hüsch et al. 2023; Korzynski et al. 2023; Sumbal & Amber 2024). So bietet GenKI z. B. die Möglichkeit, den Zugang zu und die Verwertbarkeit von Informationen und Wissensressourcen zu gewährleisten (Hüsch et al. 2023). Die Strukturierung von Daten und Wissensbeständen kann ebenfalls von GenKI vorgenommen werden, was deren schnelles Durchsuchen ermöglicht (Hüsch et al. 2023). Diesen Potenzialen stehen jedoch auch Herausforderungen gegenüber, wie beispielsweise die Halluzinationen von GenKI, also das Hinzufügen falscher Informationen zu den tatsächlichen Wissensbeständen (Alavi et al. 2024; Kaczorowska-Spychalska et al. 2024). Darüber hinaus könnte die Anwendung von GenKI für den Abruf benötigten Wissens dazu führen, dass dieses lediglich konsumiert wird, ohne jedoch zu einer vertieften Verarbeitung und einem Lerneffekt beizutragen, der die Nutzung des Wissens in Zukunft fördert (Alavi et al. 2024). Diese Art der Nutzung solcher Systeme birgt die Gefahr langfristig negativer Effekte auf die Kompetenzentwicklung der Mitarbeitenden (Alavi et al. 2024).

Es zeigt sich, dass der Einsatz von GenKI im WM Potenziale sowie auch Herausforderungen mit sich bringt. Inwiefern diese dazu führen, dass GenKI das WM zielgerichtet unterstützen kann, ist eine Frage, die durch die Forschung im Bereich des WM derzeit nachgeht. Dabei sind auch mögliche Auswirkungen des Einsatzes von GenKI im WM auf den Umgang mit Wissen und das individuelle arbeitsplatzbezogene Lernen der Beschäftigten Aspekte, die es zu betrachten gilt. In der Literatur werden diese jedoch bisher eher selten fokussiert. Um diese Aspekte sowie Potenziale und Herausforderungen im Allgemeinen zu beleuchten, wurden Vertreter verschiedener Zielgruppen zu ihren Einschätzungen befragt.

2. Methode

Im Zeitraum vom 01.07.2024 bis 23.08.2024 wurden 11 qualitative, leitfadengestützte Experteninterviews (online) mit Vertretern aus den Bereichen Softwareentwicklung (vier Personen), Wissenschaft (zwei Personen) und Anwendungsunternehmen (fünf Personen) durchgeführt. Diese drei Gruppen wurden ausgewählt, um unterschiedliche Perspektiven und Erfahrungswerte zu betrachten. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Interviewpartner und deren Positionen.

Tabelle 1: *Expertenübersicht, Quelle: eigene Darstellung.*

Personengruppe	Berufsbezeichnung
Wissensmanagement Experten	• Professor • Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Softwareanbieter	• Geschäftsführer • Co-Founder • AI Strategist • CCO
Unternehmensvertretende	• Professional Specialist Digital Media • Anwendungsbetreuer und -entwickler • Innovationsmanager • IT-Consultant strategisches Wissensmanagement • Head of knowledge management

Die Interviewpartner wurden zu sechs übergeordneten Kategorien befragt:

- aktuelle Herausforderungen im WM
- Erwartungen an und Potenziale beim Einsatz von GenKI im WM
- Bedeutung für den Umgang mit Wissen durch den GenKI-Einsatz im WM
- Auswirkungen auf das individuelle Lernen durch den GenKI-Einsatz im WM
- Herausforderungen beim GenKI-Einsatz im WM

Die Interviews wurden aufgezeichnet, transkribiert und mithilfe der Software MaxQDA nach Mayring (2023) und Kuckartz (2016) kodiert.

Zentrale Ergebnisse der Interviews werden im Folgenden präsentiert. Der Hauptfokus liegt dabei auf den Aspekten der Auswirkungen von GenKI im WM auf den Umgang mit Wissen und das individuelle Lernen Beschäftigter.

3. Zentrale Ergebnisse der Interviews

Eine zentrale Herausforderung im WM ist laut der Befragten aktuell die Fragmentierung der System- und Wissenslandschaft. Diese erschwert eine Integration unterschiedlich genutzter Tools und Systeme. Nur mit großem Aufwand ist das vorhandene Wissen zentralisier- und durchsuchbar. Auch die Notwendigkeit der Modernisierung des WM wird hervorgehoben. Neue Lösungen des WM verfehlen häufig den erwarteten Effekt, da die Infrastrukturen und Prozesse, auf die diese aufgesetzt werden, veraltet sind, sodass ein Modernisieren der gesamten WM-Strategie notwendig wäre.

Diesen Herausforderungen wollen viele der Befragten mit dem Einsatz von GenKI im WM ihres Unternehmens begegnen. Es zeigt sich, dass GenKI gerade aufgrund der Fähigkeit, den Wissensabruf und -transfer „*wesentlich einfacher*“ (B9) zu gestalten, zu automatisieren und somit einen entscheidenden Zeit- und Effizienzgewinn zu erzielen, hohes Potenzial zugeschrieben wird. Lassen sich diese Vorteile tatsächlich in der Praxis beobachten, so wird auch eine höhere Bereitschaft zur aktiven Beteiligung am WM seitens der Mitarbeitenden erwartet.

Durch das schnellere und einfachere Abrufen des Wissens könne sich jedoch auch der Umgang mit Wissen verändern. Gegenüber der klassischen Fokussierung auf den Erwerb, die Entwicklung und die Bewahrung des Wissens sehen viele Befragte durch den Einsatz von GenKI im WM einen möglichen Wandel zur Fokussierung auf die Zugänglichkeit und Nutzbarkeit des Wissens. Trotz der erhöhten Verfügbarkeit des Wissens bleibt es aber wichtig, „*immer noch einen Umgang damit (zu) pflegen*“ (B8). Die Auseinandersetzung mit Wissensinhalten und dessen Verständnis behalten nach dieser Aussage weiterhin ihre Relevanz.

Auch bezüglich der Verarbeitung und Erschließung von implizitem, also nicht einfach artikulierbarem und oft durch Erfahrung gewonnenem Wissen werden Potenziale erkannt. Durch ihre Fähigkeit der Mustererkennung könnte GenKI implizites Wissen durch die intensive Interaktion mit einer Person extrahieren und konservieren.

Beim Lernen wird ebenfalls ein Wandel durch den Einsatz von GenKI im WM von den Befragten als wahrscheinlich erachtet. Das Lernen der Beschäftigten im Unternehmen steht in engem Bezug zum vorhandenen Wissen, da das im Unternehmen vorhandene Wissen aus Lernprozessen der Mitarbeitenden hervorgeht. Es wird ein Wandel weg vom klassischen „*Landkarten auswendig lernen*“ (B3) hin zu einem Lernen, das auf tiefem Verständnis zugrundeliegender Konzepte und deren Anwendung basiert, vermutet. Durch die Nutzung von GenKI kann zudem laut der

Befragten die kritische Reflexion angestoßen werden, wenn man „*neue Einsichten*“ gewinnt und „*herausgefordert (wird) in dem, was man denkt*“, z. B. durch einen „*Roboter (…), was einem dabei helfen kann, mehr und besseres Wissen zu schaffen*“ (B11). Dieses intellektuelle Fordern des Menschen durch GenKI kann das kritische Auseinandersetzen mit den generierten Informationen und deren tieferes Verständnis anregen. Dies kann ebenfalls durch die Möglichkeit der Lernunterstützung durch GenKI, z. B. KI-generierte Follow-Up-Fragen zum abgerufenen Wissen oder Hinweise auf weiterführende Informationen, erfolgen. Laut der Einschätzung der Befragten kann auch die Verbesserung der Problemlösefähigkeiten unterstützt werden, da Probleme in Interaktion mit GenKI-Systemen klarer und präziser formuliert werden müssen.

Lernprozesse können darüber hinaus optimiert und neugestaltet werden. Für das Format der Wissensinhalte kann zudem die individuell ansprechendste Form gewählt werden. Diese Individualisierung ist dabei ein weiteres erkanntes Potenzial. So kann beispielsweise vorliegendes Wissen auch individuell an den Kenntnisstand angepasst vermittelt werden, wie z. B. auf unterschiedlichem Niveau (z. B. als Student, Professor, Tutor usw.). Anders als es früher der Fall war, als „*die (Arbeitsanweisungen) auf Papier*“ (B7) die einzige Möglichkeit darstellten, einen Arbeitsprozess zu erlernen, ohne dass „*Rücksicht (…) auf die Vorkenntnisse von den Mitarbeitenden*“ genommen wurde, besteht nun die Option, diese Vorkenntnisse mit einzubeziehen. Die Flexibilität und Selbststeuerung beim Lernen werden somit unterstützt.

Im Unternehmen eines Befragten kommt GenKI bereits zur Einarbeitung neuer Mitarbeitender zum Einsatz, was mehrere Vorteile hat. Zum einen werden andere Mitarbeitende dadurch entlastet. Zum anderen fungiert das System als Lernpartner, der den interaktiven Austausch mit dem Mitarbeitenden fördert und somit ein effektives Lernen unterstützt. Ein Befragter vergleicht das Lernen mit Unterstützung des Systems mit dem Lernen im Team: „*wenn man (…) zu zweit lernt (…) und sich gegenseitig die Sachen erklärt, trägt sich das bei mir besser ein, als wenn ich mir das (…) in den Kopf lese (…) und da hat ja dann so ein Chatbot auch so ein bisschen den Effekt von jemandem, mit dem man spricht*.“ (B6). Dieses interaktive oder gar spielerische Lernen kann für viele Mitarbeitende attraktiver und motivierender sein als das herkömmliche Lernen der Arbeitsprozesse.

Eine zentrale technische Herausforderung des Einsatzes von GenKI ist die Qualität der verfügbaren Daten. Die Nutzung veralteter Wissensbestände durch WM-Systeme, die auf GenKI basieren, kann dazu führen, dass diese unwissentlich weitergenutzt werden. Neben der Aktualität der verwendeten Daten ist es ebenfalls erforderlich, dass diese zuverlässig und korrekt sind und dass der Datenschutz hinreichend berücksichtigt wird. Aus sozialer und ethischer Sicht muss es zudem möglich sein „*das Vertrauen her(zu)stellen (…) (und) Ergebnisse (…) erklärbar und nachvollziehbar*“ zu gestalten (B2). Die Befragten beobachten verschiedene Einstellungen und Erwartungshaltungen ihrer Mitarbeitenden und Kollegen, von der Überschätzung der Fähigkeiten von KI (sog. automation bias) bis zu völliger Ablehnung (mangelnde Akzeptanz). Insbesondere für KMU ist auch der Kostenfaktor ein zentraler Aspekt. Auch die mögliche Abhängigkeit von externen Dienstleistern ist in diesem Zusammenhang ein zu erwägender Faktor. Spezifische Anbieter und deren Preismodelle können Unternehmen auf lange Sicht in ihrer Flexibilität einschränken.

4. Diskussion und Implikationen für die Forschung

Wie die aktuelle wissenschaftliche Literatur und die intensive Diskussion von GenKI in Wissenschaft und Praxis zeigt, unterstreichen auch die durchgeführten Interviews, dass GenKI mit vielen Potenzialen einhergeht, gleichzeitig aber auch ernstzunehmende Herausforderungen mit sich bringt. Die Ergebnisse der Interviews machen deutlich, dass dies ebenso für den GenKI-Einsatz im Bereich des WM gilt.

Zentrale Aspekte, wie die Auswirkungen des Einsatzes von GenKI im WM auf den Umgang mit Wissen und dem individuellen arbeitsplatzbezogenen Lernen der Beschäftigten werden in der Literatur selten und vorwiegend kritisch betrachtet. Die Ergebnisse der durchgeführten Interviews zeigen hingegen überwiegend positive Erwartungen bezüglich der Auswirkungen auf Wissen und Lernen. Neue Ansätze der Wissensvertiefung und Individualisierung sowie des Anstoßes von Reflexionsprozessen durch die Interaktion mit GenKI-Systemen bis hin zu einer Extrahierung impliziten Wissens des Menschen durch die Mensch-KI-Interaktion werden für möglich gehalten. Inwiefern sich diese möglichen Entwicklungen auf kollaborative Lernprozesse und -interaktionen zwischen Kollegen auswirkt, wenn GenKI zum Lernpartner der Beschäftigten wird, wird von den Befragten jedoch nicht näher beleuchtet. Betrachtet wird dabei lediglich der Vorteil, dass Beschäftigte in Einarbeitungsprozessen Entlastung erfahren, wenn GenKI diese übernehmen. Es könnte jedoch auch von Interesse sein, mögliche unerwünschte Auswirkungen einer potenziellen Veränderung des kollaborativen Lernens zwischen Menschen im Vergleich zum kollaborativen Lernen zwischen Menschen und GenKI zu reflektieren. Dies kann dabei helfen zu beurteilen, ob es sich um eine wünschenswerte Entwicklung handelt oder nicht.

Dass solche möglichen Negativfolgen im Gegensatz zu Potenzialen kaum thematisiert wurden, könnte als Limitation der Studie eine Folge der Stichprobenzusammensetzung sein. Insofern ist fraglich, inwiefern die überwiegend positiven Einschätzungen einem längerfristigen Praxistest standhalten können. Die zielführende Nutzung von GenKI in Unternehmen befindet sich noch in den Anfängen und ist verbunden mit einem enormen Hype. Konkrete Erwartungen, Potenziale und Herausforderungen (wie z. B. Datenschutz, Datenaktualität u. Ä.) sind bei neuen Technologien häufig einfacher und schneller zu erkennen und zu formulieren als mögliche längerfristige und subtilere Auswirkungen auf spezielle Bereiche wie den Umgang mit Wissen und die Veränderung des Lernens. Diese deuten sich häufig erst mit der Zeit an und lassen sich als schleichende Veränderung von Arbeitspraktiken und sozialen Interaktionsstrukturen nur langfristig beobachten. Jetzt gilt es, die erkannten Potenziale zu testen, um zu prüfen, ob GenKI den Erwartungen gerecht werden kann. Womöglich zeigt sich, dass langfristige Veränderungen der Art, wie wir Wissen beurteilen und on-the-job lernen, eher gering ausfallen; womöglich lassen sich aber auch besorgniserregende Entwicklungen beobachten. Für die Forschung ist die weitere Untersuchung dieser Entwicklungen entscheidend, um belastbare Aussagen über den Mehrwert sowie auch unerwünschte (Neben-)Effekte des Einsatzes von GenKI im WM treffen zu können, die möglicherweise mittelfristig den Stellenwert der Ressource Wissen und betrieblicher Lernprozesse verändern.

6. Literatur

Alavi M, Leidner DE, Mousavi R (2024) A Knowledge Management Perspective of Generative Artificial Intelligence (GenAI). Journal of the Association for Information Systems 25:1–12.

Becerra-Fernandez I, Sabherwal R (2008) Individual, group and organisational learning. A Knowledge Management Perspective. In: Leidner DE, Becerra-Fernandez I (Eds) Knowledge management. An evolutionary view. Advances in management information systems, v. 12. M.E. Sharpe Inc, Armonk, N.Y.

Hüsch A, Distelrath D, Hüsch T (2023) Allgemeine Anwendungsmöglichkeiten im Unternehmen. In: Hüsch AR, Distelrath D, Hüsch T (Eds) Einsatzmöglichkeiten von GPT in Finance, Compliance und Auditing. Vorteile, Herausforderungen, Praxisbeispiele. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 33–50.

Kaczorowska-Spychalska D, Kotula N, Mazurek G, Sułkowski Ł (2024) Generative AI as source of change of knowledge management paradigm. HT 20:131–154.

Korzynski P, Mazurek G, Altmann A, Ejdys J, Kazlauskaite R, Paliszkiewicz J et al. (2023) Generative artificial intelligence as a new context for management theories: analysis of ChatGPT. CEMJ 31:3–13.

Kuckartz U (2016) Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung (3rd ed.). Beltz Juventa.

Mandl H, Reinmann-Rothmeier G (2000) Die Rolle des Wissensmanagements für die Zukunft. Von der Informations- zur Wissensgesellschaft. In: Mandl H, Reinmann G (Eds) Wissensmanagement. Informationszuwachs – Wissensschwund? Die strategische Bedeutung des Wissensmanagements. Reprint 2016. FWS - Forum Wirtschaft und Soziales. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, Berlin, Boston, 1–17.

Mayring P (2023) Einführung in die qualitative Sozialforschung: Eine Anleitung zu qualitativem Denken (7th ed.). Beltz.

Metaxiotis K, Ergazakis K, Samouilidis E, Psarras J (2003) Decision support through knowledge management: the role of artificial intelligence. Information Management & Computer Security 11:216–221.

Müller M, Link J (2023) Wissensmanagement. In: Lanquillon C, Schacht S (Eds) Knowledge Science – Fallstudien. Wie mit Künstlicher Intelligenz die Wissenssicherung und -nutzung im Unternehmen unterstützt wird. 1st ed. Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Vieweg, Wiesbaden, 33–66.

North, Klaus (2021): Wissensorientierte Unternehmensführung. Wissensmanagement im digitalen Wandel. 7., vollständig überarbeitete Auflage. Wiesbaden, Heidelberg: Springer.

Sabherwal R, Becerra-Fernandez I (2003) An Empirical Study of the Effect of Knowledge Management Processes at Individual, Group, and Organizational Levels. Decision Sciences 34:225–260.

Sumbal MS, Amber Q (2024) ChatGPT: a game changer for knowledge management in organizations. K ahead-of-print.

Veng Seng C, Zannes E, Wayne Pace R (2002) The contributions of knowledge management to workplace learning. Journal of Workplace Learning 14:138–147.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

How do software engineers and Generative Artificial Intelligence (GenAI) co-create software? Findings of a qualitative study about the alternating roles of human and AI

Thomas SÜßE[1], Maria KOBERT[1], Simon GRAPENTHIN[2]

*[1] Hochschule Bielefeld (HSBI, Interaktion 1, D*33619 Bielefeld
[2] Consistency GmbH & Co. KG, Mittlerer Weg 38, D-74564 Crailsheim

Abstract: This study investigates the co-creative processes between software engineers and Generative Artificial Intelligence (GenAI). Through qualitative analysis, we identify how human workers and GenAI systems alternate roles across tasks like idea generation, evaluation, and problem-solving. The empirical findings reveal distinct insights: AI excels in generating novel suggestions and processing repetitive tasks, while humans ensure contextual understanding, decision-making, and refinement. The research highlights the synergies in co-creation, emphasizing its potential to enhance productivity and innovation in software engineering and beyond.

Keywords: co-creation, human-AI, creative work, software engineering

1. Introduction

Enhancing capabilities, expected productivity gains, extended innovation potential of processes, products or services leading to sustainable competitive advantages or a general fascination of the capabilities of Generative Artificial Intelligence (GenAI) leads towards increasing implementation, usage and application of this technology in professsional work environments. However, while there is a growing number of initiatives in organizations to integrate and implement particularly GenAI and utilize the potentials ascribed to AI, systematic knowledge about how employees in professional work contexts co-create with GenAI during daily work is still very limited (Huang 2023, p. 323). In addition, research in the field of human-computer co-creativity from a rather holistic perspective is still rather fractured (Hoffmann 2016, p. 39).

This manuscript focuses on these gaps in research. We analyze how software engineers and GenAI co-create software solutions and software applications during daily work. Based on recent literature we argue that better understanding co-creative processes between employees and GenAI is a key prerequisite for a more sustainable integration of this technology in professional work contexts. We investigate how co-creative processes are perceived by humans when working with the tool GitHub Copilot and ChatGPT during software development and software engineering. We conducted 14 interviews among software engineers and team leaders within the software development department of a large insurance company in Germany where the AI-powered chatbots ChatGPT and GitHub Copilot have been introduced. Based on a conceptualization of human-computer co-creation and our qualitative content analysis we present novel insights about how professional workers co-create with AI. The interview data reveals that GenAI is mostly seen as a novel counterpart for

employees providing a set of new capabilities in creative processes of code generation and software engineering. This unfolds AI's potential of complementing the capabilities of already existing tools as well as competences of employees and can improve creative output of human-AI co-creation at work.

Finally, based on our data analysis we argue that the recent developments in human-AI co-creation can lead to new dynamics in professional work environments that have to be better understood by conducting more extensive qualitative and quantitative research in this field of AI integration in professional work contexts.

2. Human-AI co-creation

Co-creation of humans and computers can be described as a process where "the human and computer improvise in real time to generate a creative product" (Davis 2013, p. 10). Davis (2013, p. 10) emphasis that creative output is the result of a specific model of interaction where the contributions of human and digital tools like AI are mutually influential. Thus, co-creation goes beyond the classical concept of distribution of labor where each party usually performs different and independent tasks and as such can rather be related to collaboration and improvisation.

For analyzing co-creative systems Kantosalo and Toivonen (2016, p. 83) introduced specific terms for describing the co-creative processes between human and AI named symmetric alternating, asymmetric alternating, and task-divided co-creation as well as two types of computational agents; complete and incomplete. Complete computational agents are capable of alternating co-creativity while incomplete computational agents are only capable of task-divided co-creativity. Co-creation that is rather symmetric refers to an AI agent's role of being a pleasant and adaptive colleague for the human while asymmetric alternating describes an AI agent which is provoking and challenging for the human while human's capabilities have to be considered as well. AI agents that are more provoking may contribute to higher levels of creativity regarding the output of co-creative processes (Maher 2012). Task-divided co-creation is defined by Kantosalo and Toivonen (2016) with the three distinctive roles of concept definer, concept generator, and concept evaluator. These roles can be taken by the human or the AI agent. If e.g. the human takes on the role of the concept definer the AI would have no way to explore a defined search space beyond the given constraints, nor does it have a chance to transform the predefined conceptual space where it works. In the role of the concept generator one of the involved parties creates artifacts in a specific conceptual description while the evaluator rather evaluates these concepts.

The model of Human-computer co-creativity introduced by Hoffmann (2016, p. 42) is conceptually based on the two different thinking modes observed about human creativity: convergent and divergent thinking (see also Guilford 1950; Runco & Acar 2012). In convergent thinking mode humans consider all relevant constraints before developing solutions which have to be consistent with the given constraints. In divergent thinking mode humans explore various paths of thought even if they seem to be irrelevant or inconsistent with the problem. These paths are later merged into a new and eventually consistent result. This means that in divergent thinking mode humans temporarily ignore all criteria of correctness and objectivity. In Hoffmann's conceptualization of a co-creative process between humans and computers, both the human and the computer, should work alternately in divergent and convergent thinking mode and must share some sort of knowledge and task representation. Consequently Human-computer co-creation is described as an iterative process along the four stages of

diverge, compare, consolidate and converge (Hoffmann, 2016, p. 46). At each stage the human or the computer can perform one of the proposed roles (Figure 1).

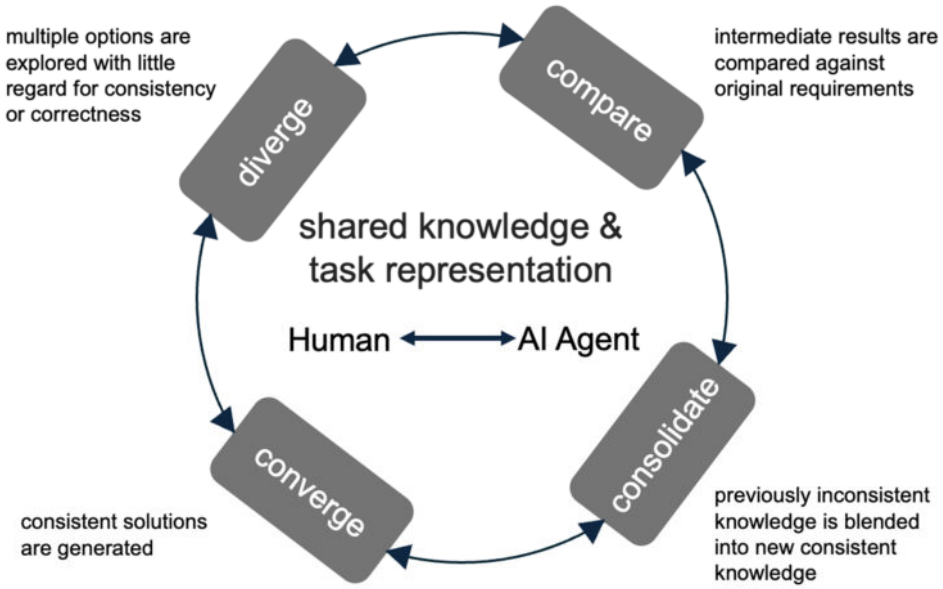


Figure 1: Stages of alternating roles in human-computer co-creation (see Hoffmann, 2016, p. 46).

As Generative Artificial Intelligence (GenAI) is gaining increasing relevance co-creativity in professional work contexts (Fui-Hoon Nah et al. 2023) we investigate how this model of alternating roles in human-computer co-creativity presented by figure 1 can be identified in practice. So far, little empirical knowledge exists about how professsional software engineers and developers co-create software with GenAI (Süße et al., 2023) and how GenAI may affect human-computer co-creation (Huang 2023, p. 323).

3. Research method

3.1 Description of the case company

We conducted a case study within the IT department of an international insurance company headquartered in Germany. The company has around 4700 employees worldwide, of which approximately 2200 are employed in Germany. Around 200 of the employees work in the German IT department of the insurance company. The IT department includes, among other things, software application development and the operation of internally developed and purchased software. In the first quarter of 2023, it was decided to provide application developers with GitHub Copilot. GitHub Copilot is an AI based pair programmer. It draws context from comments and code to suggest individual lines and whole functions instantly. GitHub Copilot is powered by Open AI Codex, a generative pretrained language model created by Open AI. It is available as an extension for Visual Studio Code, Visual Studio, Neovim, and the JetBrains suite of integrated development environments (IDEs). Additionally, the software developers are working with ChatGPT that is also a tool created by Open AI. The use of both tools is voluntary. A group of fourteen people have been interviewed. Seven of the respondents where younger than or equal to 50 years old. The other half's age was beyond 50 years. Six of the interviewees are employed as software developers, three as architects, two have the role of product owners and three are managers. Most of the

respondents had between 20 and 30 years of professional experience (six). Only one interviewee had more than 30 years of work experience. Three have between 10 and 20 years of work experience, seven between 5 and 10 years, and 22% less than five years. Almost one third of the respondents had leadership responsibility. One of the product owners has leadership responsibility for a team and thus also has the role of team leader.

3.2 Qualitative data collection (interviews)

We gathered empirical data by conducting semi-structured interviews with the employees described by section 2.1. Therefore, we developed an interview guideline based on conceptualization of human-computer co-creativity (Figure 1). The interview guideline contained questions that focused on the participants' individual perceptions of and experiences in the co-creation with AI-powered chatbots. The interviews took place in spring 2023. Each of the interviews lasted from about 30 to 45 minutes and was audio-recorded. We transcribed the audio-files and afterwards performed a qualitative content analysis (Miles et al. 2020). We applied the software MAXQDA Version 2020 for data analysis. In our iterative analyzing process, we first analyzed and coded the data independently from each other. After that, we discussed our interpretations, looked for relationships and patterns, constructed categories and grouped codes. We applied a mix of deductive and inductive coding (Hsieh & Shannon 2005) by assigning the codes to concepts, which either were based on our theoretical framework, or on insights emerged during data collection and analysis.

4. Findings

The main findings are illustrated by table 1 below. We analyzed a set of co-creative job tasks related to the investigated work context. These tasks are development of new applications, evaluation of software code, programming, commenting, problem solving, understanding other's work results and generating initial ideas on a specific problem. The results in table 1 show that the AI agent is more dominant during diverging, e.g. exploring multiple new options regardless of potential constraints, for most of the tasks. For the development of new applications and understanding others' work results, however, the human actor is more dominant in diverging. The function of comparing is, however, for most tasks more dominant on the human side. For the task standard application development, we interpret comparing as a balanced activity. For consolidating the AI seems to play the more dominant role compared. Finally, we interpret the interview data in such a way that converging, e.g. generating consistent solutions, is happening more at the human actor's side. Only for the job tasks development of new applications and researching we interpret the data in such a way that the AI agent is more dominant in converging. Overall, from our findings we deduce that in the presented case study the task of diverging is mostly allocated to the AI, whereas comparing and converging is mostly done by the human. However, consolidating is rather balanced between the human and the AI.

Thus, the findings in table 1 illustrate the complementary roles of AI and humans during co-creative work. On the basis of this first empirical analysis we argue that our data shows alternating roles of human and AI where the AI agent rather acts as a productivity tool, enabling rapid generation and processing while humans more explicitly retain critical roles in quality control, problem-solving, and higher-level decisions, e.g. with regards to very context specific information and data.

Table 1: *Co-creative job tasks and human's / AI's dominant roles.*

	Co-creative job tasks	Diverge	Compare	Consolidate	Converge
A.	**Development of new applications** We have some kind of authentication system, and our colleagues had to implement a specific client for it and didn't know how to do it. So, it was absolutely niche knowledge, where without Chat-GPT they first really filtered through Google for two hours to find out what it could really be. And then they found the answer from many posts on Google and preliminary evidence, entered it into Chat-GPT and immediately found exactly what they were looking for. (Transcript Interview 4, Pos. 10)				
	more dominant counterpart →	Human	Human	AI	AI
B.	**Evaluation of software code** The developer gets into the role of just considering or evaluating whether what is being generated (by the AI) is okay. (Transcript Interview 4, Pos. 11)				
	more dominant counterpart →	AI	AI	Human	Human
C.	**Development of standard applications** The goal was to develop the old classic game Pong with the help of ChatGPT. [....] And I started by describing the framework of the program. And then I iteratively generated and added to the code in several stages using textual descriptions until it was as I had imagined it. I was pleasantly surprised at what ChatGPT is already capable of. And in some places, I definitely had to make corrections and intervene. I looked at the code once, transferred it directly to an IDE and tried it out. Then I noticed where something was perhaps not as it should be, or where ChatGPT misunderstood something and then simply tried to correct it in the next sentences, in the same dialog, and had the code generated again. And so on. It was an iterative process. (Transcript Interview 6, Pos. 14-15)				
	more dominant counterpart →	AI	Human and AI	Human and AI	Human
D.	**Programming software** I start coding something and Co-Pilot gives me an idea and I look at this idea, in many cases this idea is, let's say 90% right, it's missing a few little things that you then have to replace yourself. (Transcript Interview 9, Pos. 18)				
	more dominant counterpart →	AI	Human	Human	Human
E.	**Commenting programming code** Comments are quite important when programming, i.e. explaining what is happening, which the co-pilot can also do quite well in my opinion, so you write a function and the co-pilot writes about what this function does, so to speak. It works really well, especially with basics, but when it gets more complex, you have to look at it a few times more often. (Transcript Interview 9, Pos. 18)				
	more dominant counterpart →		AI	AI	Human
F.	**Researching** E.g. if you ask a question and have no idea about the topic. I have already experienced cases where it was simply not right or fundamentally wrong, what ChatGPT answered. Then, for example, you write again, but that's wrong and then ChatGPT replies: "Oh, of course you're right, that's so and so". (Transkript Interview 9, Pos. 35)				
	more dominant counterpart →	AI	Human	AI	AI
G.	**Programming** And that's why the integration of Co-Pilot was so exciting, because I have the support and the solution directly in my development environment, which also automatically sees what I've worked on so far. The more context there is, the better the suggestions really are. [...] Co-Pilot makes suggestions, there are these and these methods, which ones do you want to use, and they should look like this. But that they are filled in with the things, i.e. with the right content, with the variable names that I have already defined. This is simply a huge support that is very subtle and, on the fly, while I'm doing what I'm doing anyway. (Transcript Interview 8, Pos. 12-14)				
	more dominant counterpart →	AI	Human	AI	Human
H.	**Problem solving** We had a technical problem, and we'd see what chatGPT could tell us about it. And then we realized that it was designed more for simply having a good conversation when we used it. Because chatGPT spit out things that didn't even exist. Some libraries and symbols that didn't even exist and things like that. (Transcript interview with 7, pos. 10-11)				
	more dominant counterpart →	AI	Human	Human	Human
I.	**Understanding others' work results** And I'll say, what I'm working on at the moment is more or less a project that was started by a colleague who is no longer there. And there are one or two things where he may have come up with something that I'm not so familiar with, so I like to take a look at what the Co-pilot says, what he's done there or if I need to change something or something like that, what suggestions I get from Co-Pilot before I go through Stack Overflow or something else to search around completely. (Transcript Interview 3, pos. 10)				
	more dominant counterpart →	Human	AI	AI	Human
J.	**Generating initial ideas** In everyday project work, Copilot is not helpful for me because it doesn't understand enough of the codebase as a whole. Then it somehow lacks an understanding of the whole thing. […] I use it more for asking how I could potentially realize X, Y, Z, give me an initial suggestion and then I can go a bit further with it. (Transcript interview 2, pos. 7)				
	more dominant counterpart →	AI	Human	Human	Human

5. Discussion

From the findings in section 4 we can conclude that the model of Human-computer co-creativity introduced by Hoffmann (2016 p. 42) can be applied to the case study presented, where software engineers from an international insurance company are recently working together with generative AI tool GitHub CoPilot. In our case the AI took over the dominant role in diverging in most of the application scenarios, whereas the human rather was dominant in converging. This rather contradicts the well-known assumption that humans tend to outperform AI in diverging during co-creative processes and computers are rather considered being capable of converging knowledge (Grassini & Koivisto 2024). However, Hoffmann (2016) discusses both possibilities, the human taking over the more divergent tasks and the computer the converging as well as the AI doing the diverging and the human the converging. Apparently in our case we rather find the latter model. However, more empirical research is needed to evaluate whether the one or the other co-creative working occurs in professional work. For further research it would also be interesting to investigate what approach of co-creative human-AI processes is more beneficial depending on the task the human-AI dyad has to perform within a specific work context.

6. References

Davis, N. (2013). Human-Computer Co-Creativity: Blending Human and Computational Creativity. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment, 9(6), Article 6. https://doi.org/10.1609/aiide.v9i6.12603.

Fui-Hoon Nah, F., Zheng, R., Cai, J., Siau, K., & Chen, L. (2023). Generative AI and ChatGPT: Applications, challenges, and AI-human collaboration. Journal of Information Technology Case and Application Research, 25(3), 277–304. https://doi.org/10.1080/15228053.2023.2233814.

Grassini, S., & Koivisto, M. (2024). Artificial Creativity? Evaluating AI Against Human Performance in Creative Interpretation of Visual Stimuli. International Journal of Human–Computer Interaction, 1–12. https://doi.org/10.1080/10447318.2024.2345430.

Guilford, J. P. (1950). Creativity. American Psychologist, 5(9), 444–454. https://doi.org/10.1037/h0063487.

Hoffmann, O. (2016). On Modeling Human-Computer Co-Creativity. In S. Kunifuji, G. A. Papadopoulos, A. M. J. Skulimowski, & J. Kacprzyk (Eds.), Knowledge, Information and Creativity Support Systems (pp. 37–48). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27478-2_3.

Hsieh, H.-F., & Shannon, S. E. (2005). Three Approaches to Qualitative Content Analysis. Qualitative Health Research, 15(9), 1277–1288. https://doi.org/10.1177/1049732305276687.

Huang, Y. (2023). The Future of Generative AI: How GenAI Would Change Human-Computer Co-creation in the Next 10 to 15 Years. Companion Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play, 322–325. https://doi.org/10.1145/3573382.3616033.

Kantosalo, A., & Toivonen, H. (2016). Modes for Creative Human-Computer Collaboration: Alternating and Task-Divided Co-Creativity.

Koivisto, M., & Grassini, S. (2023). Best humans still outperform artificial intelligence in a creative divergent thinking task. Scientific Reports, 13(1), 13601. https://doi.org/10.1038/s41598-023-40858-3.

Maher, M. (2012). Computational and Collective Creativity: Who's Being Creative? Proceedings of the third International Conference on Innovative Computing and Cloud Computing.

Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldana, J. (2020). Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook (4th ed.). SAGE Publications.

Runco, M. A., & Acar, S. (2012). Divergent Thinking as an Indicator of Creative Potential. Creativity Research Journal, 24(1), 66–75. https://doi.org/10.1080/10400419.2012.652929.

Süße, T., Kobert, M., Grapenthin, S., & Voigt, B.-F. (2023). AI-Powered Chatbots and the Transformation of Work: Findings from a Case Study in Software Development and Software Engineering. In L. M. Camarinha-Matos, X. Boucher, & A. Ortiz (Eds.), Collaborative Networks in Digitalization and Society 5.0 (pp. 689–705). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978--031-42622-3_49

Menschenzentrierter KI-Einsatz durch nachvollziehbare KI-Vorschläge in der Literatursuche – eine Studie zur Nützlichkeit einer XAI-Komponente

Ina SCHIEDERMAIR, Tobias KOPP, Robin WEITEMEYER, Steffen KINKEL

Institut für Lernen und Innovation in Netzwerken (ILIN), Hochschule Karlsruhe, Moltkestraße 30, D-76133 Karlsruhe

Kurzfassung: Künstliche Intelligenz (KI) wird oftmals als intransparent und wenig nachvollziehbar wahrgenommen. Daher gewinnt Explainable AI (XAI, dt. erklärbare KI) an Bedeutung, um die Nutzungsbereitschaft zu steigern. In diesem Artikel wird die Evaluation von wortbasierten XAI-Erklärungen zu Suchergebnissen eines Literatursuche-Systems vorgestellt. Diese erfolgte als between-subject Studie im Online-Setting (n = 260). Darin bewerteten Probanden, wie gut bestimmte Suchergebnisse zu ihrer Suchanfrage passen. In der Experimentalgruppe verdeutlichten XAI-Ausgaben, wieso gewisse Suchergebnisse angezeigt werden. Zentral ist überdies die Einschätzung der Probanden, wie hilfreich die Erweiterung durch den XAI-Ansatz bei der Beurteilung der Suchergebnisse ist. Die Ergebnisse dieser Studie, die trotz wahrgenommener Nützlichkeit keine objektive Verbesserung durch die Nutzung der XAI-Komponente zeigen, werden präsentiert und diskutiert.

Schlüsselwörter: Künstliche Intelligenz, Explainable AI, semantische Suche, Evaluationsstudie

1. Einleitung

Künstliche Intelligenz (KI) wird häufig als intransparent und als wenig nachvollziehbar empfunden und daher als Black-Box bezeichnet (Adadi & Berrada 2018; Gupta 2023). Nutzenden von KI-Systemen fällt es daher schwer, ein angemessenes Maß an Vertrauen in sie zu entwickeln (Lockey et al. 2021; Gupta 2023). Ein zu geringes Vertrauen in die Fähigkeiten von KI-Systemen führt allerdings tendenziell zu einer zögerlichen Nutzung (Brown et al. 2002; Kopp et al. 2022), während ein zu großes Vertrauen in KI die Gefahr birgt, dessen Ergebnisse unreflektiert zu übernehmen und zu überschätzen (Lee & See 2004; Kopp 2024; Glikson & Woolley 2020). Unangemessenes Vertrauen kann demnach ein Hindernis für die adäquate Nutzung dieser Systeme darstellen. Die Verständlichkeit der Outputs von KI ist jedoch im Rahmen der menschzentrierten KI-Gestaltung von zentraler Bedeutung, zumal die Gefahr verzerrter (biased) oder diskriminierender KI-Outputs besteht (Adadi & Berrada 2018). Explainable AI (XAI, dt. erklärbare KI) birgt das Potenzial, das Vertrauen in KI und die Nutzungsbereitschaft zu steigern, indem KI-Ergebnisse und deren Entstehung transparent erklärt werden (Adadi & Berrada 2018; Dvorak et al. 2022; Kopp et al. 2023). Allerdings ist gegenwärtig noch unklar, inwiefern aktuelle XAI-Lösungen tatsächlich das Verständnis von KI-Systemen verbessern und zu einer effektiveren Nutzung führen (Dvorak et al. 2022).

Daher wird im Rahmen dieser Studie die Interaktion mit einem auf semantischer Suche basierenden und mit einer XAI-Komponente ausgestatteten Literatursuche-

System untersucht, das im Rahmen des regionalen Kompetenzzentrums „Künstliche Intelligenz für Arbeit und Lernen in der Region Karlsruhe“ (KARL) entwickelt wurde (Weitemeyer et al. 2023). Die verwendete Komponente basiert auf wortbasierten Erklärungen. Diese geben Hinweise auf die Wichtigkeit einzelner Wörter für die KI-Ausgabe des Literatursuche-Systems. Dies erfolgt über eine Einfärbung der Begriffe, die von Wärmebildern inspiriert ist (Abb. 1). Wichtige Wörter werden rot (warm) und unwichtige blau (kalt) eingefärbt. Die Stärke der Einfärbung kennzeichnet dabei die Wichtigkeit.

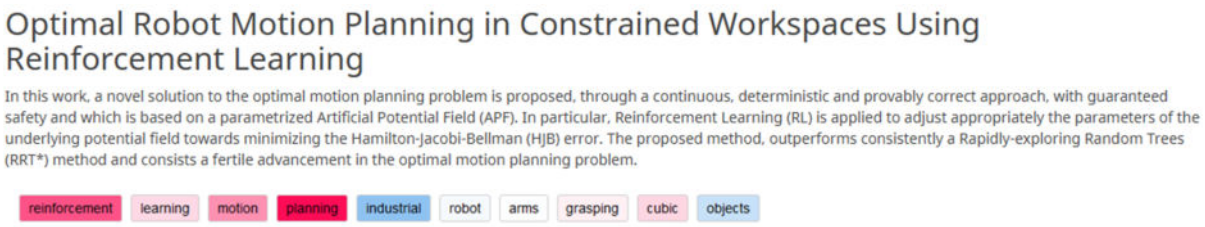


***Abbildung 1**: Beispielausgabe einer Suche mit der XAI-Komponente des Literatursuche-Systems. Die farblich markierten Wörter stellen die Suchanfrage dar, für die dieses Paper vorgeschlagen wurde.*

Im Beispiel aus Abbildung 1 ist „planning“ das wichtigste Wort. Das Vorhandensein dieses Wortes im Suchstring begünstigt die Anzeige dieses Suchergebnisses in der KI-generierten Trefferliste am stärksten. Würde man „planning“ an dieser Stelle aus dem Suchstring entfernen, so würde die KI dieses Paper als weniger passend erachten. Blaue Wörter wie „industrial“ sind gegenteilig zur KI-Empfehlung, d.h. das angezeigte Suchergebnis würde besser zur Suche passen, wenn dieses Wort nicht im Suchstring enthalten wäre. Mit Hilfe des XAI-Ansatzes erhalten Nutzende somit Informationen darüber, welche der verwendeten Suchbegriffe für die Anzeige der jeweiligen Suchergebnisse von Bedeutung sind und in welchem Maße.

2. Methode

Im Rahmen der durchgeführten between-subject Online-Studie (n = 260) wurden Probanden randomisiert einer von zwei Gruppen (Experimentalgruppe mit XAI, Kontrollgruppe ohne XAI) zugeordnet. Die Probandenrekrutierung erfolgte im Januar 2025 über den Online-Panel-Anbieter Prolific[1]. Die Zielgruppe der Studie waren Personen mit Expertise im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie, die Erfahrung mit der Recherche wissenschaftlicher Literatur und KI-Kenntnisse aufweisen. Die Befragung wurde in englischer Sprache mit Probanden aus UK, den USA und Deutschland durchgeführt. Die Probanden waren zwischen 18 und über 60 Jahren alt, wobei die 18-29-Jährigen die größte Gruppe darstellen (51,2 %). 46,2 % der Probanden waren weiblich, 53,5 % männlich und 0,4 % divers. Der höchste Bildungsabschluss der Befragten sind mehrheitlich ein Bachelor- (ca. 49%) oder ein Master-Abschluss (ca. 47 %). Ca. 69 % der Befragten arbeiten in der IT-Branche und 70 % geben an, sehr vertraut mit KI zu sein. Literatursuche-Systeme werden von 23,8 % mehrmals am Tag verwendet, von 37,7 % mehrmals die Woche, mehrmals im Monat nutzen sie 24,6 % und nur mehrmals im Jahr 13,8 %. Nachdem die Befragten eine kurze Erklärung zur Aufgabenstellung erhalten und die Experimentalgruppe darüber hinaus in die

[1] https://www.prolific.com/

XAI-Erklärungen eingewiesen wurde, erhielten die Gruppen drei Suchanfragen mit je drei Suchergebnissen. Die Probanden mussten jeweils die Passung der Suchergebnisse zur Anfrage auf einer fünfstufigen Skala bewerten. Anschließend schätzten die Probanden anhand einer siebenstufigen Skala von „stimme überhaupt nicht zu“ bis „stimme voll und ganz zu“ ein, wie leicht ihnen die Bewertung der Suchergebnisse fällt. Vor der Durchführung der Studie wurde die Passung der angezeigten Suchergebnisse von drei Experten bewertet. Die durchschnittliche Expertenbewertung dient als Benchmark für die Bewertungen der Probanden.

Nach den drei Durchgängen gaben die Probanden an, wie sie die Belastung bei der Ausführung der Aufgaben empfanden. Dafür wurde der NASA Task Load Index von Hart und Staveland (1986) verwendet. Im Kontext dieser Studie wurde die Frage nach der physischen Belastung aufgrund der fehlenden Relevanz ausgelassen. Die Experimentalgruppe erhielt im Anschluss weitere Fragen zur Zufriedenheit mit den XAI-Erklärungen, basierend auf der Explanation Satisfaction Scale von Hoffman et al. (2018). Zur Erhebung der Verständlichkeit der XAI-Erklärungen wurden siebenstufige Zustimmungsitems aus einer ähnlichen Studie von Radensky et al. (2022) verwendet, die ebenfalls einen XAI-Ansatz bei einem Literatursuche-System untersucht. Darüber hinaus wurden zwei weitere für die Befragung relevante Items zur subjektiven Einschätzung der benötigten Zeit und der Wahrnehmung der Erklärungen als verwirrend aus einer XAI-Studie von Hadash et al. (2022) ergänzt.

3. Ergebnisse der XAI-Studie

Die Bewertung der drei Suchanfragen unterscheidet sich nur sehr geringfügig zwischen beiden Gruppen. Überwiegend werden die Ergebnisse als passend zu den Suchanfragen bewertet. In der Kontrollgruppe liegt der Mittelwert meist geringfügig höher als in der Experimentalgruppe. Signifikante Unterschiede lassen sich allerdings nur in drei Fällen beobachten (p = .021, p = .003, p = .014) (s. Abb. 2). Die Angaben der Probanden unterscheiden sich teils deutlich von der Bewertung der Experten.

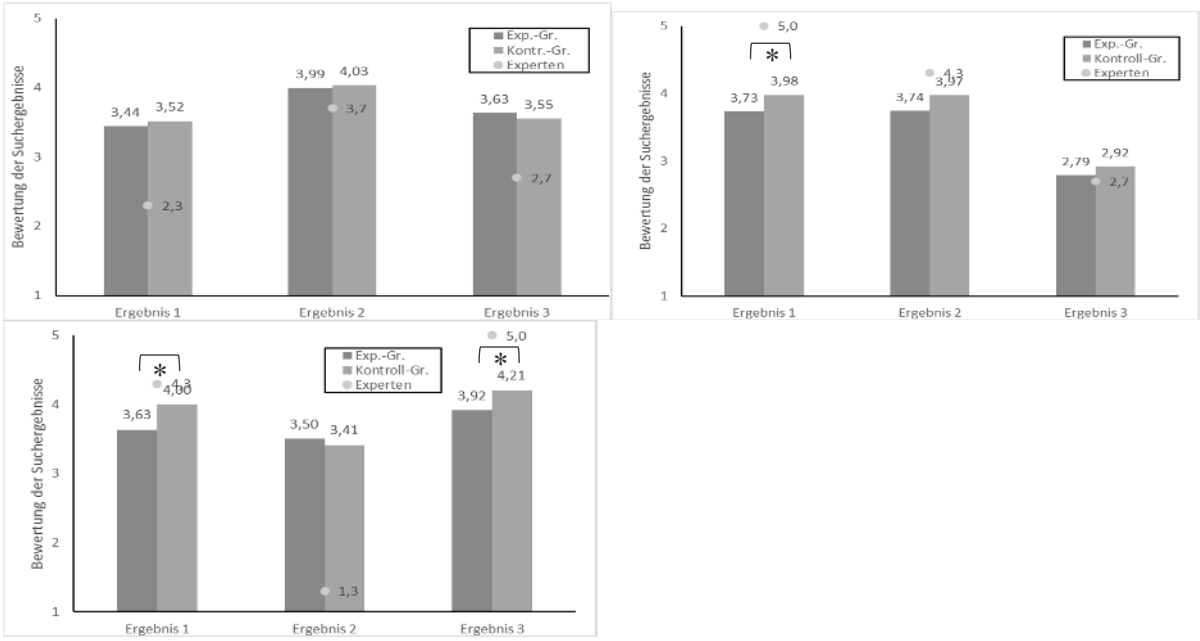


Abbildung 2: *Mittelwerte der Bewertungen zu den jeweiligen Suchergebnissen für die drei Suchanfragen, unterteilt nach Gruppen und Experten.*

In Hinblick auf die aufgewendete Zeit für die Bewertung der Suchergebnisse zeigen sich nur bei der Bewertung der Suchergebnisse zu Suchanfrage 3 signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($p < .036$, $M_{Experimental}$=155,9 Sek; $M_{Kontroll}$=196,6 Sek.). Beiden Gruppen fiel die Bewertung gleichermaßen leicht (s. Abb. 3).

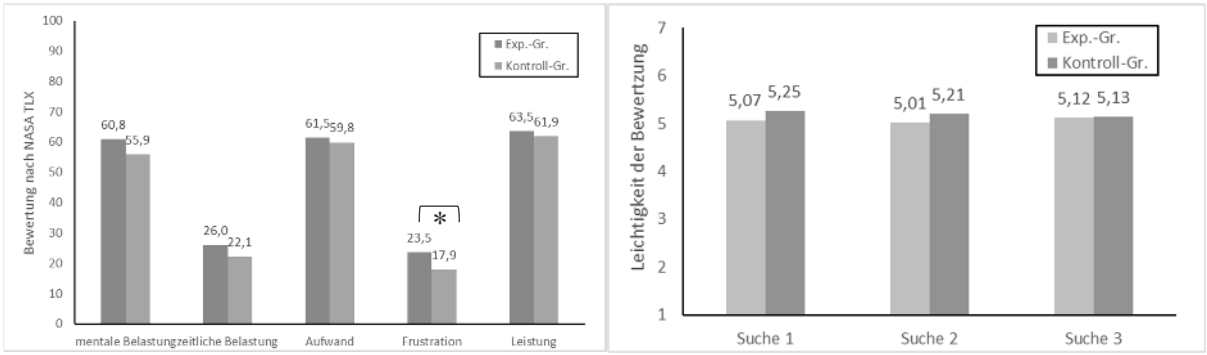


***Abbildung 3**: Mittelwerte der Angaben zur Leichtigkeit der Bewertung der Suchergebnisse und der wahrgenommenen Belastung unterteilt nach Gruppen.*

Die Erhebung der wahrgenommenen Belastung bei der Ausführung der Bewertungsaufgabe zeigt eine sehr unterschiedliche Beurteilung der verschiedenen Belastungskategorien. Die mentale Belastung, der benötigte Aufwand und die Möglichkeit, die erwünschte Leistung erbringen zu können, wird von beiden Gruppen als hoch wahrgenommen. In allen drei Fällen liegen die Mittelwerte in der Experimentalgruppe geringfügig – im Falle der mentalen Belastung etwas deutlicher – höher als in der Kon–trollgruppe. Die Unterschiede sind jedoch nicht signifikant. Die zeitliche Belastung und die Frustration hingegen werden von den Probanden als mittelmäßig beurteilt, wobei sich der Frustrationsgrad zwischen den Gruppen signifikant unterscheidet (p = .26). (s. Abb. 3). In Hinblick auf die subjektive Zufriedenheit mit den XAI-Erklärungen in der Experimentalgruppe zeigt sich, dass der Großteil der Befragten diese als hilfreich, zufriedenstellend und ausreichend detailliert bewertet. Viele Befragte fühlen sich durch die Erklärungen befähigt, zu beurteilen, wann sie dem System vertrauen können (s. Abb. 4).

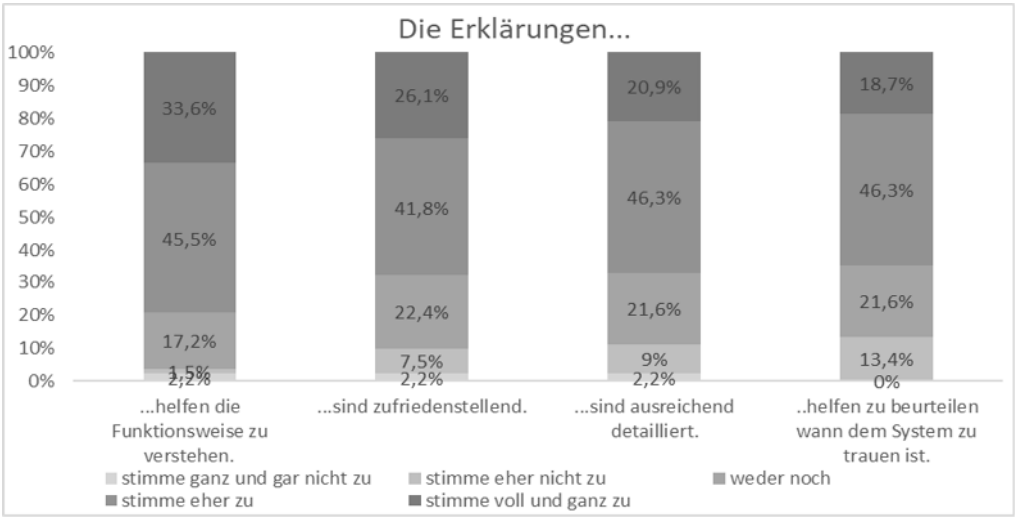


***Abbildung 4**: Ausgewählte Angaben zur Zufriedenheit mit den XAI-Erklärungen in der Experimentalgruppe*

Den Fragen zur Verständlichkeit der Erklärungen wird ebenfalls viel Zustimmung entgegengebracht. Für viele ist es verständlich, warum die entsprechenden Suchergebnisse ausgegeben wurden (31,3% „stimme eher zu“; 41,8% „stimme zu“; 11,2% „stimme voll und ganz zu“) und welche künftig zu erwarten sind (28,4% „stimme eher zu“; 37,3% „stimme zu“; 14,9% „stimme voll und ganz zu“) sowie welche Suchbegriffe für die Ausgabe irrelevanter Ergebnisse verantwortlich sind (32,1% „stimme eher zu“; 30,6% „stimme zu“; 18,7% „stimme voll und ganz zu“).

Darüber, ob die Erklärungen als verwirrend wahrgenommen werden, herrschen unterschiedliche Auffassungen. Obwohl die Mehrheit der Befragten einer Verwirrung durch die Erklärungen nicht zustimmt, verteilen sich die Angaben hier etwas heterogener (s. Abb. 5). Viel Zeit benötigt zu haben, um die Erklärungen zu verstehen stimmen jedoch viele Befragte zu.

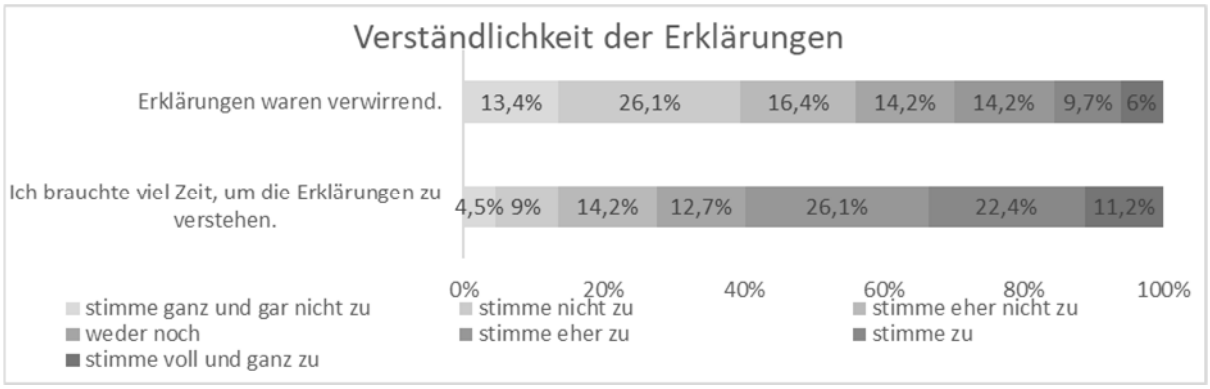


***Abbildung 5**: Zusätzliche Angaben zur Verständlichkeit der XAI-Erklärungen in der Experimentalgruppe*

4. Diskussion und Implikationen

Die vorläufige Auswertung der Studie zeigt, dass die Bewertung der Suchergebnisse in der Experimental- und der Kontrollgruppe recht ähnlich ausfallen und teils deutlich von der Expertenbewertung abweichen. Entgegen der Erwartung konnte nur in einem Fall ein signifikanter Unterschied in der benötigten Zeit für die Bewertung der Suchergebnisse zwischen beiden Gruppen festgestellt werden, obwohl die Probanden in der Experimentalgruppe mehrheitlich angaben, viel Zeit zu brauchen, um die Erklärungen zu verstehen (s. Abb. 5). Möglicherweise bezogen sich die Probanden dabei stärker auf die Einführung in die XAI-Logik als auf das Verständnis der XAI-basierten Ausgaben bei den Aufgaben. Auch in Hinblick auf die Leichtigkeit der Bewertung und die wahrgenommene Belastung zeigen sich nur wenige signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. Deskriptiv ergeben sich allerdings schwache Tendenzen dahingehend, dass der Experimentalgruppe die Einschätzungen leichter fielen und zutreffender waren. Die Erweiterung des Literatursuche-Systems durch die XAI-Komponente scheint zusammenfassend weder die Genauigkeit noch die Zeiteffizienz bei der Bewertung von Suchergebnissen wesentlich zu verändern. Dennoch zeigen die Antworten zur Zufriedenheit und Verständlichkeit der Erklärungen, dass diese subjektiv durchaus als positiv und unterstützend wahrgenommen werden. Womöglich wird die XAI-Erweiterung des Literatursystems also zwar als hilfreich empfunden, wirkt sich aber objektiv kaum aus. Entsprechend kann sie als Unterstützung dienen, verspricht

jedoch nicht notwendigerweise größeren Erfolg bei der Bewertung der Suchergebnisse. Möglicherweise stellen sich Leistungssteigerungen erst ein, wenn die Rezipienten über mehr Erfahrungswerte verfügen und die Ausgaben schneller interpretieren können. Außerdem könnte die begrenzte Stichprobengröße in Kombination mit einem kleinen Effekt der XAI-Darstellungen dazu führen, dass signifikante Unterschiede in der Auswertung ausbleiben. Weitere Auswertungen der im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten sowie zukünftige Forschung sollten weitere Einblicke in die tatsächliche Nützlichkeit von XAI liefern.

5. Literatur

Adadi A, Berrada M (2018) Peeking Inside the Black-Box: A Survey on Explainable Artificial Intelligence (XAI). IEEE Access 6:52138–52160.

Brown, SA, Massey, AP, Montoya-Weiss, MM, Burkman, JR (2002) Do I really have to? User acceptance of mandated technology. European Journal of Information Systems, 11(4):283–295. https://doi.org/10.1057/palgrave.ejis.3000438.

Dvorak J, Kopp T, Kinkel S, Lanza G (2022) Explainable AI. A key driver for AI adoption, a mistaken concept, or a practically irrelevant feature? Proceedings of the 4th UR-AI Symposium. Villingen-Schwenningen.

Gupta M (2023) Explainable Artificial Intelligence (XAI): Understanding and Future Perspectives. In: Hassanien AE (Ed) Explainable Edge AI. A Futuristic Computing Perspective. Studies in Computational Intelligence Series, v.1072. Springer International Publishing, Cham, 19–33.

Hadash, S, Willemsen, MC, Snijders, C, IJsselsteijn, WA (2022) Improving understandability of feature contributions in model-agnostic explainable AI tools. In: CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. New York: ACM.

Hart, SG; Staveland, LE (1986) NASA task load index (TLX). California. NASA Ames Research Center. https://ntrs.nasa.gov/citations/20000021487.

Hoffman, RR, Mueller, ST, Klein, G, Litman, J (2018) Metrics for Explainable AI: Challenges and Prospects.

Kopp T, Weitemeyer R, Beyer J, Ziegler D, Hess R (2023) Künstliche Intelligenz zur Entscheidungsunterstützung in Leitstellen des Personennahverkehrs – Technische und sozio-technische Herausforderungen. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 60:1156–1173.

Lockey S, Gillespie N, Holm D, Asadi Someh I (2021) A Review of Trust in Artificial Intelligence. Challenges, Vulnerabilities and Future Directions. Proceedings of the 54th Hawaii International Conference on System. Accessed May 14, 2024.

Radensky, M, Downey, D, Lo, K, Popovic, Z, Weld, DS (2022) Exploring the Role of Local and Global Explanations in Recommender Systems. In: CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. New York, ACM.

Weitemeyer R, Ma J, Cao Y, Sen S, Beyer J, Kölmel L (2023) Discovery: an Explainable AI Powered Academic Search Engine for Knowledge Workers. In: Weber J & Lauffenburger JP (Ed), Upper Rhine Artificial Intelligence Symposium 2023: AI for Time Series, Robotics and Beyond, 134-142.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Humanzentrierte Arbeitsgestaltung beim Einsatz künstlicher Intelligenz: Evaluation des Dialogverfahrens „FriendlyTechCheck“ in verschiedenen Arbeitskontexten

Anja GERLMAIER, Paul-Fiete KRAMER

Institut Arbeit und Qualifikation, Universität Duisburg-Essen,
Forsthausweg 2, D-47057 Duisburg

Kurzfassung: Die Nutzung von KI wird für immer mehr Beschäftigte in ganz unterschiedlichen Arbeitsbereichen zum Alltag und kann dabei sowohl zu Arbeitsentlastung und Lernförderlichkeit beitragen, als auch zu Monotonie oder erhöhtem Stress führen. Mit dem „FriendlyTechCheck“ (FTC) wird ein Instrument entwickelt, das darauf zielt, derartige psychosoziale Belastungen bzw. Gesundheitspotenziale beim Umgang mit KI am Arbeitsplatz frühzeitig zu ermitteln und Maßnahmen einer humanzentrierten Arbeitsgestaltung im Betrieb anzustoßen. Im Fokus dieses Beitrags steht die Prozessevaluation des Instruments entlang von fünf Anwendungsfällen. Erste Ergebnisse zeigen, dass der FTC eine verlässliche Beurteilung von Potenzialen und Risiken unterschiedlicher KI-basierter Assistenzsysteme ermöglicht und dabei eine Beteiligungs- und Gestaltungsorientierung im Betrieb fördert.

Schlüsselwörter: KI-basierte Assistenzsysteme, Gefährdungsbeurteilung, humanzentrierte Arbeitsgestaltung, Partizipation

1. Problemstellung

Durch die rasanten Fortschritte in unterschiedlichen Anwendungsbereichen künstlicher Intelligenz (KI) werden zukünftig immer mehr Beschäftigte mit Formen dieser digitalen Technologie am Arbeitsplatz konfrontiert sein. Auf künstlicher Intelligenz basierende Systeme wie intelligente Chatbots, Diagnosesysteme oder Serviceroboter können Arbeitende von schwerer oder monotoner Arbeit entlasten, bei Entscheidungen unterstützen oder Lernprozesse anregen (Meyer et al. 2023). Werden jedoch Regeln der soziotechnischen Arbeitsgestaltung zu wenig beachtet, können beim Einsatz dieser Systeme unerwünschte Beanspruchungsfolgen wie Monotonie, Sinnentleerung, Stress und Verlust- oder Versagensängste resultieren (Parker & Grote 2022). Der Gesetzgeber hat daher Regelwerke zum Arbeits- und Gesundheitsschutz beim Einsatz von neuen Technologien am Arbeitsplatz vorgesehen (u. a. §5 Abs. 3, ArbSchG). Bisher existieren aber kaum arbeitswissenschaftlich fundierte Instrumente, mit denen über die Gebrauchstauglichkeit und Akzeptanz hinausgehende psychosoziale Belastungen bzw. Gesundheitspotenziale beim Umgang mit KI am Arbeitsplatz präventiv ermittelt werden können (Parker & Grote 2022).

Im Rahmen des BMBF-geförderten Projektes „HUMAINE“ (FK 02L19C201) wird mit dem „FriendlyTechCheck“ (FTC) aktuell ein Instrument entwickelt, mit dem betriebliche Praktiker an konkreten Arbeitsplatzsettings Gesundheitspotenziale und Risiken des Einsatzes von KI-Anwendungen prospektiv erfassen und Gestaltungsansätze zur Optimierung gemeinsam ermitteln können. Im Beitrag werden erste Ergebnisse einer

Prozessevaluation des FTC dargestellt, die in verschiedenen betrieblichen Anwendungssettings von KI ermittelt wurden.

2. Ziele und Konzeption des ‚FriendlyTechCheck'

Mit der Entwicklung des FTC sollen betriebliche Praktiker in die Lage versetzt werden, KI-Systeme in ihren soziotechnischen Nutzungskontexten auf ressourcenstärkende bzw. -schädigende Auswirkungen hin selbstständig zu untersuchen und Gestaltungsmaßnahmen initiieren zu können. Das Instrument umfasst dazu verschiedene in den Arbeitswissenschaften etablierte Humankriterien für die Einführung und den Einsatz digitaler Technologien wie zum Beispiel Gesundheits- und Lernförderlichkeit, Autonomie, soziale Interaktionen, Fairness und User-Experience (vgl. Kluge et al. 2021). Die theoretische Grundlage des Instruments bildet eine Modifikation des Anforderungen-Ressourcen-Modells von Demerouti (2022). Betrachtet werden dabei zum einen durch den Technikeinsatz neu auftretende Anforderungen an die Handlungsregulation, die zu erhöhten psychischen oder physischen Kosten (Ressourcenschädigungen) führen können (sog. ‚unfriendly AI'). Zum anderen werden Ressourcenpotenziale erfasst, die durch die Interaktion mit Technik entstehen können (sog. ‚friendly AI'). Der FTC ist prospektiv bei der Planung sowie während und nach Technikeinführungsprozessen nutzbar. Eine Besonderheit des Verfahrens ist, dass es auf einen Dialog verschiedener betrieblicher Akteure abzielt, um den jeweiligen Systemperspektiven Rechnung zu tragen. Daher erfolgt die Bewertung eines Arbeitssystems entlang der FTC-Checkliste durch mindestens zwei Beurteilende (z. B. Vorgesetzte, Betriebsrat, Sicherheitsfachkraft, Nutzende). Der Einsatz des FTC ist dabei in ein Workshop-Programm eingebettet. Die Moderation erfolgt durch zuvor qualifizierte betriebliche Akteure z B. aus dem Arbeitsschutzbereich oder der Interessenvertretung. Im Workshop werden die Teilnehmenden zunächst aufgefordert, das einzuführende technische System entlang der insgesamt 38 Items der FTC-Checkliste zu beurteilen (Dimensionen und Items finden sich bei Gerlmaier et al. 2024). In einem nachfolgenden Dialog werden die Befragten im Rahmen einer Gruppendiskussion durch die Moderation ermutigt, ihre Einschätzungen zu erläutern (Herstellen von Kontextbezug). Daraus erfolgen insbesondere bei der Bewertung von Risiken in einem dritten Schritt die Entwicklung von Gestaltungsideen und gegebenenfalls erste Planungen hieran geknüpfter Umsetzungsmaßnahmen. Diese werden von den Moderierenden dokumentiert und nach Freigabe der Teilnehmenden an die betrieblichen Umsetzungsverantwortlichen weitergeleitet.

3. Prozessevaluation: Vorgehen, Anwendungsfälle und Teilnehmende

Im Mittelpunkt der aktuell noch laufenden Evaluation des FTC steht die Frage, ob das dem FTC zugrunde liegende Vorgehensmodell geeignet ist, betriebliche Praktiker bei der Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung zur psychischen Belastung im Kontext der Einführung von künstlicher Intelligenz zu unterstützen. In Anlehnung an die von Kittelmann et al. 2022 formulierten Qualitätskriterien einer Gefährdungsbeurteilung Psyche interessierte uns vor allem, ob das Verfahren geeignet ist, psychosoziale Ressourcen- bzw. Risikopotenziale bei unterschiedlichen KI-Anwendungen am Arbeitsplatz zuverlässig zu erkennen. Darüber hinaus gingen wir der Frage nach, ob

das Verfahren den Dialog verschiedener am Einführungsprozess beteiligter Stakeholder sowie die Ableitung kontextspezifischer Gestaltungsanforderungen fördert.

Die Evaluationsstudie basiert auf qualitativen und quantitativen Analysen von Workshop-Dokumentationen, die wir im Rahmen von FTC-Anwendungen im Kontext der Einführung von KI in unterschiedlichen betrieblichen Kontexten erhoben haben. Die Erprobung des FTC fand im Zeitraum zwischen Februar 2022 und Januar 2025 in vier Unternehmen statt. Hier wurden mithilfe des FTC die psychosozialen Risiken und Potenziale bei der Einführung von KI-basierten Assistenzsystemen entlang fünf unterschiedlicher Anwendungsfälle ermittelt sowie sich daraus ergebende Gestaltungsimplikationen in den entsprechenden Workshops diskutiert. In Tabelle 1 findet sich ein Überblick über die in den Anwendungsfällen eingeführten KI-Systeme, deren Anwendungsbereich im Unternehmen sowie die Anzahl der am Prozess der Gefährdungsbeurteilung jeweils beteiligten Unternehmensvertreter.

Tabelle 1: *Übersicht KI-Systeme, Anwendungsbereiche, FTC-Workshops*.

KI-System	**Anwendungsbereich**	**Teilnehmendenzahl FTC-Workshop**
Mobiler Roboter	Logistik	11
Cobot	Produktion	3
Prüfsystem	Produktion	4
Chat GPT	Forschung/Entwicklung	9
Pflegedokumentation	Pflege	11

4. Ausgewählte Ergebnisse

4.1 Objektivität

Zur Überprüfung der Frage, ob das Instrumentarium Kriterien der Objektivität erfüllt, betrachteten wir die Beurteilerübereinstimmungen bei den FTC-Bewertungen getrennt für jeden Anwendungsfall. Bei der Analyse wurden die Kategorien Risiko (‚unfriendly AI') und Potenzial (‚friendly AI') differenziert betrachtet. Die Analyse erfolgte aufgrund der Nominalskalierung und Verteilung der Bewertungen mithilfe eines Extremgruppenvergleichs der Bewertungen. Hier finden sich sowohl für die Risiko- als auch Potenzialbewertungen mittlere bis hohe Übereinstimmungswerte. Sie liegen für den Bereich der Potenzialbeurteilung in einem Spektrum von 0,37 (Pflegedokumentation) bis 0,79 (ChatGPT). Die Übereinstimmungen der Risikobewertungen schwankten zwischen 0,42 (Chat GPT) und 1 (Cobot).

4.2 Beteiligungsorientierung

Ein zentrales Ziel des FTC besteht darin, durch den Einbezug verschiedener Akteursperspektiven in den Prozess der Gefährdungsbeurteilung die Qualität des Bewertungsergebnisses sowie die Qualität bzw. Akzeptanz der gegebenenfalls notwendigen Gestaltungsimplikationen zu erhöhen. Die Auswertung der Workshopprotokolle aus den fünf Anwendungsfällen zeigt, dass in allen Fällen mindestens zwei Akteursgrup-

pen, in der Regel Nutzende und Führungskräfte, an den FTC-Workshops teilgenommen haben. In vier der fünf Fällen gelang es, neben Nutzenden und Führungskräften auch weitere Akteure wie technische Verantwortliche, Betriebsräte oder Fachkräfte für Arbeitssicherheit einzubeziehen.

4.3 Gestaltungsorientierung

Ein wichtiges Kriterium für die Qualität einer Gefährdungsbeurteilung besteht darin, aufbauend auf den Analysen und Bewertungen Maßnahmenableitungen sowie deren Umsetzung zu erzielen. Die Auswertung der Workshopprotokolle ergab, dass es den Workshopteilnehmenden in allen fünf Anwendungsfällen gelang, aufbauend auf den identifizierten Risiken Gestaltungsmaßnahmen zu identifizieren und abzuleiten (s. Tabelle 2). Die Anzahl der Gestaltungsmaßnahmen war dabei abhängig von der Anzahl der festgestellten Risiken der entsprechenden KI-Systeme und lag zwischen zwei (Cobot) und sechs Maßnahmen (mobiler Pick-and-Place-Roboter). Die meisten Gestaltungsmaßnahmen in den fünf Fällen betrafen den Handlungsbereich Qualifizierung (z. B. Schulung für Prompting bei ChatGPT, Mikroschulungen zur Unterweisung im Fall Pflegedokumentation). Der zweithäufigste Handlungsbereich betraf die Adaptierung der technischen Systeme an den betrieblichen Kontext (z. B. Neujustierung der Licht- und Tonsignale beim mobilen Roboter, Programmierung neuer Funktionen bei der Anwendung der Pflegedokumentation).

Tabelle 2: *Anzahl der Gestaltungsmaßnahmen nach Handlungsfeldern und Anwendungsfällen*.

Handlungsfelder	**mobiler Roboter**	**Cobot**	**Prüfsystem**	**Chat GPT**	**Pflegedokumentation**	**Summe**
Technikanpassung	1		1		1	**3**
Ergonomie/ Sicherheit	1	1				**2**
Arbeitsorganisation	1		1			**2**
Kommunikation	1			1		**2**
Qualifizierung	1		1	2	1	**5**
Rollenentwicklung	1					**1**
Datenschutz		1			1	**2**
Gratifikation			1			**1**
Summe Gestaltungsmaßnahmen	**6**	**2**	**4**	**3**	**3**	**18**

5. Vorläufiges Fazit und Ausblick

Die vorläufigen Ergebnisse der Evaluation des „FriendlyTechCheck“ (FTC) implizieren, dass das Verfahren ein vielversprechendes Instrument zur partizipativen und prospektiven Gefährdungsbeurteilung beim Einsatz von KI-basierten Assistenzsystemen am Arbeitsplatz darstellen kann.

Es gelang in den fünf Anwendungsfällen psychosoziale Risiken und Potenziale mit einer mittleren bis guten Beurteilerübereinstimmung zu erfassen, obwohl zum Teil eine sehr hohe Heterogenität bei den Beurteilenden bestand. Auch gelang es in allen Anwendungsfällen mit den unterschiedlichen Beteiligten risikoangemessene Gestaltungserfordernisse zu ermitteln und Gestaltungsmaßnahmen zu formulieren. In allen untersuchten Fällen konnten konkrete Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen abgeleitet werden, wobei der Fokus auf Qualifizierung und technischer Adaption lag. Der FTC leistet somit einen wichtigen Beitrag zur humanzentrierten Arbeitsgestaltung im Kontext der Digitalisierung. Die vorläufigen Ergebnisse der Prozessevaluation deuten darauf hin, dass das Instrument dabei in unterschiedlichen Unternehmenskontexten sowie für verschiedenartige KI-Systeme sinnvoll eingesetzt werden kann. Zukünftige Forschung sollte darin bestehen, die Validität des FTC in einer größeren Stichprobe zu untersuchen. Zur Bewertung der Wirksamkeit des FTC wäre es zudem wünschenswert, längsschnittliche Betrachtungen der Umsetzung und Wirksamkeit der abgeleiteten Gestaltungsmaßnahmen untersuchen zu können. Ferner sollte erforscht werden, wie der FTC in bestehende Arbeitsschutzmanagementsysteme integriert werden kann, um eine umfassende und systematische Berücksichtigung psychosozialer Faktoren bei der Einführung von KI zu gewährleisten.

6. Literatur

Demerouti, E. (2022). Turn Digitalization and Automation to a Job Resource. Applied Psychology, 71(4), 1205–1209. https://doi.org/10.1111/apps.12270.

Gerlmaier A, Bendel A, Ossenberg M (2024) Humanzentrierte Gestaltung von digitalen Assistenzsystemen für Menschen mit Behinderung: Erprobung und Evaluation des Workshopprogramms „friendlyAI@work“. Z. Arb. Wiss. 78:132–145. https://doi.org/10.1007/s41449-024-00423-8.

Kittelmann M, Adolph L, Michel A, Packroff R, Schütte M, Sommer S (Hrsg.) (2021) Handbuch Gefährdungsbeurteilung (1. Auflage). Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Kluge A, Ontrup G, Langholf V, Wilkens U (2021) Mensch-KI-Teaming: Mensch und Künstliche Intelligenz in der Arbeitswelt von morgen. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 116(10):728-734. https://doi.org/10.1515/zwf-2021-0112.

Meyer SC, Hartwig M, Tisch A, Wischniewski S (2022) Künstliche Intelligenz am Arbeitsplatz: Verbreitung und Hinweise auf Zusammenhänge mit Arbeitsqualität. in: A. Tisch, S. Wischniewski (Hrsg.) Sicherheit und Gesundheit in der digitalisierten Arbeitswelt. Kriterien für eine menschengerechte Gestaltung. Baden-Baden: Nomos. S. 313-333. DOI: 10.5771/9783748927372-313.

Parker SK, Grote G (2022) More than ‘more than ever’: Revisiting a work design and sociotechnical perspective on digital technologies. Applied Psychology, 71(4), 1215–1223. https://doi.org/10.1111/apps.12425.

Förderhinweis: Das Verbundprojekt „HUMAINE“ wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF); Laufzeit von April 2021 bis März 2026; Förderkennzeichen 02L19C201.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Psychovibration durch Gebäudeschwingungen

Nick KLEINEWALTER[1], Anne GEBHARDT[2], Christian FREITAG[1]

[1] Institut für Arbeitsschutz, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V., Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin
[2] Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V., Königsbrücker Landstraße 2, D-01109 Dresden

Kurzfassung: Nicht selten werden Schwingungsexpositionen durch unterschiedliche Quellen wie Produktionsmaschinen oder Verkehr auf die Büroarbeitsplätze eines Gebäudes übertragen. Diese Vibrationen wurden vom IFA bei zahlreichen Messungen untersucht. Bei Gesprächen mit den betroffenen Mitarbeitenden ist deutlich geworden, dass die vernommenen Vibrationen zu einer psychischen Beeinträchtigung führen können. Ein Faktor dabei ist die Wahrnehmungsschwelle bezüglich Vibrationen, die bei jedem Menschen unterschiedlich ist. Auf einem Prüfstand wird diese Schwelle an Händen und Füßen in Abhängigkeit verschiedener Einflussfaktoren untersucht. Im Anschluss sollen die beschriebenen Leistungstests in einer weiteren Studie unter Vibrationseinwirkungen zeigen, wie sehr diese einen Einfluss auf die Arbeitsleistung haben.

Schlüsselwörter: Vibrationen, Gebäudeschwingungen, Wahrnehmungsschwelle, Büroarbeitsplatz, Psychische Belastung, Arbeitsleistung

1. Einleitung

Vibrationen war jeder Mensch schon einmal ausgesetzt, sei es im Auto oder beim Arbeiten mit einer Bohrmaschine. Wie und ob eine Person die Vibration wahrnimmt, hängt von einer Vielzahl von Einflussfaktoren ab und unterscheidet sich von Mensch zu Mensch. Auch wie sehr Vibrationen die Konzentrationsfähigkeit und die Arbeitsleistung beeinflusst variiert (ISO 2631-2 2003). Bei Gebäudeschwingungen ist die Intensität der Vibration üblicherweise nicht so hoch, dass diese eine direkte Gesundheitsgefährdung bewirken, jedoch kann die Wahrnehmung und Leistungsfähigkeit im Einzelfall beeinträchtigt werden (BMAS 2015). Für die Beurteilung von Gebäudeschwingungen stellen die technischen Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung Anhaltswerte für die frequenzbewertete Beschleunigung in Abhängigkeit zum Einwirkungsort zur Verfügung, worunter auch Arbeitsplätze mit überwiegend geistiger Tätigkeiten, wie z. B. Büroräume, fallen (BMAS 2015). Die Wahrnehmungsschwelle eines Menschen für vertikale Vibrationen liegt dabei im Bereich der Anhaltswerte (Bellman et al. 2000).

Manche Menschen können an einem Büroarbeitsplatz, welcher Sie durch Gebäudeschwingungen zusätzlich belastet, nicht konzentriert arbeiten, wohingegen Andere die Schwingungen nicht einmal wahrnehmen. Diese Erkenntnisse stammen von den vom Institut für Arbeitsschutz der DGUV e.V. (IFA) durchgeführten Gebäudeschwingungsmessungen in Kombination mit Befragungen der betroffenen Mitarbeitenden im Betrieb.

In einem ersten Schritt werden mit Hilfe eines aufgebauten Prüfstands im IFA die Wahrnehmungsschwellen von elf Versuchspersonen an Händen und Füßen ermittelt. Die Kenntnis der individuellen Wahrnehmungsschwelle ist wichtig, um Leistungstests bei Vibrationen durchzuführen, die auch von den Versuchspersonen gespürt werden. So kann der Einfluss der Vibrationen auf die Arbeitsleistung untersucht werden. Als Leistungstests sollen Tätigkeiten durchgeführt werden, welche auch in einer typischen Bürosituation stattfinden, wie das Bedienen der Computermaus und das Benutzen der Tastatur. Die Kombination aus Geschwindigkeit und Fehlerquote soll dabei als Maß für die Arbeitsleistung benutzt werden. Der genaue Einfluss auf die Arbeitsleistung soll dann in einer Folgestudie untersucht werden.

2. Methodik

Um die Wahrnehmungsschwellen von verschiedenen Personen ermitteln zu können ist im IFA ein Prüfstand aufgebaut, welcher einen Büroarbeitsplatz nachbildet. Dieser Prüfstand besteht aus einer Plattform, welche mit Hilfe von Schwingungsdämpfern vom Boden entkoppelt ist, damit dieser frei schwingen kann. Angeregt wird der Prüfstand über einen Schwingerreger, welcher mittig unter der Plattform befestigt ist. Das Anregungssignal kann dabei frei gewählt werden, sodass Sinusschwingungen mit gezielten Frequenzen ausgewählt werden können, bei welchen die Untersuchgen der Wahrnehmungsschwelle stattfinden. Die Intensität kann dabei ebenfalls frei eingestellt werden. In dieser Studie werden die Wahrnehmungsschwellen an Händen und Füßen bei 16Hz und 25Hz untersucht. Auf der Plattform ist ein Tisch und ein Bürostuhl platziert, auf welcher die Personen während der Untersuchungen sitzen. Zu sehen ist der Aufbau in Abbildung 1.



***Abbildung 1**: Aufgebauter Prüfstand zur Untersuchung der Wahrnehmungsschwellen an einem nachgebauten Büroarbeitsplatz im IFA.*

Für die Untersuchung der Wahrnehmungsschwelle wird an der Stelle der Einleitung in den menschlichen Körper gemessen und anschließend wird die Beschleunigung mit einer Frequenzbewertungskurve bewertet (VDI 2017). Für das Ermitteln der wirkenden Beschleunigungen befinden sich zwei Beschleunigungssensoren des Modells PCB-

393B12, einer am Boden in Fußnähe und einer auf dem Tisch in Nähe der Hände, auf dem Prüfstand. Es wird ausschließlich in vertikaler Richtung (z-Achse) gemessen, da in dieser Raumrichtung angeregt wird und auch in den meisten gemessenen Büroräumen diese Richtung die größten Intensitäten hatten.

Während den Untersuchungen gibt es zwei verschiedene Prüfkonfigurationen. Bei der Untersuchung der Wahrnehmungsschwelle an den Füßen sitzt die Versuchsperson auf dem Bürostuhl und die Füße sind am Boden. Währenddessen berühren die Hände den Tisch nicht. Beim Ermitteln der Handfühlschwelle sitzt die Versuchsperson ebenfalls auf dem Bürostuhl, jedoch werden die Füße mit Hilfe einer Fußbank entkoppelt, damit sich auf die Hände, welche auf dem Tisch platziert werden, konzentriert werden kann.

Die Beschleunigung steigt während der Untersuchung immer weiter an. Jede Versuchsperson bekommt dabei ein angepasstes Signal, sodass die Schwingungen nicht weit über die individuelle Wahrnehmungsschwelle hinaussteigen. Die Versuchsperson bekommt einen Taster, damit Sie, sobald Sie die Vibrationen wahrnimmt, diesen betätigen kann. Während der Untersuchung der Handfühlschwelle kann der Taster mit den Füßen betätigt werden. Bei der anderen Prüfkonfiguration kann der Taster mit den Händen benutzt werden. Der Taster setzt ein Marker im Signalverlauf des Messgeräts Svantek SV 106, sodass in der Auswertung die Intensität der Beschleunigung, während die Versuchsperson den Taster betätigt hat, ermittelt werden kann. Jede Versuchsperson durchläuft diesen Ablauf zehn Mal, sodass die Wahrnehmungsschwelle im Anschluss gemittelt werden kann.

Um die Arbeitsleistung in der Folgestudie zu ermitteln, sollen zwei verschiedene Tests eingesetzt werden. Zum Untersuchen der Sprachverarbeitung unter Vibrationen muss ein vorgegebener Text nachgeschrieben werden. Die Versuchszeit beträgt dabei zwei Minuten. Die Anzahl an Anschlägen in Kombination mit den gemachten Fehlern ergibt die Arbeitsleistung. Bei den Arbeiten mit der Computermaus müssen in einem Programm 100 markierte Kreise in festgelegter Reihenfolge angeklickt werden. Je schneller dort geklickt wird, desto mehr Punkte gibt es. Bei einem klicken neben einen Kreis werden keine Punkte vergeben und dieser Kreis wird übersprungen. Diese Tests sind angelehnt an bereits am IFA durchgeführte Untersuchungen bezüglich Ergonomie in Büros (Schellewald et al. 2020).

3. Ergebnisse

Die Versuche bezüglich der Wahrnehmungsschwelle werden mit elf Versuchspersonen wie beschrieben durchgeführt, wobei die Eigenschaften der Versuchspersonen der Tabelle 1 zu entnehmen sind. Diese Daten werden erhoben, um einen möglichen Einfluss auf die Wahrnehmungsschwelle zu untersuchen.

Tabelle 1: *Eigenschaften der Versuchspersonen.*

Eigenschaften	Durchschnitt	Min./Max.
Alter [Jahre]	39,18 ± 15,3	23/65
Körpergewicht [kg]	84,9 ± 16,8	50/110
Fußgewicht [kg]	13,3 ± 3,9	6,4/18,2
Körpergröße [cm]	177,3 ± 10,2	164/193
BMI [kg/m²]	26,9 ± 4,9	18,6/34,4

Bei den Untersuchungen zeigt sich, dass das Alter einen Einfluss auf die Wahrnehmungsschwelle hat. Die anderen untersuchten Faktoren haben erstmal keine signifikanten Unterschiede gezeigt. Die Darstellung der Wahrnehmungsschwelle als frequenzbewertete Beschleunigung in Abhängigkeit des Alters ist in Abbildung 2 zu sehen. Die Fühlschwellen an Händen (blau) und Füßen (rot), bei 16Hz bzw. 25Hz, sind aufgetragen über das Alter. Dazu ist noch der Anhaltswert für Büroräume bezogen auf acht Stunden mit einer schwarzen Linie markiert.

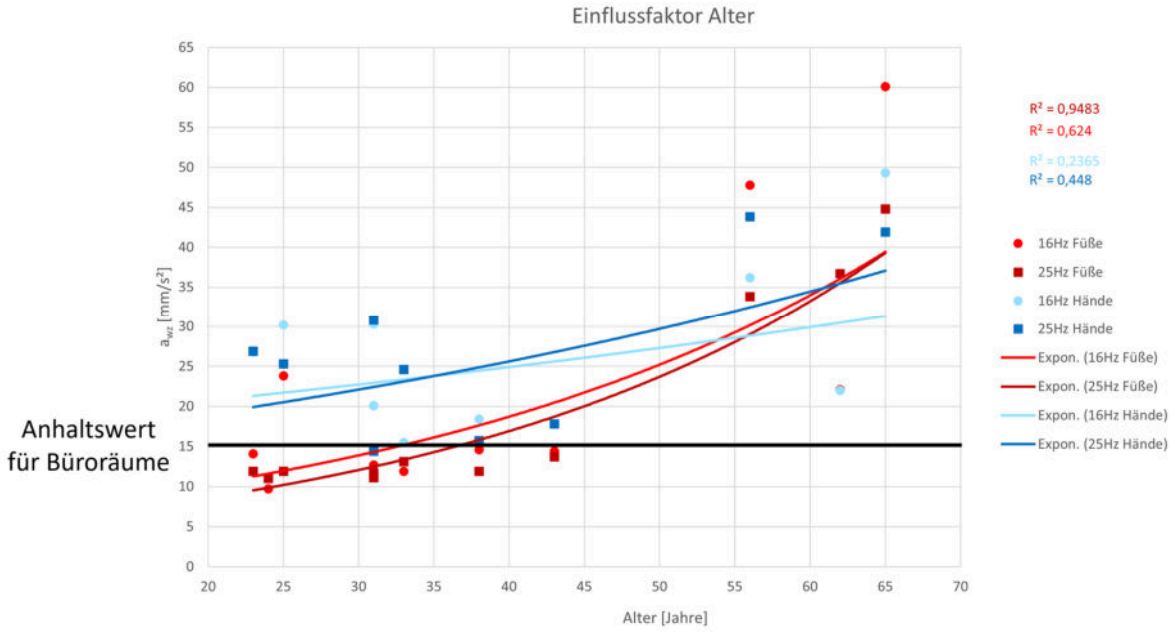


***Abbildung 2**: Wahrnehmungsschwellen der Hände und Füße in Abhängigkeit des Alters.*

Die Wahrnehmungsschwelle ist abhängig von der Versuchsperson und kann nicht einfach mit einem Wert für alle Menschen angegeben werden. Die Schwellen der jüngeren Versuchspersonen liegen deutlich niedriger als die der Älteren. Des Weiteren gab es auch Unterschiede, bei welchen der untersuchten Frequenzen und Einleitungsstellen die niedrigste Wahrnehmungsschwelle der jeweiligen Person ist. Diese Komplexität spiegelt sich auch in der niedrigsten und höchsten ermittelten Wahrnehmungsschwelle aller elf Versuchspersonen wider, wie sie in Tabelle 2 zu sehen sind. Ein weiterer Punkt sind die großen Standardabweichungen der durchschnittlichen Wahrnehmungsschwelle, die ein weiteres Indiz dafür sind. Des Weiteren war es für die Versuchspersonen schwierig zu bestimmen, wann genau etwas gespürt wurde, da Sie in der jeweiligen Einleitungsstelle noch immer etwas gespürt haben, nachdem die Vibrationen abgefallen sind.

***Tabelle 2:** Durchschnittliche bewertete Beschleunigung der Wahrnehmungsschwelle mit minimaler und maximaler Wahrnehmungsschwelle aller Versuchspersonen*

Frequenz und Einleitungsstelle	Durchschnittliche bewertete Beschleunigung [mm/s²]	Min./Max bewertete Beschleunigung [mm/s²]
16 Hz Füße	22,1 ± 16,6	9,7/60,1
25 Hz Füße	19,2 ± 12,6	11/44,8
16 Hz Hände	26,7 ± 10,4	17,8/49,3
25 Hz Hände	26,8 ± 10,6	14,4/43,8

4. Diskussion und Schlussbetrachtung

Die erhobenen Ergebnisse sind ein erster Schritt für die Untersuchungen bezüglich des Einflusses von Vibrationen auf die Arbeitsleistung im Büro, jedoch sind einige Abläufe während der Untersuchungen nicht optimal gelaufen. Die Versuchspersonen sind Vibrationen auch oberhalb ihrer Wahrnehmungsschwelle ausgesetzt gewesen. Dadurch ist die Bestimmung der Wahrnehmungsschwelle der weiteren Zyklen schwerer gefallen. Das Signal stieg noch etwas weiter an, nachdem der Taster von der Versuchsperson betätigt wurde, da dieser nur einen Marker setzt und den Verlauf der Vibrationen nicht beeinflusst. Durch den Anstieg auch oberhalb der Wahrnehmungsschwelle kam es teilweise zu einem Kribbeln in den Händen bzw. den Füßen, obwohl die Vibrationen wieder deutlich geringer waren. Dies ist vor allem in den letzten Zyklen häufiger aufgetreten. Bei den weiteren geplanten Studien wird dies nicht mehr der Fall sein, da die Ansteuerungsart angepasst und optimiert wird.

Die Verteilung und die Anzahl der Versuchspersonen sind nicht optimal, da es keine Versuchspersonen im Alter zwischen 44 und 55 gab. Dies würde noch mehr Rückschlüsse auf den Verlauf der Wahrnehmungsschwellen bezüglich des Alters zulassen. Mit diesen Erkenntnissen wird ein exponentieller Zusammenhang des Alters vermutet, welcher jedoch zum aktuellen Stand nicht bestätigt werden kann. Mit noch mehr Versuchspersonen kann das Ganze noch weiter ausgewertet werden und anderer Einflüsse können mit untersucht werden.

Festzuhalten ist, dass die Wahrnehmungsschwelle bezüglich Vibrationen nicht einfach verallgemeinert für alle Menschen angenommen werden kann. Sie besitzt viele Einflussfaktoren, welche noch nicht alle erforscht sind. Diese Studie fängt an diese genauer zu untersuchen, um in nachfolgenden Studien den Einfluss geringer Gebäudeschwingungen auf die Arbeitsleistung im Büro zu betrachten. Die existierenden Anhaltswerte liegen im Bereich der Wahrnehmungsschwelle, was dazu führen kann, dass die Person am Büroarbeitsplatz die Schwingungen wahrnimmt, obwohl die Anhaltswerte eingehalten werden. Wenn die Auswirkungen weiter untersucht werden, müssen die Anhaltswerte ggf. angepasst werden, damit die Mitarbeitenden nicht in ihrer Arbeitsleistung beeinträchtigt werden. Im Anschluss daran können auch Minderungsmaßnahmen besser untersucht und in der Praxis umgesetzt werden.

5. Literatur

Bellman M A, Mellert V, Reckenhardt C, Remmers C (2000) Experiment zur Wahrnehmung von Vibrationen. DAGA Oldenburg. Acessed Jan. 28, 2025. https://pub.dega-akustik.de/DAGA_1999-2008/data/index.html.

BMAS, Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2015) Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung Teil 1: Beurteilung der Gefährdung durch Vibrationen.

ISO, International Standards Organisation (2003) Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz). ISO 2631-2.

Schellewald V, Kleinert J, Ellegast R (2020) Effects of two types of dynamic office workstations (DOWs) used at two intensities in cognitive performance and office work in tasks with various complexity, Ergonomics, 64(6), 806–818. Acessed Jan. 28, 2025. https://doi.org/10.1080/00140139.2020.1862308.

VDI, Verein Deutscher Ingenieure (2017) Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen. Blatt 1: Ganzkörper-Schwingungen. VDI 2057.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe, durch welche wir auf dieses Thema aufmerksam gemacht worden sind.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

From Recruiting to Onboarding – Challenges of an Accessible Candidate Journey

Sven BITTENBINDER[1], Claudius CLÜVER[1], Padmé NALBACH[2], Claudia MÜLLER[1]

[1] Chair of Information Systems, esp. IT for the Ageing Society, University of Siegen, Kohlbettstr. 15, D-57072 Siegen
[2] Chair of Civil Law, Intellectual Property Law and Media Law, University of Siegen, Kohlbettstr. 15, D-57072 Siegen

Abstract: In order to increase the employment rate of people with disabilities, it is necessary that application processes are also designed to be accessible. In 2 qualitative small-scale studies with stakeholder groups involved, concrete recommendations for action were developed for the design of the Candidate Journey specifically for applicants with disabilities and thus for a more inclusive recruitment and onboarding process for organizations. In addition to the use of accessible technologies, it is important to make the actual exchange of content and behavior through and with technologies and in person transparent and open and to explicitly allocate space for the negotiation of a common language and mutual understanding.

Keywords: Accessible workplaces, recruitment, onboarding, awareness-raising, companies

1. Introduction

The employment rate of people with disabilities (PWD) in the general labor market in Germany is 49.8%, which is far below the average for the population as a whole (78.7 %) (Klaus & Deyerler 2024). Counteracting legal measures (Mateen et al. 2020) cannot effectively address social prejudices (Böhm et al. 2019), views about lower performance (Trenk-Hinterberger 2012; WHO 2011) (despite disproving studies (Papakonstantinou 2018)), or ignorance about the needs and treatment of people with disabilities (Bittenbinder et al. 2021; Kaye et al. 2011; Othman & Sorial 2017) and have not yet managed to equalize employment rates.

The path to employment via an application process is often difficult for people with disabilities due to the reasons mentioned and can become an insurmountable obstacle if process structures are not taken into account (Grussenmeyer et al. 2017). This means that even organizations that are generally open to hiring people with disabilities ultimately do not receive applications from people with disabilities. Due to the nature of different touch points or processes, they may not have been able to apply for a job advertisement in advance, or there may be so much frictional losses in the process from application to starting work that the position is not filled in the end.

This paper addresses the following research questions from the perspective of the potential applicant:

(1) How can the application process be designed to be as accessible as possible and

(2) How can the onboarding of an employee with a disability be supported?

This so-called "Candidate Journey" (Hausmann & Braun 2021) is divided into 2 pha-

ses and considered in a differentiated manner: the phase prior to an acceptance/rejection, subsequently referred to as the recruitment process, and the onboarding phase at the start of employment in the organization. Results from two empirical studies shed light on the expectations of potential applicants as well as best practice experiences of organizations and HR managers regarding the process and content of these two phases.

2. Current State of Research

Much research focuses on the selection phase of applicants, but without analysing what happens after the onset of the socialization processes, the human bonding (Bonaccio et al. 2020). We will give a brief overview of the structure of the Candidate Journey from the job seeker's perspective. We will then briefly look at work that presents the employment of people with disabilities from the employer's perspective.

2.1 Candidate Journey

A Candidate Journey describes the process from the first contact between a job seeker and the organization advertising the vacancy to the end of the onboarding phase from the applicant's perspective. Hausmann & Braun (2021) differentiate between three phases: before, during and after the application process. The onboarding phase is located in the phase after the (successful) application process. Verhoeven (2016) divides the journey into the phases (1) attraction, (2) information, (3) application, (4) selection, (5) onboarding and (6) retention. Wisotzky (2023) packages the onboarding part (as well as employee retention) into an "employee journey" downstream of the candidate journey, which he defines as starting after the applicant has signed the application. However, none of the authors define the specific structure of the application and onboarding phase.

The onboarding phase is the latest possible time to start the socialization process between the new employee and the organization. It is therefore an essential part of an applicant's path to becoming a fully-fledged member of the organization. Despite its relevance for a successful recruitment process, there is a lack of concrete suggestions for the design of socialization processes in the application and onboarding phase, especially in the context of employees with disabilities.

2.2 Challenges in hiring people with disabilities

The accessibility of application and recruitment processes ranges from a technical problem area (Grussenmeyer et al. 2017) to factors such as social reservations (Böhm et al. 2019) and ignorance (Bittenbinder et al. 2021; Bonaccio et al. 2020).

The influence of non-accessible application websites and documents on an accessible application process may be obvious (Grussenmeyer et al. 2017; Prince 2017) . Invisible barriers are not quite as easy to assess and address. Depending on how deeply preconceived opinions are anchored and prioritized, even legal obligations, for example, may not ensure that an "attitude shift" occurs (Ebrahim et al. 2022) . This can then be the cause of, for example, ableist behaviour in the design and implementation of the application process and the subsequent socialization processes.

Furthermore, a lack of knowledge about the working methods and skills of people with disabilities and how to deal with them can create barriers in the application process

and subsequent employment (Lewthwaite et al. 2023). For example, it is difficult for employers to find out what aids and practices people with disabilities use to do the job (Tigwell 2021) as they are not allowed to ask about them. Applicants often have a duty here and should proactively provide this information (Harpur 2014). On the other hand, Dali (2018) describes that employers consciously want to avoid providing information about disabilities in order to avoid unconsciously falling into a defense mechanism. Negative prejudices held by other employees, or the consequences thereof, can also prevent employers from hiring people with disabilities (Böhm et al. 2019).

Factors that promote a positive approach to the topic of disability are personal experiences or experiences in close surroundings (Böhm et al. 2019; Chae et al. 2019; Lindsay et al. 2019). Interactions should be respectful and perceived as pleasant and take place in a supportive environment (Fisher & Purcal 2017; Vezzali & Capozza 2011).

Based on the above literature, it can be deduced that the socialization process must not only take place between applicant and employer, but also between applicant and (future) colleagues.

3. Methodology

During a 90-minute workshop, 6 participants used the group discussion method (Przyborski & Riegler 2010) to discuss the theoretically ideal design and characteristics of an accessible workplace. The participants were made up of employees with disabilities and many years of experience in the general labor market, accessibility experts and people interested in accessibility.

After evaluating the content, the data resulted in a proposed solution to the question "How can the onboarding of an employee with a disability be supported?".

On this basis, follow-up discussions were conducted in the form of semi-structured interviews with an owner and HR manager of a software company and an independent accessibility consultant on the question of "How can an application process be designed to be as accessible as possible". The software company was already employing people with disabilities at the time of the interview (January 2025) and had already had multiple experiences with people with disabilities in application processes. The accessibility consultant is legally blind himself and has had his own experience with various application processes; in addition, this subject area is also a recurring topic in his consultations, which is why he also took part in the interview as a representative of other organizations.

The group discussion and the interviews were recorded via audio recorder with prior consent, the content during the session was also documented as field notes and the content was analyzed by the team of authors in relation to the research question. Both results are presented below.

4. Results

4.1 Recruitment Process

The importance of technical accessibility of the recruitment process clearly emerges from the interview data. In addition, the entrepreneur also mentioned the accessibility of the process itself. Specifically, it is about "transparency" such as the precise commu-

nication of the process, the tools used, the necessary materials, time sequences and content-related topics during interviews. Only accessible websites and e-mail are used as tools, which is also communicated by the company.

Employers emphasized the importance of "openness". Both interviewees emphasized that this characteristic is already necessary for the application phase and not just for exploring optimal working conditions. According to the entrepreneur, openness also means "living" their values, for example the willingness to employ people with disabilities. It is not enough to simply point out in the job offer that people with disabilities are also/preferably hired. Rather, it is about the image of the company, which is what attracts applications from people with disabilities in the first place. In the end, the image of the company will depend on their real commitment to inclusion. For the entrepreneur, openness within the application process also means providing and allowing support requirements for all phases.

4.2 Onboarding Process

The successful application phase is followed by the onboarding phase. Here, the workshop participants emphasized that it is important to find a common language at different levels. In terms of technical exchange, this includes software and website interfaces where, for example, UI elements should be named the same in all output media (example: visible button label vs. hidden element property). Similarly, all information should be available to all people in an organization in the same way. On a human and organizational level, it is especially important for people with disabilities to clarify certain expectations and manners in advance. The establishment of a safe "space" emerged during this discussion. The participants felt that people with a management function were responsible for implementing this, who should provide information and make time available. They were also responsible for ensuring openness and safety, but also for setting "red lines" that must not be crossed on certain topics.

5. Discussion

This data makes it possible to formulate some basic requirements for an accessible recruiting and onboarding process. It becomes clear that the candidate journey must be designed as a socio-technical process. It is crucial to create a safe space for applicants and other participants to experience and negotiate.

5.1 The Candidate Journey as a Socio-Technical Process

The candidate (and employee) journeys as discussed in literature only describe abstract content for the recruitment and onboarding phase (Hausmann & Braun 2021; Verhoeven 2016; Wisotzky 2023). Our results clearly show how an application and onboarding process could be made accessible (RQ1): Technical accessibility is a necessary but superficial factor. Factors such as "transparency", "openness" and "common language" play an essential role in the design of an accessible application process through to the recruitment of people with disabilities.

In practice, technical, human and organizational aspects (see 2.2) can often not be defined or provided by one side alone, but result in and from interactions. The design of a Candidate Journey is therefore more of a co-creation from the perspective of potential applicants in interaction with the artifacts provided by the employer and the resulting socio-technical actions (Müller 2018).

5.2 Safe "Space for Experience and Negotiation"

A safe "space for experience and negotiation" should start as early in the employment process as possible, as it is the starting point for socialization processes between applicants, companies and (future) colleagues. Right at the beginning of the employment relationship, basic expectations as well as aspects of the performance of people with disabilities, assistance (systems) used (Lewthwaite et al. 2023; Tigwell 2021) and manners can be exchanged with colleagues in order to sensitize them to this and also to reduce colleagues' reservations (Harpur 2014), not only among managers. The results of our study also show that line managers are to provide this space and that it should also be used to define a common language in the work context (see 4.2). Prince (2017) has already outlined the benefits of a safe space and open communication in his study, but does not provide any specific information on how such a space should be designed with content. By specifically addressing the points of friction mentioned here, the inclusion of people with disabilities in the new organization can be improved.

6. Limitations & Outlook

Although the design of the Candidate Journey with specific content was carried out in a participatory manner with representatives of the target groups involved, no in-depth evaluation of the recommendations for action was possible within the scope of this work. However, it can be said that there are currently few concrete recommendations for the design of an application and onboarding process in the literature, especially with regard to socialization processes. The results obtained in this study should be transferred to everyday practice in the future and practically evaluated with all those involved. A socio-technical approach in this regard, including the advantages and framework conditions of the application and onboarding process, would be able to sharpen the findings presented here and examine the advantages and disadvantages, practical suitability and long-term effects for specific target groups.

7. References

Bittenbinder, S., Pinatti de Carvalho, A. F., Müller, C., & Wulf, V. (2021). Caring for Inclusivity—Accessibility as a Determinant Factor for Benefiting from Social Services both in Analogue and Digital Spaces. SIEGEN:SOZIAL, 1-2|2021, 70–81.

Böhm, S., Baumgärtner, M., & Breier, C. (2019). Erarbeitung einer Wirkungslandkarte zur beruflichen Inklusion von Menschen mit Behinderungen (S. 13). Im Auftrag des Eidgenössischen Büros für die Gleichstellung von Menschen mit Behinderungen (EBGB).

Bonaccio, S., Connelly, C. E., Gellatly, I. R., Jetha, A., & Martin Ginis, K. A. (2020). The Participation of People with Disabilities in the Workplace Across the Employment Cycle: Employer Concerns and Research Evidence. Journal of Business and Psychology, 35(2), 135–158. https://doi.org/10.1007/s10869-018-9602-5.

Chae, S., Park, E.-Y., & Shin, M. (2019). School-based Interventions for Improving Disability Awareness and Attitudes Towards Disability of Students Without Disabilities: A Meta-analysis. International Journal of Disability, Development and Education, 66(4), 343–361. https://doi.org/10.1080/1034912X.2018.1439572.

Dali, K. (2018). The lifeways we avoid. Journal of Documentation, 74(6), 1258–1273. https://doi.org/10.1108/JD-04-2018-0057.

Ebrahim, A., Lorenzo, T., & Kathard, H. (2022). Traversing Disability: Employers' Perspectives of Disability Inclusion. Disabilities, 2(2), Article 2. https://doi.org/10.3390/disabilities2020023.

Fisher, K. R., & Purcal, C. (2017). Policies to change attitudes to people with disabilities. Scandinavian

Journal of Disability Research, 19(2), 161–174. https://doi.org/10.1080/15017419.2016.1222303.
Grussenmeyer, W., Garcia, J., Folmer, E., & Jiang, F. (2017). Evaluating the Accessibility of the Job Search and Interview Process for People who are Blind and Visually Impaired. Proceedings of the 14th Web for All Conference on The Future of Accessible Work - W4A '17, 1–4. https://doi.org/10.1145/3058555.3058570.
Harpur, P. D. (2014). Combating Prejudice in the Workplace with Contact Theory: The Lived Experiences of Professionals with Disabilities. Disability Studies Quarterly, 34(1), Article 1. https://doi.org/10.18061/dsq.v34i1.4011.
Hausmann, A., & Braun, O. (2021). Bewerbermanagement und Candidate Journey. In A. Hausmann & O. Braun (Hrsg.), Recruiting in Kulturbetrieben – Leitfaden für die erfolgreiche Personalgewinnung: Praxis Kulturmanagement (S. 43–47). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-35419-0_4.
Kaye, H. S., Jans, L. H., & Jones, E. C. (2011). Why Don't Employers Hire and Retain Workers with Disabilities? Journal of Occupational Rehabilitation, 21(4), 526–536. https://doi.org/10.1007/s10926-011-9302-8.
Klaus, A., & Deyerler, Y. (2024). Arbeitsmarktsituation schwerbehinderter Menschen 2023 (Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt). Statistik der Bundesagentur für Arbeit. https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Statischer-Content/Statistiken/Themen-im-Fokus/Menschen-mit-Behinderungen/generische-Publikation/Arbeitsmarktsituation-schwerbehinderter-Menschen.pdf?__blob=publicationFile.
Lewthwaite, S., Horton, S., & Coverdale, A. (2023). Workplace approaches to teaching digital accessibility: Establishing a common foundation of awareness and understanding. Frontiers in Computer Science, 5. https://doi.org/10.3389/fcomp.2023.1155864.
Lindsay, S., Leck, J., Shen, W., Cagliostro, E., & Stinson, J. (2019). A framework for developing employer's disability confidence. Equality, Diversity and Inclusion: An International Journal, 38(1), 40–55. https://doi.org/10.1108/EDI-05-2018-0085.
Mateen, S., Voß-Nakkour, S., & Rustemeier, L. (2020). Eine Studie zur Qualitätsbeurteilung von automatisierten Testwerkzeugen zur Prüfung auf Barrierefreiheit. In R. Zender, D. Ifenthaler, T. Leonhardt, & C. Schumacher (Hrsg.), DELFI 2020 – Die 18. Fachtagung Bildungstechnologien der Gesellschaft für Informatik e.V. (S. 157–168). Gesellschaft für Informatik e.V.
Müller, C. (2018). Introduction to the Thematic Focus 'Socio-Informatics'. Media in Action, 2(1), 9–16.
Othman, A., & Sorial, M. (2017). Achieving competitive advantage through the integration of disabled architects in architectural design firms in Egypt. Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal, 9. https://doi.org/10.1515/otmcj-2016-0017.
Papakonstantinou, D. (2018). Why should employers be interested in hiring people with mental illness? A review for occupational therapists. Journal of Vocational Rehabilitation, 49(2), 217–226. https://doi.org/10.3233/JVR-180967.
Prince, M. J. (2017). Persons with invisible disabilities and workplace accommodation: Findings from a scoping literature review. Journal of Vocational Rehabilitation, 46(1), 75–86. https://doi.org/10.3233/JVR-160844.
Przyborski, A., & Riegler, J. (2010). Gruppendiskussion und Fokusgruppe. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie (S. 436–448). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92052-8_31.
Tigwell, G. W. (2021). Nuanced Perspectives Toward Disability Simulations from Digital Designers, Blind, Low Vision, and Color Blind People. Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1–15. https://doi.org/10.1145/3411764.3445620.
Trenk-Hinterberger, P. (2012). Die Bedeutung des Art. 27 BRK für das Recht auf Teilhabe am Arbeitsleben. Forum D, 10/2012, 4.
Verhoeven, T. (2016). Die Candidate Journey und Touchpoints. In T. Verhoeven (Hrsg.), Candidate Experience: Ansätze für eine positiv erlebte Arbeitgebermarke im Bewerbungsprozess und darüber hinaus (S. 33–43). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-08896-5_5.
Vezzali, L., & Capozza, D. (2011). Reducing explicit and implicit prejudice toward disabled colleagues: Effects of contact and membership salience in the workplace. https://iris.unimore.it/handle/11380/694469.
WHO. (2011). World Report on Disability—World Health Organisation (WHO). https://www.who.int/disabilities/world_report/2011/report.pdf.
Wisotzky, H.-H. (2023). Grundlagen zur Candidate Journey und Experience. In H.-H. Wisotzky (Hrsg.), Die perfekte Candidate Journey & Experience: Erfolgreiches Recruiting für mittelständische Unternehmen und Start-ups (S. 51–59). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-66875-7_4.

Improving visibility aids in mobile machine operation: A simulator study on mental load and detection performance

Shuaixin QI[1], Peter NICKEL[2], Marino MENOZZI[3], Carlo MENON[1]

[1] Biomedical and Mobile Health Technology Lab, ETH Zürich, Lengghalde 5, CH-8008 Zürich
[2] Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance (IFA), Alte Heerstr. 111, D-53757 Sankt Augustin
[3] Department of Ophthalmology, Cantonal Hospital Lucerne, CH-6000 Lucerne

Abstract: Camera-monitor systems (CMS) enhance mobile machine operator visibility in hazardous areas but pose challenges for reliably detecting hazards under real-world conditions. A previous cognitive work analysis identified potential risk factors related to CMS design. A simulator pre-study was conducted to investigate how multitasking impacts pedestrian detection during operation. Participants operate a virtual wheeled excavator while monitoring a rear-view camera and attending to secondary frontal stimuli. Workload as dependent variable includes task performance, physiological signals, and ratings. Preliminary results provided insights into CMS application challenges and highlighted opportunities to refine the study setup for future research.

Keywords: Occupational safety and health, Visibility-aids, Mental load, Pedestrian detection, Mobile machine operations

1. Introduction

Camera-monitor systems (CMS) are aids designed to enhance operator visibility and ensure safety in hazardous areas during mobile machinery operations. Despite advancements in CMS technology, accidents involving mobile machinery continue to pose significant risks, often resulting in fatalities and financial losses (Hinze & Teizer 2011). Empirical findings research, alongside evidence from accident investigations, reveal persistent challenges in reliably detecting potential hazards under real-world operational conditions (Brinck 2024; Duarte et al. 2021). These challenges underscore the need for a deeper understanding of human-machine interaction requirements and the development of evidence-based improvements in design and application.

A key issue lies in the minimum size (MS) of pedestrian representation on monitors of CMS for detection, as outlined in ISO 16001:2017. As first explored in the study by Jegen-Perrin and presumably originating from unrelated standards (Nickel et al. 2024), this standard suggests an MS of 7 mm but lacks empirical validation under realistic operational conditions. Furthermore, the current standard does account for the complexities encountered in actual working environments. In our previous investigations, we conducted a cognitive work analysis to systematically identify these risk factors in terms of constraints. As a next step, the present study aims to empirically investigate the suitability of the current MS standard under the influence of selected risk factors. Specifically, the study focuses on the effects of multitasking manifested as increased workload regarding pedestrian detection performance while operating a wheeled

excavator.

To achieve this, we have designed a virtual reality (VR) simulation that replicates a construction site environment. The simulation enables precise control of variables while maintaining ecological validity (Li et al. 2020). Participants engage in a complex multitask scenario, reversing the excavator while monitoring the CMS rear view and attending to stimuli in their frontal field of view. This reflects task scenarios for mobile excavator operations such as carrying loads at a construction site. The independent variable in this study is the presence or absence of an attention-demanding task representing requirements towards the frontal environment and the bucket of the excavator and designed to simulate the mental demands of multitasking during machinery operation. Dependent variables include detection performance, physiological sensor data and perceived workload measured through questionnaires.

Nine sets of data were collected. Results of our analysis are presented.

2. Methods

A simulated virtual environment (VE) was developed to represent typical operations of a wheeled excavator in a controlled and safe setup. The VE was created using the Unity engine (Unity Technologies, USA), incorporating existing assets alongside custom models and scripts. Like in Li et al. (2021), participants interacted with the simulation while seated on a platform equipped with triple screens displaying the virtual scene. Control of the virtual excavator was achieved using a steering wheel and foot pedals. Additionally, a fourth 10-inch monitor was introduced to simulate real-world CMS, displaying images from rear-view and side-view cameras. This monitor is placed underneath the triple monitors with a viewing distance of around 1 meter.

The virtual construction site was designed as a rectangular area consisting of four sides. Along each side, a single column of seven containers was placed 3.5 meters apart from each other equidistantly. Although artificially created, this setup allowed for the control of variations in the perceived height of pedestrians from the operator's viewpoint. Pedestrians to be detected were randomly spawned between the gaps of the containers. In total, there were always 10 occupied gaps for all four sides combined, with no more than 4 occupied gaps on one side.

Participants were tasked with monitoring the environment and the excavator bucket though frontal windows and the CMS while reversing the excavator along a pre-defined trajectory and pressing a button as soon as a pedestrian became visible in the rear-view camera image. They had full control over the speed via the foot pedals. Pressing the button also simulates a small tap on the brake, causing the machine to slow down slightly to mimic real-world hazard detection and response.

To investigate the effects of task demands on workload referring to detection performance, a within-subject controlled study was conducted. The independent variable was the inclusion or exclusion of an additional task (IA/EA), named the number selection task (NST). In the NST, participants were presented with four two-digit numbers (ranging from 10 to 99) at pre-defined locations in their frontal field of view (ref. Figure 1). The numbers remained visible for a fixed duration, and participants were required to press buttons on the steering wheel corresponding to the direction of the largest number within limited time, or the interaction would count as failed. After a pre-defined inter-stimulus interval, the next set of numbers appeared, and the process repeated. Participants completed the four sides container scenarios four times for each level of the independent variable.

Upon arrival, participants provided written consent and demographic data, including gender, age, handedness, corrective lenses worn, VR experience, and driving experience. They received instructions on scene interaction and participated in a familiarization session. Prior to the experiment, participants completed the Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) and the Karolinska Sleepiness Scale (KSS) to establish baseline measures of simulator sickness and drowsiness before the experiment (Kennedy et al. 1993; Shahid et al. 2011). After each task set, participants took a break and completed post-task questionnaires, including the SSQ, Sequential Judgement Scale Questionnaire, and the Subjective Workload Assessment Technique (SWAT) to assess simulator sickness and perceived workload (Pitrella & Käppler 1988; Reid & Nygren 1988). Post-experiment, participants completed additional questionnaires, including the System Usability Scale (SUS), the Igroup Presence Questionnaire (IPQ), and were semi-structured interviewed about their strategies and experiences during the detection task (Brooke 1996; Regenbrecht & Schubert 2002). Throughout the experiment, physiological and behavioral data were recorded using Tobii Pro Glasses 3 (Tobii AB, Sweden) to track gaze behavior and Embrace Plus smartwatches (Empatica Inc, USA) to monitor heart rate and electrodermal activity. The experiment lasted around 60 minutes. Participants who completed the study received compensation of 20 CHF. The study protocol was examined and approved by ETH Ethics committee (EK-2024-N-40).

Participants, to be eligible for participation in this study, had to be between 18 and 60, have normal or corrected-to-normal visual acuity with no eye diseases and eye surgery history, have good command of English and the capability to sit in a simulation cockpit and operate control interfaces.

3. Results

Nine participants completed pre-studies. Contrary to our initial expectations, the inclusion of the additional NST did not negatively impact on the pedestrian detection rate (PDR) for most participants. The average PDR was 90.78 % for IA and 92.0 % for EA. However, a plateau effect was observed for two participants who achieved a 100 % detection rate for both conditions. Additionally, one participant exhibited a higher detection rate for IA than EA but with below-average accuracy, suggesting a possible misunderstanding of the assignment.

Upon analyzing correlations between relevant metrics, no significant interference was found between the PDR and the accuracy of the NST overall. However, for several participants, these metrics showed a clear negative correlation. Notably, there was a marginally significant negative correlation between PDR and the time required to complete all runs ($r = -0.41$, $p = 0.088$).

Large inter-individual differences were observed in performance metrics. The fastest participant completed the tasks in an average of 118 seconds, while the slowest took around 252 seconds. Similarly, the NST performance varied significantly among individuals. Among the two participants who achieved 100 % PDR, one had an average NST accuracy of 92 %, while the other had an average of 76 %. Interestingly, the participant with higher NST accuracy also reported a higher workload according to SWAT scores. In open-ended feedback, some participants mentioned prioritizing pedestrian detection over NST accuracy to manage mental load effectively.

Despite their actual performance, most participants underestimated their PDR. For instance, the two participants who achieved 100 % PDR for both IA and EA estimated

their PDR to be around 80 % for IA and 90 % for EA.

Figure 1 illustrates a scan path map generated during a trial with EA, showing that the most visited sites on the fourth display were concentrated on the left-hand side. This aligns with feedback from participants who reported focusing exclusively on the area of the small monitor where pedestrians appeared, reducing the attention demands for tasks such as monitoring the environment.



***Figure 1**: Scan path visualization of a participant's trial, shown on a snapshot of the triple-monitor setup with an additional fourth monitor displaying images from the rear and side cameras. The numbers for the NST are visible on the central monitor. The blue dots represent fixation positions, and their size corresponding to fixation duration (scale adjusted for better visibility).*

4. Discussion

The pre-study successfully yielded data, based on which further analysis could be conducted to derive preliminary insights and optimize the study setup. The findings highlight several critical aspects requiring further refinement. Firstly, the observed high performances and occasional plateau effects in participants' performance underscores the need for more specific design of instructions and tasks and perhaps tasks with higher difficulty and variability. Reports of participants focusing solely on specific areas of the monitors demonstrate the need for more unpredictable task elements to prevent strategy-driven biases. Additionally, integrating animations of surrounding elements could enhance realism, though care must be taken to avoid unintentional cues that simplify detection. Introducing dynamic spawning locations for pedestrians and additional columns in the simulation could significantly enhance the challenge, encouraging participants to engage broader visual areas and more complex detection strategies.

Secondly, the inconsistencies in task prioritization suggest the necessity of harmonising participant behavior. Allowing complete freedom in prioritizing tasks as well as controlling driving speed has led to substantial variability in metrics relevant to PDR, making it difficult to isolate the effects of the independent variable. Providing participants with structured guidance, baseline requirements for the NST, and real-time feedback on the speed have the potential to mitigate these issues and improve the comparability of results across conditions.

Moreover, the limited participation pool presents a limitation in generalizability. The conservative self-assessment of their performance contrasts with findings from previous study involving experienced operators, who tend to overestimate their abilities (Jegen-Perrin et al. 2016). This difference not only highlights the influence of prior experience but also suggests the potential impact of confidence levels on task engagement and performance.

Interestingly, the weak correlation observed between pedestrian detection rates and task accuracy for the NST suggests that dual-task interference may be less pronounced than anticipated. Given that participants did not compensate control in their performance regulation (Hockey 1997; Müller 1980), the near-significant negative correlation between PDR and completion time implies that slower participants may prioritize accuracy over speed. This finding warrants further investigation, as it aligns with real-world scenarios where operators are in the dilemma to balance speed with safety.

5. Conclusion

In summary, we have conducted a simulator study where participants engage in a multitask scenario in a controlled environment. The independent variable in this study was the presence or absence of an additional attention-demanding task. Dependent variables included detection performance, wearable sensor data and feedback via validated questionnaires. Despite a functionally successful design and experimentation of the simulator, pre-study provided valuable insights into the current setup's flaws concerning the project objective to investigate optimal MS and identify opportunities for improvement. Informed by the insights from the pre-study, the study setup is currently being optimized. By addressing the identified flaws and incorporating the proposed changes, future studies can better simulate real-world conditions, offering novel and robust data to inform the ergonomic design of visibility-aids for mobile machinery.

6. Literature

Brinck J (2024) Sicht – Unfallstatistik/- auswertung. Workshop Netzwerk Baumaschinen, München.

Brooke JH (1996) SUS: A "quick and dirty" usability scale. In Usability Evaluation in Industry (pp. 189-194). London.

Duarte J, Marques AT, Santos Baptista J (2021) Occupational Accidents Related to Heavy Machinery: A Systematic Review. Safety, 7(1), Article 1. https://doi.org/10.3390/safety7010021.

Hinze JW, Teizer J (2011) Visibility-related fatalities related to construction equipment. Safety Science, 49(5), 709–718. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.01.007.

Hockey GRJ (1997) Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload: A cognitive-energetical framework. Biological Psychology, 45(1-3), 73-93. https://doi.org/10.1016/s0301-0511(96)05223-4.

Jegen-Perrin N, Lux A, Wild P, Marsot J (2016). Preventing plant-pedestrian collisions: Camera & screen systems and visibility from the driving position. International Journal of Industrial Ergonomics, 53, 284–290. https://doi.org/10.1016/j.ergon.2016.02.003.

Kennedy RS, Lane NE, Berbaum KS, Lilienthal MG (1993) Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. The International Journal of Aviation Psychology, 3(3), 203–220. https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0303_3.

Li J, Li H, Umer W, Wang H, Xing X, Zhao S, Hou J (2020) Identification and classification of construction equipment operators' mental fatigue using wearable eye-tracking technology. Automation in Construction, 109, 103000. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.103000.

Müller KW (1980) Untersuchungen zur Validität der Herzfrequenzregulation als Indikator mentaler Beanspruchung. Fakultät für Maschinenwesen, TU München.

Nickel P, Qi S, Menozzi M (2024) Design Requirements Related to Human Information Processing for Detecting People on Camera-Monitor Systems of Mobile Machines. Proceedings of Safety of Industrial Automated Systems (SIAS 2024). Safety of Industrial Automated Systems, Tampere, Finland.

Pitrella FD, Käppler WD (1988) Identification and evaluation of scale design principles in the development of the sequential judgment, extended range scale (Bericht Nr. 80). Institut für Anthropothechnik.

Regenbrecht H, Schubert T (2002) Real and Illusory Interactions Enhance Presence in Virtual Environments. Presence, 11, 425–434. https://doi.org/10.1162/105474602760204318.

Reid GB, Nygren TE (1988) The Subjective Workload Assessment Technique: A scaling procedure for measuring mental workload. In Human mental workload (pp. 185–218). North-Holland. https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62387-0.

Shahid A, Wilkinson K, Marcu S, Shapiro CM (2011) Karolinska Sleepiness Scale (KSS). In A. Shahid, K. Wilkinson, S. Marcu, & C. M. Shapiro (Eds.), STOP, THAT and One Hundred Other Sleep Scales (pp. 209–210). New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9893-4_47.

Acknowlegdements: Funding by German Social Accident Insurance (DGUV) for the research project of the Swiss Federal Institute of Technology Zurich (ETHZ) is gratefully acknowledged (DGUV-FF-FP0472). Special thanks for support go to the Project Advisory Board.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Für uns (k)ein Thema! – Stellenwert der Barrierefreiheit in Unternehmenssoftware

Jana-Sophie EFFERT, Frauke MÖRIKE

Fachgebiet Arbeit, Inklusion & Technologie, Technische Universität Dortmund, August-Schmidt-Straße 4, D-44227 Dortmund

Kurzfassung: Die Verfügbarkeit barrierefreier Unternehmenssoftware ist zentrales Element für die Teilhabe von Menschen mit Behinderung an Arbeit. Um den aktuellen Stellenwert der Barrierefreiheit in Unternehmenssoftware und mögliche Anknüpfungspunkte für den Einbezug von Menschen mit Behinderungen in Entwicklungsprozesse zu überprüfen, wurde eine Fragebogenstudie mit Softwareentwicklungsfirmen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass digitale Barrierefreiheit zwar bekannt ist, allerdings selten aktiv umgesetzt wird, da konkrete Kundenanfragen fehlen. Automatisierte Barrierefreiheitstests werden häufiger genutzt als die Zusammenarbeit mit Betroffenen, obwohl letztere als besonders bedeutsam eingestuft wird. Notwendig bleiben praxisnahe Ansätze, um den Einbezug von Menschen mit Behinderungen in Entwicklungsprozesse zu fördern.

Schlüsselwörter: Barrierefreiheit, Inklusive Arbeitssysteme, Barrierefreiheitsstärkungsgesetz, KMUs, Unternehmenssoftware, Teilhabe

1. Einleitung und Forschungsstand

Die Teilhabe an Arbeit und Beschäftigung für Menschen mit Behinderung ist ein zentrales Element inklusiver Gesellschaften (UN BRK §27, i1). Dabei gilt es nicht nur Beschäftigungsquoten in den Blick zu nehmen, sondern Teilhabe ganzheitlich zu betrachten und inklusive Arbeitssysteme zu gestalten. Bei der holistischen Betrachtung von soziotechnischen Arbeitssystemen und Kollaborationsprozessen in inklusiven Teams bedeutet dies, neben der Adressierung von Kommunikations- und Teamprozessen auch die Gestaltung von in der Arbeitswelt genutzten Technologien zu berücksichtigen. Letztere spielen eine immer bedeutendere Rolle in Arbeitsprozessen: Bereits 2018 nutzten über 80 % der arbeiteten Internetnutzer*innen in Deutschland Computer oder Maschinen im Arbeitsleben (Statistisches Bundesamt 2019). Nicht zuletzt durch die COVID-19 Pandemie und die Steigerung der Akzeptanz und Verbreitung von Home-Office-Formaten (Bockstahler et al. 2020), hat die Bedeutung von Software in der Arbeitswelt weiter zugenommen.

Das Vorkommen von Barrieren in Unternehmenssoftware und die zusätzlich zu nutzenden externen Hilfsmittel in deren Anwendung durch Menschen mit Behinderung führen zu einem hohen Zusatzaufwand der Betroffenen, der sich in unterschiedlichen Strategien äußert, von der Einbindung nicht-behinderter Kolleg*innen bis hin zur kompletten Auslagerung eigentlich zur Stelle gehörender Aufgaben (Kiossis et al. 2020). Zudem zeigt sich im Arbeitsalltag von Nutzer*innen assistiver Technologien bei Barrieren immer wieder das Entstehen von notwendigen Workarounds, um die Arbeitsfähigkeit wieder herzustellen (Mörike & Kiossis 2024). Diese Zusatzbelastung wird als

unsichtbare Arbeit in der Interaktion und Kollaboration mit nicht-behinderten Kolleg*innen von diesen häufig nicht wahrgenommen (Branham & Kane 2015). Eine Kernvoraussetzung für einen Abbau der Barrieren und die Ermöglichung von größerer Teilhabe ist die Verfügbarkeit barrierefreier Unternehmenssoftware.

1.1 Momentum der Gesetzesänderung

Zwar gewinnt Barrierefreiheit in der Softwareentwicklung aktuell durch das in Kraft treten des Barrierefreiheitsstärkungsgesetz (BFSG) im Juni 2025 generell an Bedeutung, da hier zum ersten Mal Produkte außerhalb des öffentlichen Sektors adressiert werden. Allerdings bleibt die Auswirkung auf Unternehmenssoftware unklar. Auch ist der Anteil und Stellenwert von Barrierefreiheit in der Unternehmenssoftwarebranche aktuell unbestimmt. Großunternehmen, die branchenübergreifende Lösungen anbieten, adressieren und werben mit Barrierefreiheit und Inklusion, in der Softwareentwicklung und eigenen, internen Prozessen (SAP SE 2023). Vereinzelt gibt es auch Forschungsvorhaben zu Barrieren in spezifischen Softwarelösungen, die in beruflichen Kontexten eingesetzt werden, wie Microsoft Teams (Khomik et al. 2021). Ein umfassender Überblick bleibt allerdings aus.

1.2 Softwareentwicklungsprozesse in KMU

Es ist essenziell Software von Anfang an barrierefrei zu entwickeln, da die spätere Berücksichtigung von Barrierefreiheitsaspekten ressourcenintensiver ist, als die Implementierung dieser von Beginn an mit zu planen (e.g. Bi et al. 2022). Menschenzentrierte Gestaltungsprozesse (HCD), die kontinuierlich die Nutzer*innen in den Entwicklungsprozess einbeziehen, bieten einen möglichen Designansatz, um die Nutzbarkeit von Softwareprodukten für Menschen mit Behinderungen sicherzustellen. Allerdings stammen die meisten solcher Designansätze von Großunternehmen, oder sind auf diese ausgerichtet und nicht immer auf kleinere Unternehmen anwendbar (Gulari & Fremantle 2015). Gerade in Deutschland nehmen KMUs mit über 99% der Unternehmen eine enorme Bedeutung ein (IfM Bonn,2024). Hier werden im Bereich der Unternehmenssoftware vorrangig branchenspezifische und auf einzelne Unternehmensbereiche zugeschnittene Softwarelösungen entwickelt. Damit auch Arbeitsplätze in diesen spezialisierten Bereichen möglichst inklusiv sind, ist es notwendig Barrierefreiheit auch in KMU-Praktiken zu stärken. Dafür müssen zunächst derzeitige Entwicklungspraktiken und der Stellenwert der Barrierefreiheit in KMUs untersucht werden. Außerdem müssen praktikable Methoden überprüft werden, wie Menschen mit Behinderungen in die Entwicklung einbezogen werden können, um barrierefreie und nutzbare Softwareprodukte zu erhalten. Die Notwendigkeit des Einbezugs wird spätestens beim Testen der Barrierefreiheit verdeutlicht. Hier können automatische Tools lediglich 40% der Barrieren aufdecken, die bei Testungen durch Betroffene gefunden werden (Silva et al. 2019).

Im Rahmen dieses Beitrags werden aufbauend auf der bisherigen Literatur die folgenden Forschungsfragen beantwortet:

1) Welchen Stellenwert hat das Thema Barrierefreiheit in der Entwicklung von Unternehmenssoftware in KMUs in Deutschland inne? Sind Änderungen im Rahmen der Einführung des BFSG zu erwarten?
2) Welche Anknüpfungsstellen bieten aktuelle Prozesse für den Einbezug von Menschen mit Behinderung in die Entwicklung von Unternehmenssoftware?

2. Methoden

Zur Überprüfung der Forschungsfragen wurde eine explorative Umfrage durchgeführt, die in eine größere Mixed-Methods-Studie eingebettet ist. Dazu wurde ein Fragebogen entwickelt, der drei inhaltliche Aspekte abfragt: (I) Barrierefreiheit als Konzept und dessen Bedeutung in der Unternehmenssoftwarebranche (II) Einschätzung zu praktikablen Methoden für die Entwicklung barrierefreier Software in der Praxis und (III) Einbezug von Nutzer*innen in den Entwicklungsprozess. Dabei wurden drei verschiedene Fragentypen verwendet: Offene Fragen mit Freitextantworten, Zustimmungsskalen (5-Punkt-Likert-Skalen) und Ja/-Nein Fragen. Insgesamt bestand der Fragebogen aus 46 Items und wurde über die Plattform Limesurvey gehostet. Um sicherzustellen, dass genutzte Fachbegriffe verständlich und der Zielgruppe angepasst sind, wurde ein Pre-Test mit zwei Softwareentwicklern durchgeführt und Feedback zum Wording in den Fragebogen eingearbeitet. Befragt wurden Mitarbeiter*innen in KMUs, die der Unternehmenssoftwarebranche zuzuordnen sind. Die Rekrutierung möglicher Teilnehmender erfolgte via soziale Medien, im Schneeballsystem über private Kontakte und durch die gezielte Recherche von passenden Unternehmen und direktes Anschreiben, sowie Telefonrekrutierung dieser. Im Zeitraum von Oktober 2024 bis Januar 2025 haben 30 Personen an der Umfrage teilgenommen (w=6, m=24, in den Altersgruppen 25-39 = 15; 40-55 = 7; >55 = 8). Obwohl die Rekrutierung auf KMUs abzielte, gaben vier Teilnehmende an, dass Sie nicht vollständig den Kriterien zur Einordnung als KMU (Mitarbeitendenanzahl < 250; Umsatz < 50 Mio €) entsprechen. Die Teilnehmenden arbeiten zum Großteil als Softwareentwickler*innen (18/30), aber auch im Management, User Research oder Vertrieb.

3. Ergebnisse

3.1 Barrierefreiheit als Konzept

Zu Beginn des Fragebogens wurden die Befragten gebeten, ihr Verständnis digitaler Barrierefreiheit zu beschreiben, bevor die Definition nach §4 BGG eingeführt wurde, damit sich anschließend alle Antworten auf dasselbe Konzept beziehen. Zunächst beschrieben die Teilnehmenden durchgängig digitale Barrierefreiheit im Zusammenhang mit dem Zugang zu und der Verständlichkeit von Produkten. Dabei bezogen Sie sich in der Zielgruppe auf unterschiedliche Konzepte. Während 7 Teilnehmende angaben, dass Barrierefreiheit die Nutzung für alle Menschen beeinflusst, benannten 12 Personen explizit Menschen mit Behinderungen als Zielgruppe der digitalen Barrierefreiheit. Dabei scheint vor allem die Gruppe der Menschen mit Sehbehinderung präsent. Bei der verfassten Definition von 14 der 30 Teilnehmenden wird entweder diese Zielgruppe direkt angesprochen, oder aber es werden Beispiele der Barrierefreiheit benannt, die für diese Gruppe relevant sind (z. B. hohe Kontraste, Farbgebung und Alternativtexte von graphischen Abbildungen).

3.2 Bedarf und (gesetzliche) Notwendigkeit

Um den Stellenwert der digitalen Barrierefreiheit in der Branche zu bestimmen, wurde sowohl der gesehene Bedarf, als auch die konkrete Nachfrage durch Kund*innen erfragt. Der Bedarf an barrierefreier Unternehmenssoftware/ barrierefreien B2B Produkten wurde als moderat eingestuft (MW= 2,87, SD= 1,2). Dieser Bedarf zeigte sich

allerdings nicht in der konkreten Nachfrage nach barrierefreier Software durch Kund*innen der befragten Unternehmen. Dem Item „An uns werden häufig Bedarfe der Barrierefreiheit von Kund*innen herangetragen“ wurde also eher weniger zugestimmt (MW = 1,67, SD = 0,75). Sieben Unternehmen gaben an, aktuell keinerlei Maßnahmen zur Entwicklung barrierefreier Produkte vorzunehmen, wobei sechs Teilnehmende auch hier als Begründung die fehlende Nachfrage von Seiten der Kund*innen benannten.

Zur Einschätzung der gesehenen Bedeutsamkeit der Gesetzesänderungen, zeigt sich, dass acht Befragte noch nichts vom BFSG gehört haben und zwei Personen die Auswirkungen nicht einschätzen konnten. Unter den anderen Befragten wurde die Aussage „Barrierefreiheit wird durch das Barrierefreiheitsstärkungsgesetz (BFSG) im Jahr 2025 für unser Unternehmen bedeutsamer“ eher zustimmend bewertet (MW = 2,75, SD = 1,51). Da Unternehmenssoftware tatsächlich nicht direkt von der Gesetzesänderung tangiert ist, sondern nur indirekt betroffen sein wird, zeigt sich hier, dass dennoch Änderungen zu erwarten sind.

3.3 Einbezug von Menschen mit Behinderungen und alternative Methoden

Durch den Fragebogen wurde die eingeschätzte Bedeutsamkeit und die tatsächliche praktische Verwendung verschiedener Methoden zur Entwicklung barrierefreier Produkte verglichen. Vorgeschlagene Methoden waren a) die Nutzung von KI zur nachträglichen Verbesserung der Barrierefreiheit, b) automatisierte Tests auf Barrierefreiheitskriterien und c) die Zusammenarbeit mit Menschen mit Behinderungen. Dabei wurde die Zusammenarbeit mit der Zielgruppe am bedeutsamsten eingestuft (MW = 3,77, SD = 1,52), aber auch automatisierte Tests (MW= 3,33, SD=1,4) wurden als bedeutsamer eingeschätzt als die Nutzung von KI-Produkten (MW = 2,56, SD = 1,22). Letztere finden kaum Anwendung unter den Befragten (2 von 30), während automatisierte Tests am häufigsten genutzt werden (8 von 30) und sechs Unternehmen auf Zusammenarbeit setzen.

Um Anknüpfungspunkte für den Einbezug von Menschen mit Behinderungen in den Entwicklungsprozess herauszuarbeiten, wurde auch der generelle Einbezug von Nutzer*innen in aktuelle Softwareentwicklung abgefragt. Es gaben 23 von 30 Personen an, dass ihre aktuelle Zielgruppe aktiv in den Entwicklungsprozess eingebunden wird, die Involvierung der Nutzer*innen also sehr verbreitet ist. Unter den Firmen, die ihre Zielgruppe einbeziehen, gibt weniger als ein Drittel an, dass sie auch Menschen mit Behinderung einbeziehen. Diejenigen, die zwar Nutzer*innen in den Prozess einbeziehen aber keine mit Behinderung benennen als Grund dafür vor allem die hohen damit verbundenen Anforderungen und die Komplexität des Einbezugs (5), erneut die fehlende Nachfrage (9) und auch die Tatsache, dass der Zugang zur Zielgruppe fehlt (6).

4. Diskussion und Ausblick

Die Folgen der gesetzlichen Änderungen durch das BFSG können zum aktuellen Zeitpunkt nur schwer auf die Branche der Unternehmenssoftware abgeschätzt werden, wodurch unklar bleibt, ob die Teilhabe von Menschen mit Behinderung an der Arbeitswelt dadurch verbessert werden kann. Obwohl Praktiker Gesetzesänderungen als zentral für die Erhöhung von Barrierefreiheit in Software ansehen (Wegge & Zimmermann 2007), zeigt sich in unserer Befragung, dass einigen Befragten das

BFSG gänzlich unbekannt ist. Demgegenüber steht die Einschätzung der restlichen Teilnehmenden, dass sich dadurch konkret im eigenen Unternehmen etwas verändern wird. Forschung zur Konsequenz bisheriger Gesetzesänderungen zeigen, dass daraus nicht immer die tatsächliche Umsetzung erfolgt (Barricelli et al. 2018).

Der Bedarf an barrierefreier Unternehmenssoftware wird als höher eingeschätzt als die tatsächliche Häufigkeit der Kundenanfragen in den Unternehmen widerspiegelt. Durch die besondere Nähe zu Kund*innen in KMUs (Gulari & Fremantle 2015) kann diese Nachfrage als zentral für Änderung in Entwicklungsprozessen eingestuft werden. Ob sich gesetzliche Änderung also auf Ebene der Kund*innennachfragen zeigen werden (z.B. durch Verbreitung der Diskussion über Barrierefreiheit und der Kompetenz in der Entwicklung) scheint zentral. Prinzipiell ist das Verständnis von Barrierefreiheit aktuell insbesondere mit Anpassungen für Menschen mit Sehbeeinträchtigungen verknüpft. Dieses Ergebnis reiht sich ein in bisherige Forschung zur Fokussetzung in barrierefreier Entwicklung auf visuelle Anforderungen. Die Unterrepräsentierung von kognitiven Beeinträchtigungen und Neurodivergenz in der Diskussion um Barrierefreiheit (z. B. Wessel et al. 2021), gemeinsam betrachtet mit steigender Aufmerksamkeit von Neurodivergenz im Kontext von Arbeit (z. B. Gekeler 2023) legt nahe, dass insbesondere hier weitere Erkenntnisse gesammelt werden müssen.

Die Ausarbeitung des BFSG orientiert sich an den bekannten WCAG-Kriterien, welche den Teilnehmenden der Umfrage nicht einheitlich bekannt sind. Automatisierte Tools zur Testung solcher Kriterien werden allerdings als häufigste Methode barrierefreier Entwicklung benannt. KI-Tools zur nachträglichen Optimierung werden von Betroffenen als kritisch eingestuft (Huq et al. 2023). Sie spielen in der Praxis, laut Ergebnissen unserer Umfrage eine untergeordnete Rolle und werden wenig genutzt.

Obwohl Designprozesse wie HCD nicht auf KMUs ausgelegt sind (Gulari & Fremantle 2015), werden Nutzer*innen in unserer Befragung zum Großteil ganz aktiv in die Entwicklung der Unternehmenssoftware einbezogen und auch die Zusammenarbeit mit Menschen mit Behinderungen wird am bedeutsamsten für die Entwicklung barrierefreier Produkte eingestuft. Um den langfristigen Einbezug von Menschen mit Behinderungen in Unternehmenssoftwareentwicklung zu ermöglichen, ist es bedeutend auf die Einschätzungen und Sorgen aus der Praxis zu reagieren. Als Gründe, warum Menschen mit Behinderungen aktuell noch nicht einbezogen werden, wurden vor allem die Komplexität des Einbezugs und der fehlende Zugang zur Zielgruppe genannt.

Die Bedeutung der Barrierefreiheit in der Unternehmenssoftwarebranche wird maßgeblich durch die Nachfrage von Kund*innen bestimmt. Durch die aktuell fehlenden Kundenanfragen ist der Stellenwert zurzeit als gering einzustufen, wobei die Einführung des Barrierefreiheitsstärkungsgesetz, unter denjenigen, denen das Gesetz bekannt ist, als verändernd eingeschätzt wird. Die Branche muss weitere Schritte gehen, um barrierefreie Unternehmenssoftware herzustellen und damit die Teilhabe an Arbeit durch die Gestaltung inklusiver Arbeitssysteme zu unterstützen.

5. Literatur

Barricelli, B. R., Sciarelli, P., Valtolina, S. & Rizzi, A. (2018). Web accessibility legislation in Italy: a survey 10 years after the Stanca Act. Universal Access in the Information Society, 17(1), 211–222. https://doi.org/10.1007/s10209-017-0526-z.

Bi, T., Xia, X., Lo, D., Grundy, J., Zimmermann, T. & Ford, D. (2022). Accessibility in Software Practice: A Practitioner's Perspective. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, 31(4), 1–26.

Bockstahler, M., Jurecic, M. & Rief, S. (2020). Working from home experience: An empirical study from the user perspective during the Corona pandemic. https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/c3abac78-67a6-401f-9a1a-740339334330/content.

Branham, S. M. & Kane, S. K. (2015). The Invisible Work of Accessibility. In Proceedings of the 17th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility - ASSETS '15 (S. 163–171). ACM Press. https://doi.org/10.1145/2700648.2809864.

Gekeler, S. (2023). Neurodiversität am Arbeitsplatz: Welche Rolle nimmt HR ein? https://www.human-resourcesmanager.de/employer-branding/neurodiversitaet-am-arbeitsplatz-staerke-statt-defizit/.

Gulari, M. N. & Fremantle, C. (2015). Are design-led innovation approaches applicable to SMEs? International Conference on Engineering and Product Design Education, 3 & 4 Sepemtber 2015NG AND PRODUCT DESIGN EDUCATION, 556–561. https://www.designsociety.org/download-publication/38502/are+design-led+innovation+approaches+applicable+to+smes%3f.

Huq, S. F., Alshayban, A., He, Z. & Malek, S. (2023). #A11yDev: Understanding Contemporary Software Accessibility Practices from Twitter Conversations. In A. Schmidt, K. Väänänen, T. Goyal, P. O. Kristensson, A. Peters, S. Mueller, J. R. Williamson & M. L. Wilson (Hrsg.), Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (S. 1–18). ACM. https://doi.org/10.1145/3544548.3581455.

IfM Bonn. (2024). Mittelstand im Überblick: Kennzahlen der KMU nach Definition der EU-Kommission. Institut für Mittelstandsforschung. https://www.ifm-bonn.org/statistiken/mittelstand-im-ueberblick/kennzahlen-der-kmu-nach-definition-des-ifm-bonn/kennzahlen-deutschland.

Khomik, O., Bielikova, N., Indyka, S., Kovalchuk, O. & Halan-Vlashchuk, V. (2021). Accessibility of Microsoft Teams and Moodle Services for the Implementation of E-Learning for Students with Disabilities in Institutions of Higher Education in Ukraine. Physical education, sport and health culture in modern society(1(53), 33–42..

Kiossis, I., Feufel, M. & Mörike, F. (2020). Multi-layered interdependency? In B. Preim, A. Nürnberger & C. Hansen (Hrsg.), Proceedings of the Conference on Mensch und Computer (S. 479–483). ACM. https://doi.org/10.1145/3404983.3410009.

Mörike, F. & Kiossis, I. (2024). Workarounds as enabling factor in the use of assistive technology amongst white-collar workers with visual impairment. Journal of Enabling Technologies, ahead-of-print(ahead-of-print). https://doi.org/10.1108/JET-02-2024-0020.

SAP SE. (2023). Diversity and inclusion report.: Moving Towards Greater Impact. https://www.sap.com/diversity-inclusion-report.

Silva, C. A., Oliveira, A. F. B. A. de, Mateus, D. A., Costa, H. A. X. & Freire, A. P. (2019). Types of problems encountered by automated tool accessibility assessments, expert inspections and user testing: A systematic literature review. In R. L. Guimaraes, C. A. Saibel Santos, V. F. de Santana & A. Kronbauer (Hrsg.), Proceedings of the 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (S. 1–11). ACM. https://doi.org/10.1145/3357155.3358479.

Statistisches Bundesamt. (2019). Digitale Arbeitswelt: 33 Millionen Erwerbstätige nutzen Computer oder computergesteuerte Geräte. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/05/PD19_194_639.html.

Wegge, K. P. & Zimmermann, D. (2007). Accessibility, Usability, Safety, Ergonomics: Concepts, Models, and Differences. In C. Stephanidis (Hrsg.), Lecture Notes in Computer Science: 4554-4556. Universal access in human computer interaction: 4th International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction: proceedings (Bd. 4554). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-73279-2_33.

Wessel, D., Kennecke, A.-K. & Heine, M. (2021). WCAG and Dyslexia — Improving the Search Function of Websites for Users With Dyslexia (Without Making It Worse for Everyone Else). In S. Schneegass, B. Pfleging & D. Kern (Hrsg.), Mensch und Computer 2021 (S. 168–179). ACM. https://doi.org/10.1145/3473856.3473867.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Vorgehensmodell zur Entwicklung und Implementierung von LLM-basierten Informationssystemen

Sven HINRICHSEN, Robin HERBORT, Dominik GREEN, Benjamin ADRIAN

Labor für Industrial Engineering, Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Campusallee 12, D-32657 Lemgo

Kurzfassung: Die Leistungsfähigkeit von Large Language Models konnte in den letzten Jahren deutlich verbessert werden, so dass viele Unternehmen solche Modelle bereits einsetzen oder ihren Einsatz planen. Die Gestaltung eines betriebsspezifischen Informationssystems unter Einbeziehung eines Large Language Model (LLM) ist allerdings mit einer Vielzahl an Entscheidungen verbunden. Vor diesem Hintergrund wird in diesem Beitrag eine Methode beschrieben, die bei der Gestaltung und Einführung eines LLM-basierten Informationssystems unterstützen kann, um im Ergebnis eine möglichst anforderungsgerechte Lösung zu entwickeln. Diese Methode besteht dabei aus einem Vorgehensmodell und einer Liste mit Gestaltungsprinzipien, die auch als Erfolgsfaktoren bezeichnet werden.

Schlüsselwörter: Large Language Model, Informationssystem, Methode

1. Einleitung

Die Leistungsfähigkeit von Large Language Models (LLMs) konnte in den letzten Jahren deutlich verbessert werden, so dass diese mittlerweile in vielen Betrieben in unterschiedlichen Bereichen genutzt werden (Raiaan et al. 2024). LLMs bieten dabei das Potenzial, komplexe Zusammenhänge verständlich darzustellen (Brown et al. 2020). Beispielsweise kann die Modellierung von Geschäftsprozessen und dabei die Erstellung von Prozessflussdiagrammen mittels eines Chatbots unterstützt werden (Ziche & Apruzzese 2024).

Die Gestaltung eines betriebsspezifischen Informationssystems unter Einbeziehung eines LLM ist allerdings mit einer Vielzahl an Entscheidungen verbunden. Beispielsweise hat die Auswahl des LLM sowie die Gestaltung der betriebsspezifischen Datenbasis einen erheblichen Einfluss auf die Qualität der Informationsausgabe des Systems (Hafner & Hundertmark 2024). Darüber hinaus spielt die regelmäßige Aktualisierung des LLM und der Datenbasis eine zentrale Rolle, um dauerhaft eine hohe Effizienz und Qualität der Informationsausgabe sicherzustellen (Annepaka & Pakray 2024). Zudem lassen sich LLM und betriebliche Informationen über Retrieval-Augmented Generation (RAG) verknüpfen. Auch das sogenannte Prompt Engineering, die Gestaltung der Systemeingaben, wirkt sich in hohem Maße auf die Qualität der vom System generierten Informationen aus. Weitere Entscheidungen sind etwa in Bezug auf die Gestaltung von Systemschnittstellen oder den Schutz personenbezogener Daten zu treffen (HmbBfDI 2024).

Die Vielzahl der Entscheidungen, die mit der Gestaltung LLM-basierter Informationssysteme einhergehen, führt zu einer hohen Komplexität dieser Aufgabe. Vor diesem Hintergrund benötigen Betriebe einen strukturierten Ansatz, der die Planung, Ent-

wicklung, Implementierung und dauerhafte Wartung von LLM-basierten Informationssystemen methodisch unterstützt, so dass im Ergebnis domänen- und betriebsspezifische Anforderungen (Chen et al. 2024) berücksichtigt werden.

2. Zielsetzung und Methode

Gegenstand dieses Beitrages ist die Entwicklung einer Methode, die den Anwender dabei unterstützt, ein betriebsspezifisches LLM-basiertes Informationssystem zu entwickeln, einzuführen und dauerhaft im Unternehmen zu etablieren. Diese Methode beinhaltet zum einen ein Vorgehensmodell, welches die wesentlichen Entwicklungs-, Implementierungs- und Weiterentwicklungsphasen des Informationssystems beschreibt. Zum anderen sollen dem Methodenanwender Erfolgsfaktoren bereitgestellt werden, die bei der Gestaltung des Informationssystems Orientierung bieten. Bei den Erfolgsfaktoren handelt es sich um Gestaltungsprinzipien für LLM-basierte Informationssysteme.

Um dieses Ziel zu erreichen, wird ein Vorgehen in vier Schritten gewählt. In einem ersten Schritt werden Anforderungen an die zu entwickelnde Methode, bestehend aus einem Vorgehensmodell und Gestaltungsprinzipien, entwickelt. In einem zweiten Schritt werden auf Basis einer Literaturrecherche bestehende Methoden identifiziert und anhand der im ersten Schritt aufgestellten Anforderungen beurteilt. In einem dritten Schritt wird auf Basis der Analyseergebnisse des zweiten Schrittes ein Vorgehensmodell entwickelt. In einem vierten Schritt werden über eine systematische Literaturrecherche unter Berücksichtigung der PRISMA-Methode (Page et al. 2021) Erfolgsfaktoren für die Gestaltung LLM-basierter Informationssysteme identifiziert und beschrieben.

3. Ergebnisse

3.1 Ermittlung von Anforderungen an die Methode

Insgesamt wurden fünf Hauptanforderungen ermittelt. Erstens soll die Methode ein Vorgehensmodell beinhalten, das aus mehreren, logisch aufeinander aufbauenden Stufen besteht. Dieses Ablaufprogramm soll dem Anwender Orientierung bieten und die Effektivität und Effizienz der Aufgabendurchführung gewährleisten. Zweitens soll das Vorgehensmodell den gesamten Lebenszyklus des LLM-basierten Informationssystems unterstützen, indem auch nach der Systemimplementierung eine Weiterentwicklungsphase integriert wird. Diese fortlaufende Aktualisierung des LLM und der Datenbasis ist wichtig, damit das System dauerhaft eine hohe Qualität der Informationsausgabe gewährleistet (Annepaka & Pakray 2024). Drittens soll das Vorgehensmodell bzw. sollen Bestandteile des Modells praktisch erprobt sein. Da es sich bei LLM-basierten Informationssystemen um Mensch-Technik-Systeme handelt, soll die Methode viertens eine ganzheitliche Betrachtung – unter Einbeziehung von Mensch, Technik und Organisation – gewährleisten, da im Zusammenhang mit generativer künstlicher Intelligenz etwa auch ethische Aspekte und Fragen des Datenschutzes eine Rolle spielen können. Fünftens soll die Methode ihrem Anwender dahingehend Unterstützung bieten, dass LLM-spezifische Gestaltungsprinzipien, auch als Erfolgsfaktoren bezeichnet, Berücksichtigung finden.

3.2 Identifikation und Beurteilung bestehender Methoden

Die Auswahl geeigneter Methoden und Modelle für die Gestaltung, Implementierung und Weiterentwicklung von LLM-basierten Informationssystemen in Unternehmen beruht auf einer systematischen Literaturrecherche, die in Anlehnung an die PRISMA-Methode (Page et al. 2021) durchgeführt wurde. Als Datenbanken wurden „Google Scholar“ und „Web of Science“ genutzt. Im Ergebnis konnten die Methoden bzw. Vorgehensmodelle CRISP-DM (Chapman et al. 2000), TDSP (Ericson et al. 2017), PAISE (Hasterok et al. 2021) und Enterprise AI Canvas (Kerzel 2020) identifiziert werden. Dabei wurden auch Modelle berücksichtigt, die keine LLM-spezifischen Inhalte berücksichtigen, allerdings von Anwendern herangezogen werden, um ein LLM-basiertes Informationssystem zu entwickeln. Die vier Modelle bzw. Methoden wurden entsprechend der im ersten Schritt ermittelten Anforderungen beurteilt. Die Beurteilungsergebnisse finden sich in Tabelle 1.

Tabelle 1: *Beurteilung bestehender Methoden.*

Nr.	Anforderungen	Methoden			
		CRISP-DM	TDSP	PAISE	Enterprise AI Canvas
1	Vorgehensmodell	X	X	X	X
2	Betrachtung des Systemlebenszyklus	-	(X)	X	-
3	Praktische Erprobung und Relevanz	X	X	(X)	(X)
4	Ganzheitliche Betrachtung	-	-	(X)	(X)
5	LLM-spezifische Gestaltungsprinzipien	-	(X)	-	-

Legende: X: Anforderung erfüllt; (X): Anforderung teilweise erfüllt; - Anforderung nicht erfüllt

Beispielsweise besteht der Ansatz CRISP-DM aus einem Vorgehensmodell (Anforderung 1 erfüllt), das in der betrieblichen Praxis bei datenbasierten Projekten als etabliert gilt (Anforderung 3 erfüllt). Allerdings fehlen Mechanismen zur Weiterentwicklung des Informationssystems, so dass nicht der gesamte Systemlebenszyklus berücksichtigt wird (Anforderung 2 nicht erfüllt). Ebenfalls liegt bei diesem Ansatz der Fokus auf der technischen Realisierung und nicht auf einer ganzheitlichen Betrachtung eines Informationssystems (Anforderung 4 nicht erfüllt). Zudem berücksichtigt der Ansatz keine LLM-spezifischen Inhalte und Gestaltungsprinzipien (Anforderung 5 nicht erfüllt).

3.3 Entwicklung eines Vorgehensmodells

Das entwickelte Vorgehensmodell orientiert sich zum einen an der bewährten sechsstufigen REFA-Planungssystematik (REFA 2015) und dem Vorgehensmodell zur Auswahl einer Low-Code-Plattform (Hinrichsen et al. 2023). Zum anderen beinhaltet es Elemente der in Abschnitt 3.2 skizzierten Modelle. Abbildung 1 zeigt das Vorgehensmodell im Überblick.

Stufe 1	**Inhalte**
Anwendungsfälle identifizieren und beurteilen	1.1 Identifizieren von möglichen Anwendungsfällen 1.2 Beschreiben der Anwendungsfälle 1.3 Beurteilen der wirtschaftlichen Potenziale der Anwendungsfälle ▶ Priorisierte Liste mit Anwendungsfällen für LLM-basierte Informationssysteme im Unternehmen ▶ Auswahl eines Anwendungsfalls
Stufe 2	**Inhalte**
Ausgangssituation analysieren und Projektrahmen klären	2.1 Analysieren der Ausgangssituation 2.2 Festlegen der Projektziele 2.3 Abgrenzen des Projektes (innerhalb/ außerhalb des Projektrahmens) 2.4 Beschreiben des Prozesses auf Makroebene 2.5 Bilden des Projektteams und Klären der Rollen 2.6 Aufstellen des Meilensteinplans ▶ Definition des Projektes
Stufe 3	**Inhalte**
LLM-basiertes Informationssystem konzipieren (Grobplanung)	3.1 Spezifizieren der Anforderungen 3.2 Beschreiben des Prozesses im Detail 3.3 Festlegen der Architektur des LLM-basierten Informationssystems ▶ Grobkonzept für das LLM-basierte Informationssystem
Stufe 4	**Inhalte**
LLM-basiertes Informationssystem detaillieren (Feinplanung)	4.1 Durchführen der Make-or-Buy-Entscheidungen zu Software und Infrastruktur 4.2 Einholen von Angeboten und Abschätzen der Kosten 4.3 Überprüfen der Gebrauchstauglichkeit und Finalisierung des Konzeptes für das LLM-basierte Informationssystem 4.4 Durchführen einer Investitionsrechnung ▶ Detailkonzept für das LLM-basierte Informationssystem
Stufe 5	**Inhalte**
LLM-basiertes Informationssystem realisieren	5.1 Beschaffen bzw. Programmieren von Software und Hardware 5.2 Vorbereiten und Bereitstellen von Daten für LLM 5.3 Entwickeln und Testen des Prototyps 5.4 Qualifizieren des Personals und Bereitstellen von Arbeitsunterlagen 5.5 Durchführen des Probebetriebs ▶ Umsetzung und Probebetrieb des Informationssystems
Stufe 6	**Inhalte**
LLM-basiertes Informationssystem einsetzen und weiterentwickeln	6.1 Durchführen der Erfolgskontrolle und Erstellen einer Abschlussdokumentation 6.2 Übergeben des Informationssystems an den Prozessverantwortlichen 6.3 Einführen eines Kontinuierlichen Verbesserungsprozesses ▶ Realisierung und laufende Weiterentwicklung des Systems

Abbildung 1: *Vorgehensmodell zur Entwicklung eines LLM-basierten Informationssystems*

Die erste Stufe des Modells beinhaltet die Identifikation und Auswahl möglicher Anwendungsfälle für ein LLM-basiertes Informationssystem. Diese Stufe zielt darauf ab, Geschäftsprozesse zu identifizieren, die sich über den Einsatz eines LLM optimieren bzw. (teil-) automatisieren lassen. Bei der Beurteilung der Eignung einzelner Anwendungsfälle sind Kriterien heranzuziehen, wie sie beispielsweise von Kourani et al. (2024) erörtert werden (z. B. Vorliegen von textbasierten Beschreibungen, Wiederholcharakter des Prozesses). Im Ergebnis liegt nach Durchlaufen der ersten Stufe eine Liste mit beschriebenen und priorisierten Anwendungsfällen vor. Die Priorisierung wird dabei in erster Linie auf Basis einer Schätzung der jeweiligen wirtschaftlichen Potenziale vorgenommen. Da die Aufgabe der Gestaltung und Einführung eines LLM-basierten Informationssystems mit einer hohen Komplexität einhergeht, wird die Bearbeitung dieser Aufgabe als Projekt organisiert. Im Rahmen der zweiten Stufe des Vorgehensmodells wird daher der Projektrahmen in Form eines „Project Charter“ definiert. In der dritten Stufe des Vorgehensmodells werden die Anforderungen an das zu gestaltende Informationssystem im Detail ermittelt. Nach Mock et al. (2024) sind insbesondere die Vertrauenswürdigkeit, die Einhaltung regulatorischer Vorgaben sowie der Schutz sensibler Daten grundsätzliche Anforderungen. Auf Basis der Anforderungen wird ein Grobkonzept entwickelt, welches insbesondere eine Beschreibung der Systemarchitektur zum Gegenstand hat und damit u. a. auf die LLM-Auswahl, Datenquellen und Schnittstellen eingeht (Moujahid et al. 2024). Im Rahmen der vierten Stufe erfolgt die Detailplanung des LLM-basierten Informationssystems. Dabei werden Make-or-Buy-Entscheidungen vorgenommen und Angebote eingeholt. Zudem wird die Gebrauchstauglichkeit des Konzeptes überprüft. Abschließend ist eine Investitionsrechnung vorzunehmen, um die Wirtschaftlichkeit des Investitionsvorhabens zu gewährleisten. In der fünften Stufe erfolgt die praktische Umsetzung des LLM-basierten Informationssystems, indem Ressourcen beschafft, Programmierarbeiten durchgeführt, Daten vorbereitet und Beschäftigte qualifiziert werden. Das prototypisch realisierte System wird solange getestet, bis es als gebrauchstauglich angesehen wird. Die sechste Stufe beinhaltet schließlich die Implementierung und kontinuierliche Weiterentwicklung des Systems. Die Weiterentwicklung kann dabei beispielsweise über eine Implementierung von Feedback-Schleifen vorgenommen werden (Lee et al. 2023).

3.4 Identifikation und Beschreibung von Erfolgsfaktoren

Im Ergebnis der Anwendung der PRISMA-Methode konnten neun Literaturquellen identifiziert werden. Auf Basis einer Analyse der Quelleninhalte konnten 20 Erfolgsfaktoren für die Gestaltung von LLM-basierten Informationssystemen herausgearbeitet werden. Die Erfolgsfaktoren beziehen sich beispielsweise auf die Qualität der bereitgestellten Daten, die Datensicherheit, die nutzerzentrierte Systemgestaltung oder auf Feedback-Mechanismen zur Verbesserung der Informationsausgaben.

4. Diskussion und Fazit

Aufgrund der zunehmenden Bedeutung LLM-basierter Informationssysteme bedarf es einer methodischen Unterstützung bei der Gestaltung und Einführung dieser Systeme. Diese Unterstützung erfolgt zum einen über das in diesem Beitrag vorgestellte Vorgehensmodell, zum anderen über eine Liste von Erfolgsfaktoren, die es bei der Systemgestaltung und -einführung zu beachten gilt. In einem nächsten Schritt ist die Methode praktisch zu erproben und weiterzuentwickeln.

5. Literatur

Annepaka Y, Pakray P (2024) Large language models: a survey of their development, capabilities, and applications. In: Wu X, Cook D, Tao D (Eds) Knowledge and Information Systems – An International Journal. Springer Nature 2024. https://doi.org/10.1007/s10115-024-02310-4.

Brown TB et al. (2020) Language Models are Few-Shot Learners. In: Larochelle H, Ranzato M, Hadsell R, Balcan MF, Lin H (Eds) Proceedings of NeurIPS Conference 2020. Vancouver: Curan Associates Inc., 159:1877-1901. https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.14165.

Chapman P, Clinton J, Kerber R, Khabaza T, Reinartz T, Shearer C, Wirth R (2000) CRISP-DM 1.0 – Step-by-step data mining guide. SPSS Inc., 1-78.

Chen B, Zhang Z, Langrene N, Zhu S (2024) Unleashing the potentials of prompt engineering in Large Language Models: a comprehensive review. https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.14735.

Ericson G, Rohm WA, Martens J, Sharkey K, Casey C, Harvey B, Schonning N (2017) What is the Team Data Science Process? Accessed Nov 13, 2024. https://learn.microsoft.com/en-us/azure/architecture/data-science-process/overview.

Hafner N, Hundertmark S (2024) Large Language Models im Kundendialog – Chancen, Risiken, Ausblicke. In: Hafner N, Hundertmark S (Eds) Kundendialog Management – Wertstiftende Kundendialoge in Zeiten der digitalen Automation. Wiesbaden: Springer Nature, 239-248.

Hasterok C, Stompe J, Pfrommer J, Usländer T, Ziehn J, Weber M, Riedel, T (2021) PAISE® - Das Vorgehensmodell für KI-Engineering. Fraunhofer IOSB, Karlsruhe. http://doi.org/10.24406/publica-fhg-301357.

Hinrichsen S, Nikolenko A, Becker K, Adrian B (2023) How to select and implement a suitable Low-Code Development Platform. In: Karwowski W et al. (Eds) Proceedings of IHSED 2023: Future Trends and Applications. AHFE, Volume 112. http://doi.org/10.54941/ahfe1004155.

HmbBfDI – Hamburgische Beauftragte für Datenschutz und Informationsfreiheit (2024) Diskussionspapier: Large Language Models und personenbezogene Daten. Accessed Dec 14, 2024. https://datenschutz-hamburg.de/news/hamburger-thesen-zum-personenbezug-in-large-language-models.

Kerzel U (2020) Enterprise AI Canvas Integrating Artificial Intelligence into Business. Applied Artificial Intelligence, An International Journal 2021. Volume 35. London: Taylor & Francis, 1-12. https://doi.org/10.1080/08839514.2020.1826146.

Kourani H, Berti A, Schuster D, van der Aalst WMP (2024) Process Modeling with Large Language Models. In: van der Aa H, Bork D, Schmidt R, Sturm A (Eds) Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling. Volume 511. Proceedings of BPMDS and EMMSAD Conference 2024. Limassol: Springer Nature 2024, 229-244. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61007-3.

Lee D, Whang T, Lee C, Lim H (2023) Towards Reliable and Fluent Large Language Models: Incorporating Feedback Learning Loops in QA Systems. https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.06384

Mock M, Schmidt S, Müller FB, Görge R, Schmitz A, Haedecke E, Voss A, Hecker D, Poretschkin M (2024) Vertrauenswürdige KI-Anwendungen mit Foundation-Modellen entwickeln. Whitepaper Fraunhofer IAIS (Ed), Sankt Augustin. https://doi.org/10.24406/publica-2475.

Moujahid H, Boutahar K, El Gannour O, Saleh S, Cherradi B, El Abbassi A (2024) A Scoping Review of Large Language Models: Architecture and Applications. Proceedings of IRASET Conference 2024. Fez: IEEE Explore, 1-7. https://doi.org/10.1109/IRASET60544.2024.10549006.

Page MJ et al. (2021) The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. London: The BMJ 372:71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71.

Raiaan MAK, Mukta SH, Fatema K, Fahad NM, Sakib S, Mim MMJ, Ahmad J, Ali ME, Azam S (2024). A Review on Large Language Models: Architectures, Applications, Taxonomies, Open Issues and Challenges. IEEE, Volume 12. New Jersey: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3365742.

REFA (2015) REFA-Planungssystematik. In: REFA Bundesverband e.V.: Industrial Engineering – Standardmethoden zur Prozesssteigerung und Prozessoptimierung. Volume 2. Darmstadt.

Ziche C, Apruzzese G (2024) LLM4PM: A case study on using Large Language Models for Process Modeling in Enterprise Organizations. In: Di Ciccio C et al. (Eds) Business Process Management (…) Volume 527. Proceedings of BPM Conference 2024. Krakow: Springer Nature 2024, 472-483. https://doi.org/10.1007/978-3-031-70445-1_35.

Danksagung: Der Beitrag ist im Rahmen des Projektes KIPro entstanden. Das Projekt wird vom Zentrum für Digitalisierungs- und Technologieforschung der Bundeswehr (dtec.bw) mit Mitteln der Europäischen Union (NextGenerationEU) gefördert.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Augmented Reality zur Förderung technischen Handlungswissens in der Techniklehrkräfteausbildung: Ein Vergleich von AR-Anwendungen bei der Nutzung eines Multimeters evaluiert durch Eye-Tracking, Evaluationsbögen und Leitfadeninterviews

Andreas ERKELENZ, Stefan FLETCHER

Technologie und Didaktik der Technik, Universität Duisburg-Essen, Universitätsstraße 12, D-45141 Essen

Kurzfassung: Die Studie untersucht den Einsatz von Augmented Reality (AR) zur Förderung technischen Handlungswissens in der Ausbildung von Techniklehrkräften. Zwei AR-gestützte Anwendungen (Model Target & QR-Code Target) wurden hinsichtlich ihrer Usability, Benutzerfreundlichkeit und Nützlichkeit evaluiert. Dabei kamen Evaluationsbögen, Leitfadeninterviews und Eye-Tracking zum Einsatz. Die Ergebnisse zeigen eine insgesamt hohe Akzeptanz, jedoch Optimierungspotenzial im User Interface (z. B. Menüführung, Schlosssymbol). Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Anwendungen wurden nicht nachgewiesen. Lediglich zeigte sich eine mögliche Tendenz zugunsten des QR-Code Targets hin. Die Studie bestätigt das Potenzial von AR für die technische Bildung, betont aber die Notwendigkeit weiterführender Untersuchungen mit größeren Stichproben.

Schlüsselwörter:
Augmented Reality (AR), Handlungswissen, Techniklehrkräfteausbildung

1. Zielsetzung und Hintergrund

Der vorliegende Beitrag thematisiert das Forschungsvorhaben im Rahmen des Projekts StAR (Sicherheitskonforme Nutzung technischer Geräte durch Augmented Reality) das die Evaluation zweier Target-basierter Augmented Reality (AR)-Anwendungen zur Förderung technischen Handlungswissens in der Ausbildung von Techniklehrkräften an der Universität Duisburg-Essen untersucht. Ziel ist es, Studierende des Bachelorstudiengangs Lehramt Technik durch realitätsnahe Interaktionen mit virtuellen Lerngegenständen dabei zu unterstützen, theoretische Inhalte effektiver in die praktische Anwendung zu überführen. Der inhaltliche Fokus liegt auf der fachgerechten Nutzung eines Multimeters sowie der korrekten Ermittlung zentraler Messgrößen, wie Spannung, Widerstand und Stromstärke.

Aktuelle Forschungsergebnisse (Mayer 2021) legen nahe, dass die Bereitstellung visueller Informationen in unmittelbarer räumlicher Nähe zu realen Objekten oder deren virtueller Nachbildung die kognitive Belastung der Lernenden reduziert. Dieser Effekt basiert auf dem Kontiguitätsprinzip, das besagt, dass eng verknüpfte Informationen besser verarbeitet werden als solche, die zeitlich oder räumlich voneinander getrennt sind (Mayer 2021). Im Vergleich zur herkömmlichen Methode, bei der theoretische Inhalte zunächst isoliert erlernt und erst anschließend praktisch angewandt werden, bietet AR den Vorteil einer direkten Verknüpfung von Theorie und Praxis und reduziert dadurch den kognitiven Aufwand (Extraneous Cognitive Load) (Paas & Sweller 2022).

Moderne AR-Technologien ermöglichen zudem eine kostengünstige und benutzerfreundliche Umsetzung auf gängigen mobilen Endgeräten wie Smartphones oder Tablets (Grimm & Broll 2019). Obwohl AR bereits in verschiedenen Lehr- und Lernkontexten erfolgreich eingesetzt wurde, existieren bislang nur wenige empirische Studien zur Nutzung unterschiedlicher AR-Anwendungen für den Aufbau und den Transfer technischen Handlungswissens – insbesondere in der Ausbildung von Technikleh-rkräften.

Die vorliegende Studie schließt diese Forschungslücke und untersucht die Wirksamkeit zweier Target-basierter AR-Anwendungen hinsichtlich ihrer Effektivität in der Ausbildung angehender Techniklehrkräfte für den fachgerechten Umgang mit einem Multimeter.

2. Untersuchungsdesign und Evaluationsmethodik

2.1 Untersuchungsdesign

Das Untersuchungsdesign basiert auf einem Vergleich von zwei AR-Anwendungsformen (siehe Abb. 1):

1. Anwendungsform: Nutzung einer AR-generierten virtuellen Nachbildung eines Multimeters ausgelöst durch ein QR-Code Target;
2. Anwendungsform: Nutzung eines realen Multimeters, das mit AR-Elementen angereichert wird ausgelöst durch ein Model Target

Beide Anwendungen sind mit Animationen und auditiven Instruktionen angereichert.

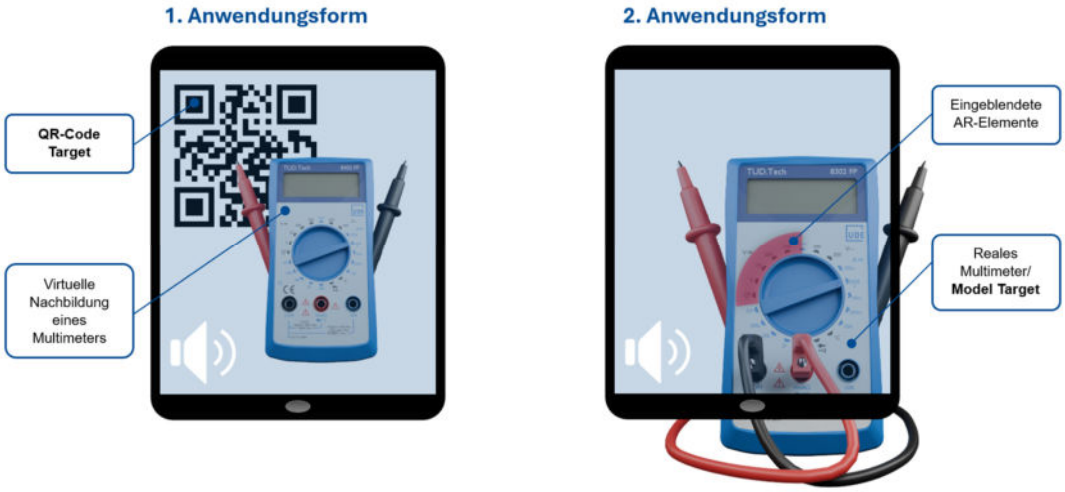


Abbildung 1: Die zwei Formen der AR-Anwendungen im Projekt StAR.

Zielgruppe sind Studierende des dritten Fachsemesters im BA Lehramt Technik an der Universität Duisburg-Essen, die an der Veranstaltung „Labor Informationsumsatz“ teilnehmen. Insgesamt haben 38 Teilnehmer*innen an der Studie teilgenommen, wovon 17 weiblich und 21 männlich waren. Nach erfolgter radomisierter Separierung der Teilnehmer*innen in zwei Lerngruppen, werden diese im Rahmen eines Arbeitsauftrags aufgefordert mit der Unterstützung der AR-Anwendungen konkrete Messaufgaben mit einem Multimeter durchzuführen. Neben einem Evaluationsbogen, welcher von allen Teilnehmer*innen auszufüllen ist werden weitere zwei Lerner*innen pro Gruppe im Zuge eines Leitfadeninterviews gesondert befragt. Zwei weitere Probanden

pro Gruppe werden mit einer Eye-Tracking-Ausstattung versehen, um ihr Blickverhalten im Zuge der Nutzung der AR-Anwendungen im Kontext der Messaufgaben mit einem Multimeter zu dokumentieren.

2.2 Evaluationsmethodik

Im Rahmen des Projekts werden verschiedene Nutzungsaspekte der AR-Anwendungen evaluiert. Dazu zählen die wahrgenommene Nützlichkeit, die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit und die allgemeine Usability sowie die praktische Anwendbarkeit im spezifischen Nutzungskontext. Die Evaluation basiert auf Leitfadeninterviews, Evaluationsbögen und prozessbegleitenden Eye-Tracking-Aufzeichnungen. Dafür kommen die folgenden Evaluationsinstrumente zum Einsatz:

2.2.1 Evaluationsbogen

Der Evaluationsbogen ist zweigeteilt. Im ersten Teil erfolgt eine Messung mit Hilfe der System Usability Scale (SUS), um eine allgemeine Einschätzung zur Usability der AR-Anwendungen zu erhalten. Der zweite Teil ist auf den spezifischen Anwendungsfall abgestimmt und ist in Orientierung an das Technologieakzeptanzmodell erstellt worden. Hier werden die wahrgenommene Nützlichkeit und die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit gemessen, wobei jede Dimension in spezifische Teilkategorien unterteilt ist (siehe Abb. 2). Zu den Teilkategorien gehören jeweils 1 bis 9 Items, die auf einer bipolaren 7-stufigen Ratingskala mit entgegengesetzten Adjektiven bewertet werden, von 1 (starke Ablehnung) bis 7 (starke Zustimmung).

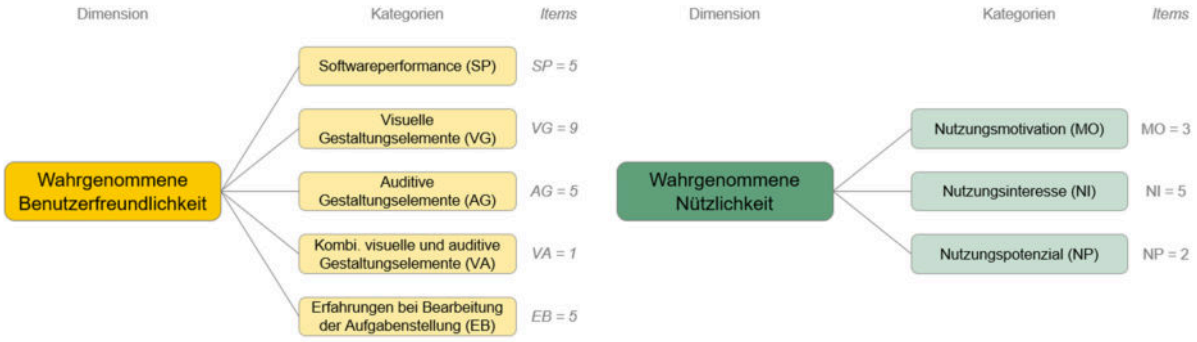


***Abbildung 2**: Dimensionen und Kategorien des Evaluationsbogen.*

2.2.2 Leitfadeninterview

Die eingesetzten Leitfadeninterviews orientieren sich in Aufbau und Struktur stark an den Evaluationsbögen, um die Ereignisse inhaltlich detailliert auszudifferenzieren und zusätzliche Einblicke in spezifische Nutzungsaspekte der AR-Anwendungen zu gewinnen. Die Interviews wurden gemäß dem Transkriptionsschema nach Kuckartz & Rädiker (2024) dokumentiert und anschließend mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Kuckartz & Rädiker (2024) systematisch ausgewertet.

2.2.3 Eye-Tracking Aufzeichnung

Des Weiteren kommen mobile Eye-Tracking-Systeme zum Einsatz, die detaillierte Einblicke in die Art und den zeitlichen Verlauf der vom Nutzer aufgenommenen Infor-

mationen ermöglichen. Die Auswertung erfolgte auf Grundlage der Definition sogenannter Areas of Interest (AOIs). Als AOIs wurden spezifische Teilelemente der Benutzeroberfläche, die verwendeten Versuchsunterlagen sowie reale Objekte wie Multimeter und elektrische Bauteile festgelegt. Analysiert wurde dabei insbesondere der Eye-Tracking-Parameter Fixationshäufigkeit, um die visuelle Aufmerksamkeit der Nutzer*innen zu erfassen.

3. Ergebnisse

Als erste Bezugsgröße kann in diesem Kontext das Ergebnis der System Usability Scale (SUS) aufgeführt werden (Brix et al. 2023). Dieses standardisierte Messinstrument zur Erfassung der allgemeinen Usability (Sarodnick 2016) kann jedoch lediglich als erster Indikator für Usability-Probleme herangezogen werden, erlaubt aber keine detaillierte Aussage darüber, welche Elemente der entwickelten Anwendung für die Erzielung eines entsprechenden Prozentwerts moderierend sind. Der ermittelte Wert für Anwendungsform 1 (QR-Code Target) liegt bei 78,25% und für Anwendungsform 2 (Model Target) bei 75%. Werte zwischen 60% und 80% sind als grenzwertig bis gut zu interpretieren, wohingegen Werte über 80% auf eine gute bis exzellente Usability hindeuten. Die Nähe der ermittelten Werte zueinander lässt für beide Anwendungsformen auf eine gute Usability schließen, welche jedoch Raum für Optimierungen bietet.

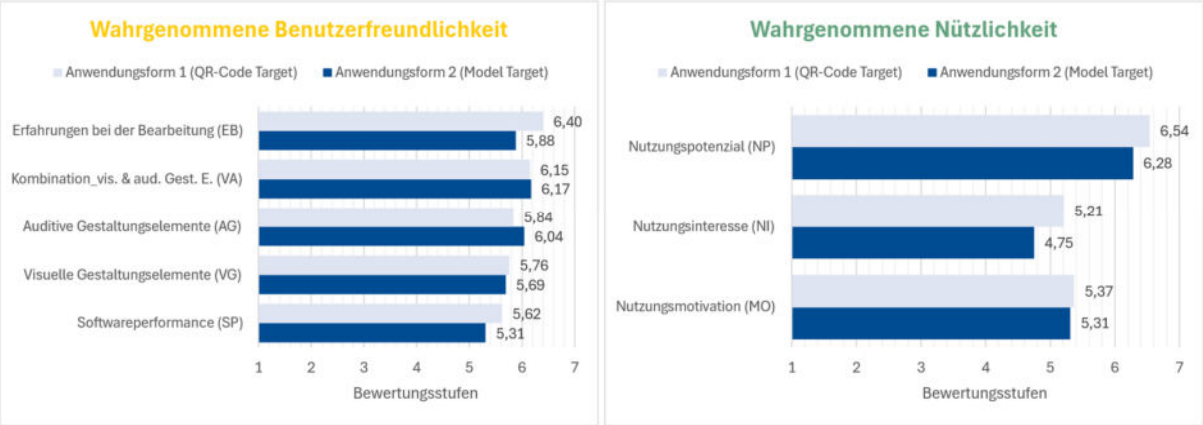


Abbildung 3: *Auswertung des Evaluationsbogens - wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit (links) wahrgenommene Nützlichkeit (rechts)*

Im Folgenden werden die Mittelwerte der Befragungsergebnisse betrachtet (siehe Abb. 3). Es wird angenommen, dass die Skala als quasi-metrisch behandelt werden kann. Die Analyse zeigt, dass beide entwickelten AR-Anwendungen eine hohe Bewertung erhalten: Anwendungsform 1 (QR-Code Target) mit einem Mittelwert (M) von 5,95 und Anwendungsform 2 (Model Target) mit einem M von 5,82. Ein Mann-Whitney-U-Test wurde für die Kategorie (Erfahrungen bei der Bearbeitung) mit der größten Mittelwertdifferenz (0,52) durchgeführt, ergab jedoch keine statistisch signifikante Differenz. Die Betrachtung der einzelnen Items dieser Kategorie zeigt, dass alle p-Werte über 0.05 liegen, was bedeutet, dass zwischen Model Target und QR-Code Target keine signifikanten Unterschiede bestehen. Lediglich Item EB4 („Die AR-Anwendung hat mich nicht bei der Messung des Widerstands unterstützt.) weist mit $p = 0.071$ den niedrigsten p-Wert auf. Dieser liegt jedoch knapp über der Signifikanzgrenze von 0.05,

was auf eine mögliche Tendenz zugunsten der Anwendung QR-Code Target hindeuten könnte. Ähnlich verhält es sich bei der Betrachtung der Dimension „wahrgenommene Nützlichkeit“. Auch hier sind keine signifikanten Unterschiede festzustellen. Qualitativ zeigt sich auch hier eine leichte Tendenz zu Gunsten der Anwendungsform QR-Code Target (1. Anwendungsform).

Die qualitative Inhaltsanalyse der Leitfadeninterviews ergab eine Reihe repräsentativer Zitate, von denen eine Auswahl im Folgenden aufgeführt ist. Proband P2 (Model Target) äußert sich zur wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit im Bereich der visuellen Gestaltungselemente: „Paar Sachen hinzufügen, fand ich super. Also, ähm nicht (.) nicht überfordernd für das Gehirn, dass da zu viel irgendwie links und rechts an der Seite war. Ähm, teilweise waren es auch durch die Symbole wie mit dem Schloss zum Beispiel selbsterklärend. Ähm (.) also fand ich in Ordnung.”

Dagegen beschreibt Proband P5 (QR-Code Target) eine gewisse Unsicherheit in der Bedienung: „Und das ähm vielleicht bei dem Layout, die man nicht direkt wusste, wie war das jetzt mit diesen Tasten, also zum Beispiel dieses Sperrsymbol mit diesem Schloss. Da bin ich jetzt von selbst draufgekommen, dass man da mal draufdrücken könnte. […] Wenn das vielleicht am Anfang noch kurz erklärt worden wäre oder so ein kleiner Hinweis daneben steht irgendwie.“

Zur wahrgenommenen Nützlichkeit äußert sich Proband P2 (Model Target): „Ich finde es tatsächlich, ähm, an sich, äh relativ simpel aber gut umgesetzt. Und (.) es ist auf jeden Fall Bedarf da, das so umzusetzen. Weil ich glaube, das beschleunigt den Prozess, das macht es anschaulicher. Und wenn man Nachfragen hat, muss man nicht immer entweder die Blätter parat haben oder den Dozenten fragen oder den Lehrer fragen, sondern man kann die App öffnen und das (.) man kann selber zuhause (.) ja (.) nachverfolgen, wie es nochmal ging.“

Proband P3 (QR-Code Target) hebt darüber hinaus den Mehrwert für andere Anwendungsbereiche hervor: „Also ich würde mir halt wünschen, dass sowas öfter eingesetzt wird. Jetzt nicht nur in dem Bereich. Es ist halt wirklich eine Hilfe gewesen. Ich war sehr zufrieden damit, (.) ja. Also ich würde mir wünschen, dass es so ei-, so eine Software in mehreren Bereichen auch geben würde, weil es hat mir schon sehr gut geholfen.“

Proband P3 (QR-Code Target) betont die einfache Verständlichkeit: „Also zum Lernen auf jeden Fall sehr, sehr gut. Würde ich auf jeden Fall, also ich hätte eigentlich wirklich nichts auszusetzen. Es hat wirklich sehr geholfen. Es war sehr verständlich. Vor allem für mich als Person, die wirklich gar keine Erfahrung dabei hatte. Ich habe es direkt verstanden. Es war sehr einfach. Äh, es wurde auch sehr einfach erklärt. Also ich hätte wirklich nichts auszusetzen dabei.”

Da die Eyetracking-Daten zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Beitrags noch nicht vollständig ausgewertet sind, können an dieser Stelle lediglich erste Einblicke gegeben werden. Eine erste Sichtung des Materials deutet jedoch darauf hin, dass einige Probanden Schwierigkeiten hatten, die Funktion einzelner Elemente des User Interface zu dekodieren. Beispielsweise zeigte sich in Anwendungsform 2, dass das Ein- und Ausblenden der Menüleiste zur Navigation zwischen den einzelnen Aufgaben nicht intuitiv war. In Anwendungsform 1 hatten einige Probanden Schwierigkeiten, die Fixierung der AR-Animation mithilfe des Schlosssymbols zu verstehen. Inwieweit diese Beobachtungen die allgemeine Usability, die wahrgenommene Nützlichkeit und/oder die Benutzerfreundlichkeit der verschiedenen Anwendungsformen beeinflussen, muss noch weiter untersucht werden.

4. Diskussion

Die Wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit der AR-Anwendung wird von den Probanden auf Grundlage des Evaluationsbogens als hoch eingestuft, besitzt jedoch Raum für Optimierungen. Die durchgeführten Leitfadeninterviews deuten sowohl für Anwendungsform 1 als auch für Anwendungsform 2 drauf hin, dass Elemente des User Interface unzureichend über ihre Funktion aufklären. Im Falle von Anwendungsform 1 verwiesen Probanden explizit auf des Schlosssymbol, wohingegen Probanden der Anwendungsform 2 in erster Linie die intransparenten Funktionen der Menüleiste bemängelten. Zudem deuteten Probenden der Anwendungsform 2 an, dass in ausgewählten Fällen Animationen von zwei Aufgabenstellungen zeitgleich abgespielt wurden, was einen Neustart der Anwendung nötig machte. Ungeachtet der benannten Optimierungswünsche für die Dimension wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit, äußern sich die befragten Probanden auf Grundlage der Leitfadeninterviews überwiegend positiv zur wahrgenommenen Nützlichkeit der entwickelten AR-Anwendung, attestieren ihr im Falle von Anwendungsform 2 eine den Lernprozess beschleunigende Wirkung und äußern im Fall von Anwendungsform 1 sogar den Wunsch, den Einsatz der Anwendung auf weitere Bereiche auszuweiten. Die Probanden lobten (im Falle beider Anwendungsformen) die „tatsächliche“ Hilfe für die Bearbeitung der Aufgabenstellung und attestierten den Anwendungen das Potenzial der Einbindung in unterrichtliche Kontexte an allgemeinbildenden Schulen.

Die beschriebenen Beobachtungen spiegeln eine insgesamt als gut zu bewertende Usability wider, die jedoch an einzelnen Stellen optimiert werden kann. Dies erfordert eine detailliertere Analyse, unter anderem durch eine weiterführende Eye-Tracking-Studie. Da die Stichprobengröße mit 38 Probanden relativ gering ist, sollten die Ergebnisse mit Vorsicht interpretiert werden. Sie liefern zwar wertvolle Hinweise auf Stärken und Optimierungspotenziale der Anwendung, sind jedoch nur eingeschränkt verallgemeinerbar. Weitere Untersuchungen mit einer größeren Stichprobe sind erforderlich, um belastbare Aussagen zur Usability und Nützlichkeit der AR-Anwendungen zu treffen.

6. Literatur

Brix, T.J.; Janssen, A.; Storck, M.; Varghese, J.: Comparison of German Translations of the System Usability Scale – Which to Take?, in: German Medical Data Sciences 2023 – Science Close to People 307 (2023), S. 96 – 101.

Grimm, P.; Broll, W. et al.: VR/AR-Eingabegeräte und Tracking, in: Dörner R; Broll W. et al. (Hg.): Virtual und Augmented Reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität, Berlin² 2019, S. 117 – 162.

Kuckartz, U.; Rädiker, S.: Fokussierte Interviewanalyse mit MAXQDA, Wiesbaden² 2024.

Mayer, R.E.: Multimedia Learning, Cambridge³ 2021.

Paas, F.; Sweller, J.: Implications of cognitive load theory for multimedia learning, in: Richard E. Mayer; Logan Fiorella (Hg.): The Cambridge handbook of multimedia learning, Padstow³ 2022, S. 73 – 81.

Sarodnick, F.; Brau, H.: Methoden der Usability Evaluation. Wissenschaftliche Grundlagen und praktische Anwendung, Bern³ 2016.

Assessing the Changes in Driver Acceptance through the Experience of Consecutive Partially Automated Drives: A Simulator Study

Maximilian WIEGAND, Elena Malaika VON DEWITZ, Jasmin SCHNEIDER, Klaus BENGLER

Lehrstuhl für Ergonomie, TU München,
Boltzmannstraße 15D, D-85748 Garching b. München

Abstract: The development of user acceptance of partially automated driving in urban environments is underexplored. In this study, 45 participants completed five simulated urban driving sessions experiencing a partially automated driving system, either with or without system limits. Acceptance of the system was assessed subjectively using the dimensions perceived usefulness and satisfaction. Perceived usefulness shows no significant change, whereas satisfaction increased slightly over time. Occurring system limits had no significant influence on acceptance. These findings suggest that mere repeated exposure may not enhance acceptance in complex urban contexts, even with a reliable system.

Keywords: Automation, Acceptance, Urban Environment, System Limits

1. Introduction

Automated driving holds numerous promises: safer roads, reduced driver fatigue, and more efficient traffic flow. SAE Level 2 (L2) systems aim to improve safety by easing the driver's workload and minimizing human error, which accounts for over 90 % of road accidents (Fagnant & Kockelman 2015). With L2 driving systems, longitudinal and lateral control of the vehicle is taken over while the driver continues to monitor the vehicle and is responsible for driving behavior (SAE International 2021). Although these systems are already established on German highways, their implementation in urban environments presents distinct challenges. The increased complexity of urban scenarios introduces technical and ergonomic difficulties that must be addressed (von Dewitz et al. 2024). Specifically, the success of these systems hinges on user acceptance, a critical element that the expected benefits of the systems materialize for increased safety and comfort (Martens & Jenssen 2012), which could be diminished by improper use or resistance to adoption (Lindgren & Chen 2006). The concept of acceptance is dynamic, especially as users encounter system limits (Beggiato et al. 2015). Without a clear understanding of how these factors evolve, the anticipated safety gains may remain unrealized (Lee & See 2004).

Numerous studies have been carried out on the acceptance of automated driving systems. They vary in how acceptance is defined and measured. Despite the various research conducted on acceptance, there has yet to be a consensus on the definition or even on a measurement approach (Beggiato & Krems 2013). One set of definitions approaches acceptance from the perspective of attitude and behavior. For instance, some conceptualize acceptance as a positive attitude towards the system, while others use such observable behaviors as the frequency of use (Adell et al. 2014). For this

research, we adopt the definition provided by Van Der Laan et al. (1997), referring to acceptance as the user's willingness to use the technology, mainly motivated by their perceptions about its usefulness and satisfaction. Perceived usefulness reflects how well the system supports users' goals. Satisfaction concerns comfort and ease of interaction. Both elements are essential, as a system viewed as applicable may still be judged to fail because low perceived usability undermines user satisfaction. In this context, acceptance is not just a passive attitude but a dynamic process, reflecting how users interact with and adapt to the system over time. Studies suggest that repeated exposure to ADAS enhances acceptance as users adjust their mental models and develop familiarity with system functionality (Beggiato et al. 2015). Additionally, the researchers found that system limits experienced later, with repeated system usage, led to adjustments in the user's mental model.

2. Methodology

2.1 Research Questions

Since previous research has mostly been limited to other automation levels (Frison et al., 2020), there remains a significant gap in research regarding user acceptance of L2 systems in urban environments. Few studies have investigated how the acceptance of the systems develops over time and how system limits influence user acceptance, underlining the necessity of this research. The purpose of this study is to better understand how repeated use of L2 systems and the occurrence of system limits in urban environments affect the development of user acceptance.

The following research questions (RQ) are set to be answered:

RQ1: How does driver acceptance towards an L2 system develop with repeated use in urban environments?

RQ2: What influence does the occurrence of system limits have on the development of acceptance towards the L2 System?

2.1 Apparatus and Procedure

The study took place in a static driving simulator comprising a whole vehicle body. In this setup, three projectors were used to simulate a front field of view of approximately 180 degrees. The rear view of the three mirrors was realized through three separate projectors. The setup was based on the simulation software SILAB 7.1.
Five simulator drives of approx. twenty-five minutes each were scheduled for each participant, separated by breaks of one or two days. Before the first session, participants received a brief, standardized introduction to the L2 system and were reminded of their responsibility for safe driving. They were instructed to activate the L2 system at their discretion once they felt secure doing so. Before and after each session, participants completed questionnaires.

The L2-Hands-Off driving system was responsible for longitudinal and lateral control, and the system's availability was displayed through the Human-Machine-Interface (HMI). The L2 system could be activated and deactivated via a button on the steering wheel and deactivated by driver intervention through manual steering or braking. A driver monitoring system (DMS) initiated a warning and ejection cascade when a visual

distraction was detected. This warning cascade consisted of auditory signals, implemented through an increasingly rapid warning tone, and visual signals, including flashing LED lights on the steering wheel and text-based warnings.

The test tracks were designed to mimic a daily urban commute. In the first four sessions, participants drove on an identical urban route to facilitate the development of familiarization effects and ensure consistent testing conditions, enhancing the comparability of the results. In the fifth session, a new element occurred: road works were present in the driving lane, with a 10 km/h speed limit sign placed 50 meters ahead. This event served as a scenario for a silent system disengagement. Without driver intervention, the vehicle would have collided with the barrier.

2.2 System Limits

By definition, a system limit is reached if road type or conditions change into an environment the system has not been designed for. In this case, control is handed back to the driver with a take-over request (TOR; Gold et al. (2016)).

For this study, the TOR was implemented through a text-based warning message in the driver information display four seconds before a system limitation is reached, reading “System not available, please take over!”. The limits were distributed along the test track. A total of five limits occurred in every session. Three fixed limits were incurporated into every session, while the other two were varying limits. The varying limits altered, meaning each appeared in no more than two of the five sessions. The three fixed limits included two that resembled lane intersections controlled by traffic lights, where the driver was required to make a left turn, and a priority intersection necessitating the driver to yield to crossing traffic. The varying limits involved adverse weather conditions, where visibility was reduced due to brief rain showers, a postbus that required manual overtaking, as well as traffic light-controlled stops that required the vehicle to halt completely, forcing the driver to manually start the car before the system could be reactivated.

2.3 Variables

The study was designed with two independent variables:

(1) Sessions (within-subjects): Each participant experienced the L2 system over five drives on different days.
(2) Limits (between-subjects): Participants were randomly split up into two groups, with group 1 not experiencing limits, whereas group 2 did.

The dependent variables were set to be the two subscales of acceptance assessed according to van der Laan (1997): Perceived Usefulness and Satisfaction. Additionally, two items asked after each drive specifically addressed attitude toward the DMS: (1) a 5-pt-likert scale questioning how appropriate the DMS warnings were perceived, and (2) an open-ended question detailing the reason for the evaluation of (1). We also collected further metrics, although these data are not part of the present analysis.

2.4 Participants

All participants were required to hold a valid driver’s license (Class B), have no prior experience with L2 systems in urban environments, and have no negative experiences with simulators. To ensure a balanced sample, we preferred female and older candidates since most of the applications were filled out by males of student age. Besides

these preferences, the sample was chosen at random. The final sample consisted of 45 Participants, seven females, and 38 males. Ages ranged from 18 to 85 years, with a mean *M = 26.91* (*SD = 12.25*). Group 1 ranged from 19 to 63 years (*M = 25.65, SD = 9.19*). Group 2 ranged from 18 to 85 years (*M = 28.23, SD = 14.91*). 48.81% had prior experience with advanced driver assistance systems (ADAS).

The following results from the affinity of technology (ATI) scale, assessed according to Franke et al. (2019), were collected through the presurvey of session 1. In these 5-point Likert scales (1 = strongly disagree, 5 = strongly agree) for the nine items, group 1 had a mean score of *M = 3.91* (*SD = 0.60*) and group 2 of *M = 3.66* (*SD = 0.62*).

2.5 Analysis

We conducted two mixed analyses of variance (ANOVA) to analyze the impact of the within-subject-factor Sessions and the between-subject-factor system limits on the subscales 'Perceived Satisfaction' and 'Usefulness.' Only the preliminary surveys from the individual sessions were included in the analysis to exclude the effect of the system failure in the fifth session. The Greenhouse-Geiser-Correction was used to adjust violations of sphericity. Furthermore, effect sizes were interpreted using the generalized eta squared (ges). All calculations were performed using R in the application RStudio IDE.

A thematic analysis following Braun and Clarke (2006) was conducted to understand participants' attitudes toward the DMS. Various themes were identified, and their frequency reflects the number of participants who, at least once during the five sessions, justified their evaluations using these themes.

3. Results

3.1. Acceptance

Figure 1 illustrates the perceived usefulness and satisfaction scores across the five sessions, comparing the two groups.

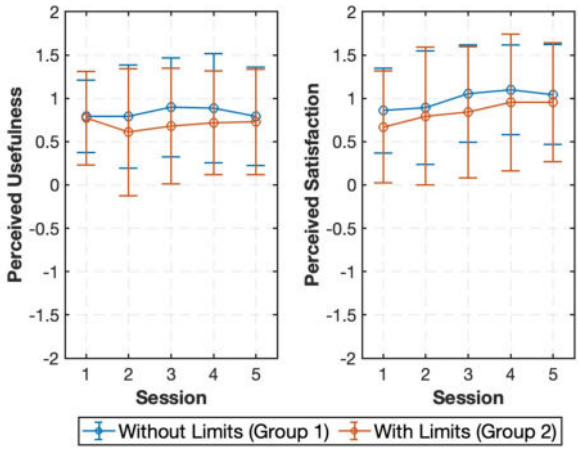


***Figure 1**: Perceived usefulness and satisfaction across the five sessions, depending on the occurrence of limits.*

Perceived Usefulness: No significant effects were found for the within-subject factor

'Session' (*F(2.73, 117.47) = 0.86, p = .46, ges = 0.004*) as well as the between-subject factor 'Limits' (*F(1, 43) = 0.66, p = .42, ges = 0.012*). Besides that, the interaction effect between 'Limits' and 'Session' also did not show any statistical significance (*F(2.73, 117.47) = 0.683, p = .42, ges = 0.004*).

Satisfaction: No significant effect was found for the between-subject factor 'Limits' (*F(1, 43) = 0.74, p = .393, ges = 0.013*). Apart from that, results indicate that the effect of the within-subject factor 'Session' was statistically significant (*F(2.71, 116.62) = 4.11, p = .010, ges = 0.023*), with a small effect size. There was no significant interaction effect (*F(2.71, 116.62) = 0.26, p = .084, ges = 0.001*). Bonferroni-corrected post-hoc tests revealed no significant differences between individual 'Session' means.

3.2 Attitude towards the Driver Monitoring System

Figure 2 shows the changes in the perceived appropriateness of the DMS warnings as a score on a 5-pt-Likert scale (1 = very inappropriate; 5 = very appropriate) across all participants, revealing a generally positive trend. A total of n = 28 participants have provided the optional explanation at least once. N = 13 participants reported that they did not receive any warnings. N = 16 participants felt that the system's warnings had an appropriate level of intensity, whereas n = 5 participants found the signals unpleasant. N = 7 participants indicated that the system's warnings were triggered after looking away for a brief period. N = 5 participants argued that the timing of the warnings was inconsistent. N = 5 participants perceived the system as non-functional. Among these, n = 2 felt that the warnings appeared even when they were paying attention to traffic, while the remaining n = 3 argued that the warnings were delayed, occurring only after they had been inattentive for too long.

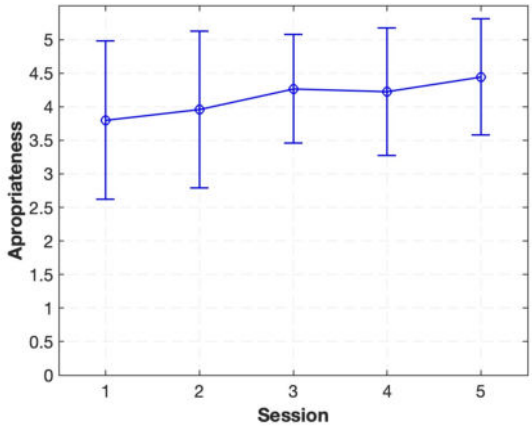


***Figure 2**: Development of perceived appropriateness of system warnings by the DMS*

4. Conclusion and Discussion

This study highlights the challenges automated driving systems face in complex urban environments, which places higher demands on automated systems and their users. In these environments, acceptance appears to be unaffected by system limits. Compared to the findings of Beggiato et al. (2015), who observed substantial changes in user acceptance, this study found minor changes over time. Two key factors likely contribute to this discrepancy: First, Beggiato et al. (2015), like many

other studies, focused primarily on rural and highway scenarios, while this study examined the unique demands of complex urban settings. Second, nearly half of the participants in this study (48.81%) had prior experience with ADAS. In contrast, the participants in the study of Beggiato et al. (2015) had no prior experience. Also, since scores in our study where already relatively high, it can be assumed that acceptance was already in the saturation range. Moreover, regarding the DMS, we observed a trend toward better-perceived appropriateness over time, suggesting that users need more opportunities to adjust to the system's warnings and possibly align their mental models with its benefits.

Future research should thus prioritize understanding how ADAS can better meet users' needs in urban contexts, ensuring seamless integration, enhanced safety, and improved user acceptance.

6. References

Adell, E., Varhelyi, A., and Nilsson, L. (2014). The definition of acceptance and acceptability. Ashgate Publishing Ltd.

Beggiato, M. and Krems, J. F. (2013). The evolution of mental model, trust and acceptance of adaptive cruise control in relation to initial information. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 18:47–57.

Beggiato, M., Pereira, M., Petzoldt, T., and Krems, J. (2015). Learning and development of trust, acceptance and the mental model of acc. a longitudinal on-road study. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 35:75–84.

Braun, V. and Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative research in psychology, 3(2):77–101.

Fagnant, D. J. and Kockelman, K. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 77:167–181.

Frison, A.-K., Forster, Y., Wintersberger, P., Geisel, V., and Riener, A. (2020). Where We Come from and Where We Are Going: A Systematic Review of Human Factors Research in Driving Automation. Applied Sciences, 10(24), 8914.

Gold, C., Körber, M., Lechner, D., and Bengler, K. (2016). Taking over control from highly automated vehicles in complex traffic situations: The role of traffic density. Human factors, 58(4):642–652.

Lee, J. D. and See, K. A. (2004). Trust in automation: Designing for appropriate reliance. Human Factors, 46(1):50–80. PMID: 15151155.

Lindgren, A. and Chen, F. (2006). State of the art analysis: An overview of advanced driver assistance systems and possible human factors issues. Human factors and economics aspects on safety, 38:50.

Martens, M. H. and Jenssen, G. D. (2012). Behavioral adaptation and acceptance. Springer London.

SAE International (2021). Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles. (j3016).

Van Der Laan, J. D., Heino, A., and De Waard, D. (1997). A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 5(1):1–10.

von Dewitz, E. M., Grabbe, N., and Bengler, K. (2024). Requirements for safe and satisfactory use of partially automated driving systems in urban environments: An expert field study. In für Arbeitswissenschaft e.V., G., editor, 70. Kongress der Gesellschaft f˙ur Arbeitswissenschaft e.V.

Acknowledgment: This work is a result of the joint research project STADT:up. The project is supported by the German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK), based on a decision of the German Bundestag. The author is solely responsible for the content of this publication.

Entwicklung eines bipolaren Instruments für eine menschzentrierte Technikgestaltung

Monika EIGENSTETTER[1], Lisa WIRJANTORO[1], Franziska GUTH[2], Fatma DÖNMEZ[1]

[1] A.U.G.E.-Institut der Hochschule Niederrhein, Reinarzstr. 49, D-47805 Krefeld
[2] Karl Mayer Stoll, Textilmaschinenfabrik GmbH, Industriestraße 1, D-63179 Obertshausen

Kurzfassung: Die durch Technik verursachten Beanspruchungen werden häufig als Fehlbeanspruchung und Techno-Stress problematisiert. Digitale Technologien sind allerdings Ressource und Stressor gleichermaßen. Dies wird in Instrumenten und Gefährdungsanalysen zur Digitalisierung wenig reflektiert. Mit dem vorliegenden Ansatz wurden entlang wesentlicher Dimensionen der psychischen Gefährdungsbeurteilung nach GDA bipolare Skalen entwickelt, um die komplexen Wirkungen der Digitalen Technologien auf Arbeitstätigkeiten besser abbilden zu können. Die Entwicklung des Fragebogens wurde durch eine Expertenvalidierung begleitet und die Struktur mittels einer konfirmatorischen Faktorenanalyse bestätigt. Befragte bestätigen die inhaltliche Validität. Damit ein liegt ein Instrument vor, das in der Praxis eingesetzt werden kann.

Schlüsselwörter: menschzentrierte Arbeitsgestaltung, Digitalisierung, Gefährdungsbeurteilung, Psychische Belastung und Beanspruchung

1. Einführung

Man kann sich kaum mehr einen Arbeitsbereich vorstellen, der ohne digitale Technologien auskommt. Damit einhergehende psychische Beanspruchungen werden vielfach über Fehlbeanspruchung und Techno-Stress problematisiert. Technik, ermöglicht aber auch Arbeitsentlastung und Effizienzsteigerung. Digitalisierung wird von Beschäftigten oft befürwortet und beispielsweise als ein wichtiger Beitrag zur Arbeitsplatzsicherung betrachtet. Grundsätzlich gibt es allerdings inhärente Spannungsfelder bei der Einführung von neuen Technologien.

2. Die Ambivalenz der Wirkungen von Technologien

Die Existenz von technologiebedingtem Stress ist unbestritten: Fehlende Usability sowie Belastungen und Beanspruchungen durch „Techno-Overload“, „Techno-Inversion“, „Techno-Complexity“ etc. sind häufig genannte Aspekte (Dragano & Lunau 2020). Andere negative Konnotationen von Technologien beinhalten z. B. Unzuverlässigkeit oder Leistungsüberwachung (Gimpel et al. 2020). Doch die eingeführten digitalen Arbeitsmittel werden oft nicht negativ von Beschäftigten wahrgenommen werden, sondern als effizienzsteigernd, hilfreich und entlastend erlebt (Robelski 2016; Carls et al. 2020, Härtwig & Sapronova 2021). Dies lässt sich für einige Aspekte belegen, z. B.:

- Wenn die einen Arbeitnehmenden einen Verlust von Arbeitsinhalten und Arbeitsplätze durch Substituierbarkeitspotenziale befürchten, so sehen die anderen, dass Arbeitsplätze über eine weitreichende Digitalisierung gesichert werden können (z. B. OECD 2023, Carls et al. 2020).
- Mit einer lückenlosen Überwachung können (Arbeits-)Sicherheit und Qualität erhöht werden, aber auch Fremdbestimmung und Druck zunehmen, da die Arbeitsleistung vollständig transparent wird (Robelski 2016).
- Arbeitsverdichtung und Entgrenzung der Arbeit werden seit vielen Jahren als psychische Gefährdung im Kontext der Digitalisierung diskutiert, während andere die Vorzüge der Flexibilität und der mobilen Arbeit wertschätzen (Härtig & Sapronova 2021).
- Da gut beschriebene und standardisierte Prozesse oft Voraussetzung für Automatisierung und Digitalisierung sind, steigen damit einerseits oft Qualität und Zuverlässigkeit der Prozesse. Aber der verminderte Handlungsspielraum in der Tätigkeit bereitet den Mitarbeitenden Probleme (Schaper et al. 2021).
- Wenn Technologie standardisierte Tätigkeiten übernimmt, erhöhen sich einerseits möglicherweise wenig qualifizierte und anstrengende „Resttätigkeiten“, anderseits kann aber auch eine Verlagerung zu einem Mehr an Interaktionsarbeit stattfinden, eine qualitativ völlig andere Form der psychischen Belastung und Beanspruchung (Hirsch-Kreinsen 2013).
- Soziale Beziehungen verändern sich durch den Einbezug der Technologien: Kommunikation zwischen Beschäftigten und Abteilungen werden durch effiziente Workflows ersetzt, mit einer Reduktion von Interaktion, was zu sozialer Isolation führen kann (Härtwig und Sapronova 2021).

Modelle der Technologieakzeptanzforschung, wie z. B. das TAM-Modell zeigen, dass Prädiktoren für Technologieakzeptanz auch organisationalen Support und wahrgenommene Nützlichkeit umfassen (Davis 1989). Daher kann man davon ausgehen, dass Beschäftigte die Technologien danach bewerten, wie sie zur Erreichung der eigenen Ziele am Arbeitsplatz beitragen (z. B. Leistungserhöhung).

3. Entwicklung eines bipolaren Instruments zur Beurteilung von Gefährdungen und Gestaltungsoptionen von digitalen Assistenzsystemen

In der Arbeitstätigkeit verkoppeln sich verschiedene Dimensionen aus technologischen und organisatorischen Anforderungen mit den individuellen Voraus-setzungen Beschäftigter. Da mit der Einführung neuer Technologien und der damit einhergehenden Umgestaltung von Arbeitssystemen neue Belastungen auftreten können, sollten diese bedingungsbezogen unter einer Beachtung eines soziotechnischen Systemgedankens und entlang der Dimensionen Technik-Organisation-Mensch beurteilt werden.

3.1 Methodik

Um Belastungsfaktoren in ihren multiplen Ausprägungen bewerten zu können, wurde auf Basis verschiedener in der Literatur sowie auf Basis der Handlungsempfehlungen der GDA 2022 zur Gefährdungsbeurteilung 14 Konstrukte zusammengestellt und analog eines semantischen Differential gestaltet, um die Veränderungen am Arbeitsplatz bipolar, also in positive und negative Richtung, bewerten zu können: Dies sind Arbeitsverdichtung (Tätigk_AV), Reichhaltigkeit der Arbeitsinhalte (Tätigk_AI),

Handlungsspielraum (Tätigk_H), Zusammenarbeit und Kommunikation (Tätigk_ZK), Performanz/Leistung (Tätigkeit_P), Komplexität der Technik (Technik_K), Regulationserfordernisse (Technik_R), Zuverlässigkeit der Technik (Technik_Z), Häufigkeit von Änderungen (Technik_H), Partizipation bei Einführung (Orga_P) Datenschutz und Cybersicherheit (Orga_S), Be- und Entgrenzung der Arbeit (Orga_BA), Qualifizierungserfordernisse (Orga_QU) und Auswirkungen auf Arbeitsplatzsicherheit (Orga_A) (siehe Abbildung 1).

Ein bipolares Item sieht so aus: „Die am Arbeitsplatz verwendeten digitalen Arbeitsmittel ermöglichen eine angemessene Vielfalt von Tätigkeiten“, versus „Die am Arbeitsplatz verwendeten digitalen Arbeitsmittel führen zu einseitigen und repetitiven Tätigkeiten.“ Die Formulierungen sollen Belastungen abbilden, z. B. die Anforderungen durch die Technik, Organisation sowie die Tätigkeitsanforderungen. Es wurde explizit vermieden, Begriffe wie „Stress“ zu verwenden, da dies zu Konfundierung von Belastung und Beanspruchung führen kann. Im Vordergrund steht also eine bedingungsbezogene Analyse.

Eine inhaltliche Validierung des Fragebogens erfolgte mittels Expertenbefragung. Die danach erfolgten Anpassungen dienten dazu, unscharfe Formulierungen zu eliminieren und die Trennschärfe der Konstrukte zu erhöhen. Items, die nicht klar einem Konstrukt zugeordnet werden konnten, wurden aussortiert. Insgesamt gingen 94 Items für die bedingungsbezogene Analyse ein. Weitere Konstrukte wurden zur Evaluierung begleitend eingesetzt, so Fragen zur Selbstwirksamkeit, Technikaffinität oder Stresserleben. Der gesamte Itempool inklusive demografischer Fragen und weiteren psychologischen Konstrukten zur Validierung umfasste 233 Items. Die Befragten hatten am Ende des Fragebogens die Möglichkeit, mit freien Kommentaren den Fragebogen zu bewerten und Ergänzungen anzuregen. Der so entstandene Fragebogen wurde anschließend in einer Panelstudie von 527 Teilnehmenden beantwortet: im Panel wurde auf eine Gleichverteilung in Bezug auf Männer und Frauen und auf eine Gleichverteilung in vier verschiedenen Qualifikationsniveau von Tätigkeiten geachtet. Damit sollten eine Selbstselektion und ein Bias durch überwiegende akademische Tätigkeiten verhindert werden.

3.2 Ergebnisse der ersten Version

In der ersten Version des Fragebogens mit insgesamt 94 Items variierte Cronbach‘s Alpha zwischen 0,7 bis 0,9. Bei den 115 Kommentaren, die von den Befragten gegeben wurden, wurde mehrfach die Befragung als sinnvoll und stimmig bewertet (34 Nennungen): „Ich fand die Umfrage sehr gut“ oder „die Befragung war interessant und von guter Qualität“. Die Bewertung der Technologien wurde als sehr vollständig wahrgenommen, es sei nichts hinzuzufügen (29 Nennungen). Kritik wurde in Bezug auf die Länge geäußert (3 Nennungen) und zwei Personen fanden sie überflüssig, weil heute alles mit Technologien zu machen sei. Weitere Bewertungen kommentierten digitale Technologien allgemein, wie „Fluch und Segen“, man könnte sich die Arbeit ohne Digitalisierung nicht vorstellen, lobte gute Ausstattung, oder die Möglichkeit zur Remote-Arbeit. Auch wurde darauf verwiesen, dass Arbeitsprozesse erleichtert werden können. Eine Person beklagte, dass Programme eingeführt werden, wenn sie noch fehlerbehaftet sind. Themen waren noch Eintönigkeit und Ermüdung; sowie Anregung und Kompetenzzuwachs. Die Befragung erreichte damit sehr unterschiedliche Beschäftige mit sehr unterschiedlichen Belastungen.

3.3 Reduktion von Items und Konfirmatorische Faktorenanalyse

Für einen in der Praxis gut einsetzbaren Fragebogen ist die Menge der Items zu umfangreich, weshalb die nach Reliabilitätsanalyse Items ausgewählt wurden, die die Skala gut repräsentierten. Die reduzierte Version umfasst 58 Items. Die Modellanpassung und -schätzung erfolgte mithilfe des Pakets „Lavaan“, das eine Maximum-Likelihood-Schätzung zur Ableitung von Parameterwerten beinhaltet und die Beziehungen zwischen latenten Variablen und ihren Indikatoren quantifiziert.

Das Modell ist statistisch signifikant, χ^2 (1504, N = 527) = 3049,43, p < 0,001, mit einem Fit-Verhältnis (χ^2/df) von 2,03. Die Fit-Indizes mit einem Comparative Fit Index (CFI) von 0,91 und einem Tucker-Lewis Index (TLI) von 0,90 zeigen einen akzeptablen Fit (>0,90). Der mittlere quadratische Approximationsfehler (Root Mean Square Error of Approximation, RMSEA) betrug 0,04. Dieser befindet sich damit im Bereich von 0 bis 0,05 und ist eine gute Schätzung für das Misfit-Maß der Population (Browne und Cudeck 1993). Auch der Standardized Root Mean Square Residual (SRMR) von 0,05 steht für einen akzeptablen Missfit-Index. Nach der Faustregel von Hu & Bentler (1995) zeigt dies eine zufriedenstellende Übereinstimmung zwischen vorhergesagten und beobachteten Datenmatrizen auf. Damit kann das Modell die latenten Strukturen gut erfassen, zu deren Überprüfung es entwickelt wurde. Die teils hohen Werte in der Kovarianzmatrix legen nahe, das Modell zu vereinfachen. Wenn man das Modell im Kontext einer differenzierten Gefährdungsanalyse nutzen möchte, erscheint eine wietere Reduktion der Skalen nicht sinnvoll.

Alle Skalen korrelieren untereinander im mittleren Bereich, mit wenigen Ausnahmen: Veränderungen der Tätigkeiten in Kommunikation und Zusammenarbeit mit Auswirkungen auf die Performanz zeigen Korrelationen um r =0,7.

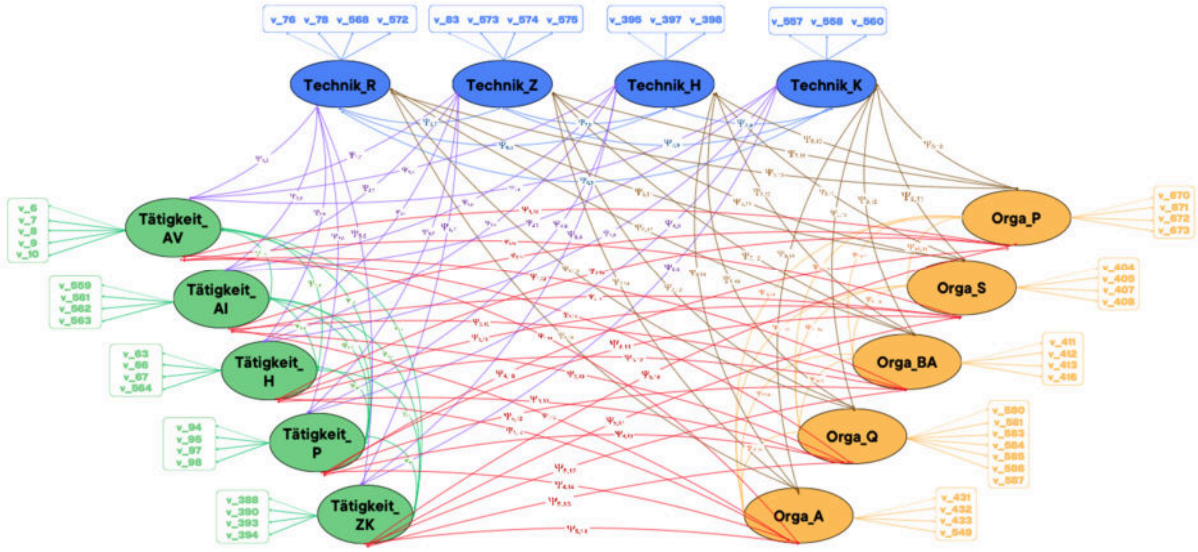


***Abbildung 1**: Strukturgleichungsmodell. Eine ausführliche Darstellung findet sich auf den Seiten des A.U.G.E.-Instituts der Hochschule Niederrhein.*

3.4 Einsatz in der Praxis

In der Evaluation des Experimentierraums KI LIAS, federführend von der RWTH Aachen umgesetzt, zeigte sich, dass eine Verminderung von spezifischen Tätigkeiten,

wie der Kalkulation von Angeboten durch eine Künstliche Intelligenz, zu einer Erhöhung der Tätigkeiten in einem anderen Bereich, z. B. der Kundenkontakt führen kann, was qualitativ zu einer anderen psychischen Belastung und folglich Beanspruchung führen wird. Die mit den Technologien einhergehenden Veränderungen führen in der Regel zu Umgestaltung von Arbeitstätigkeiten, die auf unterschiedlichen Dimensionen zu einem mehr oder weniger an Belastungen und damit einhergehenden Beanspruchungen führen (Eigenstetter & Dönmez 2023).

4. Diskussion

Fragenbogen sind eine wertvolle Methode, um in einem strukturierten Ansatz systematisch eine Anzahl von Dimensionen abzufragen. Instrumente, die auch im Sinne einer Psychischen Gefährdungsbeurteilungen genutzt werden können, sollen für die jeweiligen Kontexte valide und reliabel sein, und dabei wesentliche Anforderungen der Tätigkeiten beinhalten (GDA 2022 2024). Die Güte des Fragebogens wurde durch die Befragten bestätigt. Die Auswertung der Kommentare zeigt eine hohe Akzeptanz für das Instrument und bestätigte dessen Relevanz, sodass man von der guten Inhaltsvalidität des Instruments ausgehen kann. Die Reduktion der Items auf 58 in soll die Akzeptanz in der Praxis sicherstellen.

Es gibt eine ganze Anzahl an Instrumenten, die für eine Gefährdungsanalyse im Kontext der digitalen Technologien konzipiert wurden. Im Kontext der Arbeitssystemgestaltung sollte aber nicht einseitig auf Gefährdungen abgezielt werden, sondern es sollten auch die Potenziale der Technologien in Befragungen abgebildet werden, da diese als Ressource verstanden werden. Daher wurden bipolare Items formuliert, so dass in der Nutzung des Fragebogens eine Technik in den gleichen Dimensionen als Ressource oder als Stressor bewertet werden kann.

Für eine menschzentrierte Technikgestaltung im Sinne eines Bottum-Up-Ansatzes können dann mit Beschäftigten die Vor- und Nachteile der eingesetzten Technologien systematisch diskutiert und bewertet werden. Dies kann z. B. wie in KI LIAS auch schon in einer prospektiven Gefährdungsbeurteilung erfolgen. Man könnte aber auch verschiedene Systeme auch über solche Instrumente miteinander vergleichen.

Insgesamt ist zu beachten, dass eine positive Veränderung einer Belastung (z. B. Kontrolle über einen Prozess) möglicherweise mit einem Nachteil einer anderen Dimension (z. B. weniger Flexibilität) einhergehen kann. Die Veränderungen der Arbeitswelt durch KI könnten allerdings zukünftig so weitreichend sein, dass dieser Fragebogen diese Veränderungen noch nicht umfassend genug abbildet, weshalb der Fragebogen auch in Zukunft weiterentwickelt werden wird. Dies sollte immer in enger Abstimmung mit Betroffenen erfolgen: „Wenn es gelingt, bei menschenzentrierter Technologiegestaltung aus Anspruch Wirklichkeit werden zu lassen, ist Vertrauen von Beschäftigten in intelligente Systeme zugleich das Ergebnis eines erfolgreichen Paradigmenwechsels“ (Peters et al. 2022, Seite 4).

6. Literatur

Carls, K. Gehrken, H., Kuhlmann, M. & Thamm, L. (2020). Digitalisierung – Arbeit – Gesundheit. Zwischenergebnisse aus dem Projekt Arbeit und Gesundheit in der Arbeitswelt 4.0. SOFI Arbeitspapier / SOFI Working Paper 2020 – 19. Soziologisches Forschungsinstitut Göttingen (SOFI) an der Georg-August-Universität.

Davis, F.D.: Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. MIS Quarterly (1989). https://doi.org/10.2307/249008.

Dragano N, Lunau T. (2020) Technostress at work and mental health: concepts and research results. Current Opinion in Psychiatry. 2020 Jul;33(4):407-413. doi: 10.1097/YCO.0000000000000613. PMID: 32324623.

Eigenstetter, M. & Dönmez, F. (2023). Abschlussbericht Evaluation KI LIAS. Arbeitspapier A.U.G.E.-Institut.

GDA, Gemeinsame Deutsche Arbeitsschutzstrategie (2022, 2025) Berücksichtigung psychischer Belastung in der Gefährdungsbeurteilung. Empfehlungen zur Umsetzung in der betrieblichen Praxis. https://www.gda-portal.de/SharedDocs/Meldungen/DE/22-08-29-Psych-Belastung-Gefaehrdungsbeurteilung.

Gimpel, H., Berger, M., Regal, C., Urbach, N., Kreilos, M., Becker, J. & Derra, N. D. (2020). Belastungsfaktoren der digitalen Arbeit. Eine beispielhafte Darstellung der Faktoren, die digitalen Stress hervorrufen. Augsburg: Projektgruppe Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer FIT.

Hirsch-Kreinsen, H. & Ittermann, P, & Niehaus; J. (Hrsg.), Digitalisierung und industrieller Arbeit. Die Vison 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen (S.71-86). Nomos: Baden-Baden.

Härtwig, C. & Sapronova, A. (2021). Keine Angst vor Digitalisierung! Zum Stand digitalisierter Arbeitsanforderungen in verschiedenen Industriebranchen und Tätigkeitsfeldern sowie Zusammenhänge zwischen Belastung, Ressourcen und Beanspruchungsfolgen in Deutschland. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft (75): 58-73. https://doi.org/10.1007/s414449-020-00205-y.

OECD (2023). OECD Employment Outlook 2023: Artificial Intelligence and the Labour Market, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/08785bba-en.

Peters, R., Dicks, M., Altepost,, A. Aschenbrenner, D., Burmester, M., Carolus, A., Diener, K., Fetic, L., Gerst, D.,, Hermann, I., Kramm, B., Kurz, C., Peissner, M., Suchy, O., Westhoven, M., Wienrich, C., Zimmerling, M., (2022): Arbeiten mit Künstlicher Intelligenz. Perspektiven für eine menschenzentrierte Gestaltung von KI. 12/22 Denkfabrik Digitale Arbeitsgesellschaft im Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Hrsg.) https://www.denkfabrik-bmas.de/fileadmin/Downloads/Publikationen/Arbeiten_mit_Kuenstlicher_Intelligenz_bf.pdf.

Robelski, S. (2016). Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt Mensch-Maschine-Interaktion. Forschung Projekt F 2353. Herausgegeben von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Schaper, M., Debbing, C. Ruiner, C. & Hagemann, V. (2021). Entwicklung eines Risk Assessment: Beurteilung des Gefährdungspotentials von digitalisierten Arbeitsplätzen. In Rüdiger Trimpop, Andrea Fischbach, Iris Seliger, Anastasiia Lynnyk, Nicolai Kleineidam & André Große-Jäger (Hrsg.) 21. Workshop Psychologie der Arbeitssicherheit und Gesundheit. Gewalt in der Arbeit verhüten und die Zukunft gesundheitsförderlich gestalten! (S. 327-330). Asanger: Kröning.

Förderhinweis: Die Entwicklung des Fragebogens wurde aus Forschungsfördermitteln der Hochschule Niederrhein finanziert. Es bestehen keine Interessenskonflikte.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Usability und Akzeptanz digitaler Lernkonzepte im Handwerk – Vorstellung und Implikationen von formativen und summativen Evaluationsergebnissen eines digitalen CNC-Lernplatzes

Melisa TASLIARMUT, Marc SCHWARZKOPF, Angelika C. BULLINGER

Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement,
Technische Universität Chemnitz,
Erfenschlager Straße 73, D-09125 Chemnitz

Kurzfassung: Das Handwerk steht im Kontext der fortschreitenden Digitalisierung vor der Herausforderung, dass im Gegensatz zu anderen Sektoren bislang kaum evaluierte zielgruppenspezifische digitale Lehr-Lernarrangements existieren. Der vorliegende Beitrag befasst sich mit der iterativen Evaluation eines digitalen Lernplatzes für CNC-Basiskenntnisse im Handwerk. Dafür wurden mehrere formative Erprobungen und abschließend eine summative Evaluation durchgeführt. Mittels verschiedener quantitativer und qualitativer Methoden wurden Usability, Akzeptanz und Zufriedenheit fokussiert. Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung der nutzer*innenorientierten, iterativen Gestaltung digitaler Lernumgebungen in der handwerklichen Aus- und Weiterbildung.

Schlüsselwörter: Formative Evaluation, Summative Evaluation, Usability, Aus- und Weiterbildung, Digitale Lernplattform, Handwerk

1. Motivation und Zielstellung

Die Digitalisierung der beruflichen (Weiter-)Bildung stellt das Handwerk vor besondere Herausforderungen: Während andere Sektoren bereits von maßgeschneiderten digitalen Lösungen profitieren, die zeit- und ortsunabhängiges Lernen ermöglichen, fehlt es im Handwerk an evaluierten zielgruppenspezifischen Lernangeboten (Thonipara et al. 2020; ZWH 2021). Gleichzeitig gestaltet sich die Entwicklung solcher digitalen Lernangebote aufgrund fehlender Daten zu Lern- und Gamification-Präferenzen dieser heterogenen Gruppe, die durch unterschiedliche Erfahrungen mit digitalen Medien und Berufsabschlüssen gekennzeichnet ist, als zeitintensiv. Insbesondere für die Vermittlung von Basiswissen im Bereich der Computerized Numerical Control (CNC), die durch CAD (Computer-Aided Design)– und CAM (Computer-Aided Manufacturing) –Software gestützt wird und digitale Kompetenzen im Handwerk fördern kann, liefert eine geringe Zahl an wissenschaftlichen Publikationen Einblicke in die didaktische Lernmedienentwicklung (Goppold et al. 2022) oder evaluatorische Begleitung des User-Centered Design (UCD) Prozesses (Friedrich et al. 2024). Insbesondere die Bezugnahme auf einzelne Iterationsschleifen und Konsequenzen des Zielgruppenfeedbacks fehlen dadurch, dass Zwischenschritte der Produktentwicklung unsichtbar sind, sodass Beweggründe für die Ausgestaltung der digitalen Lernangebote verdeckt bleiben. Vor diesem Hintergrund wurde ein digitaler Lernplatz zur Vermittlung von CNC-Basiskenntnissen für das Tischler- und Steinmetzhandwerk iterativ entwickelt und evaluiert, wobei Nutzer*innen umfassend bei der Gestaltung und Erprobung integriert wurden. Zur Sichtbarmachung der Entwicklungs- und Evaluationsarbeit sowie

möglichen Nachnutzung der erhobenen Lernpräferenzen bzw. Befunde soll im vorliegenden Beitrag der Stand des Lernplatzes zu verschiedenen Zeitpunkten präsentiert und auf Basis des Zielgruppenfeedbacks als relevant herausgestellte Usability-Dimensionen nach Nielsen (1994) im Entwicklungsprozess dargestellt werden.

2. Vorgehen

Im Rahmen der nutzer*innenzentrierten Entwicklung des webbasierten Lernplatzes wurden gemäß der UCD-Richtlinien (ISO 9241-210:2019) multiple Evaluationsphasen durchgeführt. Diese umfassten drei formative und eine summative Erprobung unter Einbezug von Lernenden und Lehrpersonen. Zwischen den formativen Erprobungen erfolgten kurze „Usability-Schnellchecks“, um neue Funktionen zu testen und technische Fehler zu identifizieren. Die Evaluationen wurden mittels diversifizierter Erhebungsinstrumentarien realisiert, darunter standardisierte Fragebögen, semi-strukturierte Interviews, Logfiles und Fokusgruppendiskussionen. Der Fokus lag hierbei auf der Analyse der übergeordneten Konstrukte „Usability“, „Akzeptanz“ und „Zufriedenheit“. Für die iterativen Erprobungen wurden diese Konstrukte in Abhängigkeit vom Ist-Stand des Lernplatzes mithilfe spezifischer Items operationalisiert. Die erhobenen Daten wurden qualitativ und quantitativ ausgewertet.

2.1 Die erste formative Evaluation

Die erste formative Evaluation erfolgte nach der technischen Entwicklung des Lernplatzgrundgerüstes. Dieses beinhaltete eine Lernaufgabe, wobei die Lernenden über einen „Notizzettel“ mit Maßangaben (zur Förderung der mathematischen Kompetenzen) an den CAD-Prototypen und anschließend an ein interaktives Videoformat zur Erklärung einer CAM-Softwareoberfläche herangeführt wurden. Abschließend wurde ein Minispiel zu Dateinamen zur Förderung der digitalen Kompetenzen implementiert. Es wurde eine Dreiteilung des Lernplatzes vorgenommen: in der linken Spalte wurde ein Navigationsbaum umgesetzt, in der Mitte die Hauptinhalte und in der rechten Spalte zusätzliche Hilfestellungen (vgl. Abb. 1). Insgesamt N_1 = 16 Proband*innen mit unterschiedlichen Bildungs- und beruflichen Hintergründen (n_1 = 10 Holz-, n_1 = 6 Steinbearbeitung) bewerteten den ersten Prototyp über die Prätests und Hauptevaluation hinweg. Das Ziel war die Prüfung der Usability und der inhaltlichen Stringenz sowie Erhebung möglicher Gestaltungsvorschläge. Über die Methode des lauten Denkens sollten dazu während der Bedienung des Lernplatzes alle Gedanken, Emotionen und Wünsche geäußert werden. Kurzfragebögen zur Usability und Lernmotivation wurden implementiert. Abschließend wurden die Proband*innen mithilfe eines teilstandardisierten Leitfadens zu ihren ersten Eindrücken, zum Detaillierungsgrad sowie weiteren Wünschen interviewt. Während der gesamten Evaluation erfolgte eine Protokollierung der geäußerten Anmerkungen nach festgelegten Kategorien.

2.2 Zwischenevaluationen

Bei der zweiten und dritten formativen Evaluation lag ein erweiterter Lernplatz vor. Defizite, die in der ersten formativen Evaluation identifiziert wurden, wurden größtenteils behoben. Neben einer Startseite inklusive Registrierung, Kompetenzabfrage und einer Login-Möglichkeit, lagen Einstiegsvideos zum Lernplatz, Videos zur Funktionsweise der CAD- und CAM-Demonstratoren, die vereinheitlicht wurden, Zusatzange-

bote wie das Lexikon, Zoom- bzw. Vollbildfunktionen, eine Visualisierung des Lernplatzes als 360-Grad-Werkstattansicht mit interaktiven Elementen und Zusatzübungen (z. B. per Drag-and-Drop) vor. Bei der zweiten formativen Evaluation fokussierten sich diese Angebote auf je eine CAD- und CAM-Aufgabe, wohingegen bei der dritten formativen Evaluation jeweils fünf CAD- und CAM-Aufgaben für jedes Gewerk vorlagen. N_2 = 23 Personen registrierten sich in der zweiten formativen Evaluation im Lernplatz und bewerteten diesen in vier Kurzfragebögen sowie Interviews (n_2 = 14). Insgesamt N_3 = 59 Personen meldeten sich in der dritten formativen Evaluation für das digitale Lernangebot an und beurteilten dieses in sechs Kurzfragebögen (Friedrich et al. 2024).

2.2 Die abschließende summative Evaluation

Für die summative Evaluation wurde eine Fokusgruppe mit Usability-Expert*innen durchgeführt. Hierfür diskutierten sieben Teilnehmende unter Moderation von zwei Evaluatorinnen punktuell die Usability des digitalen CNC-Lernplatzes unter Bezugnahme von Heuristiken (Nielsen 1994). Zu Beginn der Fokusgruppensitzung erfolgte eine kontextuelle Einbettung zum Einsatz des Lernplatzes im Tischler- und Steinmetzhandwerk unter Zuhilfenahme von datenbasierten Personas, die im Entwicklungsprozess genutzt wurden. Anschließend wurden die Teilnehmenden gebeten für eine halbe Stunde den Lernplatz zu testen. Nach dieser Testung erfolgte für ausgewählte „Touch Points“, die zukünftige Nutzende mit dem Lernplatz haben werden, eine Erfassung von spontanen Assoziationen. Danach bewerteten die Teilnehmenden die Usability anhand unterschiedlicher Dimensionen. Dazu erfolgte je nach Relevanz eine Bewertung der Heuristiken nach Nielsen (1994).

3. Ergebnisse

Zwischen den formativen Evaluationen und der abschließenden summativen Evaluation ergaben sich in den qualitativen und quantitativen Daten unterschiedliche Fokusse, die im Folgenden beschrieben werden.

3.1 Ergebnisse der ersten formativen Evaluation

In der ersten formativen Evaluation rückten grundlegende Usability-Kriterien wie „ästhetisches und minimalistisches Design“, „Fehlervermeidung“, „Möglichkeit zur freien Navigation“ und „Konsistenz“ in den Vordergrund (Nielsen 1994). Beispielsweise wurde das Fehlen von „Zurück“-Buttons (sowohl im Lernplatz als auch im Demonstrator) bzw. die Platzierung von Buttons (z. B. beim versehentlichen Zurücksetzen aller Schritte im Demonstrator) oder notwendige Farb- und Kontrastanpassungen aufgrund von Rot-Grün-Sehschwächen und zur Identifizierbarkeit mit den Gewerken kritisiert (vgl. Abbildung 1). Gleichzeitig wurde die Konsistenz bemängelt, sodass eine Schärfung der Begrifflichkeiten bzw. Hilfestellungen, die Nutzung von einfacher Sprache bei Definitionen (z.B. „G-Code“) und Verschränkungen innerhalb des Lernplatzes über das Einrichten eines Lexikons gefordert wurden. Getrennte Lernbereiche für Stein und Holz sowie ein Vorstellungsvideo zum Aufbau und zu den Funktionalitäten beim Einstieg in den Lernplatz wurden gewünscht. Auch Aufgaben mit und ohne Hilfestellungen, Zusatzaufgaben und kurze Zusammenfassungen nach jeder Lektion wurden geäußert. Der interaktive CAM-Video-Demonstrator wurde darüber hinaus ebenso wie das Minispiel negativ bewertet.

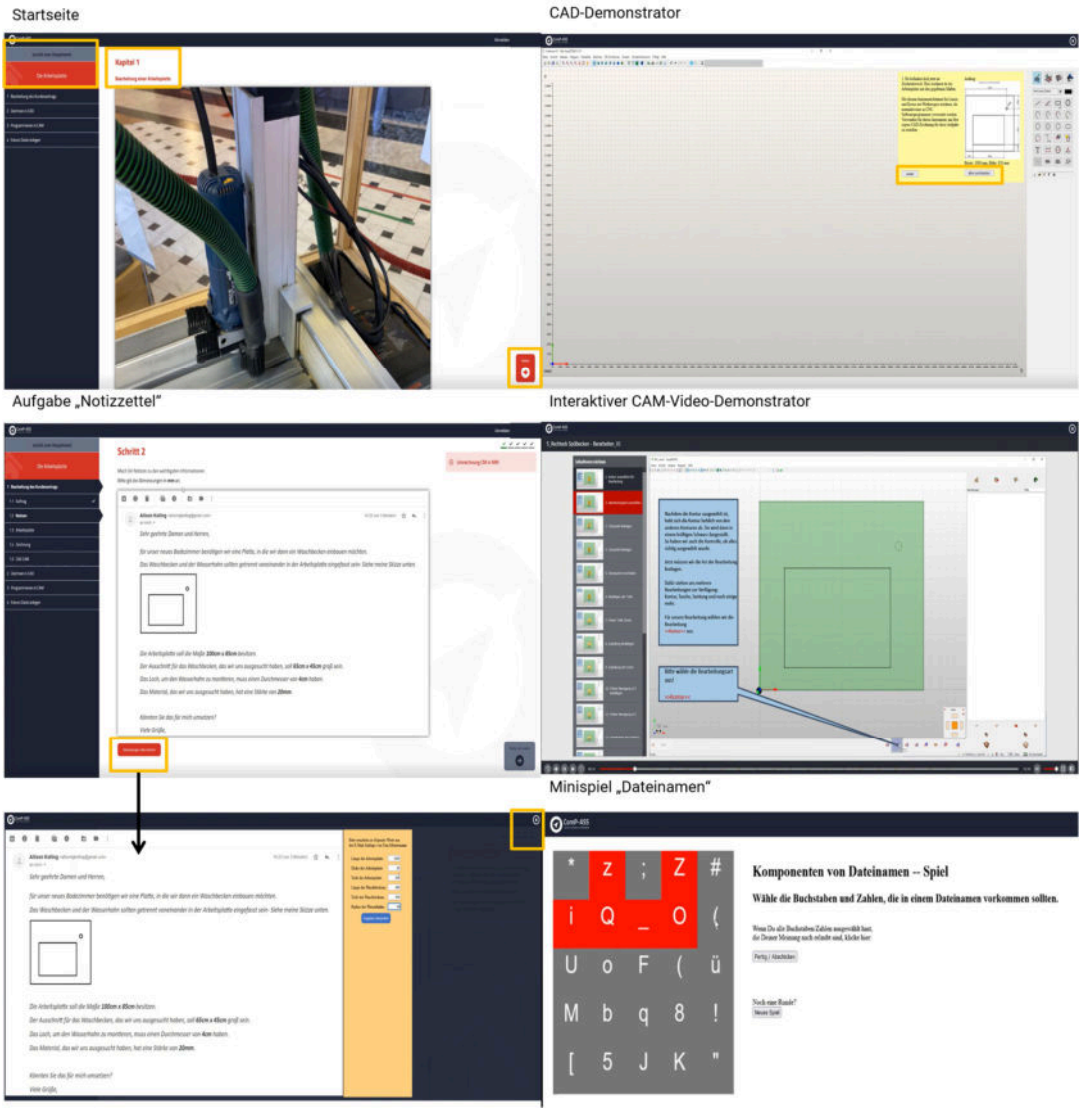


***Abbildung 1**: Stand des CNC-Lernplatzes bei der ersten formativen Evaluation; gelbe Kästchen signalisieren notwendige Anpassungen z.B. hinsichtlich der Farbgebung, Navigationselemente (z.B. „weiter"- und „zurück"-Buttons), inhaltliche Stringenz (z. B. Überschriften).*

3.2 Ergebnisse der Zwischenevaluationen

Im Rahmen der zweiten formativen Evaluation wurden insbesondere die allgemein verständliche Sprache und das Lexikon positiv hervorgehoben. Kritik zum Design rückte in den Hintergrund, wohingegen die Kriterien „Flexibilität und Effizienz" sowie „Fehlererkennung und -behebung" vermehrt herausgestellt wurden (Nielsen 1994). Die Lerntestenden wünschten eine Spezifizierung der Rückmeldungen in den CAD- und CAM-Demonstratoren, da dieselbe Fehlermeldung nach mehrmaligen Versuchen der Fehlerkorrektur angezeigt wurde. Gleichzeitig äußerten sie, dass bei fortgeschrittenen Lernaufgaben der Rückgriff auf Erklärungen aus vorherigen Arbeitsschritten ermöglicht werden sollte. Hinsichtlich der Erklärvideos zum CNC-Produktionsprozess wurden z. T. redundante Inhalte beanstandet. Außerdem existierten technische Fehler und inhaltliche Unklarheiten, wie z.B. fehlende Verlinkungen von Hilfestellungen. Bei der dritten formativen Evaluation wurden das minimalistische Design, die Übersichtlichkeit der Startseite, der kreative Kundenauftrag (z. B. in Form eines Anrufbeantwor-

ters) sowie der stufenweise Aufbau der fünf Aufgaben positiv bewertet. Durch die Vielzahl an neu erstellten (Zusatz-) Aufgaben bestanden technische Fehler, wie beispielsweise veraltete Verlinkungen, Abbildungen mit abweichenden Maßen oder unvollständige Lexikoneinträge. Die Proband*innen betonten die Notwendigkeit für häufigere systemseitige Rückmeldungen und die erwartungskonforme Platzierung von Buttons.

3.3 Ergebnisse der abschließenden summativen Evaluation

Die summative Evaluation lieferte Empfehlungen für die Umsetzung des digitalen CNC-Lernplatzes als „marktreifes“ Produkt. Der finale Stand des Lernplatzes findet sich in Abbildung 2 und steht online zur Verfügung: https://github.com/ComP-ASS.

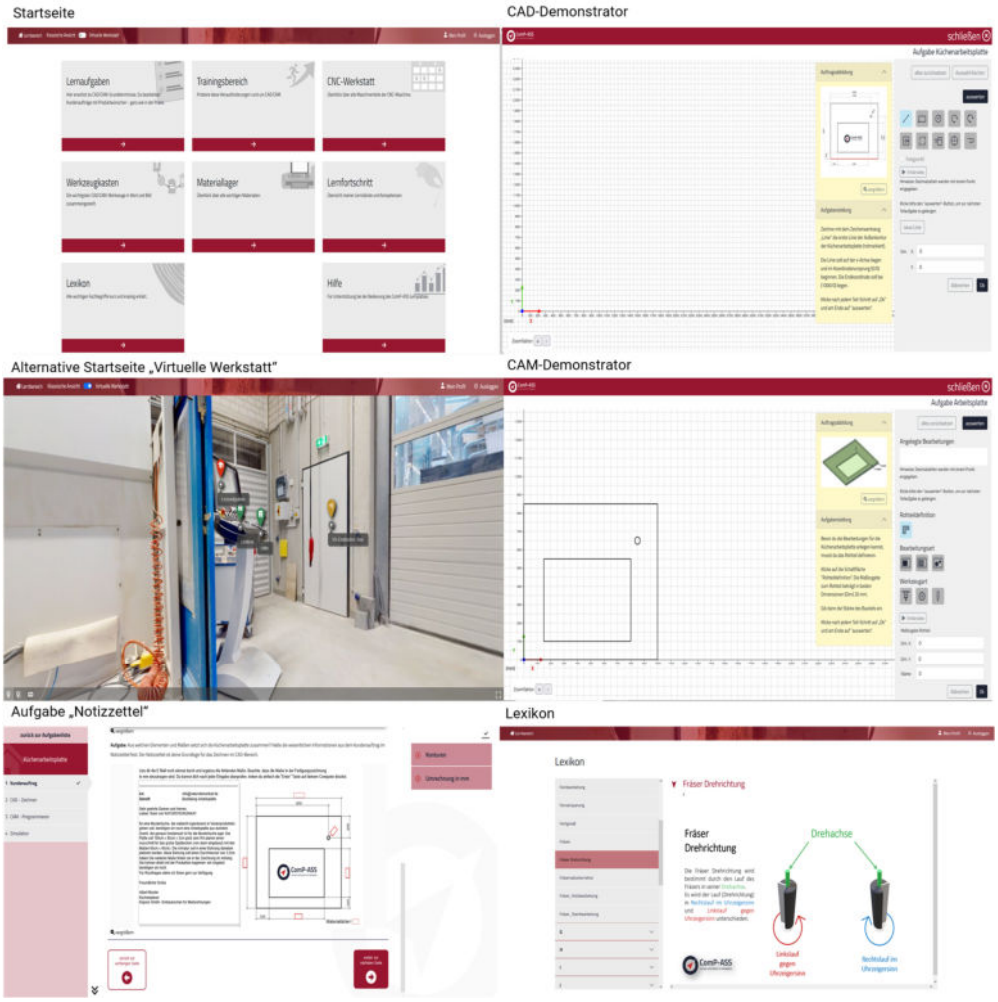


***Abbildung 2**: Stand des CNC-Lernplatzes (Steinmetze) bei der summativen Evaluation*

Die Expert*innen wiesen z.B. auf fehlende Konventionen bei der Passwortfestlegung hin, welches nur einmal abgefragt wird. Auch folgte keine Anmeldebestätigung per E-Mail oder Kennzeichnung der Pflichtangaben im Profil. Für die Erklärvideos, die standardmäßig Untertitel beinhalteten, wurde geäußert, dass der Text ungünstig platziert war und diese Funktion optional sein sollte. Für ein Video, das bei der Erstanmeldung die Navigation fokussiert, fehlte der Hinweis zur erneuten Auffindbarkeit. Designtechnisch wurde angemerkt, dass in den Kacheln auf der Startseite Überschneidungen zwischen Text und Piktogramm vorhanden waren. Außerdem waren die

„Weiter“-Tasten uneinheitlich beschriftet. Die Expert*innen empfahlen die Umsetzung einer Zwischenspeicherung des Lernfortschritts und das schnelle Aufrufen z.B. über eine „Bookmark“-Funktion im Hauptmenü. Insgesamt bewerteten sie die Usability mit einem SUS (Systems Usability Scale)- Score von 89 (Maximaler Score: 100) (Brooke 1996).

4. Diskussion

Für die Gestaltung digitaler Lernkonzepte im Handwerk ist es empfehlenswert, grundlegende Funktionen in einem frühen Stadium der Produktentwicklung zu erproben. Beispielsweise deutete die eingangs erfolgte Zielgruppenanalyse darauf, dass die Mehrheit (40 von 50 Personen) hinsichtlich der Nutzung von Spielen positiv eingestellt ist. Hingegen zeigte die erste Evaluation, dass Minispiele als Gamification-Element in dem Lernangebot abgelehnt werden. Darüber hinaus wies die erste Evaluation auf eine fehlende Identifizierung des digitalen Angebots mit den Gewerken, sodass eine farbliche Anpassung an das Tischler- und Steinmetzhandwerk sowie gewerksspezifische Inhalte für darauffolgende Lernplatzversionen umgesetzt wurden. Für die Vermeidung solcher „blinder Flecken“, die durch routinierte Produktentwicklungsprozesse entstehen können, sowie Auflösung von Fehlinterpretationen bieten sich formative Evaluationen gemäß UCD als geeignetes Vorgehen an. Da das Sichtbarmachen der Entwicklungsarbeit von digitalen Tools im handwerklichen Kontext bislang unterrepräsentiert ist, können die präsentierten Ergebnisse einen Beitrag zur evidenzbasierten Optimierung digitaler Lernkonzepte leisten, indem das methodische Vorgehen oder einzelne Konstrukte adaptiert werden. Darüber hinaus bietet die visuelle Darstellung des digitalen Lernplatzes Einblicke in die Gestaltung effektiver Lernumgebungen, auch für andere Handwerksbereiche.

5. Literatur

Brooke J (1996) SUS—A Quick and Dirty Usability Scale. Usability Evaluation in Industry 189:4-7.

Goppold M, Müller ML, Thiem S, Tackenberg S, Frenz M, Nitsch V (2022) Lernmedienentwicklung für handlungs- und gestaltungsorientiertes, Augmented Reality-gestütztes Lernen aus Fehlern an CNC-Drehmaschinen - Zielkonflikte zwischen didaktischem Anspruch und technischer Umsetzung. bwp 43.

Friedrich I, Tasliarmut M, Hoffmann H, Schwarzkopf M, Bullinger AC (2024) Formative Evaluation digitaler Weiterbildung im Handwerk: Eine Prozessbeschreibung zur Förderung der digitalen Transformation im Tischler- und Steinmetzhandwerk. HMD 61:1471–1489. doi: 10.1365/s40702-024-01115-x.

Nielsen J (1994) Usability Engineering. Massachusetts: Morgan Kaufmann.

Thonipara A, Höhle D, Proeger T, Bizer K (2020) Digitalisierung im Handwerk – ein Forschungsüberblick. Göttinger Beiträge zur Handwerksforschung 36. doi: 10.3249/2364-3897-gbh-36.

ZWH (2021) Digitaler Aufbruch im Handwerk: Eine Untersuchung zum Weiterbildungsbedarf des Lehrpersonals in den Bildungszentren. Düsseldorf: ZWH.

Danksagung: Diese Forschungsarbeiten wurden durchgeführt im Rahmen von „ComP-ASS” (Förderkennzeichen: 21INVI3202), gefördert vom BMBF/BiBB. Der Geldgeber hatte keinen Einfluss auf das Studiendesign, die Erhebung, Analyse und Interpretation der Daten, auf das Verfassen oder Einreichen des Berichts.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Effiziente Unterstützung der Faserverbundherstellung durch Cobots? Verbesserung der Mensch-Maschine-Kollaboration mittels digitaler Schnittstellen

Johannes ZYSK[1], Moritz LENNARTZ[2], Lea M. DALING[1], Esther BOROWSKI[1], Thomas GRIES[2], Ingrid ISENHARDT[1]

[1] Lehrstuhl für Informations-, Qualitäts- und Sensorsysteme in der Produktion (WZL IQS) der RWTH-Aachen University, Campus-Boulevard 30, D-52074 Aachen
[2] Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University, Otto-Blumenthal-Straße 1, D-52074 Aachen

Kurzfassung: Eine Teilautomatisierung von Prozessen mittels kollaborativer Roboter (Cobots) bietet große Chancen, insbesondere für KMUs in der Faserverbundindustrie. Um diese Chancen für eine gute Zusammenarbeit zwischen Menschen und Cobots zu nutzen, ist die richtige Kommunikationsschnittstelle entscheidend. Im vorliegenden Paper wird eine solche digitale Schnittstelle untersucht und mit einer papierbasierten Version verglichen. Hierbei kann eine Verbesserung der Arbeitsbelastung und eine insgesamt bessere Bewertung bei einer Nutzung der digitalen, im Vergleich zur papierbasierten Schnittstelle, festgestellt werden. Die Zufriedenheit mit der Aufgabenerfüllung und die Bewertung des kollaborativen Drapierprozesses unterscheiden sich jedoch nicht.

Schlüsselwörter: Mensch-Roboter-Schnittstelle, Mensch-Roboter-Kollaboration, Mensch-Roboter-Interaktion, Cobot, Usability

1. Einleitung

Kollaborative Roboter (Cobots) bieten wertvolle Potenziale zur Unterstützung der manuellen Fertigung: eine größere Flexibilität, Sicherheit und verringerte Kosten im Vergleich zu traditionellen Industrierobotern (Sahan et al. 2023). Mit diesen Vorteilen können Cobots der Faserverbundindustrie zugutekommen, die unter einem Fachkräftemangel leidet und in welcher trotz hoher Produktionsmenge von ca. 13 Mio. Tonnen an Faserverbundwerkstoffen (JEC Group 2024), nach wie vor etwa 30 % aller Bauteile manuell hergestellt werden (Eitzinger et. al. 2021). Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde der Einsatz eines Cobots bei der Umformung biegeschlaffer Textilien (Drapierung) betrachtet. Durch die Kombination menschlicher (z. B. kognitive Flexibilität, Materialgefühl) mit robotischen Fähigkeiten (z. B. hohe Geschwindigkeit, Präzision) wird ein Produktionsszenario ermöglicht, welches sowohl eine effiziente Produktion als auch eine verbesserte Ergonomie für die Mitarbeitenden schafft (Dammers 2024). Um eine solche gemeinsame Arbeit zu ermöglichen, spielt der Informationsaustausch zwischen Cobots und Menschen eine entscheidende Rolle. Nutzende müssen die Handlungen des Cobots verstehen und voraussehen können, um angemessen zu reagieren sowie Vertrauen in den Cobot entwickeln (Mara et al. 2021). Für diesen Informationsaustausch stellt sich die übergeordnete Frage, wie eine digitale Schnittstelle gestaltet werden sollte. Dazu wurde ein Vergleich mit einer papierbasierten Anleitung durchgeführt, der im Folgenden vorgestellt wird.

2. Theoretischer Hintergrund

Durch die genannten Vorteile und die enge Zusammenarbeit mit Menschen gelten Cobots als wichtiger Bestandteil der Industrie 5.0 (Sahan et al. 2023). Die Interaktion mit Cobots kann in die Koexistenz, Kooperation und Kollaboration unterteilt werden, wobei die Kollaboration die engste Zusammenarbeit darstellt (Bauer et al. 2016): Mensch und Cobot haben einen gemeinsamen Arbeitsraum und arbeiten gleichzeitig am selben Bauteil. Für das Gelingen einer solchen engen und abgestimmten Kollaboration spielt Vertrauen eine wichtige Rolle (Grech et al. 2024). Um diese sicherzustellen, ist der Informationsaustausch über eine passende Schnittstelle essenziell. Diese kann über verschiedene Medien wie Touchscreens, Augmented Reality oder Projektionen umgesetzt werden (Deutz et al. 2024). Unabhängig vom gewählten Medium müssen die Informationen verständlich, bei gleichzeitig geringer Arbeitsbelastung übermittelt werden. Letztere wird häufig mithilfe des NASA Task Load Index (NASA-TLX) gemessen (Hart 2006). Auch sollte sich die Zufriedenheit mit der Arbeit durch die Einführung neuer Technologien nicht verschlechtern. Die subjektive Zufriedenheit über die Erledigung einer Aufgabe kann über das After Scenario Questionnaire (ASQ) erhoben werden (Lewis 1991). Für die Zufriedenheit und Akzeptanz eines Systems ist außerdem dessen Usability von Bedeutung. Diese beschreibt die Effizienz, Effektivität und Zufriedenstellung eines Systems und kann über die System Usability Scale (SUS) bestimmt werden (Brooke 1996).

Im Rahmen der vorliegenden Studie wird eine digitale, tabletbasierte Schnittstelle mit einer analogen, papierbasierten Schnittstelle verglichen, um die beiden folgenden Forschungsfragen zu untersuchen: 1. Wie beeinflusst die Art der Schnittstelle den kollaborativen Drapierprozess hinsichtlich der wahrgenommenen Arbeitsbelastung, Zufriedenheit mit der Aufgabenerfüllung sowie Bewertung des kollaborativen Drapierens? 2. Unterscheidet sich die Bewertung der Schnittstelle in Abhängigkeit des Mediums?

3. Methode

3.1 Beschreibung der Stichprobe

An der Studie nahmen 36 Personen teil, von denen 22 ihr Geschlecht als männlich und 14 als weiblich angaben. Das Alter lag zwischen 22 und 64 Jahren (M = 32, SD = 12) und das Bildungsniveau war hoch (höchster Bildungsabschluss: ein Haupt-/Realschulabschluss, acht allgemeine Hochschulreifen, 26 Hochschulabschlüsse und eine Promotion). Die Teilnehmenden schätzten sich eher technikaffin ein (M = 4,38, SD = 0,98) und gaben an wenig Vorerfahrung sowohl mit Cobots (M = -1,41, SD = 1,80), als auch mit Faserverbundstoffen zu haben (M = -1,44, SD = 1,78).

3.2 Verwendeter Versuchsaufbau

Der Anwendungsfall im Rahmen der Studie ist die Herstellung eines Propellerblatts für Leichtbau-Flugzeuge (vgl. Abbildung 1). Die interaktive Herstellung folgte dabei dem Ansatz einer simultanen Kooperation und Kollaboration. Insgesamt wurden vier Interaktionsschritte mit einem UniversalRobot UR5e und zwei verschiedenen Textilien (Glasfasergewebe 50 gsm; Carbon-Prepreggewebe mit 200 gsm) untersucht.

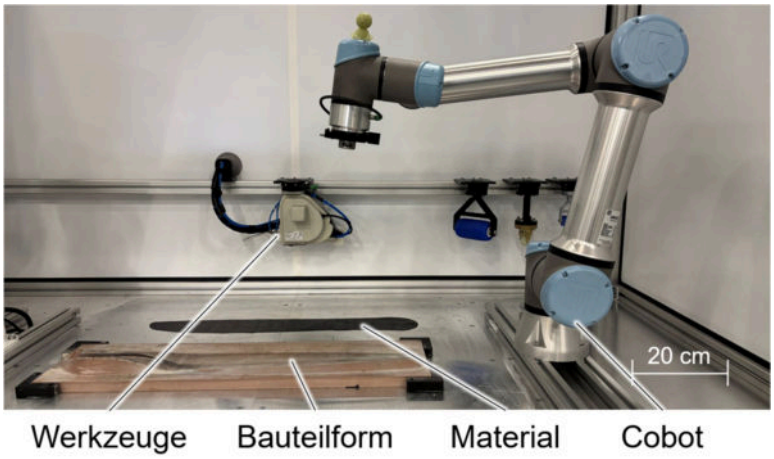


***Abbildung 1**: Aufbau der Studie.*

Schritt eins umfasst die kollaborierende Aufnahme, den Transport und die Positionierung des zugeschnittenen, zweidimensionalen Textils auf eine dreidimensionale Bauteilform. Der Transport mit Positionierung erfolgt, indem Mensch und Cobot je ein Ende des Zuschnitts halten. Der Cobot positioniert sein Ende anschließend in der Form und fixiert es, damit der Mensch das restliche Textil faltenfrei aufbringen kann. Im zweiten Schritt erfolgt die endkonturnahe Umformung (Drapierung) auf der Bauteilform in Arbeitsaufteilung zwischen Menschen und Cobots anhand der geometrischen Komplexität des Propellerblatts. Der Cobot drapiert den schalenförmigen Flügelbereich mit einem Rollwerkzeug aus Silikon und der Mensch übernimmt den komplexen Wurzelbereich. Im dritten und vierten Schritt wird zur Verstärkung des Wurzelbereichs ein Textilstreifen aufgebracht. Wie bereits im ersten Schritt erfolgen ein kollaborierender Transport und die Positionierung des Zuschnitts. Abschließend folgt eine Drapierung des Textilzuschnitts durch den Cobot. Die manuelle Drapierung umfasst dieselben Schritte ohne die Unterstützung des Cobots.

3.3 Ablauf der Studie

Die Studie begann mit dem manuellen Drapieren beider Textilarten in randomisierter Reihenfolge. Danach erhielten die Teilnehmenden einen Fragebogen zur Bewertung des manuellen Drapierens (Vervier et al. 2025), die deutsche Version des NASA-TLX (Hart 2006), sowie das ASQ (Lewis 1991) in eigener Übersetzung. Auch wurden demografische Daten und Vorerfahrungen mit Textiltechnik und Cobots erhoben, sowie die Einstellung zu Technologien über die deutsche Version der Affinity for Technology Interaction Skala (ATI; Franke et al. 2019).

Anschließend begann der kollaborative Drapierprozess, für den die Teilnehmenden randomisiert einer Schnittstelle zugeteilt wurden. Die Tabletanwendung (vgl. Abb. 2), enthielt links für jeden Schritt die Aufgabe des Cobots und rechts des Teilnehmenden mit Video und Text. Beim Drücken auf die Schaltfläche “Prozessschritt Starten” gab es einen Signalton und die Versuchsleitung startete den Cobot. Die Papierversion enthielt dieselben Texte wie die Tabletanwendung sowie ein aussagekräftiges Standbild. Den Start der Schritte bestimmten die Teilnehmenden selbst, indem sie laut „Start“ sagten und auch zum nächsten Schritt blätterten Sie in der Anleitung selbstständig weiter. Das kollaborative Drapieren wurde ebenfalls mit beiden Textilien durchgeführt.

Zum Abschluss erhielten die Teilnehmenden den Fragebogen zum kollaborativen Drapierprozess (Vervier et al. 2025), sowie NASA-TLX (Hart 2006), ASQ (Lewis 1991)

und die SUS (Brooke 1996) in der deutschen Version (Gao et al. 2020) zur Usability-Bewertung der Schnittstelle. Abschließend gab es vier Fragen zur Bewertung der Schnittstelle, der Zusammenarbeit mit dem Cobot sowie beider Textilien.

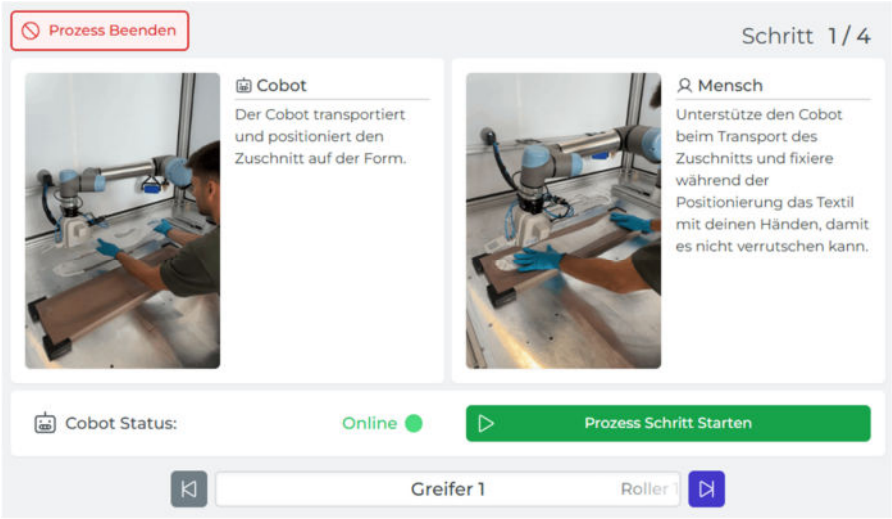


***Abbildung 2**: Tabletanwendung zum kollaborativen Drapierprozess.*

4. Ergebnisse

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Fragebögen sind in Tabelle 1 dargestellt, während die gerechneten Vergleiche nachfolgend berichtet werden.

***Tabelle 1:** Mittelwerte, Standardabweichungen und Skalenanker der verwendeten Fragebögen.*

	Bewertung Tablet	Bewertung Papier	Skalenrange
NASA-TLX	M = 4,73; SD = 3,09	M = 6,83; SD = 3,26	0 = geringe Beanspruchung 20 = hohe Beanspruchung
ASQ	M = 1,56; SD = 0,92	M = 1,15; SD = 1,25	-3 = stimme überhaupt nicht zu +3 = stimme voll und ganz zu
Kollaborativer Drapierprozess	M = 0,88; SD = 0,65	M = 0,56, SD = 0,95	-3 = stimme überhaupt nicht zu +3 = stimme voll und ganz zu
Zusammenarbeit mit Cobot	M = 0,67; SD = 1,41	M = 0,72; SD = 1,45	-3 = stimme überhaupt nicht zu +3 = stimme voll und ganz zu
Usability	M = 77,50; SD = 12,07	M = 74,58 SD = 15,65	0 = schlechteste Usability 100 = bestmögliche Usability
Bewertung der Schnittstelle	M = 2,06; SD = 0,87	M = 1,11; SD = 1,68	-3 = stimme überhaupt nicht zu +3 = stimme voll und ganz zu

4.1 Bewertung des kollaborativen Drapierprozesses abhängig von der Schnittstelle

Für die über den NASA-TLX gemessene Arbeitsbeanspruchung stellen beide Werte (vgl. Tabelle 1) eine relativ niedrige Beanspruchung dar. In der Tabletgruppe war die Beanspruchung signifikant geringer als in der Papiergruppe ($t(34) = -1,99$, $p = 0,028$).

Für den ASQ war die berichtete Zufriedenheit mit der Aufgabenerfüllung in beiden Gruppen leicht positiv. Deskriptiv war die Zufriedenheit in der Tabletgruppe höher als in der Papiergruppe, dies war jedoch nicht signifikant ($t(34) = 1,11$, $p = 0,273$).

Auch in der Bewertung des kollaborativen Drapierprozesses gab es keinen signifikanten Unterschied ($t(34) = 1{,}16$, $p = 0{,}255$) zwischen den Gruppen, wobei die Tablet Anwendung erneut deskriptiv leicht höhere Werte erhielt. Insgesamt war die Bewertung in beiden Gruppen neutral, mit leichter positiver Tendenz.

Für die abschließende Einzelfrage „Wie würden Sie die Zusammenarbeit mit dem Cobot bewerten?“ wurde die Zusammenarbeit mit dem Cobot in beiden Gruppen neutral bis leicht positiv bewertet. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ($t(34) = -0{,}12$, $p = 0{,}908$).

4.2 Bewertung der Schnittstelle

Für die Bewertung der Schnittstelle und den Vergleich zwischen den Medien wurde zunächst die Usability betrachtet. Deskriptiv zeigt sich hier ein besseres Abschneiden der Tablet-Anwendung, dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant ($t(34) = 0{,}63$, $p = 0{,}535$). Mit der Adjektivskala von Bangor et al. (2009) können beide Mittelwerte (vgl. Tabelle 1) im Bereich „Gut“ eingeordnet werden.

Bei den abschließenden Einzelfragen zeigte sich für die Frage „Wie würden Sie die (ausgedruckte) Anleitung (über das Tablet) bewerten?“ eine signifikant positivere Bewertung der Tablet-Anwendung ($t(25{,}58) = 2{,}12$, $p = 0{,}022$).

5. Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde eine Mensch-Roboter-Interaktion untersucht und dazu eine digitale, tabletbasierte mit einer papierbasierten Schnittstelle verglichen. Es war von Interesse, wie die Art der Schnittstelle den kollaborativen Drapierprozess beeinflusst und ob die Schnittstelle in Abhängigkeit des Mediums unterschiedlich bewertet wird. Es zeigte sich, dass die digitale, tabletbasierte Schnittstelle zu einer niedrigeren Arbeitsbeanspruchung führt und auch positiver bewertet wird.

Bezüglich der Usability, der Zufriedenheit mit der Aufgabenerfüllung und der Bewertung des kollaborativen Drapierprozesses ließen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Medien finden. Für die Usability könnte dies daran liegen, dass die verwendeten Texte in beiden Medien gleich waren und die zusätzliche Interaktivität und Verwendung von Videos keine Usability-Steigerung erzielen konnte. In Bezug auf die Zufriedenheit mit der Aufgabenerfüllung und die Bewertung des kollaborativen Drapierens ist es möglich, dass der ausgewählte Prozess mit seinen Aufgaben, sowie die eigentliche Interaktion mit dem Cobot, die in beiden Bedingungen identisch waren, einen größeren Einfluss hatten als die Art der Schnittstelle.

Allerdings wurde diese Studie mit Personen durchgeführt, die meist unerfahren mit Faserverbundstoffen und Drapierprozessen waren. Weitere Studien mit Expert*innen würden zusätzliche Erkenntnisse liefern sowie die Anwendungsnähe erhöhen.

6. Fazit und Ausblick

Zusammenfassend zeigt sich, dass die untersuchte, digitale Schnittstelle eine gute Usability bietet und insgesamt besser bewertet wird als die verglichene Papierversion. Auch die Arbeitsbelastung fiel in der digitalen Schnittstelle geringer aus. Für die Zufriedenheit mit der Aufgabenerledigung und Bewertung des kollaborativen Drapierprozesses ergaben sich hingegen keine Unterschiede. Die vorliegende Studie liefert hiermit

wichtige Erkenntnisse für die Einbindung von Cobots in manuelle Fertigungsprozesse in der Faserverbundindustrie: Digitale Schnittstellen sorgen für eine geringere Arbeitsbelastung und sind papierbasierten Anleitungen vorzuziehen.

In zukünftigen Studien würde sich eine Betrachtung mit Expert*innen aus der Faserverbundindustrie anbieten sowie die Einbindung eines Laserprojektionssystems zur weiteren Ausgestaltung der digitalen Schnittstelle, um Informationen wie die zukünftige Bewegungsrichtung des Cobots direkt im Arbeitsbereich abzubilden.

7. Literatur

Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. Journal of usability studies, 4(3), 114-123.

Bauer, W., Bender, M., Braun, M., Rally, P., & Scholtz, O. (2016). Leichtbauroboter in der manuellen Montage–einfach einfach anfangen. IRB Mediendienstleistungen, Stuttgart.

Brooke, J. (1996). SUS: A 'quick and dirty' usability scale. In Jordan, P.; Thomas, B.; Weerdmeester, B. & McClelland, I. L. (ed.) Usability Evaluation in Industry. S. 189-194, Taylor & Francis.

Dammers, H. (2024) Einsatzpotenziale der Mensch-Roboter-Interaktion in der Fertigung von Hochleistungsbauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen, Dissertation RWTH Aachen University.

Deutz, C., Zysk, J., Daling, L. M., Werz, J. M., Borowski, E., & Isenhardt, I. (2024). Entwicklung einer Mensch-Roboter Schnittstelle für einen kollaborativen Drapierarbeitsplatz zur Herstellung von Verbundwerkstoffteilen. GfA: Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Eitzinger, C., Frommel, C., Ghidoni, S., & Villagrossi, E. (2021). System concept for human-robot collaborative draping. In: SAMPE Europe (Ed.): Innovating towards perfection: SAMPE Europe Conference 2021 Baden/Zurich: Switzerland. - Red Hook, NY: Curran Associates, Inc.

Franke, T., Attig, C., & Wessel, D. (2019). A Personal Resource for Technology Interaction: Development and Validation of the Affinity for Technology Interaction (ATI) Scale. International Journal of Human–Computer Interaction, 35(6), 456-467, DOI: 10.1080/10447318.2018.1456150.

Gao, M., Kortum, P. & Oswald, F. L. (2020) Multi-Language Toolkit for the System Usability Scale. International Journal of Human–Computer Interaction, 36 (20), S. 1883-1901, DOI: 10.1080/ 10447318.2020.1801173.

Grech, A., McArthur, S., & Wodehouse, A. (2024). Designing Trust in Human-Cobot Interactions: An Exploration through Experience Mapping. In MATEC Web of Conferences, 401, S. 07003. EDP Sciences.

Hart, S. G. (2006). NASA-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 50th Annual Meeting, 904-908. Santa Monica: HFES.

JEC Group: JEC Observer (2024). Overview of the global composites market 2023- 208. Paris.

Lewis, J. R. (1991). Psychometric evaluation of an after-scenario questionnaire for computer usability studies: The ASQ. SIGCHI Bulletin, 23 (1), 78-81.

Mara, M., Meyer, K., Heiml, M., Pichler, H., Haring, R., Krenn, B., Gross, S., Reiterer B., & Layer-Wagner, T. (2021). CoBot studio VR: A virtual reality game environment for transdisciplinary research on interpretability and trust in human-robot collaboration. In 4th International Workshop on Virtual, Augmented, and Mixed Reality for HRI.

Sahan, A. M., Kathiravan, S., Lokesh, M., & Raffik, R. (2023, June). Role of Cobots over Industrial Robots in Industry 5.0: A Review. In 2023 2nd International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation (ICAECA) (pp. 1-5). IEEE.

Vervier, L., Glawe, F., Dammers, H., & Brauner, P. (2025, January 10). User-Centered Analysis of Human-Cobot Collaboration in Textile Composite Manufacturing: The Interplay of Human, Technical and Acceptance Relevant Parameters. https://doi.org/10.17605/OSF.IO/VU3TA.

Acknowledgement: Die Arbeiten werden innerhalb des Forschungsprojektes RaCPro - Robot-Assisted Composite PROduction (https://racpro-aif.de/) durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) als IGF-Vorhaben mit der Projektnummer 22611 N gefördert.

Das kognitive und psychophysiologische Erholungspotential von Naturschall-Mikropausen am simulierten Büroarbeitsplatz

Katrin FRINGS[1,2], Isabel S. SCHILLER[1], Jacqueline GÄDTKE[1], Jian PAN[3], Christian LAUFS[4], Manuj YADAV[5], Sabine J. SCHLITTMEIER[1]

[1] Lehr- und Forschungsgebiet Arbeits- und Ingenieurpsychologie, RWTH Aachen University, Jaegerstraße 17-19, D-52066 Aachen
[2] Stabstelle Innovation und Transfer der wissenschaftlichen Geschäftsführung, Helmholtz-Zentrum Hereon, Max-Planck-Straße 1, D-21502 Geesthacht
[3] Lehr- und Forschungsgebiet Healthy Living Spaces, Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Fakultät für Medizin, RWTH Aachen University, Pauwelstraße 30, D-52074 Aachen
[4] HEAD acoustics GmbH, Ebertstraße 30a, D-52134 Herzogenrath
[5] Institut für Hörtechnik und Akustik, RWTH Aachen University, Kopernikusstraße 5, D-52074 Aachen

Kurzfassung: Berufstätige verbringen viel Zeit in Innenräumen, oft ohne Kontakt zur Natur, was negative Effekte auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit haben kann. Drei Laborexperimente untersuchten, ob Mikropausen mit Naturschall die negativen Auswirkungen von Arbeitsbelastungen im Vergleich zu Mikropausen mit Bürolärm oder in Ruhe verringern können. Obwohl keine signifikanten Effekte der Naturschallexposition auf die kognitive Leistung festgestellt wurden, beurteilten die Versuchsteilnehmenden Mikropausen mit Naturschall positiver hinsichtlich ihres Erholungspotenzials und der wahrgenommenen Stressreduktion. Auf physiologischer Ebene zeigten sich deskriptive Tendenzen, dass Naturschall die Erholung stärker unterstützt als Bürolärm. Die Ergebnisse liefern erste Hinweise auf das Potenzial von Naturschall in Mikropausen und regen weitere Forschung an.

Schlüsselwörter: Mikropause, Naturschall, Bürolärm, Stress, Erholung, kognitive Leistung

1. Einleitung

Durch die zunehmende Digitalisierung und Urbanisierung verbringen Berufstätige immer mehr Zeit in Innenräumen. Ein geringer Kontakt zur Natur kann negative Effekte auf die kognitive Leistungsfähigkeit und die Stresserholung haben, wie die auf der Biophilia-Hypothese fußende Attention Restoration Theory (ART) und Stress Reduction Theory (SRT) nahelegen. Die Biophilia-Hypothese (Wilson 1984) besagt, dass Menschen eine angeborene Affinität zur Natur haben. Daher suchen sie den Kontakt zur Natur, zu natürlichen Elementen oder anderen Lebewesen und fühlen sich in deren Gegenwart wohl. Vor diesem Hintergrund nehmen die ART (Kaplan 1995) und die SRT (Ulrich 1983) an, dass Naturreize positive und anstrengungslos psychologische Reaktionen hervorrufen, die Stress abbauen (SRT) und die kognitive Erholung, insbesondere von Aufmerksamkeitskapazitäten (ART), fördern können.

Diese Theorien legen nahe, dass Naturexpositionen das Erholungserleben sowie die kognitive Erholung im Arbeitskontext fördern könnten. Im Büroalltag werden kognitive Kapazitäten oftmals stark beansprucht, während Bürolärm insbesondere in Gruppen- und Großraumbüros einen zusätzlichen Belastungsfaktor darstellt. Aufgabenirrelevante Hintergrundsprache wird nicht nur subjektiv als störend empfunden, sondern beeinträchtigt auch kognitive Leistungen und ruft physiologische Stressreaktionen hervor (vgl. z. B. Radun et al. 2024). Es stellt sich die Frage, ob Naturexposition hier eine erholungsförderliche Wirkung haben könnte.

Bisher fokussierte sich ein Großteil der Forschung zur Erholung durch Naturexposition auf multimodale Naturumgebungen, die von Büroangestellten beispielsweise während längerer Arbeitspausen oder in ihrer Freizeit aufgesucht werden. Dabei wurden die psychologischen Vorteile von Naturumgebungen hauptsächlich anhand visueller Naturmerkmale untersucht und nachgewiesen (z. B. Schertz & Berman 2019). Das Aufsuchen von Natur ist jedoch im Büroalltag zeitlich und räumlich nicht für jeden umsetzbar. Mikropausen mit rein akustischen Naturstimuli könnten eine praktikable, diskrete und niederschwellige Alternative sein, insbesondere angesichts der visuellen Belastung vieler Bürotätigkeiten. Mikropausen sind kurze, informelle Unterbrechungen der Arbeit mit einer Dauer von wenigen Sekunden bis maximal 10 Minuten (z. B. Lee et al. 2015; Kim et al. 2018). Sie sind flexibler in Bezug auf Zeitpunkt, Dauer und Häufigkeit als formelle Pausen und werden üblicherweise von den Mitarbeitenden selbst initiiert. Allerdings gibt es bislang nur wenige Studien, die die Wirkung kurzer, rein auditiver Naturexpositionen auf die kognitive Leistung und die Stresserholung untersucht haben (z. B. Largo-Wight et al. 2016).

Die übergeordnete Forschungsfrage dieser aus drei Experimenten bestehenden Studienreihe ist daher, ob bereits rein auditive Naturschall-Mikropausen die negativen Effekte von Arbeitsbelastungen durch eine verbesserte kognitive und psychophysiologische Erholung reduzieren können. Basierend auf der ART und der SRT wurde erwartet, dass eine Naturschallexposition während Mikropausen im Vergleich zu Bürolärm oder Ruhe signifikante Vorteile bietet. In Studie A lag der Fokus auf der Erholung der Aufmerksamkeit, während in Studie B die Auswirkungen auf die Arbeitsgedächtniskapazität untersucht wurden. Ergänzend wurde in den Studien A und B die subjektiv wahrgenommene Stressreduktion sowie physiologische Erholungsmarker, insbesondere die Herzratenvariabilität (HRV), gemessen. Studie C prüfte schließlich, ob Naturschall die Kreativitätsleistung fördern kann.

2. Methode

2.1 Stichprobe

In die Analysen flossen die Daten von 75 Personen in Studie A (69% weiblich, 83% Studierende*, M* = 26 Jahre, *SD* = 8, Range = 18-60), 129 Personen in Studie B (72% weiblich, 92% Studierende, *M* = 23 Jahre, *SD* = 5, Range = 18-43) und 158 Personen in Studie C (77% weiblich, 84% Studierende, *M* = 24 Jahre, *SD* = 6, Range = 18-46) ein. Die Zuordnung zu den Experimentalgruppen erfolgte in allen Studien randomisiert. In Studie A hörten n_1 = 25 Personen Naturschall in der Mikropause, n_2 = 24 Personen Bürolärm und n_3 = 26 Personen keinen zusätzlichen Schall (Ruhebedingung). In Studie B hörten n_1 = 66 Personen Naturschall und n_2 = 63 Personen Bürolärm. In Studie C waren n_1 = 58 Personen der Naturschallbedingung zugeordnet, n_2 = 47 hörten Bürolärm und n_3 = 53 Personen wurden der Ruhebedingung zugeordnet.

Einschlusskriterien waren ein Alter von 18 bis 60 Jahren, uneingeschränktes Hör- und Sehvermögen (ggf. korrigiert), Deutschkenntnisse auf C2-Niveau und ein guter Gesundheitszustand (Selbstbericht). In Studie C waren zusätzlich ein Desktop-PC oder Laptop sowie Kopfhörer erforderlich. Teilnehmende erhielten eine Aufwandsentschädigung (10 EUR/h) oder Versuchspersonenstunden.

2.2 Material und Versuchsablauf

In Studien A und B wurden die Versuchspersonen einzeln in einer schallisolierten Kabine am Institut für Psychologie der RWTH Aachen getestet. Studie C wurde von den Versuchspersonen zu Hause durchgeführt, wobei für ruhige und störungsfreie Bedingungen gesorgt werden sollte.

Das Experiment begann mit einer 15-minütigen Stressphase, in der eine visuelle Serial Recall Aufgabe bearbeitet und dabei über Kopfhörer Bürolärm gehört wurde (LA_{eq} = 55 dBA; Yadav et al. 2023). Dieser enthielt bürotypische Störgeräusche und Hintergrundsprache in Hindi, die für die deutschsprachigen Versuchspersonen semantisch unverständlich war. Anschließend erfolgte die erste Messung des Leistungstests des jeweiligen Experiments, gefolgt von einer 6-minütigen Mikropause, und der sich anschließenden zweiten Leistungsmessung (2-fach gestufter within-subject Faktor). Dabei handelte es sich in Studie A um den Attention Network Test (ANT; Fan et al. 2002), in Studie B die Automated Operation Span Task (aOSPAN; Unsworth et al. 2005) und in Studie C eine Verbgenerierungsaufgabe (Prabhakaran et al. 2014).

Während der Mikropause wurde in den Studien A und C eine der drei Schallbedingungen Bürolärm, Naturschall oder Ruhe (3-fach gestufter between-subject Faktor) präsentiert, in Studie B entweder Bürolärm oder Naturschall (2-fach gestufter between-subject Faktor). Der Naturschall (LA_{eq} = 55 dBA) bestand aus Vogelgezwitscher und Wasserplätschern (jayrope Berlin 2017). Die Teilnehmenden wurden instruiert, während der Pause die Augen zu schließen und sich zu entspannen.

In den Laborstudien A und B wurden subjektive Bewertungen zu Erholung und Stressreduktion mehrmals während des Experiments über visuelle Analogskalen sowie neun Fragen des Swedish Occupational Fatigue Inventory (SOFI; Jilg 2004) erfasst. Zudem wurde die Herzaktivität mit einem mobilen EKG-Gerät (Bittium, Faros 180) gemessen. In Onlinestudie C wurden über visuelle Analogskalen Affekt, empfundenes Arousal und Mindwanderung erhoben.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der drei Experimente dieser Studienreihe werden hier stark zusammengefasst dargestellt und exemplarisch einzelne Befunde herausgegriffen.

So war in Studie A keine signifikante Verbesserung der Aufmerksamkeitserholung oder der physiologischen Stresserholung durch Naturschall-Mikropausen im Vergleich zu Bürolärm oder Ruhe nachweisbar. Allerdings beurteilen Versuchspersonen, die die Mikropause mit Naturschall absolvierten, diese retrospektiv als erholsamer als Versuchspersonen der Bürolärm- oder Ruhebedingung (siehe Abbildung 1).

In Studie B waren ebenfalls keine differenziellen Effekte der verschiedenen Schallbedingungen in der Mikropause auf die Erholung der Arbeitsgedächtniskapazität gegeben. Bei Betrachtung der kardiovaskulären Stressparameter zeigte sich jedoch bei einzelnen HRV-Parametern eine deskriptive Tendenz, dass die Versuchspersonen,

die Naturschall während der Mikropause hörten, eine bessere physiologische Erholung zeigten, als die diejenigen, die Bürolärm hörten. Abbildung 2a und 2b veranschaulicht dies exemplarisch für zwei der zehn berechneten physiologischen HRV-Parameter (SDNN & RMSSD). Diese hypothesenkonformen Tendenzen waren aber nicht statistisch signifikant.

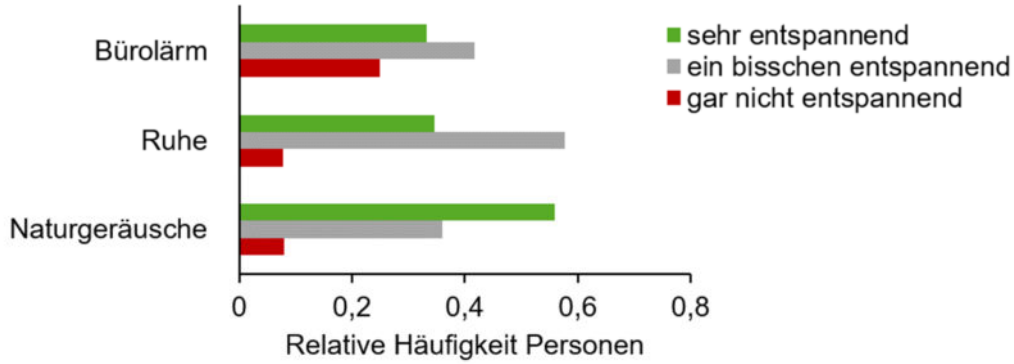


***Abbildung 1**: Ergebnisse der Nachbefragung in Studie A. Relative Häufigkeiten der Antworten auf die Frage „Wie entspannend empfanden Sie die Mikropause rückblickend?"; n_1(Naturgeräusche) = 25, n_2(Bürolärm) = 24, n_3(Ruhe) = 26.*

Bei den subjektiven Bewertungen waren in Studie B signifikante Gruppenunterschiede bezüglich des empfundenen Stresslevels gegeben (vgl. Abbildung 2c). Die unterschiedliche Schallexposition in der Mikropause führte dazu, dass sich die beiden Experimentalgruppen direkt nach der Mikropause (Messzeitpunkt T2) signifikant in ihrem empfundenen Stresslevel unterschieden. Im Vergleich zu Studie A, bei der gezeigt wurde, dass Bürolärm während der Pause das subjektiv wahrgenommene Erholungspotential mindert, zeigt sich hier zusätzlich, dass eine Mikropause unter Bürolärm das empfundene Stresslevel sogar noch erhöht.

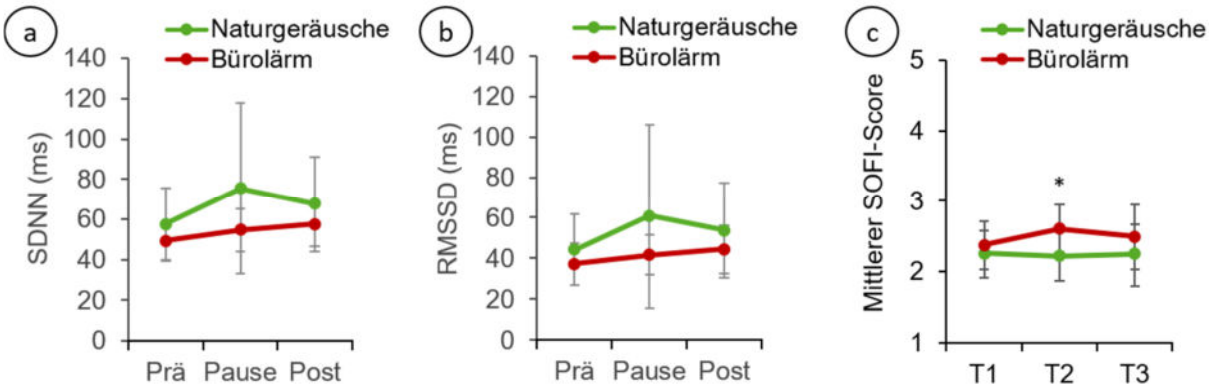


***Abbildung 2**: a) und b) Mittelwerte ausgewählter HRV-Parameter über die drei Messintervalle in Studie B. Höhere Werte zeigen eine größere Erholung an. Fehlerbalken zeigen die Standardabweichungen der Mittelwerte. n_1(Naturschall) = 48, n_2(Bürolärm) = 54. c) Mittlere SOFI-Scores in Studie B zu den Zeitpunkten T1 (prä-Pause), T2 (post-Pause) und T3 (post-aOSPAN2). Fehlerbalken zeigen die Standardabweichungen der Mittelwerte. n_1(Naturschall) = 66, n_2(Bürolärm) = 63. * = p < .010.*

Auch in Studie C führte Naturschallexposition in der Mikropause nicht zu einer verbesserten Kreativitätsleistung im Vergleich zu Bürolärm oder Ruhe. In den subjektiven Urteilen zeigte Naturschall positive Effekte auf die affektive Valenz sowie eine Reduktion von empfundenem Arousal und Mindwandering im Vergleich zur Ruhebedingung; diese Effekte waren jedoch vergleichbar mit denen von Bürolärm.

4. Diskussion

Das Ziel dieser Studienreihe war zu prüfen, ob Naturschallexposition in Mikropausen kognitive Ressourcen regenerieren sowie empfundenen Stress und physiologische Stressreaktionen reduzieren kann. Die Ergebnisse zeigen, dass die angenommenen positiven Effekte von Naturschallexposition weder für Aufmerksamkeit (Studie A) entsprechend der Attention Restoration Theory (ART; Kaplan 1995), noch für die Arbeitsgedächtniskapazität (Studie B) oder Kreativität (Studie C) nachgewiesen werden konnten. Auch die von der Stress Reduction Theory (SRT; Ulrich 1983) postulierten physiologischen Erholungseffekte von Naturschallexposition zeigten sich nicht signifikant, obgleich bei einzelnen HRV-Parametern in den Laborstudien A und B hypothesenkonforme, positive Tendenzen sichtbar waren. Im Gegensatz dazu offenbarten die subjektiven Bewertungen in Studien A und B eine signifikant positivere Einschätzung der Naturschall-Mikropausen hinsichtlich ihres Erholungspotentials und der wahrgenommenen Stressreduktion im Vergleich zu Bürolärm oder Ruhe.

Angesichts dieser Ergebnisse stellt sich die Frage, ob kurze, rein auditive Naturexpositionen ausreichend geeignet sind, um die theoretisch angenommenen kognitiven und physiologischen Erholungseffekte zu induzieren. Denkbar ist jedoch auch, dass Aspekte der Operationalisierung dazu beigetragen haben, dass das volle Erholungspotenzial nicht ausgeschöpft wurde. Beispielsweise wurde den Teilnehmenden durch den standardisierten Versuchsablauf keine Möglichkeit gegeben, die Mikropausen flexibel nach Bedarf zu initiieren oder selbstbestimmt zu beenden. Weiterhin effektmindernd könnten sich die kurze Expositionsdauer von sechs Minuten sowie die moderate Geräuschintensität des Naturschalls ausgewirkt haben.

Insbesondere da Naturschall-Mikropausen subjektiv als erholsamer wahrgenommen wurden als Bürolärm oder Stille, erscheint es vielversprechend diese im Büroalltag zu implementieren. Zukünftige Studien könnten untersuchen, ob eine selbstbestimmte Initiierung und/oder Beendigung der Mikropausen für behaviorale und physiologische Erholungseffekte notwendig ist, sowie welche Dauer und welches Ausmaß an Präsenzerleben in der auditiven Naturszene notwendig sind. Eine Feldstudie, die Naturschall-Mikropausen in realen Arbeitssituationen untersucht, könnte zudem wichtige Hinweise für Akzeptanz und Praktikabilität liefern. Denn die besondere Niederschwelligkeit und Diskretion von Mikropausen mit rein auditiver Naturexposition bleibt ein wesentlicher Vorteil dieser. Da an den meisten Büroarbeitsplätzen bereits Head-Sets oder Kopfhörer vorhanden sind, könnten Naturschall-Mikropausen zudem eine kostengünstige und leicht umsetzbare Intervention für den Arbeitsalltag darstellen.

5. Literatur

Fan J, McCandliss BD, Sommer T, Raz A & Posner MI (2002) Testing the efficiency and independence of attentional networks. Journal of Cognitive Neuroscience 14(3):340–347.

jayrope Berlin (2017) Rivulet and birds. [Audio Aufnahme]. https://freesound.org/people/jayrope/sounds/394651/.

Jilg M (2004) Das Inventar Bevorzugter Tätigkeiten (IBT)-Erfassung freizeitbezogener Belastungswirkungen mit skalometrisch beschriebenen Freizeittätigkeiten. Dissertation, Universität Würzburg.

Joye Y, van den Berg A (2011) Is love for green in our genes? A critical analysis of evolutionary assumptions in restorative environments research. Urban Forestry & Urban Greening 10(4):261–268.

Kaplan S (1995) The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. Journal of Environmental Psychology 15(3):169–182.

Kim S, Park Y & Headrick L (2018) Daily micro-breaks and job performance: General work engagement as a cross-level moderator. Journal of Applied Psychology, 103(7):772–786.

Largo-Wight E, O'Hara BK & Chen W (2016) The Efficacy of a Brief Nature Sound Intervention on Muscle Tension, Pulse Rate, and Self-Reported Stress. HERD: Health Environments Research & Design Journal, 10(1):45–51.

Lee KE, Williams KJ, Sargent LD, Williams NS & Johnson KA (2015) 40-second green roof views sustain attention: The role of micro-breaks in attention restoration. Journal of Environmental Psychology, 42:182–189.

Prabhakaran R, Green AE, Gray JR (2014) Thin slices of creativity: Using single-word utterances to assess creative cognition. Behavior Research Methods 46(3):641–659.

Radun J, Maula H, Tervahartiala I-K, Rajala V, Schlittmeier S, Hongisto V (2024) The effects of irrelevant speech on physiological stress, cognitive performance, and subjective experience – Focus on heart rate variability. Int J Psychophysiol 200:112352.

Sartorius EL (2022) Naturgeräusche und Affekt – Vergleich unterschiedlicher Naturgeräusche und der Zusammenhang zur Naturverbundenheit. Unveröffentlichte Bachelorarbeit, RWTH Aachen Univ.

Schertz KE, Berman MG (2019) Understanding nature and its cognitive benefits. Current Directions in Psychological Science 28(5):496–502.

Seidler L (2022) Vergleich des subjektiven Erholungspotenzials unterschiedlicher Naturgeräusche und der Zusammenhang zur Naturverbundenheit. Unveröffentlichte Bachelorarbeit, RWTH Aachen Univ.

Ulrich RS (1983) Aesthetic and affective response to natural environment. In: Behavior and the Natural Environment. Springer, Boston:85–125.

Unsworth N, Heitz RP, Schrock JC, Engle RW (2005) An automated version of the operation span task. Behavior Research Methods 37(3):498–505.

Wan F (2021) Statistical analysis of two arm randomized pre-post designs with one post-treatment measurement. BMC Medical Research Methodology 21:1–16.

Wilson EO (1984) The human bond with other species. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Yadav M, Georgi M, Leist L, Klatte M, Schlittmeier SJ, & Fels J (2023). Cognitive performance in open-plan office acoustic simulations: Effects of room acoustics and semantics but not spatial separation of sound sources. Applied Acoustics, 211, 109559.

Danksagung: Ein besonderer Dank gilt der HEAD-Genuit Stiftung, die diese Studienreihe und die Beiträge von Katrin Frings, Isabel Schiller, Jacqueline Gädtke und Sabine Schlittmeier gefördert hat (FKZ: P-16/10-W). Der Beitrag von Manuj Yadav wurde von der DFG gefördert (Projektnummer 503914237). Zudem möchten sich die Autor*innen bei den studentischen Hilfskräften Sarah Irmer, Jonathan Plaß, Tom Jungbauer, Stine Düwel und Manuel Kretz für die Unterstützung bei den Datenerhebungen und Rohdatenaufbereitungen bedanken.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Transformation und psychische Belastungen: Beteiligungsorientierte Gefährdungsbeurteilung als Ansatz für den Mittelstand

Sandra GROOS[1], Nils HÜTTE[2], Mario PENZKOFER[3], Daniel WOLLNY[3], Inger KORFLÜR[4]

[1] Institut für Allgemeinen Maschinenbau (IAM), Technische Hochschule Köln, Steinmüllerallee 1, D-51643 Gummersbach
[2] Institut für Produktionstechnik, Arbeitswissenschaft/Ergonomie, Universität Siegen, Paul-Bonatz-Straße 9-11, D-57068 Siegen
[3] Achenbach Buschhütten GmbH & Co. KG, Siegener Straße 152, D-57223 Kreuztal
[4] Sustain Consult GmbH, Kaiserstraße 24, D-44135 Dortmund

Kurzfassung: Mit der Zielsetzung, die von den aktuellen Transformationsprozessen ausgehende psychischen Belastungen unter möglichst hoher Mitarbeiterbeteiligung zu erfassen und sozialpartnerschaftliche Lösungsansätze für deren Reduzierung zu erarbeiten, wurde eine mehrstufige Methode entwickelt und in ersten Workshops erprobt. Beschäftigte und Führungskräfte eines Arbeitsbereichs durchliefen hierbei einen dreistufigen Prozess, der aus einer Einführung in die Thematik, der Erarbeitung von Schaubildern und einer wechselseitigen Vorstellung der Ergebnisse bestand. Die Erarbeitung der Schaubilder wiederum lief ebenfalls in drei Schritten ab, die den Kern der Methodik bilden. Der entwickelte Ansatz erwies sich als praktikabel, da er sich auf allen Beschäftigungsebenen als nachhaltig und akzeptiert dargestellt hat.

Schlüsselwörter: Psychische Belastung, Gefährdungsbeurteilung, Belastungsfaktoren, Mitarbeiterbeteiligung, Transformation

1. Einleitung

Unternehmen sind dazu verpflichtet, Gefährdungen und Risiken bei der Arbeit systematisch zu ermitteln, sie zu bewerten, zu eliminieren oder zumindest zu minimieren. Diese Verpflichtung ist in §5 ArbSchG (1996) festgeschrieben und die dort aufgeführte beispielhafte Aufzählung der Gefährdungen wurde im Jahre 2013 um den Punkt psychische Belastungen bei der Arbeit ergänzt. Ursächlich hierfür ist der Wandel der Arbeitswelt und die damit einhergehende gestiegene Bedeutung der psychosozialen Gesundheit. Die Unternehmen sehen sich seitdem damit konfrontiert, eine geeignete Methodik auszuwählen und anzuwenden, mit deren Hilfe sich ein ganzheitliches Bild der psychischen Belastungen darstellen lässt.

Trotz dieser eindeutigen Forderung existiert in Deutschland bisher noch keine klare und verbindliche Herangehensweise zur Umsetzung der Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastungen (GpB), wenngleich verschiedene Hilfsmittel zur Umsetzung zur Verfügung stehen, wie beispielsweise die „Empfehlungen zur Umsetzung der Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastung“ der Gemeinsamen Deutschen Ar-

beitsschutzstrategie (vgl. Beck et al. 2022). Dennoch wird die Durchführung der GpB von den Unternehmen oftmals gar nicht oder nicht in dem Umfang durchgeführt, wie vom Gesetzgeber vorgesehen. Nach Treier (2015) liegt dies nicht an den rechtlichen Grundlagen, sondern vielmehr an der Stigmatisierung des Themas. Umso wichtiger erscheint es, dass Klarheit in die Vielzahl der verwendeten Begrifflichkeiten gebracht wird und eine Methodik zum Einsatz kommt, die den Fokus weg von der individuell erlebten Beanspruchung auf die psychische Belastung des Kollektivs lenkt. Diese Forderung geht auch aus der DIN EN ISO 10075-1 (2000) hervor, indem die psychische Belastung als die Gesamtheit aller erfassbaren Einflüsse, die von außen auf den Menschen zukommen und psychisch auf ihn einwirken, definiert wird. Diese Einflüsse ergeben sich aus den Arbeitsbedingungen, wie der Arbeitsaufgabe, den Arbeitsmitteln, der Arbeitsumgebung und -organisation sowie dem Arbeitsplatz. Die Norm beschreibt den Begriff psychische Belastung zudem als wertneutralen, bedingungsbezogenen Bestandteil von jeder Arbeitssituation. Die Belastung ist dabei nicht wegzudenken, sondern förderlich in die Arbeit zu integrieren (vgl. Joiko et al. 2010).

Bei den bisher entwickelten Methoden zur Erfassung der psychischen Belastung fehlt meist zudem der Blick darauf, welche davon durch die Transformationsprozesse in der Arbeitswelt hervorgerufen werden. Im Rahmen des Projekts Arbeit2020+ wurde unter anderem die sog. Betriebslandkarte psychischer Belastung entwickelt, die darauf abzielte, die psychischen Belastungen in einem dialog- und beteiligungsorientierten Ansatz zu ermitteln (vgl. IG Metall 2023). Basierend auf dieser Methode wurde für mittelständische Unternehmen ein dreistufiges Workshopkonzept entwickelt und erprobt, was als Ansatz für die Erfassung psychischer Belastungen unter Berücksichtigung der transformativen Prozesse in der Arbeitswelt genutzt werden kann.

2. Methodik

Die Methodik bezieht sich auf die praktische Durchführung der durch die psychische Belastung ausgehende Gefährdungsermittlung in Form von Mitarbeiterworkshops in drei Phasen. In der ersten Phase des Workshops werden die Beschäftigten mit der Thematik konfrontiert. Die Durchführung wird erläutert und die Zielsetzung definiert. Daraufhin werden in Phase 2 Arbeitsgruppen von 3-6 Personen gebildet, die nach dem Schema der Landkarte psychischer Belastungen Schaubilder erarbeiten sollen. Diese Schaubilder über die Belastungssituationen der Beschäftigten werden in der dritten Phase der Workshops wechselseitig vorgestellt. Das Erarbeiten der Schaubilder in Phase 2 stellt den Kern der Methodik dar und wird im Folgenden in drei Schritten erläutert.

2.1 Schritt 1 – Ermittlung der Auftrittshäufigkeit von Belastungsfaktoren

Bei den ausgewählten Belastungsfaktoren handelt es sich um eine nicht vollständige Auswahl von Faktoren, die in erprobten Gefährdungsbeurteilungen der BAuA verwendet werden und auch von der GDA als Schlüsselfaktoren vorgeschlagen werden (vgl. Beck et al. 2022). Die Auswahl hängt zudem von den konkreten Tätigkeitsanforderungen in den verschiedenen Bereichen des Betriebs ab. Für das Pilotprojekt wurden die in Abbildung 1 aufgelisteten psychischen Belastungsfaktoren ausgewählt – mit der Option diese Liste während der Workshops zu erweitern.



***Abbildung 1**: Schritt 1 – Auftrittshäufigkeiten von Belastungsfaktoren.*

Im ersten Schritt wird jeder Belastungsfaktor aus Sicht der Beschäftigten quantitativ bewertet. Die Beschäftigten ordnen den Belastungsfaktoren jeweils eine Auftrittshäufigkeit zu, die dann nach einer abgestuften Ampellogik mit verschiedenfarbigen Symbolen grafisch dargestellt wird.

2.2 Schritt 2 – Ursachen

In Schritt 2 sollen die Belastungsfaktoren mit den Ursachen verknüpft werden. Dazu wird den Beschäftigten ein Handout mit den in Abbildung 2 dargestellten acht Bereichen zur Verfügung gestellt. Jeder dieser acht Bereiche beschreibt ein dynamisches Oberthema, aus dem eine hohe Belastung entspringen kann.



***Abbildung 2**: Schritt 2 – Ursachen der psychischen Belastung.*

Da die Zuordnung von acht Bereichen zu den mindestens sechs Belastungsfaktoren schnell unübersichtlich werden kann, sind im Handout Hilfsfragen zu jedem Bereich aufgeführt. Auf Metaplantafeln sollen den Belastungsfaktoren dann die relevanten Bereiche zugeordnet werden. Außerdem sollen die Beschäftigten ihre Erläuterungen auf Karten aufschreiben und anpinnen, um die Nachvollziehbarkeit bei der Auswertung der Ursachen zu steigern.

2.3 Schritt 3 – Lösungsansätze

Eines der Hauptziele der GpB ist es, geeignete Maßnahmen zu finden, die eine Gefährdung eliminieren oder verringern können. Um den Prozess der Maßnahmenfindung zu beschleunigen, sollen die Tafeln seitens der Workshopteilnehmer in Schritt 3 zusätzlich mit Lösungsideen auf beschriebenen Karten bestückt werden. Da viele Lösungen oft von den Beschäftigten selbst kommen, gilt es dieses Potential frühzeitig zu nutzen.

2.4 Ergebnisschaubild

Abbildung 3 zeigt ein fiktives Schaubild, wie es nach Abschluss einer Bearbeitungsphase aussehen kann. Die farbigen Punkte stellen die Häufigkeiten dar. Der Belastungsfaktor Zeit- und Termindruck wurde z.B. als permanent auftretend bewertet und mit den Themen Produkte & Dienstleistungen (1), Organisation und Prozesse (6) sowie Kommunikation und Führung (7) verknüpft, indem die dazugehörigen Nummern aufgeschrieben wurden. Die Karten enthalten möglichst die wörtlichen Aussagen der Beschäftigten, um sicherzustellen, dass die eigenen Schaubilder auch später noch nachvollzogen werden können. Auf der oberen Ursachenkarte geht es um schlecht oder gar nicht geregelte Prozesse, die Zeitdruck und Mehrarbeit verursachen. Der beispielhaft aufgeführte Lösungsansatz schlägt vor, diese Prozesse und Zuständigkeiten präziser und transparenter zu gestalten.

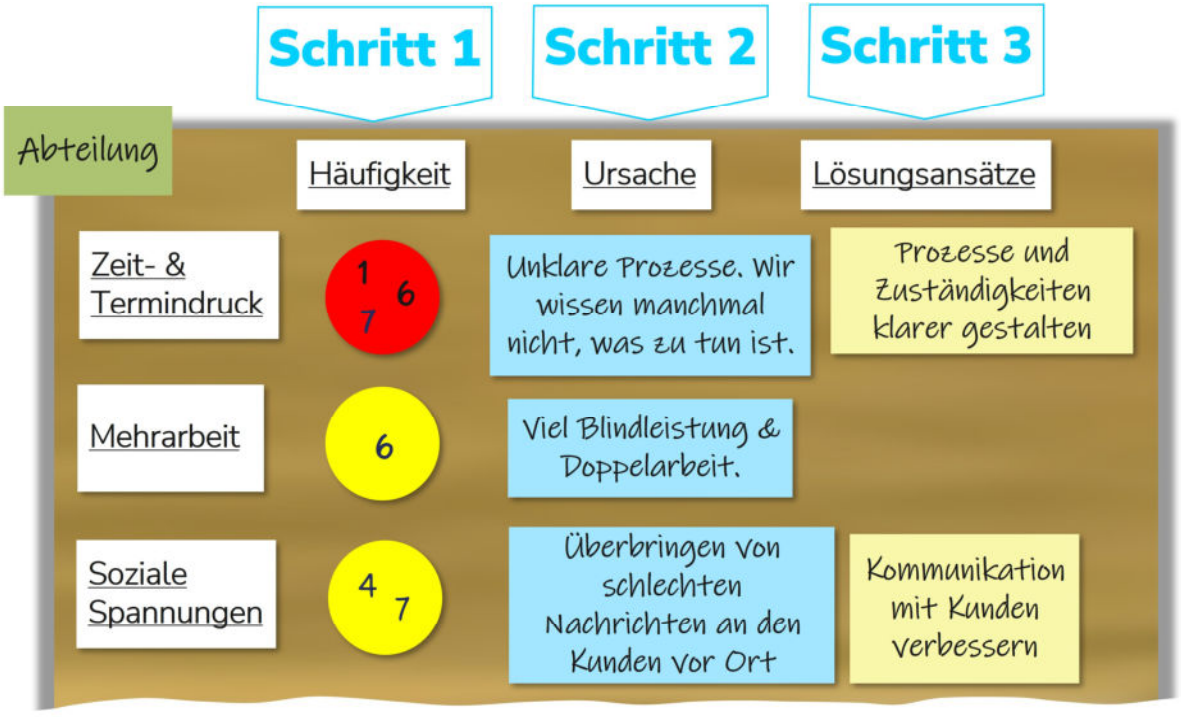


***Abbildung 3**: Beispielhaftes Schaubild zur Einordnung der drei Schritte.*

3. Ergebnisse

Die zuvor beschriebene Methodik wurde von einem mittelständischen Unternehmen aus dem Bereich des Maschinenbaus angewendet, um die mit den aktuellen Transformationsprozessen einhergehenden psychischen Belastungen zu erfassen und wirkungsvolle Maßnahmen aus den Ergebnissen abzuleiten.

3.1 Workshopdurchführung

Zu Beginn wurde ein Arbeitsbereich mit verschiedenen Hierarchieebenen festgelegt. Die Beschäftigten jeder Ebene nahmen an unterschiedlichen Tagen getrennt voneinander an den Workshops teil. Mit der Leitungsebene (Geschäftsbereichsleiter und Abteilungsleiter) wurden Einzelgespräche geführt, mit den Teamleitern und Beschäftigten fanden hingegen Gruppenworkshops statt. Den Führungskräften wurde dabei die besondere Aufgabe zuteil zum einen ihre eigene Belastung einzuschätzen, zum anderen aber auch die Belastung, die aus ihrer Sicht auf deren Mitarbeiter einwirkt. Alle Teilnehmer mussten die drei Workshopphasen durchlaufen.

In der ersten Phase wurde intensiv in die Thematik eingeführt. Hierbei wurde auf die gesetzliche Notwendigkeit zur Durchführung der GpB hingewiesen und umfangreich über die Zielsetzung des Projekts und die Trennung der Begrifflichkeiten Belastung und Beanspruchung aufgeklärt. Am Ende der ersten Phase wurde auf der Ebene der Beschäftigten die Arbeitsgruppen gebildet, wobei sich jede Gruppe aus den bereits bestehenden Mitarbeiterteams zusammensetzte, die auch im Arbeitsalltag zusammenarbeiten.

In Phase zwei erhielten die Arbeitsgruppen etwa eine bis anderthalb Stunden Zeit für die vollständige Bearbeitung der Schaubilder nach der unter 2. beschriebenen Methode. Die Einzelgespräche mit der Leitungsebene nahmen dieselbe Zeit in Anspruch und auch hier wurden in gleicher Weise die Schaubilder erarbeitet.

In der dritten Phase stellten sich die Arbeitsgruppen wechselseitig die Schaubilder vor und erläuterten dabei die einzelnen psychischen Belastungsfaktoren. Dies diente der Vertiefung der Ergebnisse im Dialog sowie der Nachvollziehbarkeit der Schaubilder im Rahmen der Auswertung.

Nach der Auswertung der Ergebnisse aus der Workshopphase wurde zeitnah ein Rückkopplungstermin durchgeführt. Zu diesem wurden alle Beschäftigten aus einer Abteilung eingeladen, da an den Workshops in der Regel. nur ca. 50% einer Abteilung teilnehmen konnten. An dem Rückkopplungstermin wurden die ausgearbeiteten Ergebnisse noch einmal in kompakter Form vorgestellt und den Beschäftigten die Möglichkeit eingeräumt einzelne Punkte zu verändern oder zu ergänzen.

3.2 Workshopergebnisse

Erste Ergebnisse der Workshops zeigten, dass die Einschätzung der Belastungen in Abhängigkeit der Tätigkeiten über Abteilungsgrenzen hinweg eine gewisse Häufigkeit erfuhr. So konnten in der Auswertung einzelne Belastungsfaktoren isoliert und konkret behandelt werden. Bemerkenswert ist zudem die divergierende Einschätzung in Abhängigkeit der Hierarchieebenen. Die erarbeiteten Lösungsansätze konnten in kurzfristige und langfristige (systemische) Maßnahmen geclustert werden. Vor allem die systemisch notwendigen Veränderungen zeigten den weiteren Weg des Projekts

auf. Daher wurde bereits eine zweite Projektphase mit insgesamt 20 Teilnehmenden durchgeführt, die eng mit den Teilnehmern der ersten Phase zusammenarbeiten.

4. Diskussion

Die Integration von Mitarbeiterworkshops in die Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastungen als Instrument zur Gefährdungsermittlung stellt einen vielversprechenden Ansatz dar, um die Beschäftigten sinnvoll am Prozess zu beteiligen. Die Durchführung von Workshops mit anschließenden Rückkopplungsgesprächen zu den Ergebnissen und geplanten Maßnahmen schafft Transparenz und demonstriert die Bereitschaft, nachhaltig auf Veränderungen einzugehen. Die Methodik erlaubt die Nachvollziehbarkeit jedes einzelnen Schrittes sowie eine Hervorhebung von Themenschwerpunkten, wie hier am Beispiel der Transformationsprozesse und deren Auswirkungen auf die psychische Belastung.

Insbesondere in der ersten Phase der Workshops, in der die Beschäftigten umfangreich in die Thematik eingeführt wurden, zeigte sich, dass sich in der Praxis die von außen einwirkende Belastung von der erlebten Beanspruchung oft nur schwer abgrenzen lässt. Umso mehr erwiesen sich die Gruppenworkshops als geeignet, um die subjektiv empfundenen Beanspruchungen einzelner Teilnehmer durch die Gruppendiskussion in den Kontext der von der gesamten Gruppe als objektiv wahrgenommenen Belastungen zu stellen. Ebenso konnte durch die Unterstützung der Workshopleitung durch gezielte Fragen Unsicherheiten in der Einschätzung abgebaut werden. Beides erweist sich im Vergleich zu anderen Verfahren der GpB, beispielsweise Befragungen mittels Fragebögen, als vorteilhaft.

5. Literatur

Arbeitsschutzgesetz (1996), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes am 31. Mai 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 140).

Beck D, Taskan E, Elskamp E, Gold M, Gregersen S et al. (2022) Berücksichtigung psychischer Belastung in der Gefährdungsbeurteilung – Empfehlungen zur Umsetzung in der betrieblichen Praxis. https://www.gda-psyche.de/fileadmin/gda/Downloads/Broschuere_psychsiche_Belastung_Auflage_4_2024.pdf.

DIN EN ISO 10075-1 (2000) Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung – Teil 1: Allgemeine Aspekte und Konzepte und Begriffe. Beuth Verlag, Berlin.

IG Metall (2023) Das Projekt Arbeit 2020+ in NRW. https://www.arbeit2020.de.

Joiko K, Schmauder M, Wolff G (2010) Psychische Belastung und Beanspruchung im Berufsleben: Erkennen – Gestalten. BAuA, Dortmund.

Treier M (2015) Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastungen: Begründung, Instrumente, Umsetzung. Springer, Wiesbaden, DOI:10.1007/978-3-658-08019-8.

Danksagung: Dieser Beitrag wurde im Rahmen des Projekt Plan_CV erstellt. Innerhalb der Bund-Länder-Förderung FH-Personal wird das Projekt Plan-CV mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz (GWK) gefördert (Förderkennzeichen 03FHO109).

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Industrienahe Fallbeispiele zur Sensibilisierung für Sicherheitsrisiken in datengetriebenen Assistenzsystemen

Mauritz MÄLZER[1], Katharina HUNGER[2], Steffen IHLENFELDT[1]

[1] Professur für Werkzeugmaschinenentwicklung und adaptive Steuerungen, Institut für Mechatronischen Maschinenbau, Technische Universität Dresden, D-01062 Dresden
[2] CIMTT Zentrum für Produktionstechnik und Organisation, Technische Universität Dresden, D-01062 Dresden

Kurzfassung: Die Implementierung datengetriebener Assistenzsysteme konfrontiert KMU mit signifikanten Herausforderungen, die auf unvollständige Digitalisierung, hohe fachliche Anforderungen und ein dynamisches Forschungsumfeld zurückzuführen sind. Es besteht ein Mangel an praxisnahen Demonstrationsobjekten, die technische Detailtreue mit Verständlichkeit vereinen. Um diese Lücke zu schließen, wurden an einer kompakten, mobilen Werkzeugmaschine erklärende Szenarien entwickelt. Die kritischen Szenarien wie Sicherheitslücken oder Sensorausfälle werden erlebbar gemacht, wobei ausschließlich Industriekomponenten für hohe Praxisrelevanz genutzt werden. Die arbeitswissenschaftliche Relevanz liegt in der systematischen Unterstützung von KMU durch praxisnahe Methoden und angepasste Lernangebote, die Akzeptanz fördern und die Arbeitsbelastung senken. Erste Praxiseinsätze zeigen positive Rückmeldungen. Ein Erweiterungs- und Skalierungskonzept wird in Aussicht gestellt.

Schlüsselwörter: Cybersicherheit, Assistenzsystem, Produktionstechnik, Fallbeispiel, Sensibilisierung

1. Einleitung

Die fortschreitende Digitalisierung sowie der verstärkte Einsatz künstlicher Intelligenz (KI) in der Produktion gelten als wesentliche Faktoren für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie. Während Großunternehmen oftmals die Rolle des Vorreiters einnehmen, zeigt sich bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) eine deutliche Zurückhaltung (Zimmermann 2023, S. 5). Aktuelle Studien belegen, dass sich der Reifegrad von KMU für Digitalisierung und KI-Einsatz deutlich unter dem Niveau großer Unternehmen befindet (Bakalis et al. 2023, S. 6f; Rammer et al. 2022, S. 5; Schwaeke et al. 2024, S. 4). Die Relevanz des Mittelstands für Wirtschaft und Arbeitsplätze in Deutschland erfordert daher die Überbrückung der digitalen Kluft innerhalb der Produktionsbranche.

Die Auswertung von Statistiken und Befragungen ergab, dass die wesentlichen Hürden für KMU bei der Inbetriebnahme datengetriebener Assistenzsysteme u.a. in fehlenden finanziellen Ressourcen, unzureichenden technischen Kompetenzen sowie der Sorge vor einer geringen Akzeptanz der Technologien in der Belegschaft liegen (Schwaeke et al. 2024, S. 4; Böhme et al. 2024, S. 92; Lee & Park 2023, S. 2; Kaya et al. 2024, S. 504f). Gleichzeitig nehmen die Risiken im Bereich Datenschutz und IT-

Sicherheit zu, was sich ebenfalls auf die Innovationsfähigkeit auswirkt. Aktuelle Erhebungen zu Cyberangriffen verdeutlichen, dass Produktionsbetriebe in Deutschland vermehrt zum Ziel von Attacken werden (Reisbeck 2024). Die fortschreitende Vernetzung von Produktionssystemen erhöht das gewinnbringende Potential von Datenanalysen, führt jedoch auch zu einer erhöhten Anfälligkeit für Sicherheitsvorfälle (Yahuza et al. 2020). KI und Cybersicherheit haben daher einen Überschneidungsbereich, der ab der Konzeption mitbedacht werden muss.

Wer sich mit der Einführung sicherer datengetriebener Assistenzsysteme beschäftigt, erfährt ein zusätzliches Hindernis in der Komplexität des Informationsökosystems. Die Vielzahl an Richtlinien, Gesetzen und Empfehlungen, wie etwa EU Artificial Intelligence Act, Datenschutz-Grundverordnung, oder BSI IT-Grundschutz, sowie die kurzen Aktualitätszyklen von Informationen erschweren es KMU, sich zurechtzufinden. Hier besteht die Notwendigkeit, praktikable und zielgerichtete Lösungen zu entwickeln, um eine bessere Orientierung zu schaffen und die Umsetzung zu erleichtern.

Sollen KMU in der Produktionsbranche gezielt in Digitalisierungsvorhaben befähigt werden, ergibt sich aus diesem Fokus eine heterogene Zielgruppe mit unterschiedlichen Ansprüchen wie Geschäftsführende, Mitarbeitende mit Sicherheits- oder IT-Verantwortung, verwaltende oder technische Belegschaft. Zwei Aspekte sind für die Involvierung maßgeblich: einerseits sind leicht nachvollziehbare Vorgehensweisen erforderlich, die aus umfassenderen Rahmenwerken abgeleitet und speziell auf die Bedürfnisse von KMU (Budget, Personalverfügbarkeit, Zeit) zugeschnitten sind. Andererseits müssen Anwendungsbeispiele mit technisch-fachlicher Tiefe bereitgestellt werden, die Fachleuten als Inspiration dienen können. Der Bedarf nach vollständigen und fundierten Anwendungsbeispielen ist ungedeckt, da Infobroschüren und Blogbeiträge häufig zu oberflächlich bleiben. Niederschwellige Workshops, in denen praxisnahe Inhalte in kompakten Kurzfassungen vermittelt werden, können geeignet sein, diese Aspekte umzusetzen. In Fallstudien, die im Rahmen von Forschungsprojekten am CIMTT durchgeführt wurden, wurden bereits partizipative Workshops mit Forschenden und Unternehmensmitarbeitenden evaluiert. Es zeigte sich wirksam, betroffene Beschäftigte von Anfang an mitzunehmen und ihr Know-how bei der konkreten Ausarbeitung einzubeziehen (Böhme et al. 2024; Franke-Jordan et al. 2023). Dabei werden nicht nur technische Belange bedacht, sondern auch soziotechnische sowie organisatorische Faktoren im arbeitswissenschaftlichen Kontext betrachtet. Unter Beachtung des Technologieakzeptanzmodells nach Venkatesh und Bala (2008, S. 8) eignen sich insbesondere kreative und iterative Techniken des Design Thinking, Digitalisierungsvorhaben an konkreten Beispielen interdisziplinär und menschzentriert zu visualisieren. Das intuitive Vorgehen mit Kreativtechniken z. B. Walt Disney oder Reverse Brainstorming bietet technischen Mitarbeitenden die Möglichkeit, aus dem analytischen Denken und ihren kognitiven Mustern auszubrechen (Rösch et al. 2023; Mesa et al. 2022). Auch der Einsatz von Demonstrationsobjekten kann dabei hilfreich sein, da sie in eine konsistente Erklärwelt eingebettet sind und eine nachvollziehbare, praxisnahe Darstellung der Technologien und deren Anwendung bieten (Star & Griesemer 1989, S. 410). Ziel des strukturierten, iterativen Prozessvorgehens ist es, die bestmöglichen Erfolgsgrundlagen für die Einführung digitaler Systeme zu schaffen (Gröllich et al. 2023).

Folglich werden in diesem Beitrag Szenarien für den Betrieb eines datengetriebenen Assistenzsystems vorgestellt, die sich an einem mobilen Technologiedemonstrator für die Sensibilisierung und Befähigung von KMU durch Einführungsworkshops zeigen lassen.

2. Versuchsträger und Szenarienentwicklung

Der mobile Technologiedemonstrator LOTTA wurde vom LWM der TU Dresden entwickelt, um Unternehmen die Funktionsweise und Einsatzmöglichkeiten von KI anschaulich zu vermitteln. Der Demonstrator stellt eine einfache Werkzeugmaschine dar, die vollständig aus Industriekomponenten inkl. Steuerung besteht. In der gezeigten Ausbaustufe sind horizontale Bohrvorgänge realisierbar. LOTTA findet Anwendung in der universitären Lehre sowie für Präsentationen und Weiterbildungen in Unternehmen und Schulen. Detailliertere Informationen zum Aufbau und den Besichtigungsmöglichkeiten sind in Wiemer 2024 zu finden. Die Abb. 1 zeigt den Aufbau aus zwei Ansichten. Gekennzeichnet sind a) die Spindel, b) das Werkstück und c) eine Vorschubachse, mit der das Werkstück bewegt werden kann. Bei LOTTA besteht die Möglichkeit, eine Vielzahl unterschiedlicher Maschinen- und Bearbeitungszustände zu konfigurieren. Ein integriertes Assistenzsystem ist darauf ausgelegt, diese Zustände zu identifizieren und zu optimieren. Mögliche Anwendungen umfassen den Einsatz verschiedener Bohrerarten und Werkstückmaterialien sowie die Detektion unerwünschter Schmierungszustände, Parallelitätsabweichungen an den Linearführungen und Verschleißerscheinungen.

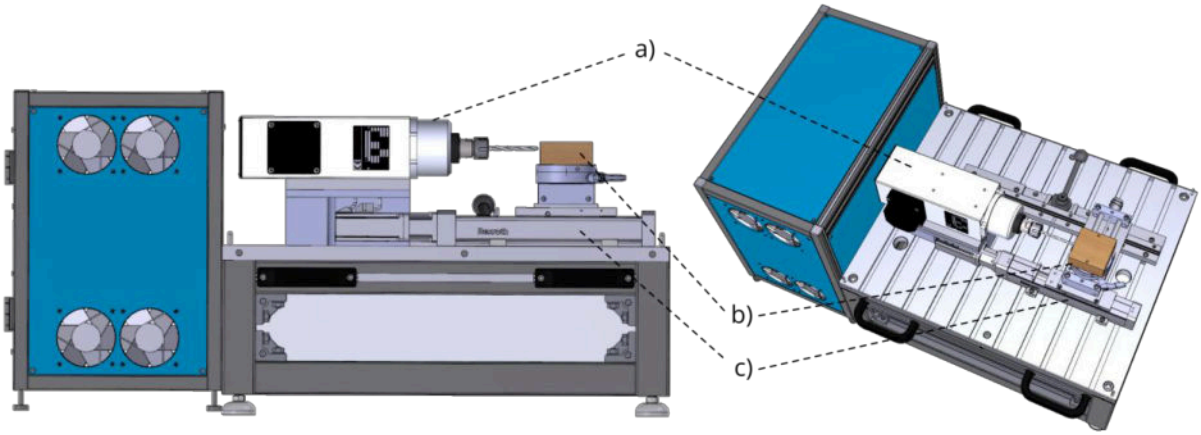


***Abbildung 1**: Mobiler Demonstrator LOTTA des LWM der TU Dresden. a) Spindel, b) Werkstück, c) Vorschubachse.*

Die Anwendungsmöglichkeiten von KI im Produktionskontext werden durch die genannten Beispiele bereits demonstriert. Zur Vermittlung sensibler Punkte in der Informationskette hinsichtlich der Cybersicherheit sind ergänzende Erklärszenarien nötig, die am KI-Assistenzsystem grundlegende Schutzziele sichtbar machen. Zur Identifikation der Schutzziele wurde das Konzept der CIA-Triade (Farooq et al. 2015) herangezogen, da eine hohe Verbreitung, allgemeine Anerkennung und Kompaktheit die Wiedererkennung unterstützen. Die drei Aspekte der Cybersicherheit, die durch die CIA-Triade ausgedrückt werden, sind "Confidentiality" (Vertraulichkeit), "Integrity" (Integrität) und "Availability" (Verfügbarkeit). Die Gewährleistung von Vertraulichkeit stellt sicher, dass nur berechtigte Personen Zugang zur ausgewählten Information haben. Die Datenintegrität bezeichnet die Gültigkeit und Vollständigkeit der Information, während die Verfügbarkeit für den Informationszugang von Relevanz ist. Zur Ermittlung potenzieller Sicherheitsrisiken am Demonstrator wurde die Datenverarbeitung innerhalb des an LOTTA bestehenden Assistenzsystems auf Angreifbarkeit in Bezug auf die genannten drei Schutzziele hin untersucht. Im Rahmen dessen wurden drei

Bereiche entlang der Informationsverarbeitung vom Sensor bis zum Ergebnis des Analysemodells identifiziert, wie in Abb. 2 dargestellt.

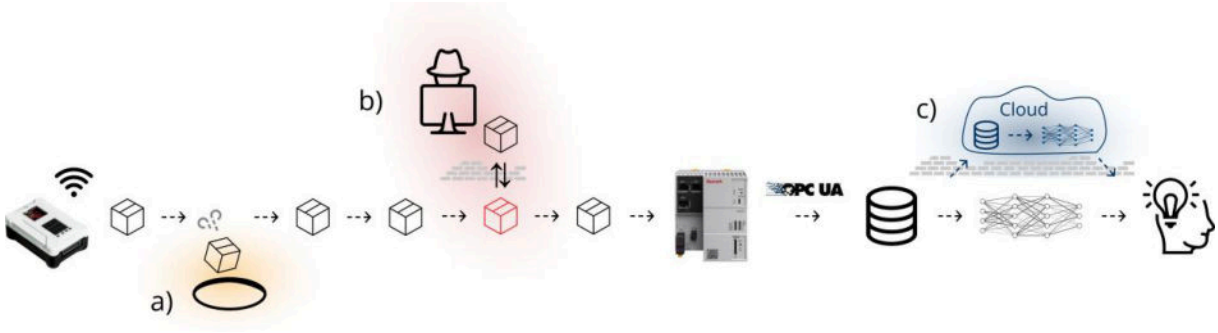


***Abbildung 2**: Informationsverarbeitung vom Sensor bis zum Analysemodell mit drei cybersicherheitsrelevanten Bereichen: a) Integrität der Datenerfassung, b) Verfügbarkeit und Manipulation von Daten, c) Datenhoheit in der Cloud*

Die Informationsverarbeitung verläuft wie folgt: Zur Überwachung des Bearbeitungsprozesses werden mehrere Datenquellen herangezogen, u. a. Motor- und Spindelströme, Positions- und Geschwindigkeitsinformationen sowie Schwingungsaufzeichnungen an der Vorschubachse und der Spindel. Die Schwingungsaufzeichnungen erfolgen durch Accelerometer eines Bosch XDK110 Development Kits (als weißes Sensorpaket auf der linken Seite der Abbildung dargestellt). Die Messwerte werden per Wifi-Netzwerk an ein Gateway gesendet, welches die Informationen über Ethernet an die Steuerung weiterleitet. Auf dem Wegstück bis zu Steuerung sind zwei Szenarien untergebracht.

Szenario a) beschreibt den Verlust der Datenintegrität in der Datenerfassung. Die Drahtloskommunikation ist fehleranfällig, da elektromagnetische Störungen in der Umgebung oder die Mehrfachbelegung der Sendefrequenz zu Paketverlusten führen können (Zhang & Haenggi 2014). Je nach genutztem Kommunikationsstandard bedeutet dies einen permanenten Informationsverlust. Aus diesem Grund ist es unerlässlich, bereits bei der Konzeption des Assistenzsystems die Einsatzumgebung zu prüfen, erhöhte Quality-of-Service-Stufen in den oberen Schichten des OSI-Modells einzuplanen oder eine Fehlertoleranz durch beispielsweise ein Kalman-Filter vor der Modellebene oder im Modell vorzusehen.

Szenario b) verdeutlicht die Angreifbarkeit von Daten bei der Drahtloskommunikation. Die Verfügbarkeit von Schwingungsmessungen kann durch eine Jamming-Attacke eingeschränkt werden, wobei die Gründe böswillige Manipulation oder fehlerhafte Technik sein können (Lu et al. 2014). Eine Verwundbarkeit in Szenario b) ist gegeben, wenn physischer Zugang zur Drahtlosreichweite des Sensorpakets besteht oder, wenn weitere Kommunikationsteilnehmer bei Verbindungsproblemen unbeabsichtigt hochfrequente Verbindungsanfragen senden können. Darüber hinaus wird demonstriert, wie die Nutzung unverschlüsselter Kommunikation zur Manipulation des Inhalts von Paketen führen kann. Ein Assistenzsystem zur Erkennung der Verwendung des korrekten Werkzeugs lässt sich am Demonstrator täuschen, mit beliebig eskalierbaren Folgen.

Szenario c) hebt Implikationen hervor, die auftreten, wenn Daten oder Modelle nicht nur lokal vorgehalten werden (Yahuza et al. 2020). Die Verwendung von Large-Language-Modellen ist in vielen Fällen nicht auf lokaler Hardware darstellbar, sodass Daten aus der Produktion übertragen und extern (ggf. durch Dienstleister) ausgewertet

werden müssen. Da sich insbesondere aus Schwingungsaufzeichnungen auch Geräusche, je nach Sensitivität auch Gespräche, rekonstruieren lassen, sind verschiedene Bereiche des Datenschutzes betroffen

3. Erprobung

Im Rahmen der 20. ProKI-Infopoint-Veranstaltung im Juli 2024 wurde eine Erprobung der Sensibilisierungsziele zum Thema "Cybersecurity – Wie sicher ist die Nutzung von Daten? Mögliche Risiken und Vermeidungsstrategien" durchgeführt. Das KI-Demonstrations- und Transferzentrum Umformtechnik (ProKI-Dresden) bot regelmäßige Netzwerkveranstaltungen an, um die Erschließung von Künstlicher Intelligenz (KI) im Produktionseinsatz zu fördern. 23 Teilnehmende aus dem unternehmerischen und akademischen Umfeld wohnten der Vorstellung der Sensibilisierungsszenarien bei, welche als Ergebnisteil einer fiktiven Workshopdurchführung präsentiert wurden. Sechs Personen füllten einen Fragebogen zur Auswertung der Veranstaltung aus und bewerteten die Qualität der Veranstaltung mit 4,17 von 5 möglichen Punkten. Fünf Personen konnten neue Erkenntnisse zum Thema Cybersecurity gewinnen, ebenso fünf Personen markierten das Thema "erfolgreiche Praxisbeispiele" als besonders interessant. Die Freifeldantworten zu Anregungen, Wünschen oder Kritik würdigten die Sensibilisierungsszenarien mit den folgenden Worten: "[...] Solche Anwendungsfälle sind ungemein hilfreich, um jemanden abzuholen, der sonst mit dem Thema (noch) nichts zu tun hat. […]", wobei insbesondere die Abgrenzung zu allgemeinem Wissen, welches "überall findbar" sei, hervorgehoben wurde. Bei zwei Unternehmen in Sachsen wurde eine ähnliche Rückmeldung nach Sensibilisierungsveranstaltungen verzeichnet. Zudem wurde durch technische Mitarbeitende verdeutlicht, dass die Beispielwelt eine deutlich höhere Greifbarkeit aufweist als eine abstrakte Darstellung ohne Demonstrationsobjekt.

4. Diskussion

Die Konzeption und Erprobung der Sensibilisierungsszenarien zeigen eine Entwicklungsrichtung auf, die in der Transferarbeit zwischen Forschung, Wissenschaft und Praxis bestehende Probleme zu beheben vermag. Eine noch zu erbringende Leistung besteht in der wissenschaftlich fundierten, methodischen Untermauerung. Der jetzige Stand dient dazu als Motivation. Im Gegensatz zur üblichen Vorgehensweise wurde ein Transferkanal von der praktischen Seite aus eröffnet, der bereits in einer frühen Phase auf Zustimmung stößt. Die Mobilität des Technologiedemonstrators LOTTA erweist sich dabei als klarer Vorteil. Darüber hinaus hat sich eine multiperspektivische Ideenfindung als gewinnbringend erwiesen: Die Szenarien und das zugehörige Workshop-Konzept wurden in einem Verbund von Personen aus den Bereichen Datenanalyse, konstruktivem Maschinenbau und Arbeitswissenschaft entwickelt. Neben der Einbettung der Szenarien in weitere Transferformate und der methodischen Untermauerung ist auch die Erweiterung der Anwendungsfälle inklusive praktischer Umsetzung eine Richtung für zukünftige Entwicklungen.

5. Literatur

Bakalis, D., Büchel, J., & Scheufen, M. (2023). Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland—Kurfassung Digitalisierungsindex 2023.

Böhme, C., Graf-Pfohl, C., & Meusinger, K. (2024). Human Centered Implementation Process of AI in SMEs – Conditions for Success. In C. Zinke-Wehlmann & J. Friedrich (Eds.), First Working Conference on Artificial Intelligence Development for a Resilient and Sustainable Tomorrow: AI Tomorrow 2023 (pp. 83–99). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-43705-3.

Franke-Jordan, S., Berger, S., Böhme, C., Meusinger, K., Graf-Pfohl, C., Engelmann, J., & Wittenburg, F. (2023). Informieren—Übersetzen—Befähigen: Transferarbeit im kooperativen Forschungsprojekt PerspektiveArbeit Lausitz. Entwicklung hybrider Arbeitssysteme, 1, 45–50.

Gröllich, D., Hahmann, M., Ott, G., & Graf-Pfohl, C. (2023). Vorgehensweise zur Implementation von datenbasierten Assistenzsystemen.

Kaya, F., Aydin, F., Schepman, A., Rodway, P., Yetişensoy, O., & Demir Kaya, M. (2024). The Roles of Personality Traits, AI Anxiety, and Demographic Factors in Attitudes toward Artificial Intelligence. International Journal of Human–Computer Interaction, 40(2), 497–514. https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2151730.

Lee, J., & Park, J. (2023). AI as “Another I”: Journey map of working with artificial intelligence from AI-phobia to AI-preparedness. Organizational Dynamics, 52(3), 100994. https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2023.100994.

Lu, Z., Wang, W., & Wang, C. (2014). Modeling, Evaluation and Detection of Jamming Attacks in Time-Critical Wireless Applications. IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING, 13(8), 1746–1759. https://doi.org/10.1109/TMC.2013.146.

Mesa, D., Renda, G., Iii, R. G., Kuys, B., & Cook, S. M. (2022). Implementing a Design Thinking Approach to De-Risk the Digitalisation of Manufacturing SMEs. Sustainability, 14(21), 14358. https://doi.org/10.3390/su142114358.

Rammer, C., Fernández, G. P., & Czarnitzki, D. (2022). Artificial intelligence and industrial innovation: Evidence from German firm-level data. Research Policy, 51(7), 104555. https://doi.org/10.1016/j.respol.2022.104555.

Reisbeck, C. (2024). Damage to German companies due to cyber attacks is increasing. https://kpmg.com/de/en/home/media/press-releases/2024/05/cyber-attacks-damage-for-german-companies-increasing.html. Abgerufen am 29.01.2025.

Rösch, N., Tiberius, V., & Kraus, S. (2023). Design thinking for innovation: Context factors, process, and outcomes. European Journal of Innovation Management, 26(7), 160–176. https://doi.org/10.1108/EJIM-03-2022-0164.

Schwaeke, J., Peters, A., Kanbach, D. K., Kraus, S., & Jones, P. (2024). The new normal: The status quo of AI adoption in SMEs. Journal of Small Business Management, 1–35. https://doi.org/10.1080/00472778.2024.2379999.

U.Farooq, M., Waseem, M., Khairi, A., & Mazhar, S. (2015). A Critical Analysis on the Security Concerns of Internet of Things (IoT). International Journal of Computer Applications, 111(7), 1–6. https://doi.org/10.5120/19547-1280.

Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. Decision Sciences, 39(2), 273–315. https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x

Wiemer, H. (2024). Mobiler Demonstrator für KI-Anwendungen in der Produktionstechnik (LOTTA). https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/imd/lwm/forschung/abteilung-maschinendatenverwertung-1/LOTTA. Abgerufen am 29.01.2025.

Yahuza, M., Idris, M. Y. I. B., Wahab, A. W. B. A., Ho, A. T. S., Khan, S., Musa, S. N. B., & Taha, A. Z. B. (2020). Systematic Review on Security and Privacy Requirements in Edge Computing: State of the Art and Future Research Opportunities. IEEE Access, 8, 76541–76567. IEEE Access. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2989456.

Zhang, X., & Haenggi, M. (2014). The Performance of Successive Interference Cancellation in Random Wireless Networks. IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION THEORY, 60(10), 6368–6388. https://doi.org/10.1109/TIT.2014.2341248.

Zimmermann, V. (2023). KfW-Innovationsbericht Mittelstand 2023 Innovationstätigkeit im Mittelstand tritt auf der Stelle.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Potenziale KI-basierter Assistenzsysteme in industriellen Anwendungen

Dominik MORAR, Maximilian WERLING

Ferdinand-Steinbeis-Institut,
Bildungscampus 9, D-74076 Heilbronn

Kurzfassung: KI-basierte Assistenzsysteme bieten Unternehmen neue Möglichkeiten zur Bewältigung des Fachkräftemangels und zur Optimierung betrieblicher Abläufe. Durch die strukturierte Betrachtung von Assistenzsystemen entlang der Dimensionen Tätigkeitsart (operativ vs. dispositiv) und Interaktionsgrad (hoch vs. gering) werden vier zentrale Potenzialkategorien identifiziert: Automatisierung, Ausführungsunter-stützung, Entscheidungsunterstützung und Autonomisierung. Diese Klassifikation ermöglicht eine gezielte Analyse von Anwendungsfeldern und betrieblichen Herausforderungen. Der Beitrag diskutiert Chancen, Limitationen und die Notwendigkeit einer strategischen Integration, um die Akzeptanz und Effizienz KI-gestützter Assistenzsysteme zu erhöhen.

Schlüsselwörter: Künstliche Intelligenz, KI-basierte Assistenzsysteme, Potenziale, Herausforderungen, Anwendung

1. Motivation

Unternehmen stehen zunehmend vor der Herausforderung, Stellen zu besetzen, die spezialisiertes Wissen oder hohe Expertise erfordern. Der anhaltende Fachkräftemangel betrifft sowohl produzierende Unternehmen als auch Dienstleister und führt zu Engpässen in wissensintensiven und operativen Tätigkeitsfeldern (Peichel et al. 2022). Die Qualifizierung neuer oder ungelernter Mitarbeitender stellt eine zusätzliche Hürde dar, da sie Zeit und Ressourcen bindet. Insbesondere erfahrene Fachkräfte, die für die Einarbeitung und Weiterqualifizierung zuständig sind, stehen dadurch oft nicht in vollem Umfang für andere produktive Tätigkeiten zur Verfügung. Eine weitere Herausforderung liegt in der Externalisierung von Erfahrungswissen, das häufig an einzelne, langjährige Mitarbeitende gebunden ist und schwer systematisch dokumentiert oder transferiert werden kann.

Künstliche Intelligenz (KI, engl. Artificial Intelligence, AI) bietet vielfältige Lösungsansätze zur Wissenssicherung und -weitergabe (Vladova et al. 2019). In diesem Beitrag wird KI als Sammelbegriff für Methoden, Ansätze und Technologien verstanden, die Maschinen dazu befähigen, Aufgaben auszuführen, die üblicherweise menschliche Intelligenz erfordern (Minsky 1969). Während regelbasierte Automatisierung bereits fest in vielen betrieblichen Abläufen verankert ist, eröffnen moderne KI-gestützte Assistenzsysteme neue Möglichkeiten für die Unterstützung dispositiver und operativer Tätigkeiten (Berente et al. 2021; Leonardi 2023). Die klassischen Assistenzsysteme zur Kodifizierung von Handlungswissen – beispielsweise Roboter in der Produktion oder Software-Roboter in der Prozessautomatisierung – werden damit um ein weiteres Anwendungsfeld ergänzt, das über rein repetitive Aufgaben hinausgeht.

Die Unterstützung von Unternehmen bei der Erfassung, Strukturierung und Nutzung

von Wissen durch KI-basierte Assistenzsysteme ist ein zentrales Forschungsfeld (Berente et al. 2021). Dieser Beitrag verfolgt das Ziel, die Potenziale KI-basierter Assistenzsysteme zu identifizieren, indem unterschiedliche Systemarten strukturiert und ihre Anforderungen an das betriebliche Wissensmanagement analysiert werden. Dabei werden sowohl operative als auch dispositive Assistenzsysteme betrachtet, wobei bestehende Herausforderungen wie Prozessdokumentation, Wissensbasis und Datenqualität im Fokus stehen. Abschließend werden die Ergebnisse reflektiert und Implikationen für Wissenschaft und Praxis abgeleitet.

2. Grundlagen zur Strukturierung von KI-basierter Assistenzsysteme

Die Systematisierung von KI-basierten Assistenzsystemen kann anhand zweier zentraler Dimensionen erfolgen: der Art der unterstützten oder übernommenen Aufgaben sowie des Grades der menschlichen Interaktion mit dem System. Während einige Assistenzsysteme eng in operative Abläufe eingebunden sind und konkrete Tätigkeiten ausführen, unterstützen andere dispositive Funktionen wie Analyse und Entscheidungsfindung. Ebenso variiert die menschliche Interaktion – von rein reaktiven Systemen, die ausschließlich auf Anweisungen reagieren, bis hin zu autonomen KI-Agenten mit antizipativen oder präskriptiven Fähigkeiten.

Diese beiden Dimensionen – Tätigkeitsart und Interaktionsgrad – ermöglichen eine gezielte Klassifikation von KI-basierten Assistenzsystemen. Im Folgenden wird dargelegt, wie diese Kategorien zur Analyse bestehender und zukünftiger Assistenzsysteme genutzt werden können.

2.1 Tätigkeitsart

Ein bewährter Ansatz aus der Betriebswirtschaftslehre unterscheidet zwischen operativen und dispositiven Tätigkeiten im betrieblichen Kontext (Gutenberg 1955, S. 208). Operative Tätigkeiten stehen in direktem Zusammenhang mit der Wertschöpfung, etwa in der Leistungserstellung, -verwertung oder finanziellen Abwicklung. Dispositive Tätigkeiten hingegen betreffen die Steuerung und Planung betrieblicher Abläufe.

Diese Unterscheidung findet sich auch in der Kategorisierung betrieblicher Informationssysteme wieder und lässt sich ebenso auf Assistenzsysteme übertragen (Baars & Kemper 2021). Durch ihre unterschiedliche Aufgabenstruktur bieten sich für beide Kategorien spezifische Einsatzfelder für KI-gestützte Assistenzsysteme.

2.2 Menschlicher Interaktionsgrad

Der Grad der menschlichen Interaktion mit einem KI-basierten Assistenzsystem ist ein zentraler Faktor für dessen Einsatzmöglichkeiten (Leonardi 2023). Während einige Systeme lediglich auf explizite Anweisungen reagieren, agieren andere in überwachender, antizipativer oder gar präskriptiver Weise und übernehmen Aufgaben mit unterschiedlichem Grad an Autonomie (Berente et al. 2021).

Diese Interaktionsgrade haben direkte Auswirkungen auf die Abhängigkeit von KI-Systemen und die Wahrung menschlicher Autonomie. Dabei sind die Kategorien „hoher“ und „niedriger“ Interaktionsgrad als konzeptionelle Extreme zu verstehen. In der Praxis existiert ein Kontinuum, auf dem sich reale KI-Systeme situativ anpassen und verschiedene Abstufungen der Interaktion aufweisen.

3. Potenziale KI-basierter Assistenzsysteme und exemplarische Beschreibung

Die zuvor eingeführten Dimensionen Tätigkeitsart (operativ vs. dispositiv) und menschlicher Interaktionsgrad (hoch vs. gering) ermöglichen eine gezielte Klassifikation von KI-basierten Assistenzsystemen. In der Folge ergeben sich vier generische Potenzialkategorien:

1. Ausführungsunterstützung (operativ, hoher Interaktionsgrad): Diese Assistenzsysteme unterstützen Mitarbeitende, indem sie relevante Informationen bereitstellen oder Arbeitsprozesse koordinieren. Sie greifen meist auf eine Vielzahl ablaufbezogener Datenquellen mit hoher Granularität zu.
2. Automatisierung (operativ, geringer Interaktionsgrad): Systeme dieser Kategorie übernehmen wiederkehrende Aufgaben mit klar definierten Regeln und minimaler menschlicher Interaktion.
3. Entscheidungsunterstützung (dispositiv, hoher Interaktionsgrad): Diese Systeme analysieren heterogene Daten unterschiedlicher Aggregationsebenen und unterstützen menschliche Entscheider bei der Planung oder Optimierung von Abläufen.
4. Autonomisierung (dispositiv, geringer Interaktionsgrad): Diese Systeme treffen eigenständige Schlussfolgerungen und passen sich an komplexe Kontexte an, indem sie verschiedene Datenquellen verarbeiten und tief in bestehende Infrastrukturen integriert sind.

Die folgende Abbildung 1 stellt diese Kategorien schematisch dar und ordnet ihnen jeweils ein Praxisbeispiel zu.

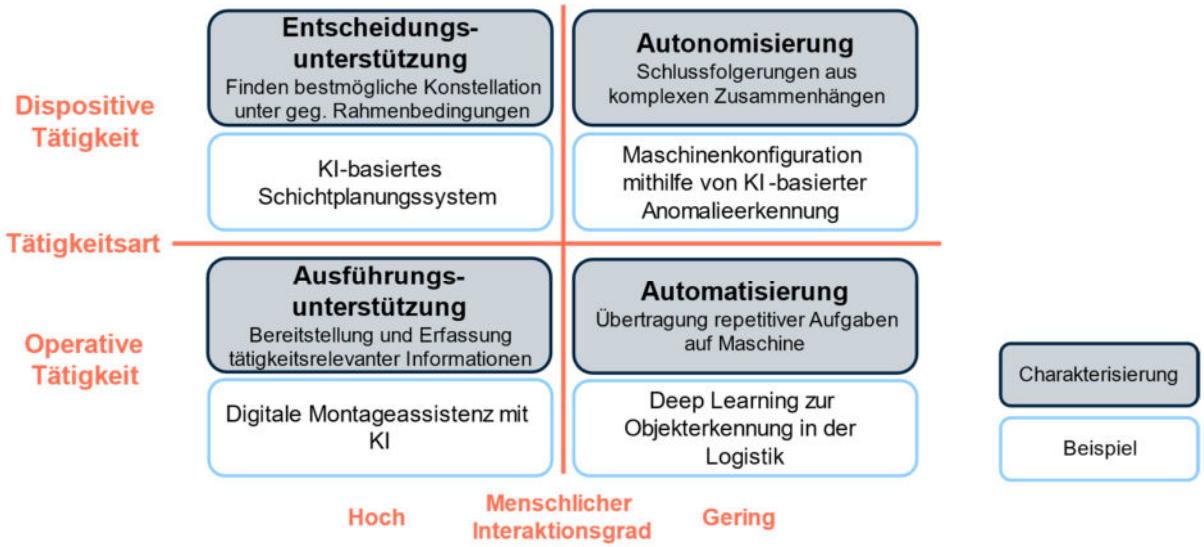


***Abbildung 1**: Strukturierung von Potenzialen KI-basierter Assistenzsysteme*

3.1 Ausführungsunterstützung – Bereitstellung und Erfassung tätigkeitsrelevanter Informationen

Assistenzsysteme dieser Kategorie helfen Mitarbeitenden bei der Ausführung operativer Tätigkeiten, indem sie relevante Informationen bereitstellen oder Prozess–schritte überwachen. Ein Beispiel hierfür ist die KI-basierte Montageassistenz, die Arbeitsschritte in Echtzeit validiert und Feedback gibt. Durch den Abgleich von Sensor- oder Kameradaten mit definierten Soll-Zuständen können fehlerhafte Montageschritte

erkannt und korrigierende Hinweise gegeben werden (Terstegen & Link 2022).

Der Hauptnutzen dieser Systeme liegt in der Qualitätssicherung, der Fehlerminimierung und der Unterstützung weniger erfahrener Mitarbeitender bei komplexen Aufgaben.

3.2 Automatisierung – Übertragung repetitiver Aufgaben auf die Maschine

KI-gestützte Automatisierungssysteme übernehmen klar definierte, repetitive Aufgaben, die zuvor manuell ausgeführt wurden. Ein typisches Beispiel ist die visuelle Objekterkennung in der Logistik, bei der KI-Modelle Pakete anhand von Bildverarbeitungstechnologien identifizieren und klassifizieren (Terstegen & Link 2022).

Durch den Einsatz von Deep Learning können auch überlappende oder unregelmäßig platzierte Objekte zuverlässig erkannt werden, wodurch manuelle Kontrollprozesse entfallen. Der Nutzen dieser Systeme liegt primär in der Effizienzsteigerung, der Fehlerreduktion und der Beschleunigung standardisierter Abläufe.

3.3 Entscheidungsunterstützung – Finden bestmöglicher Konstellationen unter gegebenen Rahmenbedingungen

Entscheidungsunterstützende KI-Systeme optimieren betriebliche Abläufe, indem sie auf Basis verfügbarer Daten die bestmöglichen Handlungsoptionen berechnen. Ein Beispiel ist die KI-gestützte Schichtplanung, die Verfügbarkeiten von Mitarbeitenden, Maschinenlaufzeiten und Qualifikationen berücksichtigt, um Dienstpläne effizient zu gestalten (Terstegen & Link 2022).

Das System analysiert bestehende Planungsmuster und generiert alternative Vorschläge zur optimalen Ressourcennutzung. Der Hauptnutzen dieser Systeme liegt in der Reduzierung manueller Planungsaufwände und der Optimierung betrieblicher Prozesse.

3.4 Autonomisierung – Schlussfolgerungen aus komplexen Zusammenhängen

Systeme dieser Kategorie sind in der Lage, selbstständig Schlussfolgerungen aus komplexen Zusammenhängen zu ziehen. Ein Beispiel ist die KI-basierte Anomalieerkennung in der Maschinensteuerung, die Sensordaten analysiert, um Abweichungen im Produktionsprozess zu identifizieren. Basierend auf diesen Erkenntnissen passt das System Maschinenparameter automatisch an, um Fehler frühzeitig zu erkennen und Stillstandzeiten zu minimieren (Terstegen & Link 2022).

Der Mehrwert liegt in der kontinuierlichen Prozessoptimierung, der Reduktion von Ausschuss und der Steigerung der Betriebseffizienz durch adaptive Steuermechanismen.

Aus der Tätigkeitsart eines Assistenzsystems ergeben sich spezifische Herausforderungen in der Wissensaufbereitung, die eng mit der Datenverfügbarkeit verknüpft sind (vgl. Abbildung 2):

1. Angemessene Prozessdokumentation: Die Qualität der Unterstützung oder Automatisierung operativer Vorgänge hängt maßgeblich von der Verfügbarkeit detaillierter, granularer Daten zu Prozessen und Fertigungsabläufen ab. Ein Echtzeitzugriff auf diese Daten ist essenziell, um eine adäquate Prozessdokumentation sicherzustellen und eine präzise Unterstützung zu gewährleisten.
2. Struktur der Wissensbasis: Für dispositive Tätigkeiten ist die Strukturierung der

Wissensbasis entscheidend, da sie die Qualität sowohl menschlicher als auch maschineller Entscheidungen beeinflusst. Hierfür sind oft verdichtete, transformierte Daten sowie Metadaten erforderlich, die als beschreibende Kontextinformationen dienen (Baars & Kemper 2021).

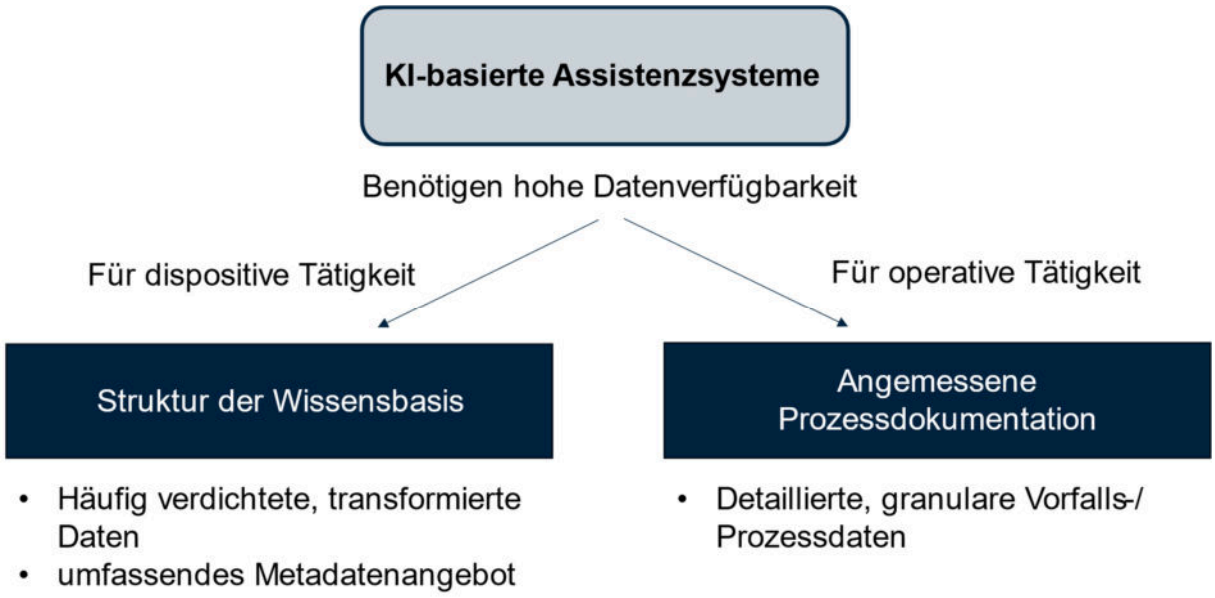


***Abbildung 2**: Herausforderungen hinsichtlich der Datenverfügbarkeit*

4. Diskussion und Ausblick

KI-gestützte Assistenzsysteme sind als komplexe soziotechnische Systeme zu verstehen, die nicht nur technische Herausforderungen mit sich bringen, sondern auch tief in die Interaktion zwischen Mensch und Maschine sowie die organisationale Einbettung eingebunden sind. Ihre erfolgreiche Implementierung hängt davon ab, wie sie in bestehende Arbeitsprozesse integriert werden und welche Akzeptanz sie bei den Beschäftigten finden.

Ein zentrales Einsatzfeld dieser Systeme ist die Bewältigung des Fachkräftemangels, insbesondere in Bereichen mit wissensintensiven oder repetitiven Aufgaben. Assistenzsysteme können zur Qualifikationsentwicklung beitragen, indem sie digitale Unterstützung in Entscheidungsprozessen (dispositive Tätigkeiten) oder in der operativen Ausführung bieten. Dies ermöglicht Unternehmen, Fachkräfte effizienter einzusetzen und neue Mitarbeitende schneller einzuarbeiten.

Die Einführung solcher Systeme ist jedoch mit Herausforderungen verbunden. Eine zentrale Hürde besteht in der Verfügbarkeit und Qualität von Daten. Während operative Assistenzsysteme eine detaillierte Prozessdokumentation erfordern, sind für dispositive Systeme strukturierte Wissensbasen notwendig. Ebenso spielt die Akzeptanz der Beschäftigten eine entscheidende Rolle. Damit KI-Assistenzsysteme als Unterstützung und nicht als Bedrohung wahrgenommen werden, sind transparente Kommunikation, partizipative Implementierungsstrategien und gezielte Weiterbildungsmaßnahmen erforderlich.

Mit der hier vorgeschlagenen Klassifikation entlang der Dimensionen Tätigkeitsart und Interaktionsgrad wird ein Beitrag zur wissenschaftlichen Diskussion über KI-ba-

sierte Assistenzsysteme geleistet. Sie erlaubt eine gezieltere Analyse und hilft Unternehmen, die passende Art von Assistenzsystemen zu identifizieren, um Automatisierungspotenziale zu nutzen und Investitionsrisiken zu minimieren. Besonders für Branchen mit hohem Fachkräftemangel können diese Systeme dazu beitragen, Kapazitäten zu erweitern, ohne die Abhängigkeit von schwer zu besetzenden Stellen zu erhöhen.

Die vorliegende Arbeit entwickelt einen ersten Strukturierungsansatz zu KI-basierten Assistenzsystemen, wobei die betrachteten Praxisbeispiele begrenzt sind. Eine weiterführende Analyse realer Implementierungen könnte die Anwendbarkeit der Klassifikation validieren. Besonders vielversprechend erscheint die Erforschung hochautonomer Assistenzsysteme, die nicht nur Entscheidungsunterstützung bieten, sondern auch neue Formen der Mensch-KI-Kooperation ermöglichen.

Zusammenfassend verdeutlicht dieser Beitrag die Potenziale KI-gestützter Assistenzsysteme zur Bewältigung des Fachkräftemangels und zur Optimierung betrieblicher Prozesse. Gleichzeitig werden Herausforderungen skizziert, die für Forschung und Praxis von Bedeutung sind.

5. Literatur

Baars H, Kemper HG (2021) Business Intelligence & Analytics–Grundlagen und praktische Anwendungen.

Berente N, Gu B, Recker J, Santhanam, R (2021) Managing Artificial Intelligence. MIS quarterly, 45(3).

Gutenberg E (1955) Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. Band 1: Die Produktion.

Imorde J, Steireif N, Willemsen F, Kranz M, Mütze-Niewöhner S (2023) Intelligente Assistenzsysteme in der Produktion: eine Interviewstudie mit Betriebsratsmitgliedern zu Fragen der Beteiligung, des Nutzens und der Arbeitsgestaltung. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hg.): Nachhaltig Arbeiten und Lernen. Analyse und Gestaltung lernförderlicher und nachhaltiger Arbeitssysteme und Arbeits- und Lernprozesse. 69. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. Hannover, Germany, March 03-08.

Leonardi P (2023) Helping Employees Succeed with Generative AI: How to manage performance when new technology brings constant and unpredictable change. Harvard Business Review, 49-53.

Minsky M (1969) Semantic information processing.

Peichl A, Sauer S, Wohlrabe K (2022) Fachkräftemangel in Deutschland und Europa – Historie, Status quo und was getan werden muss, ifo Schnelldienst, 75(10), 70-75.

Terstegen S, Link J (2022) Künstliche Intelligenz. Grundlagen, Anwendungen und Praxisbeispiele. Accessed January 31, 2025. https://www.arbeitswissenschaft.net/fileadmin/Downloads/Angebote_und_Produkte/Broschueren/ifaa_Praxisbroschuere_KI_2022.pdf.

Vladova G, Gronau N, Rüdian S (2019) Wissenstransfer in Bildung und Weiterbildung: Der Beitrag Künstlicher Intelligenz. Digitale Transformation–Gutes Arbeiten und Qualifizierung Aktiv Gestalten, 89-106.

Danksagung: Ein besonderer Dank gilt der Dieter Schwarz Stiftung für die Förderung des Projekts „SKIA – Sichere Einführung KI-basierter Assistenzsysteme“, das die Grundlage für die hier präsentierten Erkenntnisse bildet.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Konzeptueller Ansatz zur Beherrschung komplexer Fragestellungen beim Einsatz von digitalen Assistenzsystemen

Dorothea SCHNEIDER, Hannah KNOBLOCH

Professur für Werkzeugmaschinenentwicklung und adaptive Steuerungen, Institut für Mechatronischen Maschinenbau, Technische Universität Dresden, D-01062 Dresden

Kurzfassung: Dieser Artikel beschreibt den Aufbau und die Nutzung einer flexiblen Wissensbasis als zentralen Bestandteil eines konzeptionellen Ansatzes zur Unterstützung der Einführung digitaler Assistenzsysteme. Die Architektur adressiert die Komplexität und Dynamik von Systeminnovationen, indem sie Informationsfragmente systematisch sammelt, verknüpft und zu komplexem Wissen zusammenführt. Durch intensive Interaktionen mit den Nutzern der Wissensbasis, einschließlich Kreativtechniken und Workshopformaten, wird die Relevanz und Anwendbarkeit der Inhalte sichergestellt. Gleichzeitig fördert der Ansatz die Entwicklung von Kompetenzen, die über die reine Wissensvermittlung hinausgehen.

Schlüsselwörter: Action Design Research, Wissensmanagement, Nutzerzentrierung

1. Einleitung

Digitalisierung, künstliche Intelligenz und neue Technologien verändern Produktionsarbeitsplätze und bieten Möglichkeiten, wie die Behebung des Fachkräftemangels durch digitale Assistenzsysteme, aber auch Herausforderungen wie Sicherheitsrisiken in den Bereichen IT und Infrastruktur. Für eine erfolgreiche Einführung digitaler Assistenzsysteme, ist es wichtig unter allen Beteiligten Akzeptanz für solche neuen Technologien zu schaffen, und das notwendige Wissen und insbesondere die Kompetenz für einen sicheren Umgang mit dem eingeführten System zu vermitteln (Pokorni et al. 2021). Verschiedene Interessengruppen wie Maschinenbediener und das Management haben unterschiedliche Bedürfnisse, die maßgeschneiderte Ansätze für die Wissensvermittlung erfordern.

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) haben oft Schwierigkeiten, auf relevante Informationen zu Themen wie IT-Sicherheit, Datenschutz und digitale Tools zuzugreifen und diese zu filtern. Die Ressourcen sind entweder zu stark vereinfacht (z. B. Broschüren) oder zu technisch, wie das IT-Grundschutz-Kompendium (BSI & Schildt 2023) oder Normschriften (Niemann & Kobes 2024; DIN EN ISO/IEC 27000 2018). Daher ist ein Ansatz wichtig, der beschreibt, wie auf bestimmte Anwendungsfälle und Personengruppen zugeschnittene Inhalte sinnvoll zusammengestellt und vermittelt werden können.

Die vorgeschlagene Architektur kombiniert benutzerzentrierte Interaktionselemente mit einer anpassungsfähigen Wissensdatenbank, um fragmentierte Informationen in verwertbares Wissen umzuwandeln. Mithilfe von Action Design Research wurde das System als Prototyp entwickelt und durch iterative Eingriffe verfeinert. Es integriert Literaturrecherche mit interaktiven Workshops und schafft so ein Gleichgewicht

zwischen dem „Pull“-Prinzip für die Relevanz für die Benutzer und dem „Push“-Prinzip für die proaktive Bereitstellung von Wissen.

Implementiert wurde der entwickelte Ansatz in der letzten Interventionsstufe mithilfe von teilstrukturierten Interviews, eines mehrstufigen Workshop-Konzepts und einer lokal verwalteten Wissensbasis, auf deren Aufbau und Nutzung der Fokus dieser Arbeit liegt.

2. Methodik

(Venable 2006) skizziert die Beziehung zwischen dem Problem- und dem Lösungsraum unter Verwendung von *Utility Theories*. Der *Problemraum* konzentriert sich auf die Probleme, die ein technologischer Ansatz angehen soll, einschließlich der Beziehungen zwischen seinen Konzepten (z. B. Aggregation, Generalisierung, Kausalzusammenhänge). Der *Lösungsraum* definiert die Schlüsselaspekte der vorgeschlagenen Lösung. Utility Theories überbrücken diese Räume, indem sie technologische Konzepte mit spezifischen Problemaspekten verknüpfen und Kriterien verwenden, um die Abstimmung zwischen ihnen zu verbessern. Diese Kriterien spiegeln die Anforderungen, Fragen und Kontexte der Benutzer wider, die sich in ihrer Bedeutung unterscheiden oder innerhalb des Problemraums bereits erfüllt sind. Der Lösungsraum, der potenzielle Technologien beschreibt, muss die kritischen Kriterien berücksichtigen, während weniger relevante Kriterien außer Acht gelassen werden können.

Das *UAI-Paradigma* (Wiemer et al. 2023) bietet strukturierte Kriterien wie Verständlichkeit, Erklärbarkeit, Übertragbarkeit und Interoperabilität, die die Abstimmung zwischen Problem- und Lösungsraum verbessern. Die gezielte Berücksichtigung dieser Kriterien fördert die Entwicklung von Technologien, die auf spezifische Anwendungsbedürfnisse zugeschnitten sind.

Um die Integration digitaler Assistenzsysteme zu unterstützen, müssen Maßnahmen den Problemraum, einschließlich der Benutzer, Entwickler und des Anwendungskontextes, tiefgehend charakterisieren und gleichzeitig interaktiv eine Wissensbasis aufrechterhalten, die Problem- und Lösungsräume miteinander verbindet. Diese Wissensbasis umfasst externe Daten, methodisches Wissen und neu gewonnene Erkenntnisse und expliziert damit auch bisher implizites Fachwissen. Das Metadatenmanagement stellt die Abstimmung zwischen problem- und lösungsrelevanten Aspekten sicher.

Das vorgestellte Konzept wurde dem Forschungsdesign des Design Science Research (DSR) (Peffers et al. 2008) folgend entwickelt und mithilfe eines Action Design Research (ADR) (Sein et al. 2011; Mullarkey & Hevner 2019) Ansatzes verfeinert. Der iterative ADR-Prozess umfasst Zyklen der Problemformulierung, Artefakterstellung, Evaluierung und des Lernens, wobei die Anwendung durch kontextbezogene Interventionen iterativ verfeinert wird. (Mullarkey & Hevner 2019) empfehlen mindestens vier Zyklen; in diesem Projekt sind die Diagnose- und Entwurfszyklen abgeschlossen, während die Umsetzung und Weiterentwicklung noch andauern.

3. Hintergrund

Wissen ist eine wichtige Ressource für Unternehmen, und ein effektives *Wissensmanagement* unterstützt alle Abteilungen, indem es Daten und Informationen in verwertbares Wissen umwandelt (Schneider & Kusturica 2021). Durch die Kombination von Wissen mit Fähigkeiten und Fertigkeiten entstehen *Kompetenzen*, die als „gebrauchsfertiges Wissen“ bezeichnet werden. Dazu gehört die Fähigkeit und Bereitschaft, Aufgaben selbstständig und methodisch anzugehen und die Ergebnisse angemessen zu bewerten (BMBF 2013).

Die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Mitarbeiter sind für die praktische Anwendung ebenso entscheidend wie das Wissen. Daher muss Wissensmanagement über die Organisation von Wissen hinausgehen, um den individuellen Bedürfnissen der Mitarbeiter gerecht zu werden. Ein auf den Menschen ausgerichteter Ansatz fördert die aktive Beteiligung und stimmt den Wissensaustausch auf die praktischen Fähigkeiten und Erfahrungen der Mitarbeiter ab, wodurch die Entwicklung von Potenzialen gefördert wird.

Der Begriff „Wissen“ variiert je nach Fachrichtung und es gibt keine allgemeingültige Definition. Eine gängige Kategorisierung unterscheidet zwischen *explizitem* und *implizitem* Wissen (Nonaka et al. 1997). Explizites Wissen ist formalisiert, kontextfrei und leicht übertragbar, während implizites Wissen in persönlichen Erfahrungen wurzelt, oft unbewusst, kontextspezifisch und schwer zu formalisieren ist (Stary et al. 2012). Für implizites Wissen sind spezielle Methoden erforderlich, um es zu erkennen, zu extrahieren und zu teilen.

In diesem Kontext spielt *Lambda-Wissen* eine wichtige Rolle. Lambda-Wissen befasst sich mit dem „Wie“, indem es Methoden und Prozessmodelle für die Generierung, Bewahrung und Weitergabe von Wissen in organisatorischen Kontexten bereitstellt. Diese Methoden bilden die Grundlage für effektive Wissensmanagementstrategien, die für die Förderung von Innovationen von entscheidender Bedeutung sind, insbesondere in KMU, die maßgeschneiderte Lösungen benötigen (García-Piqueres et al. 2019; Gregor & Hevner 2013).

Wissensmanagement zielt nicht nur auf die Verwaltung von explizitem Wissen ab, sondern auch auf die Explikation und Integration von implizitem und Erfahrungswissen. Herkömmliche Quellen erfassen oft nicht das gesamte in der Praxis benötigte Domänenwissen. Diese Lücke kann durch *interaktive, menschenzentrierte Wissensvermittlung* unter Einbeziehung von Nutzern und Entwicklern digitaler Assistenzsysteme geschlossen werden. Dies wird ermöglicht durch das Konzept der interaktiven Wissensbereitstellung in kollaborativen interdisziplinären Workshopformaten (Yasuoka et al. 2024) unter Einbeziehung diverser geeigneter Interaktionskonzepte wie beispielsweise des Forschenden Lernens (Maaß & Doorman 2013) oder des Design Thinking (Becker et al. 2020).

Darüber hinaus kommt der Beschreibung und greifbaren Aufbereitung sowie Abstraktion von *Use-Cases* eine große Bedeutung zu. Diese enthalten spezifisches Domänen- und Kontextwissen, das in konventionellen Quellen üblicherweise fehlt und schwer zu transportieren ist. Die Herausforderung liegt darin, dieses Wissen in ein formalisiertes System zu überführen, ohne den praktischen Kontext und die Nuancen zu verlieren, die es so wertvoll machen.

4. Ergebnisse

4.1 Erfassen von Informationen

Die systematische Sammlung textbasierter Informationen beginnt mit Referenzverwaltungstools wie Zotero (Corporation for Digital Scholarship 2024), die die Metadatenerfassung, die cloudbasierte Zusammenarbeit und die Integration mit Datenverwaltungstools erleichtern. Alternativen sind Mendeley, Citavi oder Git-basierte Versionierungssysteme zur Organisation von Informationsquellen. Ein effizienter Workflow zur Informationserfassung umfasst drei Schritte (Abbildung 1):

- Kumulation: Sammeln relevanter Quellen und deren Integration in Zotero.
- Aggregation: Verarbeitung von Dokumenten durch Lesen, Kommentieren und Extrahieren wichtiger Erkenntnisse.
- Synthese: Finalisierung verarbeiteter Dokumente für die weitere Verwendung.

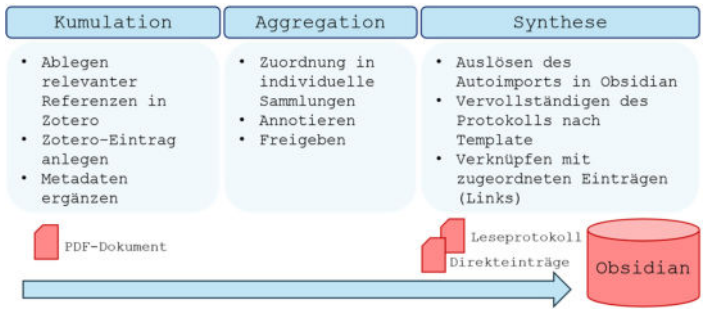


***Abbildung 1**: Vereinfachte Darstellung des Workflows zur Informationserfassung.*

4.2 Verarbeitung von Informationen

Eine effektive Strukturierung und Kategorisierung von Daten ist für die Ableitung von umsetzbarem Wissen unerlässlich. Obsidian (Obsidian 2025), ein flexibles, auf Markdown basierendes Wissensmanagement-Tool, unterstützt die nicht-hierarchische Verknüpfung von Notizen und fördert dynamische Strukturen für komplexe Themen. Obwohl Obsidian sich durch seine Anpassungsfähigkeit auszeichnet, kann das Fehlen gerichteter Beziehungen die Darstellung von Ursache-Wirkungs-Hierarchien einschränken. Alternativen wie OneNote, Notion und Logseq bieten teils erweiterte Funktionen für die Zusammenarbeit und die Integration von verschiedenen Medientypen, während Obsidian durch seinen Fokus auf Text und einfache Verlinkungen eine hohe Durchsuchbarkeit und Systemübertragbarkeit ermöglicht.

4.3 Verknüpfung von Informationen

Synthese-Einträge stellen Verbindungen zwischen Artikeln, Themen oder Datensätzen her. Diese Verknüpfungen ermöglichen ganzheitliche Perspektiven auf zentrale Themen. Tools wie NotebookLM oder ChatGPT unterstützen die Synthese weiter, indem sie den manuellen Aufwand reduzieren. Strukturiertes Tagging – über Glossare, Taxonomien oder Ontologien – gewährleistet eine konsistente Kategorisierung und Zugänglichkeit. Ontologien, die hierarchische oder vernetzte Beziehungen definieren, bieten erweiterte Strukturierungs- und Analysefunktionen. In diesem Projekt wurde hierfür eine themenbezogene Ontologie (Herzog et al. 2007) angepasst und erweitert.

4.4 Nutzung der Wissensbasis

Die Wissensdatenbank muss eine intuitive Interaktion unterstützen, wobei der gezielte Informationsabruf durch hinterlegte Metadaten (z. B. zu Branchen, Unternehmensgrößen, Themenaspekten) ermöglicht wird. Schlagwörter zu Themen wie künstliche Intelligenz oder Cybersicherheit erhöhen die Relevanz, während abstrahierte Use-Cases Kontextwissen vermitteln. Interaktive Workshops gehen auf unternehmensspezifische Bedürfnisse ein, indem sie implizites Wissen durch Expertendialoge extrahieren und umsetzbare Erkenntnisse generieren. Neu entwickeltes Wissen – wie z. B. angereicherte Anwendungsfälle – wird iterativ in die Wissensdatenbank eingespeist.

4.5 Implementierung und Nutzerfeedback

Die Entwicklung des Artefakts wurde über einen Action-Design-Research-Ansatz (ADR) umgesetzt, der iterative Zyklen von Intervention und Verfeinerung umfasst:

- Intervention 1. Form: Simulation in Form eines Rollenspiels innerhalb des Projektteams; Nutzereinbeziehung: teilstrukturierte Interviews zur Erfassung von Informationen zum Problemraum; Feedback: Inflexibilität des Interviewleitfadens.
- Intervention 2. Form: Test mit Ingenieuren; Nutzereinbeziehung: Workshopformat; Feedback: Inhalt der Datenbank entweder zu spezifisch oder nicht zielgerichtet genug.
- Intervention 3: Form: KMU-Intervention; Nutzereinbeziehung: vierstufiger Prozess der Benutzerinteraktion
  - Kick-off-Meeting: Impulsvortrag, teilstrukturierte Interviews.
  - Workshop 1: Problem- und Lösungsraumbeschreibung und Ideenfindung durch Kreativitätstechniken.
  - Workshop 2: Ausgewählte Anwendungsfälle wurden interaktiv in Formaten wie Planspielen und anhand von Canvases weiterentwickelt.
  - Abschluss-Meeting: Dokumentation über ein digitales Wiki mit Workshop-Ergebnissen, angereicherten Lösungen, SWOT-Analysen und Empfehlungen zu nächsten Schritten.

  Feedback: sehr positiv, Kritik an Bias durch Zusammensetzung der Teilnehmer.

5. Diskussion

Das vorgestellte Konzept beschreibt das proaktive Wissensmanagement für die Unterstützung der Entwicklung komplexer Lösungen. Durch iterative Weiterentwicklung des Konzepts in realen Anwendungskontexten wurde ein Ansatz zur nutzerzentrierten Co-Kreation entwickelt.

Die Interventionen zeigten jedoch Herausforderungen, insbesondere bei der Berücksichtigung spezifischer Informationsbedarfe und Nutzergruppen. Diese Erkenntnisse unterstreichen die Notwendigkeit einer sensiblen Gestaltung der Interaktionsmethoden und einer kontinuierlichen Anpassung der Wissensbasis.

Eine Weiterentwicklung des Systems könnte durch rollenspezifische, kontextbezogene Sichten und KI-gestützte Automatisierung, z. B. durch Large Language Models (LLMs), realisiert werden. Dies würde den manuellen Aufwand reduzieren und die

Qualität der Wissensbasis steigern. Eine webbasierte Umsetzung mit interaktiven Visualisierungen oder dynamischen Dashboards könnte die Zusammenarbeit in Teams fördern und die Funktionalität erweitern.

Der Ansatz ist vielseitig und auf andere Anwendungsbereiche wie Forschungsprojekte oder institutionelle Fragestellungen übertragbar. Somit bietet der beschriebene Ansatz wertvolle Einblicke für zukünftige Forschungsarbeiten und die Entwicklung flexibler, nutzerzentrierter Wissensmanagementlösungen.

6. Literatur

Becker F, Meyer M, Redlich B, Siemon D, Lattemann C (2020) Open KMU: Mit Action Design Research und Design Thinking gemeinsam innovieren. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 57(2), 274–284. https://doi.org/10.1365/s40702-020-00604-z.

BSI, Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, Schildt H (Eds.) (2023) IT-Grundschutz-Kompendium. Bundesanzeiger-Verlag.

BMBF, Bundesministerium für Bildung und Forschung (2013) Der Deutsche Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen. https://www.dqr.de.

Corporation for Digital Scholarship (2024) Zotero, 7.0.11. Vienna, VA USA. https://www.zotero.org/.

DIN EN ISO/IEC 27000:2018 (2018) Informationssicherheit – Managementsysteme – Grundlagen und Begriffe. Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN).

García-Piqueres G, Serrano-Bedia AM, Pérez-Pérez M (2019) Knowledge Management Practices and Innovation Outcomes: The Moderating Role of Risk-Taking and Proactiveness. Administrative Sciences, 9(4). https://doi.org/10.3390/admsci9040075.

Gregor S, Hevner AR (2013) Positioning and presenting design science research for maximum impact. MIS Quarterly, 337–355.

Maaß K, Doorman M (2013) A model for a widespread implementation of inquiry-based learning. ZDM, 45(6), 887–899. https://doi.org/10.1007/s11858-013-0505-7.

Mullarkey MT, Hevner AR (2019) An elaborated action design research process model. European Journal of Information Systems, 28(1), 6–20. https://doi.org/10.1080/0960085X.2018.1451811.

Niemann KH, Kobes P (2024) ISO 27000 oder IEC 62443?: Wie man beide Normreihen sinnvoll für die OT-Security kombiniert. atp magazin, 66(3), 60–67. https://doi.org/10.17560/atp.v66i3.2706.

Nonaka I, Takeuchi H, Mader F (1997) Die Organisation des Wissens: Wie japanische Unternehmen eine brachliegende Ressource nutzbar machen.

Obsidian (2025) Accessed Jan 28, 2025. ttps://obsidian.md/.

Peffers K, Tuunanen T, Rothenberger M, Chatterjee S (2008) A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. Journal of Management Information Systems, 24(3), 45–78.

Pokorni B, Braun M, & Knecht C (2021) Menschzentrierte KI-Anwendungen in der Produktion. Fraunhofer IAO. https://doi.org/10.24406/publica-fhg-300817.

Schneider D, Kusturica W (2021) Towards a Guideline Affording Overarching Knowledge Building in Data Analysis Projects. Business Information Systems, 49–59. https://doi.org/10.52825/bis.v1i.56.

Sein MK, Henfridsson O, Purao S, Rossi M, Lindgren R (2011) Action Design Research. MIS Quarterly, 35(1), 37. https://doi.org/10.2307/23043488.

Stary C, Maroscher M, Stary E (2012) Wissensmanagement in der Praxis: - Methoden—Werkzeuge—Beispiele. Carl Hanser Verlag GmbH & Company KG.

Venable JR (2006) The Role of Theory and Theorising in Design Science Research. First International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology.

Wiemer H, Schneider D, Lang V, Conrad F, Mälzer M, Boos E, Feldhoff K, Drowatzky L, Ihlenfeldt S (2023) Need for UAI–Anatomy of the Paradigm of Usable Artificial Intelligence for Domain-Specific AI Applicability. Multimodal Technologies and Interaction, 7(3), 27. https://doi.org/10.3390/mti7030027.

Yasuoka M, Nakatani M, Taoka Y, Hamaguchi N (2024) Interactivity Matters – A Role of External Representations in Knowledge Transfer During Participatory Design Workshops. Proceedings of the 57th Hawaii International Conference on System Sciences.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Identifizierung von Fehlern bei der Erstellung von Prozessmodellen mittels Process Mining

Sven TACKENBERG[1], Marvin Goppold[2], Sönke Duckwitz[1]

[1] Labor für Industrial Engineering, Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Campusallee 12, D-32657 Lemgo
[2] Zeppelin Rental GmbH, Graf-Zeppelin-Platz 1, D-85748 Garching

Kurzfassung: Die Möglichkeiten von Process Mining Werkzeugen zur automatischen Erzeugung von Arbeits- und Geschäftsprozessmodellen erweitern sich kontinuierlich. Diese Modelle haben eine hohe Bedeutung für das Wissensmanagement und die Verbesserung inner- und überbetrieblicher Geschäftsmodelle. Eine hohe Modellqualität liegt dann vor, wenn eine Konformität des Prozessmodells mit der Syntax der verwendeten graphischen Beschreibungssprache und der semantischen Korrektheit besteht, die zu einer angemessenen Übereinstimmung mit dem modellierten Realweltausschnitt führt. Die algorithmenbasierte Erzeugung von Geschäftsprozessmodellen erfordert aber oftmals eine Revidierung, Verbesserung und Ergänzung von Wissen durch den Menschen. Für den Beitrag ist aus bestehenden Log-Dateien ein graphisches eEPK-Prozessmodell erzeugt worden, welches semantische und notationsbezogene Fehler aufweist. In einer Laborstudie wurde anschließend untersucht, in welchem Umfang Menschen anhand von verschiedenen Formen einer Prozessdarstellung die in einem graphischen Prozessmodell enthaltenen Fehler identifizieren und beheben können.

Schlüsselwörter: Prozessmodellierung, Prozessqualität, eEPK, Empirie

1. Einleitung

Die automatische Modellierung von Workflows auf der Grundlage von Eventlogs der in Unternehmen eingesetzten IT-Systeme unterstützt die Identifizierung und Behebung von Verschwendungen. Ein von Thiede et al. (2018) durchgeführtes Literaturreview kommt beispielsweise zu dem Ergebnis, dass ein algorithmusgestütztes Erzeugen von Prozessmodellen durch Methoden des Process Mining einen wesentlichen Beitrag leisten kann, informelle Abläufe im Unternehmen zu identifizieren. Um die mit einer Prozessmodellierung intendierten Ziele zu erreichen, bedarf es der Konformität des entwickelten Modells mit der Syntax der verwendeten graphischen Modellierungssprache sowie der semantischen Korrektheit (Schlick et al. 2011). Letztere umfasst die Übereinstimmung des Modells mit dem abgebildeten Realweltausschnitt unter Berücksichtigung dreier Modellmerkmale nach Stachowiak (1973).

Es besteht heute eine Vielzahl an Softwarewerkzeugen für das Erzeugen von Prozessmodellen aus sogenannten Event-Logs. Eine Übersicht über die Werkzeuge und deren betrieblichen Einsatz gibt van der Aalst (2022). Die von Reinkemeyer (2020) dargestellten Anwendungsfälle zeigen aber auch auf, dass die erzeugten Prozessmodelle aufgrund der verwendeten Datengrundlage der Vorsysteme und der Funktionsweise der Algorithmen einen Workflow unvollständig oder fehlerhaft darstellen können.

Eine mangelnde Modellierungsqualität kann aber dazu führen, dass Verschwendungen und bestehende Potentiale nicht aufgedeckt werden oder durch enthaltene Fehler keine Nutzung der Prozessmodelle erfolgt.

Eine Untersuchung der Fähigkeiten und Fertigkeiten von Menschen zur Identifizierung und Behebung von Fehlern in Prozessmodellen erscheint insbesondere vor dem Hintergrund des zunehmenden Einsatzes von Methoden des Process Mining sinnvoll. Gelingt es durch eine vom Menschen vorgenommene Nacharbeit, die Qualität der automatisch erzeugten Prozessmodellen angemessen zu erhöhen, so reduziert dies den Aufwand einer Prozessmodellierung für Unternehmen erheblich. Zudem kann der Mensch kontextbezogenes Prozesswissen und Berufserfahrung im Rahmen der Überarbeitung zielgerichtet einbringen.

2. Prozessmodellierung – eine kurze Einführung

Als Prozessmodellierung wird die Transformation eines geplanten oder bereits existierenden Ablaufs von Aufgaben in ein beschreibendes Modell verstanden (Claes et al. 2015). Bei der konventionellen Prozessmodellierung erheben Modellierende die für den Untersuchungsgegenstand relevanten Prozessinformationen (Daten) mittels Befragungen, Beobachtungen und der Analyse von Dokumentationen. Während des Prozesses der Modellierung erfolgen persönliche Interaktionen, Informationsverarbeitungsprozesse und Dokumentationen, die zu einem digitalen Prozessmodell führen (Schlick et al. 2011). Dessen Qualität ist durch die syntaktische und semantische Korrektheit sowie Verständlichkeit bestimmt (Schlick et al. 2011). Genügt ein von Process Mining Algorithmen erzeugtes Prozessmodell diesen Qualitätskriterien nicht, so werden nachfolgende Schachstellenanalysen und Prozessverbesserungen auf einer falschen Informationsgrundlage getroffen und sind wenig aussagekräftig. Für die Identifizierung von Fehlern und die Ableitung von Verbesserungen ist der Aufbau eines mentalen Modells des entsprechenden Realweltausschnitts erforderlich.

Eine Metrik zur Klassifizierung von Fehlern in Prozessmodellen ist das Schema nach Schlick et al. (2011). Das Schema beschreibt das Verhalten einer Person bei der Erstellung eines Prozessmodells und differenziert nach Auslassungs- und Ausführungsfehler (Rasmussen 1987). Gegenstand der Bewertung sind die Aktivität und die Relation des Kontrollflusses zwischen Aktivitäten, da diese die Struktur und den Informationsgehalt der graphischen Prozessdarstellung maßgeblich determinieren.

3. Empirische Untersuchung – eine Vorstudie

3.1 Zielsetzung und Stichprobe

Ziel der Vorstudie ist ein Erkenntnisgewinn, inwieweit Menschen in der Lage sind, verschiedene Ausprägungen von Fehlern in einem Prozessmodell zu identifizieren und zu beheben, so dass hieraus eine semantische und syntaktische Korrektheit des Modells resultiert. Ferner betrachtet die Studie den Einfluss verschiedener Repräsentationsformen von Prozessinformationen auf die Möglichkeit, Fehler zu identifizieren.

An der Untersuchung nahmen 30 Studierende der TH OWL teil. Die Teilnehmenden hatten vor Durchführung der Studie alle die Lehrveranstaltung zur Prozessmodellierung im Modul Betriebsorganisation besucht. Die Vorstudie war Bestandteil der Lehrveranstaltung.

3.2 Unabhängige und abhängige Variable

Unabhängige Variable war die zum graphischen Prozessmodell ergänzende Repräsentationsform der Beschreibung des realen Prozesses (Text, Video, Audio). Als abhängige Variablen wurden die Anzahl und die Art der identifizierten Fehler erfasst. In der Laborstudie kam die Modellierungssprache *erweiterte Ereignisgesteuerte Prozesskette* (eEPK) zur graphischen Prozessmodellierung zum Einsatz, da diese eine Differenzierung zwischen Ereignissen und Zuständen vornimmt und somit Analogien zu in Process Mining Tools genutzten Petri-Netzen aufweist. Die in Process Mining Tools gängigen Darstellungsformen „*C-nets*“, „*Petri nets*“ und „*process trees*“ (Van der Aalst et al. 2011, van der Aalst 2022) wurden in der Vorstudie nicht betrachtet, da hierzu ein umfassendes Vorwissen bei den Teilnehmenden der Studie erforderlich gewesen wäre. Die Erkenntnisse sind aber übertragbar, da jedes eEPK Modell sich in ein Petri-Netz überführen lässt (z. B. Langner et al. 1997).

3.3 Aufbau und Durchführung der empirischen Studie

Im Anschluss an die Erfassung der personenbezogenen Daten erfolgte durch den Versuchsleiter eine Einführung in die Prozessmodellierungssprache eEPK und die Vorstellung des Prozessmodells „*Auto waschen*“ mittels einer foliengestützten Präsentation. Die im Modell enthaltenen unterschiedlichen Formen von Fehlern wurden mittels Markierungen auf den Folien dargestellt und es wurde erläutert, wie diese im Hauptversuch zu dokumentieren sind.

Die von den Teilnehmenden zu bearbeitende Aufgabe befasste sich mit dem Thema „*Austausch einer Badewanne*“. Bei der Entwicklung der Aufgabenstellung wurde Wert auf einen ausreichenden Umfang (54 Aktivitäten | 59 Ereignisse) und auf nicht erforderliche Fachkenntnisse gelegt. Die Informationen zum realen Prozess wurden den Teilnehmenden der Studie als Video (Gruppe 1), Text (Gruppe 2) oder als Audioaufnahme (Gruppe 3) zur Verfügung gestellt. Das *eEPK*-Prozessmodell lag als Ausdruck auf acht DIN-A4 Blättern vor. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung mussten die Teilnehmenden die verfügbaren Informationen zum Prozess mit dem bestehenden eEPK Modell vergleichen und semantische und syntaktische Fehler auf den Blättern dokumentieren. Die Bearbeitungszeit hierfür war nicht begrenzt, so dass die Teilnehmenden den Versuchsleiter über das Bearbeitungsende zu informieren hatten. Die von den Teilnehmenden benötigte Bearbeitungszeit ist erfasst worden, wurde aber im Rahmen der Vorstudie zunächst nicht ausgewertet. Fener sind die von den Teilnehmenden vorgenommenen Prozessmodifikationen zur Behebung der identifizierten Fehler nicht Gegenstand dieses Beitrags.

3.4 Fehlerklassifikation

Für die Vorstudie wurden die in Abbildung 1 dargestellten Ausprägungen von Fehlern herangezogen. Die Klasse der Syntaxfehler beschreibt ein Abweichen von der vorgegebenen Notation der Modellierungssprache. Zwei Arten von Syntaxfehler waren im graphischen Prozessmodell enthalten, welches den Teilnehmenden vorgelegt wurde. So liegt ein Fehler vor, wenn von der vorgegebenen Notation einer Aktivität bzw. eines Ereignisses, bestehend aus Nomen und Verb, abgewichen wird. Zum anderen kann die Darstellung der Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen zwischen den Aktivitäten nicht notationsgerecht ausgeführt sein. Fünf Arten von semantischen Fehlern waren in dem graphischen Prozessmodell enthalten, die zu einer unvollständigen oder

fehlerhaften Beschreibung des realen Prozesses führen. So können eine oder mehrere aufeinanderfolgende Aktivitäten fehlen, eine im Modell aufgeführte Aktivität kann nicht Bestandteil des realen Prozesses sein oder die abgebildete sachlogische / zeitliche Sequenz von Aktivitäten ist fehlerhaft. Zudem kann eine inhaltlich fehlerhafte Zuordnung einer Arbeitsperson zu einer Aktivität vorliegen oder die logischen Operatoren bilden den realen Prozess unzureichend ab.

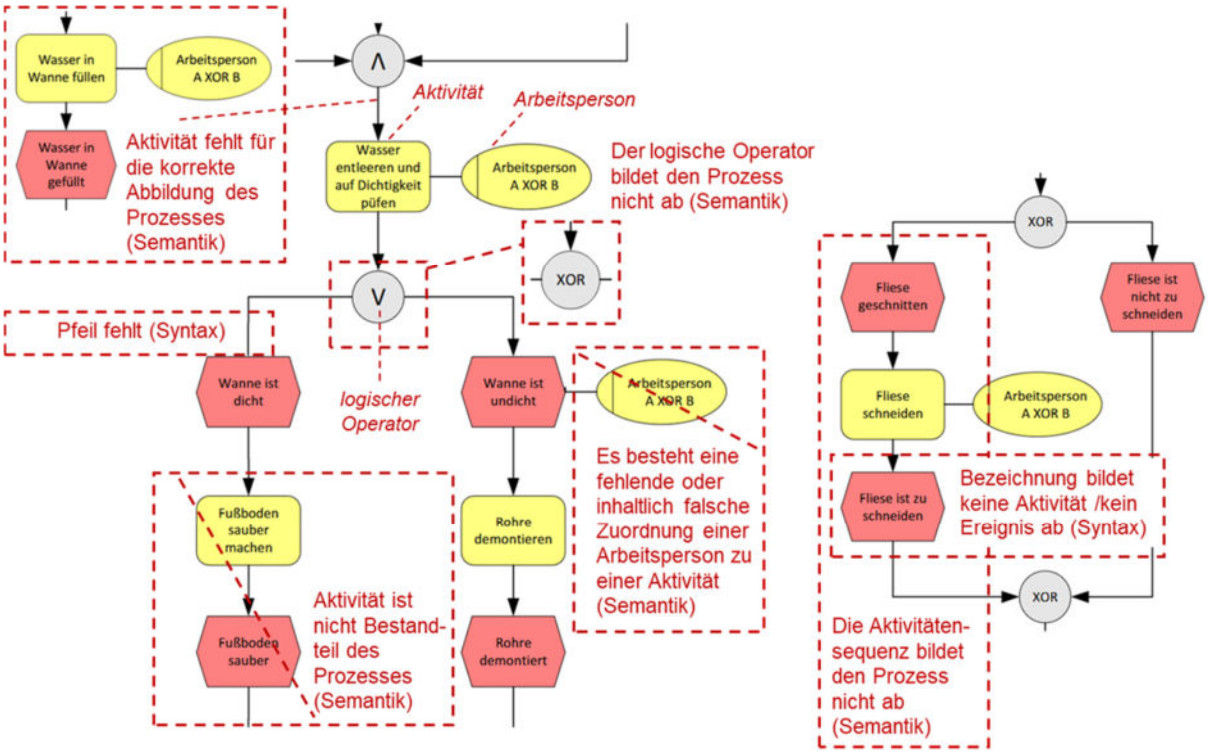


***Abbildung 1**: Übersicht über die im Prozessmodell enthaltenen Fehlerarten.*

4. Ergebnisse

Die von den Teilnehmenden im Rahmen der Vorstudie vorgenommenen Markierungen von Fehlern auf dem graphischen Prozessmodell wurden entsprechend der Fehlerklassifikation identifiziert und ausgewertet. Die relativen Häufigkeiten der von den Teilnehmenden identifizierten Fehler aufgeschlüsselt nach Fehlerarten ist Tabelle 1 zu entnehmen. Die weitergehende statistische Analyse der Daten zeigt, dass ein signifikanter Unterschied zwischen dem Anteil der identifizierten Fehler der Klassen Syntaxfehler und Semantikfehler besteht ($\chi^2 = 77{,}325, df = 8, p = 0.000$).

Zudem ergeben sich aus den Daten Erkenntnisse hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen den drei unterschiedlichen Informationsquellen zur Beschreibung des realen Prozesses und der Anzahl der im graphischen Prozessmodell identifizierten Fehler (*Aktivität fehlt für die korrekte Abbildung des Prozesses, Logischer Operator bildet den Prozess nicht ab*) (Abbildung 2 rechts). Während die Art der Informationsquelle nur einen sehr geringen Einfluss auf die Identifizierung eines falschen logischen Operators aufweist, zeigen die Boxplots, dass das Identifizieren einer fehlenden Aktivität häufiger vorkommt, wenn eine textuelle Beschreibung des Prozesses vorliegt. Bei weitergehender Differenzierung innerhalb der Fehlerarten bestimmt die Art der Informationsquelle nicht das Auffinden von Syntaxfehlern. Hingegen bestehen Unterschiede hinsichtlich

fehlender oder zu viel abgebildeter Aktivitäten. Somit ist es basierend auf den vorliegenden Ergebnissen eher wahrscheinlich, eine fehlende Aktivität zu identifizieren, wenn eine Person über eine textuelle Beschreibung des realen Prozesses verfügt (Gruppe: Text). Für die Differenzierung nach Fehlerarten zeigt sich, dass der Anteil an Syntaxfehler im Vergleich zu semantischen Fehlern von den Personen deutlich weniger identifiziert worden sind – Betrachtung der Mediane (s. Abbildung 2 links).

***Tabelle 1**: Mittelwerte der relativen Häufigkeiten und Standardabweichungen für die identifizierten Fehler, differenziert nach Gruppen (n je Gruppe: 10 Personen).*

		Text	Interview (Audio)	Video	Fehler im Modell
Syntax	Bezeichnung falsch	MW 0,683	MW 0,500	MW 0,517	6
		SW 0,252	SW 0,197	SW 0,189	
	Pfeil fehlt	MW 0,550	MW 0,550	MW 0,533	6
		SW 0,248	SW 0,224	SW 0,323	
Semantik	Aktivität fehlt für die korrekte Abbildung des Prozesses	MW 0,933	MW 0,667	MW 0,333	3
		SW 0,133	SW 0,298	SW 0,333	
	Aktivität ist nicht Bestandteil des Prozesses	MW 0,700	MW 0,950	MW 0,500	2
		SW 0,332	SW 0,150	SW 0,387	
	Aktivitätensequenz bildet den Prozess nicht ab	MW 0,700	MW 0,650	MW 0,450	2
		SW 0,332	SW 0,391	SW 0,269	
	Fehlende oder inhaltlich falsche Zuordnung einer Arbeitsperson zu einer Aktivität	MW 0,875	MW 0,775	MW 0,875	4
		SW 0,168	SW 0,261	SW 0,168	
	Logischer Operator bildet den Prozess nicht ab	MW 0,700	MW 0,767	MW 0,733	3
		SW 0,314	SW 0,213	SW 0,291	

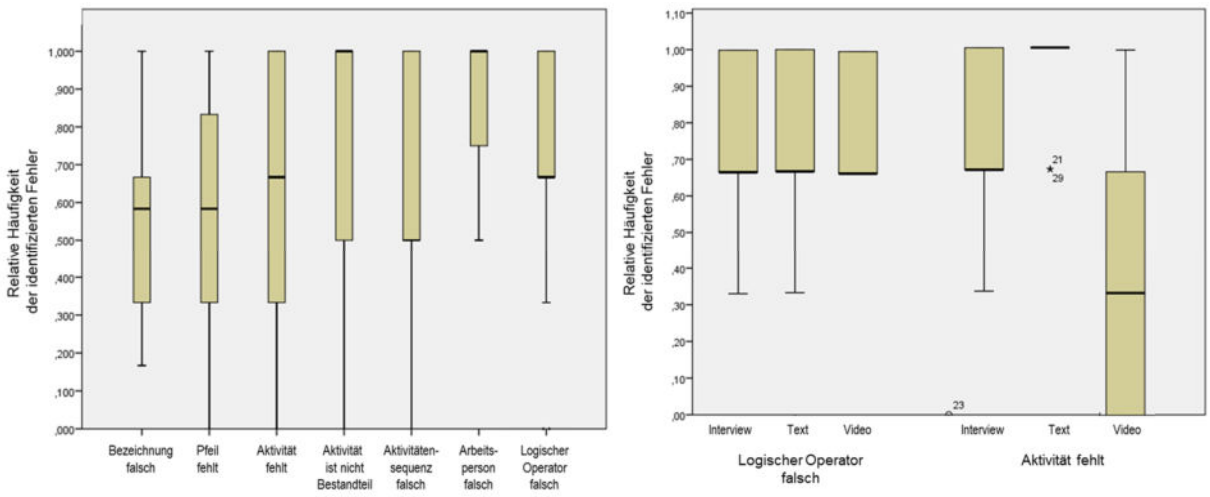


***Abbildung 2**: Relative Häufigkeiten der identifizierten Fehler nach Fehlerarten (links), relative Häufigkeiten ausgewählter Fehlerarten nach Prozessinformationen (rechts)*

5. Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse der Laborstudie zeigen nicht die zunächst erwartete häufigere Identifizierung einer fehlerhaften Anwendung der Notationsregeln einer graphischen Modellierungssprache (Syntax) im Vergleich zu semantischen Fehlern. Ein Einfluss unterschiedlicher Informationsquellen auf die Anzahl der identifizierten semantischen Fehler konnte durch die Datenauswertung für bestimmte Fehlerarten aufgezeigt werden. Die Wahrscheinlichkeit, fehlende Aktivitäten oder eine fehlerhafte Aktivitätensequenz zu identifizieren, ist am höchsten, wenn eine textuelle Beschreibung in Form einer Arbeitsanweisung vorliegt.

Die erfolgreiche Anwendung von Process Mining Algorithmen in Unternehmen ist dann sichergestellt, wenn eine ausreichende Qualität der erzeugten Prozessmodelle gewährleistet ist. Es erscheint daher sinnvoll zu untersuchen, inwieweit Menschen in der Lage sind, syntaktische und semantische Fehler in einem Prozessmodell zu identifizieren. In diesem Zusammenhang besteht noch eine Vielzahl an offenen Fragen. So wäre zu untersuchen, welchen Einfluss die verschiedenen in Process Mining Softwarewerkzeugen verfügbaren Repräsentationsformen von Prozessen auf die Wahrscheinlichkeit einer Fehleridentifizierung haben. Ferner könnte betrachtet werden, inwieweit Menschen in der Lage sind, die in einem Prozessmodell identifizierten Fehler durch Anpassungen zu beheben.

6. Literatur

Claes J, Vanderfeesten I, Gailly F, Grefen P, Poels G (2015) The Structured Process Modeling Theory (SPMT) a cognitive view on why and how modelers benefit from structuring the process of process modeling. Information Systems Frontiers 17:1401-1425.

Langner P, Schneider C, Wehler J, Valk R, Jantzen M (1997) Ereignisgesteuerte Prozeßketten und Petri-Netze: Bericht Nr. 196. Hamburg.

Rasmussen J (1987) The Definition of Human Error and a Taxonomy of Technical System Design. In: Rasmussen J, Duncan K, Leplat J (Hrsg.) New Technology and Human Error. New York: John Wiley.

Reinkemeyer L (2020) Process Mining in Action: Principles, Use Cases and Outlook. Cham: Springer.

Schlick C M, Nielen A, Mütze-Niewöhner S (2011) Identifizierung und Klassifizierung menschlicher Fehler bei der Erstellung von Prozessmodellen mit grafischen Beschreibungssprachen. In: Spath D (Hrsg.) Wissensarbeit – Zwischen strengen Prozessen und kreativen Spielraum. Schriftenreihe Hochschulgruppe für Arbeits- und Betriebsorganisation. Berlin: GITO Verlag, 277-299.

Stachowiak H (1973) Allgemeine Modelltheorie. Wien: Springer.

Thiede M, Fuerstenau D, Bezerra Barquet A P (2018) How is process mining technology used by organizations? A systematic literature review of empirical studies. Business Process Management Journal 24:900-922.

Van der Aalst W M P, Adriansyah A, Van Dongen B (2011) Causal nets: A modeling language tailored towards process discovery. In: Katoen JP, König B (eds) CONCUR 2011 – Concurrency Theory. CONCUR 2011. Lecture Notes in Computer Science, vol 6901. Berlin: Springer, 28-42.

van der Aalst W M P (2022) Process Mining: A 360 Degree Overview. In: van der Aalst W M P, Carmona J (eds) Process Mining Handbook. Lecture Notes in Business Information Processing, vol 448. Cham: Springer, 3-34.

Gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft – Ergebnisse und Erfahrungen aus der Pilotanwendung der strukturierten Vorgehensweise für den Erstellungsprozess hinsichtlich der wissenschaftlichen Evidenz

Ernst Andreas HARTMANN, Veit WASSERFUHR

Institut für Innovation + Technik,
Steinplatz 1, D-10623 Berlin

Kurzfassung: Im Jahr 2020 beschloss die Mitgliederversammlung der GfA eine strukturierte Vorgehensweise für den Erstellungsprozess gesicherter arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Es wurde eine Pilotgruppe eingesetzt mit dem Auftrag, die Vorgehensweise am Beispiel des Gegenstands „Soziotechnische Systeme“ anzuwenden. Die Arbeitsgruppe unterteilte ihre Aufgabe in zwei methodische Stränge, von denen sich einer auf die empirische Evidenz, der andere auf die praktische Bewährung des Konzepts der soziotechnischen Systeme bezieht. Hier soll über den erstgenannten Strang berichtet werden. Ziel war es, unter Wahrung hoher methodischer Standards eine qualitative systematische Literaturanalyse (Qualitative Systematic Review) vorlegen zu können. Dazu wurden zunächst relevante Suchbegriffe abgestimmt und in Suchstrings überführt, mit deren Hilfe in der Datenbank SCOPUS rund fünfeinhalbtausend Literaturquellen identifiziert werden konnten. Im nächsten Schritt wurden alle Arbeiten mit weniger als zehn Zitationen ausgeschlossen. Nach diesem Selektionsschritt verblieben noch rund zweieinhalbtausend Quellen. Diese Quellen wurden anhand ihrer Abstracts hinsichtlich ihrer Relevanz bewertet. Nach diesem Schritt verblieben ca. siebenhundertfünfzig Publikationen. Diese Publikationen wurden im Volltext auf Relevanz untersucht; es verblieben 576 Arbeiten für eine Ergebnisextraktion.
Es werden Ergebnisse hinsichtlich der empirischen Evidenz im Bereich der soziotechnischen Systeme wie auch hinsichtlich der forschungspraktischen Erfahrungen bei der Anwendung der Vorgehensweise berichtet.

Schlüsselwörter: Gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnis, soziotechnische Systeme, qualitative systematische Literaturanalyse

1. Kontext

Im Jahr 2020 beschloss die Mitgliederversammlung der GfA eine strukturierte Vorgehensweise für den Erstellungsprozess gesicherter arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Bengler et al. 2020). In 2023 wurde eine Pilotgruppe unter Leitung von Wolfgang Kötter (GITTA mbH, Berlin) eingesetzt, der auch der Erstautor dieses Beitrags angehört. Auftrag der Pilotgruppe ist es, die Vorgehensweise am Beispiel des Gegenstands „Soziotechnische Systeme“ anzuwenden und dabei Erfahrungen – auch im Hinblick auf zukünftige Anwendungen – zu sammeln.

Die Arbeitsgruppe unterteilte ihre Aufgabe in zwei methodische Stränge, von denen sich einer auf die empirische Evidenz, der andere auf die praktische Bewährung des Konzepts der soziotechnischen Systeme bezieht. Im vorliegenden Beitrag soll über den ersten, auf empirische Evidenz ausgerichteten Strang der Arbeiten berichtet werden.

2. Methodisches Vorgehen

Es bestand schnell Einigkeit darüber, dass die empirische Evidenz über eine systematische Literaturanalyse dargestellt werden soll. Dabei sollte zunächst ein Scoping Review (Arksey & O'Malley 2005) durchgeführt werden, um einen Überblick über den Literaturkorpus zu gewinnen und darauf basierend entscheiden zu können, ob wieterführende, ergebnisextrahierende und –integrierende Literaturanalysen – insbesondere ein Systematic Review (Zawacki-Richter et al. 2019) – möglich sind.

Als Forschungsfragen wurden formuliert:

1. Was ist aus der vorliegenden Literatur bekannt über – analytische oder gestalterische – Anwendungen des Konzeptes Soziotechnischer Systeme – in seinen Varianten – auf Arbeitssysteme von der Ebene des Arbeitsplatzes bis zur Ebene der Organisation?
2. Was ist bekannt über Wirkungen dieser Anwendungen?

Eine Literatursuche mit einschlägigen Schlagwörtern in der Datenbank SCOPUS führte zunächst zu rund fünfeinhalbtausend Publikationen. In einem nächsten Schritt wurde alle Publikationen, die nicht mindestens zehnmal zitiert wurden, ausgeschlossen. Begründet wurde dies damit, dass die Vorgehensweise der GfA für den Erstellungsprozess gesicherter arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse eine gewisse Wahrnehmung der Befunde in der Fachcommunity als notwendig unterstellt, um empirische Evidenz im Sinne gesicherter arbeitswissenschaftliche Erkenntnis belegen zu können. Nach diesem Selektionsschritt verblieben noch rund zweieinhalbtausend Quellen.

Diese Publikationen wurden mithilfe von Covidence[1] anhand der Abstracts auf Relevanz für die Forschungsfragen geprüft (Screening). Ein- und Ausschlusskriterien waren:

- Einschluss:
  - Die Publikation berichtet unmittelbar über empirische Befunde oder berichtet indirekt als (systematische) Literaturanalyse über Literatur, die wiederum auf empirischen Befunden beruht.
  - Es handelt sich um Erhebungen in Arbeitskontexten (im Unterschied etwa zu Freizeitaktivitäten oder privatem Konsum).
  - Die Betrachtungsebene liegt zwischen der Dyade und der Organisation als Ganzes: Im Falle eines Einzelarbeitsplatzes handelt es sich nicht um ein *sozio*technisches System, bei einer Betrachtungsebene oberhalb der Gesamtorganisation (z. B. regionale Ebene) gerät die menschliche Arbeit aus dem Fokus.
- Ausschluss:
  - Es wird nur scheinbar über Empirie berichtet, so dienen beispielsweise Fallstudien nicht zur systematischen empirischen Analyse, sondern nur zur Illustration theoretischer Überlegungen.

[1] Covidence ist ein Tool, das die Durchführung systematischer Literaturanalysen unterstützt; https://www.covidence.org/

Nach Anwendung dieser Ein- und Ausschlusskriterien verblieben noch rund 750 Publikationen für die Volltextanalyse. Im Verlauf des Abstract-Screenings stellte sich heraus, dass zwar ein quantitativer Systematic Review – wegen eines Mangels an unmittelbar vergleichbaren quantitativen Studienergebnissen – nicht durchführbar sein würde, sehr wohl aber ein Qualitative bzw. Mixed Methods Systematic Review (Thomas & Harden 2008; Stern et al. 2020), weil hierfür hinreichend viele belastbare, teils quantitative und teils qualitative empirische Ergebnisse vorliegen. Die Arbeiten wurden in diesem Sinne fortgesetzt.

Die Volltextanalyse und die Ergebnisextraktion wurden unterstützt durch das KI- bzw. LLM-basierte Tool Elicit[2]. Vor der Volltextanalyse und der späteren Ergebnisextraktion wurde anhand von sechs Publikationen geprüft, inwieweit die Übereinstimmungen zwischen den Ergebnisextraktionen zwischen zwei menschlichen Extraktoren und zwischen den menschlichen Extraktoren und Elicit hinreichend hoch sind. Es zeigten sich hohe Übereinstimmungen zwischen den menschlichen Extraktoren; die Übereinstimmungen zwischen Elicit und den beiden menschlichen Extraktoren waren (mindestens) ebenso hoch. Extrahiert wurden für jeden Text Aussagen zu sechs Oberkategorien, die 25 Unterkategorien unterteilt waren: (1) Allgemeine Charakteristika der Publikation (Jahr, Autoren, Forschungsfrage …), (2) Methode(n) (z. B. für Analyse und Gestaltung soziotechnischer Systeme), (3) Hypothesen (Inhalt der Hypothesen, validiert?) (4) Kontext (Branche, Technologie, …), (5) Ergebnisse (Hauptergebnisse, spezifische Ergebnisse zu wirtschaftlichen und arbeitswissenschaftlichen Aspekten), (6): Limitationen.

Die insgesamt zehn Personen, die die Volltextanalyse durchführten, bekamen sowohl die von Elicit extrahierten Aussagen wie auch die Volltexte zur Verfügung mit der Instruktion, bei Unklarheiten und Zweifelsfällen die Originaltexte einzusehen. Korrekturen waren nur sehr selten notwendig, etwa wenn in einem Text Aussagen zu bestimmten Forschungsmethoden vorkamen, diese Methoden aber gar nicht angewandt, sondern nur allgemein diskutiert wurden. Diese Fehler waren, wie gesagt, sehr selten und durch den Vergleich der verschiedenen Extraktionskategorien (hier etwa Methoden und Ergebnisse) leicht zu identifizieren. Aufgrund der Volltextanalyse konnten anhand derselben Ein- und Ausschlusskriterien, wie sie schon in der Abstract-Screeningphase verwendet worden waren (s. o.), noch weitere Publikationen als irrelevant identifiziert werden, sodass schließlich 576 Publikationen für die Ergebnisextraktion ausgewählt werden konnten.

Insgesamt sieben Personen (Extraktoren) waren an der Ergebnisextraktion beteiligt. Die 100 meistzitierten Publikationen wurden auf die Extraktoren zur ‚manuellen' Ergebnisextraktion verteilt. Alle anderen Publikationen wurden von Elicit automatisch extrahiert. Die von Elicit bereitgestellte Extraktionsmatrix war auf insgesamt 40 Kategorien erweitert worden, so dass nun auch Aspekte wie Joint Optimization oder die spezifischen Merkmale der Komplexität der untersuchten soziotechnischen Systeme abgebildet wurden. Die gesamte Extraktionsmatrix mit allen 576 Publikationen (Zeilen) und 40 Inhaltskategorien (Spalten) wurde wiederum auf die sieben Extraktoren verteilt mit der Aufgabe, im Sinne der Forschungsfragen besonders wichtige Aspekte farbig zu markieren. Dadurch wurde jede von Elicit automatisch extrahierte Aussage auch noch einmal von einem Menschen auf Relevanz geprüft.

[2] Elicit ist ein auf Large Language Models (LLM) basierendes Tool für die Analyse von wissenschaftlichen Publikationen und die Extraktion der Inhalte bzw. Ergebnisse. Elicit neigt sehr wenig zum ‚Halluzinieren' und gibt zu jeder extrahierten Aussage die genauen Textstellen an, auf denen die Aussage beruht. Diese Textstellen können durch Anklicken ausgewählt und durch Scrollen auch im Kontext des weiteren Textes beurteilt werden. https://elicit.com/

3. Erste Ergebnisse

Die extrahierten Studienergebnisse zeigen eine sehr große Vielfalt an Methoden, Kontexten und erzielten Ergebnissen, wobei auch die betrachteten Effekte bzw. abhängigen Variablen vielfältige wirtschaftliche und arbeitswissenschaftliche Aspekte umfassen.

So gehören etwa zu den angewandten Methoden die folgenden:

- Komplexe qualitative Untersuchungsmethoden mit Fallstudien, qualitativen Interviews, Dokumentenanalysen und Grounded Theory für die Datenanalyse (Gish & Hansen 2013)
- Ethnografische Feldstudien kombiniert mit partizipativen und iterativen Gestaltungsprozessen (Rohde et al. 2017)
- Quantitativ ausgerichtete (Online)-Befragungen mit großen dreistelligen Befragtenzahlen aus mehreren Dutzend Organisationen (Bentley et al. 2016)
- (Systematische) Literaturanalysen (Coakes und Coakes 2009)

Die beschriebenen Interventionen schließen ein:

- Entwicklung technischer (IT-)Systeme, etwa für das Verbesserungsmanagement oder die Aufgabenorganisation, auf sozio-technischer Grundlage (Thun et al. 2022)
- Einführung eines am Problem Based Learning orientierten Lehr-/ Lernsystems in der Lehrerbildung (Derry et al. 2012)
- Entwicklung alternativer Layouts für Produktionssysteme und -anlagen auf sozio-technischer Grundlage (Ulich et al. 1990)

Die Beobachtungs- und Anwendungskontexte umfassen eine ganze Reihe von Wirtschaftszweigen und Tätigkeitsgebieten, wie etwa:

- Stahlerzeugung (Lyytinen et al. 2009)
- Energieversorgung (Stanton & Ashleigh 2000)
- Schienenverkehr (Klockner & Toft 2015)
- Gesundheitswesen (Ashoori et al. 2014)

Es wurden auch sehr unterschiedliche Technologien analysiert, wie z. B.:

- Industrie 4.0-Technologien (Thun et al. 2022)
- Patienteninformationssysteme und andere Medizintechnik (Righi & Saurin 2015)

Die Studien dokumentieren Wirkungen hinsichtlich sehr unterschiedlicher abhängiger Variablen, darunter die folgenden:

- Die Effektivität des Notfallmanagements im öffentlichen Sektor (z. B. Naturkatastrophen) wie auch die Arbeitszufriedenheit der Beschäftigten werden sowohl von Maßnahmen in Bereich des sozialen Teilsystems (Training, soziale Unterstützung) wie auch des technischen Teilsystems (Informationssysteme) positiv beeinflusst (Kim et al. 2012).
- Soziotechnisch orientierte Arbeitsgestaltung beeinflusst positiv die Fähigkeit von Unternehmen, Mass Customization zu erreichen, und damit die Wettbewerbsfähigkeit dieser Unternehmen (Liu et al. 2006).
- Durch eine soziotechnische Intervention bestehend aus einem neuen Informationssystem und organisationalen Maßnahmen zum Teilen von Wissen konnten in einer öffentlichen Verwaltung in erheblichem Umfang Zeit und Kosten eingespart werden (Luna-Reyes et al. 2005).
- Soziotechnische Maßnahmen erhöhen die Arbeitszufriedenheit von Telearbeitenden und reduzieren soziale Isolation und Stress (Bentley et al. 2016).

- Erhebliche Produktivitätspotenziale entstehen, wenn bei der Einführung von KI in der Produktion (Beispiel Predictive Maintenance) darauf geachtet wird, dass Organisation und Menschen ‚in the loop' bleiben (Herrmann & Pfeiffer 2023).

Die oben genannten Beispiele stehen exemplarisch für sehr viele weitere empirische Befunde zum Einsatz und zur Wirkung des Konzepts soziotechnischer Systeme. Die vertiefte Auswertung der Studien wird noch weitergeführt, es steht allerdings jetzt schon fest, dass das Konzept soziotechnischer Systeme in vielen Kontexten empirisch validiert wurde und damit im Sinne der GfA-Methodik als gesicherte arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse hinsichtlich der empirischen Evidenz gelten kann. Sobald Ergebnisse zur praktischen Bewährung verfügbar sind, wird auch ein zusammenfassendes und abschließendes Urteil möglich sein.

4. Diskussion

Mithilfe eines Mixed Methods Systematic Reviews konnte empirische Evidenz für das Konstrukt soziotechnischer Systeme aus rund 570 Publikationen identifiziert und dieses Konstrukt soziotechnischer Systeme damit als gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnis bezüglich dieser Evidenz qualifiziert werden. Im vergangenen guten halben Jahrhundert wurden in Dutzenden verschiedener Länder auf mehreren Kontinenten, in einer großen Breite von Wirtschaftszweigen und bezogen auf viele verschiedene Technologien und Beschäftigtengruppen Anwendungen des Konzepts soziotechnischer Systeme und deren Wirkungen dokumentiert.

Die hier dargestellte Pilotanwendung der GfA-Methodik zur Identifikation gesicherter arbeitswissenschaftlicher Erkenntnis konnte auf einer breiten Basis wissenschaftlicher Publikationen aufsetzen. Aktuelle IT- bzw. LLM-gestützte Tools ermöglichten die effiziente Auswertung dieses großen Literaturkorpus in ganzer Breite und Tiefe. Potenzielle weitere Anwendungen dieser Methodik werden wahrscheinlich enger definierte Gegenstandsbereiche betreffen und einen begrenzteren Literaturkorpus auszuwerten haben. Auch dort können die hier verwendeten oder ähnliche Tools entscheidend dazu beitragen, dass solche Analysen auch mit begrenzten Budgets realisierbar sein werden.

6. Literatur

Arksey, H.; O'Malley, L. (2005): Scoping studies: towards a methodological framework. In: International Journal of Social Research Methodology 8 (1), S. 19–32. DOI: 10.1080/1364557032000119616.

Ashoori, M.; Burns, C.M.; d'Entremont, B.; Momtahan, K. (2014): Using team cognitive work analysis to reveal healthcare team interactions in a birthing unit. In: Ergonomics 57 (7), S. 973–986. DOI: 10.1080/00140139.2014.909949.

Bengler, K.; Jäger, M.; Sträter, O.; Schmauder, M. (2020): Gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) – Beschluss der Mitgliederversammlung 2020. In: Z. Arb. Wiss. 74 (4), S. 337–341. DOI: 10.1007/s41449-020-00231-w.

Bentley, T. A.; Teo, S. T. T.; McLeod, L.; Tan, F.; Bosua, R.; Gloet, M. (2016): The role of organisational support in teleworker wellbeing: a socio-technical systems approach. In: Applied ergonomics 52, S. 207–215. DOI: 10.1016/j.apergo.2015.07.019.

Coakes, E.; Coakes, J. (2009): A Meta-Analysis of the Direction and State of Sociotechnical Research in a Range of Disciplines: For Practitioners and Academics. In: International Journal of Sociotechnology and Knowledge Development 1 (1), S. 1–52. DOI: 10.4018/jskd.2009010101.

Derry, S.J.; Seymour, J; Steinkuehler, C.; Lee, J.; Siegel, M.A. (2012): From Ambitious Vision to Partially Satisfying Reality. An Evolving Socio-Technical Design Supporting Community and Collaborative Learning in Teacher Education. In: Sasha Barab, Rob Kling und James H. Gray (Hg.): Designing for Virtual Communities in the Service of Learning: Cambridge University Press.

Gish, L.; Hansen, C.T. (2013): A socio-technical analysis of work with ideas in NPD: an industrial case study. In: Res Eng Design 24 (4), S. 411–427. DOI: 10.1007/s00163-013-0159-z.

Herrmann, T.; Pfeiffer, S. (2023): Keeping the organization in the loop: a socio-technical extension of human-centered artificial intelligence. In: AI & Soc 38 (4), S. 1523–1542. DOI: 10.1007/s00146-022-01391-5.

Kim, M.; Sharman, R.; Cook-Cottone, C.P.; Rao, H.R.; Upadhyaya, S.J. (2012): Assessing roles of people, technology and structure in emergency management systems: a public sector perspective. In: Behaviour & Information Technology 31 (12), S. 1147–1160. DOI: 10.1080/0144929X.2010.510209.

Klockner, K.; Toft, Y. (2015): Accident Modelling of Railway Safety Occurrences: The Safety and Failure Event Network (SAFE-Net) Method. In: Procedia Manufacturing 3, S. 1734–1741. DOI: 10.1016/j.promfg.2015.07.487.

Liu, G.; Shah, R.; Schroeder, R.G. (2006): Linking Work Design to Mass Customization: A Sociotechnical Systems Perspective*. In: Decision Sciences 37 (4), S. 519–545. DOI: 10.1111/j.1540-5414.2006.00137.x.

Luna-Reyes, L.F.; Zhang, J.; Ramón Gil-García, J.; Cresswell, Anthony M. (2005): Information systems development as emergent socio-technical change: a practice approach. In: European Journal of Information Systems 14 (1), S. 93–105. DOI: 10.1057/palgrave.ejis.3000524.

Lyytinen, K.; Newman, M.; Al-Muharfi, A.-R. A. (2009): Institutionalizing Enterprise Resource Planning in the Saudi Steel Industry: A Punctuated Socio-Technical Analysis. In: Journal of Information Technology 24 (4), S. 286–304. DOI: 10.1057/jit.2009.14.

Righi, A. Weber; Saurin, T.A. (2015): Complex socio-technical systems: Characterization and management guidelines. In: Applied ergonomics 50, S. 19–30. DOI: 10.1016/j.apergo.2015.02.003.

Rohde, Markus; Brödner, Peter; Stevens, Gunnar; Betz, Matthias; Wulf, Volker (2017): Grounded Design - a praxeological IS research perspective. In: Journal of Information Technology 32 (2), S. 163–179. DOI: 10.1057/jit.2016.5.

Stanton, N. A.; Ashleigh, M. J. (2000): A field study of team working in a new human supervisory control system. In: Ergonomics 43 (8), S. 1190–1209. DOI: 10.1080/00140130050084941.

Stern, C.; Lizarondo, L.; Carrier, J.; Godfrey, C.; Rieger, K.; Salmond, S. et al. (2020): Methodological guidance for the conduct of mixed methods systematic reviews. In: JBI evidence synthesis 18 (10), S. 2108–2118. DOI: 10.11124/jbisrir-d-19-00169.

Thomas, J.; Harden, A. (2008): Methods for the thematic synthesis of qualitative research in systematic reviews. In: BMC medical research methodology 8, S. 45. DOI: 10.1186/1471-2288-8-45.

Thun, S.; Bakås, O.; Storholmen, T.C. B. (2022): Development and implementation processes of digitalization in engineer-to-order manufacturing: enablers and barriers. In: AI & Soc 37 (2), S. 725–743. DOI: 10.1007/s00146-021-01174-4.

Ulich, E.; Schüpbach, H.; Schilling, A.; Kuark, J.K. (1990): Concepts and procedures of work psychology for the analysis, evaluation and design of advanced manufacturing systems: A case study. In: International Journal of Industrial Ergonomics 5 (1), S. 47–57. DOI: 10.1016/0169-8141(90)90027-Y.

Zawacki-Richter, O.; Kerres, M.; Bedenlier, S.; Bond, M.; Buntins, K. (Hrsg.) (2019): Systematic Reviews in Educational Research. Methodology, Perspectives and Application. 1st edition 2020. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH; Springer VS.

Komplexe soziotechnische Systeme – was sagt die Literatur?

Ernst Andreas HARTMANN

Institut für Innovation + Technik,
Steinplatz 1, D-10623 Berlin

Kurzfassung: Dies ist ein Beitrag zur Session: „Soziotechnische Systeme werden komplex: Kommt es zum Bruch mit Konzepten und Methoden?“
Eine umfangreiche qualitative systematische Literaturanalyse, die aktuell im Rahmen einer Pilotgruppe zur Anwendung und Erprobung der strukturierten Vorgehensweise für den Erstellungsprozess gesicherter arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse durchgeführt wird, liefert vielfältiges Material, um Positionen zu komplexen soziotechnischen Systemen in der Literatur identifizieren und darstellen zu können.
Für die Session soll die vorliegende Literatur in Bezug auf komplexe soziotechnische Systeme umrissen werden. Dazu werden zusammenfassende Statistiken präsentiert und wichtige Arbeiten qualitativ ausgewertet, wobei systematischen Literaturanalysen (Systematic Reviews) besondere Aufmerksamkeit gewidmet wird.

Schlüsselwörter: Komplexität, soziotechnische Systeme, qualitative systematische Literaturanalyse

1. Kontext

Im Jahr 2020 beschloss die Mitgliederversammlung der GfA eine strukturierte Vorgehensweise für den Erstellungsprozess gesicherter arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Bengler et al. 2020). In 2023 wurde eine Pilotgruppe eingesetzt, der auch der Autor dieses Beitrags angehört. Auftrag der Pilotgruppe ist es, die Vorgehensweise am Beispiel des Gegenstands „Soziotechnische Systeme“ anzuwenden.

Im Kontext dieser Pilotanwendung wurde ein Qualitative bzw. Mixed Methods Systematic Literature Review (Stern et al. 2020; Thomas & Harden 2008) durchgeführt. Für den hier vorliegenden Beitrag wurde das umfangreiche Material unter dem Aspekt der *komplexen* soziotechnischen Systeme ausgewertet.

Im Zuge des im Folgenden beschriebenen Qualitative Systematic Reviews wurden gezielt Arbeiten identifiziert, die *empirische* Ergebnisse zum Gegenstand und eine gewisse *Wahrnehmung* in der Scientific Community gefunden haben.

2. Methodisches Vorgehen

Als Forschungsfragen des Systematic Review wurden formuliert: (1) Was ist aus der vorliegenden Literatur bekannt über – analytische oder gestalterische – Anwendungen des Konzeptes Soziotechnischer Systeme – in seinen Varianten – auf Arbeitssysteme von der Ebene des Arbeitsplatzes bis zur Ebene der Organisation? (2) Was ist bekannt über Wirkungen dieser Anwendungen?

Eine Literatursuche mit einschlägigen Schlagwörtern in der Datenbank SCOPUS führte zunächst zu rund fünfeinhalbtausend Publikationen. In einem nächsten Schritt wurde alle Publikationen, die nicht mindestens zehnmal zitiert wurden, ausgeschlossen. Nach diesem Selektionsschritt verblieben noch rund zweieinhalbtausend Quellen.

Diese Publikationen wurden anhand der Abstracts auf Relevanz für die Forschungsfragen geprüft (Screening). Danach verblieben noch rund 750 Publikationen für die Volltextanalyse. Aufgrund der Volltextanalyse konnten noch weitere Publikationen als irrelevant identifiziert werden, so dass schließlich 576 Publikationen für die Ergebnisextraktion ausgewählt werden konnten.

Für den hier vorliegenden Beitrag wurde dieses umfangreiche Material unter dem Aspekt *komplexer* soziotechnischer Systeme betrachtet, in folgenden Schritten: (1) Quantitative Analyse des Bezugs zur Komplexität im Kontext soziotechnischer Systeme über alle 576 ausgewählten Publikationen; (2) Identifikation von Arbeiten, die im Titel erkennen lassen, dass sie einen besonderen Fokus auf *komplexe* soziotechnische Systeme setzen. (3) Auswahl besonders relevanter Arbeiten aus den im zweiten Schritt identifizierten mit einem Augenmerk auf Systematic Reviews.

3. Ergebnisse

Die ausgewählten Publikationen wurden im einem LLM-basierten Clusteranalyseverfahren in 14 Cluster aufgeteilt, wovon sich 13 auf Wirtschaftszweige beziehen und eines (Technology & Innovation) auf sektorübergreifende und querschnittliche Aspekte.

Tabelle 1: *Worthäufigkeiten für ‚complexity' nach Clustern der Publikationen; Rangplätze und absolute Häufigkeiten.*

Cluster	Rangplatz	Häufigkeit
Manufacturing & Industrial Production	7	369
Healthcare & Medical Services	13	295
Transportation & Logistics	14	100
Defense, Military & Security	16	65
Aerospace & Aviation	20	62
Energy & Oil & Gas	24	56
Education & Training	27	36
Information Technology & Systems	28	60
Social, Cultural & Research Activities	35	40
Technology & Innovation	38	53
Retail & Consumer Goods	56	16
Public Sector & Governance	78	34
Mining & Natural Resources	78	11
Agriculture, Forestry & Environmental Services	94	8

In Tabelle 1 sind die Worthäufigkeiten für den Begriff „complexity" für die einzelnen Cluster aufgeführt, und zwar sowohl die Rangplätze im Vergleich zu anderen Begriffen wie auch die absoluten Häufigkeiten.

Es zeigt sich, dass in Industrie, Gesundheitswesen, Verkehr und Militär besonders häufig die Komplexität soziotechnischer Systeme thematisiert wird, wohingegen dies im öffentlichen Sektor und im primären Wirtschaftssektor sehr selten geschieht.

Unter allen ausgewählten Publikationen ließen sich 23 Arbeiten identifizieren, die durch ihre Titel erkennen ließen, dass sie sich in besonderer Weise auf komplexe soziotechnische Systeme beziehen (Tabelle 2). Unter diesen Arbeiten sind je sechs aus dem Gesundheitswesen und der Industrie, fünf aus dem Militär, drei aus dem Verkehrswesen, eine aus dem Wissenschaftssystem und zwei Arbeiten sind sektorübergreifend. Die in Tabelle 1 anhand aller Arbeiten erhobenen quantitativen Verhältnisse hinsichtlich der Sektoren finden sich also auch hier ungefähr wieder.

Unter diesen 23 Arbeiten sind eine, die recht umfassend Eigenschaften komplexer soziotechnischer Systeme darstellt, und vier Systematic Reviews zu verschiedenen Teilaspekten komplexer soziotechnischer Systeme. Diese fünf Arbeiten werden im Folgenden kurz besprochen.

Tabelle 2: *Arbeiten mit explizitem Bezug (Titel) zu komplexen soziotechnischen Systemen.*

Titel	Autor(en)	Sektor
Coping with complexity in intensive care units: A systematic literature review of improvement interventions	(Bueno et al. 2019)	**Health**
Employing resilience engineering in eliciting software requirements for complex systems: experiments with the functional resonance analysis method (FRAM)	(Carvalho et al. 2021)	**Health**
Adaptation as a source of safety in complex socio-technical systems: A literature review and model development	(Foster et al. 2019)	**Air Traffic**
Automated assistance for human factors analysis in complex systems	(Gregoriades & Sutcliffe 2006)	**Defense**
Workload prediction for improved design and reliability of complex systems	(Gregoriades & Sutcliffe 2008)	**Defense**
Managing Socio-Technical Complexity in Engineering Design Projects	(Hassannezhad et al. 2019)	**Auto-motive**
Diagnosing rare diseases: A sociotechnical approach to the design of complex work systems	(Hay et al. 2020)	**Health**
Extended FRAM model based on cellular automaton to clarify complexity of socio-technical systems and improve their safety	(Hirose & Sawaragi 2020)	**Steel produc-tion**
Using work domain analysis to evaluate the impact of technological change on the performance of complex socio-technical systems	(Jenkins et al. 2011)	**Defense**
Evaluation of an Access-Risk-Knowledge (ARK) Platform for Governance of Risk and Change in Complex Socio-Technical Systems	(McDonald et al. 2021)	**Health**
Challenges of developing the complex socio-technical system: Realising the present, acknowledging the past, and envisaging the future of vessel traffic services	(Nuutinen et al. 2007)	**Maritime traffic**
A methodology for analysis of complex sociotechnical processes	(Keating et al. 2001)	**Research**
Complex socio-technical systems: Characterization and management guidelines	(Righi & Saurin 2015)	**Health**
Modeling complex socio-technical systems using the FRAM: A literature review	(Salehi et al. 2021)	**Cross Sector**
Assessing the compatibility of the management of standardized procedures with the complexity of a sociotechnical system: Case study of a control room in an oil refinery	(Saurin & Gonzalez 2013)	**Petro-chemical**

Support for Test Result Follow-up Developing Software to "Track and Catch" Missed Follow-up of Abnormal Test Results in a Complex Sociotechnical Environment	(Smith et al. 2013)	**Health**
How a submarine returns to periscope depth: Analysing complex socio-technical systems using Cognitive Work Analysis	(Stanton & Bessell 2014)	**Defense**
Lean production in complex socio-technical systems: A systematic literature review	(Soliman & Saurin 2017)	**Cross sector**
The impacts of lean production on the complexity of socio-technical systems	(Soliman et al. 2018)	**Manu-facturing**
Lean-as-imagined differs from lean-as-done: the influence of complexity	(Soliman & Saurin 2022)	**Auto-motive**
Up in the air: Barriers to greener air traffic control and infrastructure lock-in in a complex socio-technical system	(Spinardi 2015)	**Air Traffic**
Requirements Engineering for Complex Collaborative Systems	(Sutcliffe 2001)	**Defense**
Tower crane safety on construction sites: A complex sociotechnical system perspective	(Zhou et al. 2018)	**Con-struction**

Righi und Saurin (Righi & Saurin 2015) benennen folgende Merkmale komplexer soziotechnischer Systeme: (1) Große Zahl dynamisch interagierender Elemente, (2) Weite Diversität der Elemente, (3) Unerwartete Variabilität, (4) Resilienz.

Ein im Kontext der Resilienz bedeutsames Merkmal ist die Adaptivität, die Fähigkeit der Anpassung an sich verändernde Bedingungen. Foster und Koautoren (Foster et al. 2019) untersuchen in einem Systematic Review die Bedeutung von Adaptivität für die Sicherheit (safety) in komplexen soziotechnischen Systemen und identifizieren dabei aus 119 ausgewählten Studien neun Faktoren der Adaptivität: (1) Using experience; (2) Strategies & informal practice; (3) Akquiring knowledge; (4) Unpredictability of consequences; (5) Trade-off for performance; (6) Skills needed; (7) Violations; (8) Improvisation & creativity; (9) Procedures & rules.

Eine Methode, die besonders die Variabilität und Resilienz komplexer soziotechnischer Systeme abbildet, ist die Functional Resonance Analysis Method (FRAM, (Hollnagel 2017a)). Salehi und Koautoren (Salehi et al. 2021) untersuchen die Anwendung der FRAM in einem Systematic Review anhand von 52 ausgewählten Studien. 71 % (37 von 52) der Studien haben in der einen oder anderen Weise einen Bezug zu Sicherheitsfragen: Safety Management (15, 29 %), Accident/Incident Investigation (12, 23 %), Hazard Identification / Risk Management (10, 19 %).

Eine vertiefte Literaturanalyse im Gesundheitsbereich – besonders unter Sicherheitsaspekten – legten Bueno und Koautoren (Bueno et al. 2019) als qualitative Synthese aus 91 Studien vor. Zentrale Fragestellung war die Anwendbarkeit von fünf Heuristiken zur Bewältigung von Komplexität: (1) Supporting visibility of processes and outcomes; (2) Design slack; (3) Encouraging diversity of perspectives when making decisions; (4) Monitoring and understanding the gap between work-as-imagined and work-as-done; (5) Monitoring unintended consequences of improvements and changes. Die Autoren finden in der Literatur Anwendungsbeispiele, die die Anwendbarkeit dieser Heuristiken belegen; diese Anwendung erfolgt allerdings meistens eher implizit als explizit.

Soliman und Saurin (Soliman & Saurin 2017) analysieren Lean Production in komplexen soziotechnischen Systemen mit einer qualitativen Synthese aus 94 Studien. Unter anderem identifizieren sie vier Barrieren für die Einführung von Lean Production in komplexen soziotechnischen Systemen: (1) Limited suitability of lean principles and practices (for complex STS); (2) Difficulty to establish cause-and-effect relationships;

(3) No clear-cut boundaries between waste and value; (4) Contextual factors are hard to manage but cannot be neglected in complex STS.

4. Diskussion

Das Konzept komplexer soziotechnischer Systeme hat sich in der Scientific Community und der Fachliteratur fest etabliert. Es existieren bereits sythetisierende Literaturstudien, die sich auch für Teilaspekte komplexer STS auf mittlere und hohe zwei- bis niedrige dreistellige Anzahlen einschlägiger Studien stützen können. Insbesondere im Kontext der Sicherheit und Resilienz von Arbeitssystemen hat die Perspektive komplexer STS neue Impulse gebracht, was oft mit einem paradigmatischen Übergang von „Safety I“ zu „Safety II“ beschrieben wird (Hollnagel 2017b). Neben der oben berichteten substanziellen Evidenz für Safety-II-Methoden (Salehi et al. 2021) finden sich (vereinzelt) auch grundlegende Kritiken dieses Ansatzes (Cooper 2022) oder Überlegungen zu einer Synthese von Safety I und Safety II (Sarvari et al. 2024).

6. Literatur

Bengler, K., Jäger, M., Sträter, O. & Schmauder, M. (2020). Gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) – Beschluss der Mitgliederversammlung 2020. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 74(4), 337–341. https://doi.org/10.1007/s41449-020-00231-w.

Bueno, W. P., Saurin, T. A., Wachs, P., Kuchenbecker, R. & Braithwaite, J. (2019). Coping with complexity in intensive care units: A systematic literature review of improvement interventions. Safety Science, 118, 814–825. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.06.023.

Carvalho, E. A. de, Gomes, J. O., Jatobá, A., Da Silva, M. F. & Carvalho, P. V. R. de (2021). Employing resilience engineering in eliciting software requirements for complex systems: experiments with the functional resonance analysis method (FRAM). Cognition, Technology & Work, 23(1), 65–83. https://doi.org/10.1007/s10111-019-00620-0.

Cooper, M. D. (2022). The Emperor has no clothes: A critique of Safety-II. Safety Science, 152, 105047. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105047.

Foster, C. J., Plant, K. L. & Stanton, N. A. (2019). Adaptation as a source of safety in complex sociotechnical systems: A literature review and model development. Safety Science, 118, 617–631. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.05.035.

Gregoriades, A. & Sutcliffe, A. G. (2006). Automated assistance for human factors analysis in complex systems. Ergonomics, 49(12-13), 1265–1287. https://doi.org/10.1080/00140130600612721.

Gregoriades, A. & Sutcliffe, A. G. (2008). Workload prediction for improved design and reliability of complex systems. Reliability Engineering & System Safety, 93(4), 530–549. https://doi.org/10.1016/j.ress.2007.02.001.

Hassannezhad, M., Cantamessa, M., Montagna, F. & Clarkson, P. J. (2019). Managing Sociotechnical Complexity in Engineering Design Projects. Journal of Mechanical Design, 141(8), Artikel 081101. https://doi.org/10.1115/1.4042614.

Hay, G. J., Klonek, F. E. & Parker, S. K. (2020). Diagnosing rare diseases: A sociotechnical approach to the design of complex work systems. Applied ergonomics, 86, 103095. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103095.

Hirose, T. & Sawaragi, T. (2020). Extended FRAM model based on cellular automaton to clarify complexity of socio-technical systems and improve their safety. Safety Science, 123, 104556. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.104556.

Hollnagel, E. (2017a). FRAM: The Functional Resonance Analysis Method. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781315255071.

Hollnagel, E. (2017b). Safety-II in Practice. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315201023.

Jenkins, D. P., Stanton, N. A., Salmon, P. M. & Walker, G. H. (2011). Using work domain analysis to evaluate the impact of technological change on the performance of complex socio-technical systems.

Theoretical Issues in Ergonomics Science, 12(1), 1–14. https://doi.org/10.1080/14639220903353401.

Keating, C. B., Fernandez, A. A., Jacobs, D. A. & Kauffmann, P. (2001). A methodology for analysis of complex sociotechnical processes. Business Process Management Journal, 7(1), 33–50. https://doi.org/10.1108/14637150110383926.

McDonald, N., McKenna, L., Vining, R., Doyle, B., Liang, J., Ward, M. E., Ulfvengren, P., Geary, U., Guilfoyle, J., Shuhaiber, A., Hernandez, J., Fogarty, M., Healy, U., Tallon, C. & Brennan, R. (2021). Evaluation of an Access-Risk-Knowledge (ARK) Platform for Governance of Risk and Change in Complex Socio-Technical Systems. International journal of environmental research and public health, 18(23). https://doi.org/10.3390/ ijerph182312572.

Nuutinen, M., Savioja, P. & Sonninen, S. (2007). Challenges of developing the complex socio-technical system: realising the present, acknowledging the past, and envisaging the future of vessel traffic services. Applied ergonomics, 38(5), 513–524. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2006.10.004.

Righi, A. W. & Saurin, T. A. (2015). Complex socio-technical systems: Characterization and management guidelines. Applied ergonomics, 50, 19–30. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.02.003.

Salehi, V., Veitch, B. & Smith, D. (2021). Modeling complex socio-technical systems using the FRAM: A literature review. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, 31(1), 118–142. https://doi.org/10.1002/hfm.20874.

Sarvari, H., Edwards, D. J., Rillie, I. & Posillico, J. J. (2024). Building a safer future: Analysis of studies on safety I and safety II in the construction industry. Safety Science, 178, 106621. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106621.

Saurin, T. A. & Gonzalez, S. S. (2013). Assessing the compatibility of the management of standardized procedures with the complexity of a sociotechnical system: case study of a control room in an oil refinery. Applied ergonomics, 44(5), 811–823. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.02.003.

Smith, M., Murphy, D., Laxmisan, A., Sittig, D., Reis, B., Esquivel, A. & Singh, H. (2013). Developing software to "track and catch" missed follow-up of abnormal test results in a complex sociotechnical environment. Applied clinical informatics, 4(3), 359–375. https://doi.org/10.4338/ACI-2013-04-RA-0019.

Soliman, M. & Saurin, T. A. (2017). Lean production in complex socio-technical systems: A systematic literature review. Journal of Manufacturing Systems, 45, 135–148. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2017.09.002.

Soliman, M. & Saurin, T. A. (2022). Lean-as-imagined differs from lean-as-done: the influence of complexity. Production Planning & Control, 33(11), 1097–1114. https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1843729.

Soliman, M., Saurin, T. A. & Anzanello, M. J. (2018). The impacts of lean production on the complexity of socio-technical systems. International Journal of Production Economics, 197, 342–357. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.01.024.

Spinardi, G. (2015). Up in the air: Barriers to greener air traffic control and infrastructure lock-in in a complex socio-technical system. Energy Research & Social Science, 6, 41–49. https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.11.006.

Stanton, N. A. & Bessell, K. (2014). How a submarine returns to periscope depth: analysing complex socio-technical systems using Cognitive Work Analysis. Applied ergonomics, 45(1), 110–125. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.04.022.

Stern, C., Lizarondo, L., Carrier, J., Godfrey, C., Rieger, K., Salmond, S., Apóstolo, J., Kirkpatrick, P. & Loveday, H. (2020). Methodological guidance for the conduct of mixed methods systematic reviews. JBI evidence synthesis, 18(10), 2108–2118. https://doi.org/10.11124/jbisrir-d-19-00169.

Sutcliffe, A. (2001). Requirements engineering for complex collaborative systems, 110–117. https://doi.org/10.1109/ISRE.2001.948550.

Thomas, J. & Harden, A. (2008). Methods for the thematic synthesis of qualitative research in systematic reviews. BMC medical research methodology, 8, 45. https://doi.org/10.1186/1471-2288-8-45.

Zhou, W., Zhao, T., Liu, W. & Tang, J. (2018). Tower crane safety on construction sites: A complex sociotechnical system perspective. Safety Science, 109, 95–108. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.05.001.

Wissensmanagement – Überblick und Einordnung im Kontext der Produktion

Jannis PFISTER[1], Matthias JENNER[1], Fabian ADLER[1], Rainer MÜLLER[2]

[1]ZeMA – Zentrum für Mechatronik und Automatisierungstechnik gGmbH, Eschberger Weg 46, D-66121 Saarbrücken
[2] Lehrstuhl für Montagesysteme, Universität des Saarlandes, Eschberger Weg 46, D-66121 Saarbrücken

Kurzfassung: Effizientes Wissensmanagement ist essenziell, um demografischen Wandel und Fachkräftemangel in der Produktion zu begegnen. Der Verlust erfahrener Mitarbeitender und steigende Fluktuation erschweren die Sicherung impliziten Wissens, während hohe Investitionen in Einarbeitung angesichts verkürzter Verweildauer fraglich erscheinen. Dieser Beitrag beleuchtet technologische und organisatorische Ansätze zur Systematisierung des Wissenstransfers in KMU. Eine Literaturanalyse untersucht den Forschungsstand, identifiziert Lücken und bewertet bestehende Systeme, um die Basis für automatisierte, effiziente Wissensmanagementlösungen zu schaffen und KMU nachhaltig zu stärken.

Schlüsselwörter: Wissensmanagement, Transformation, Produktion, KMU, Wissenstransfer

1. Einleitung & Motivation

Wissensmanagement (WM) ist ein systematischer Ansatz zur Erfassung, Organisation, Speicherung und Verbreitung von Wissen innerhalb einer Organisation. Ziel vom WM ist, den Wert des Wissens zu maximieren. In der heutigen dynamischen Geschäftswelt, in der Wissen als entscheidender Wettbewerbsvorteil gilt, gewinnt die Implementierung effektiver Strategien im WM zunehmend an Bedeutung (Olfermann 2022). Das Konzept des WM umfasst sowohl explizites als auch implizites Wissen. Während explizites Wissen strukturiert und dokumentiert ist, z. B. in Handbüchern, Datenbanken oder Protokollen, und somit leicht zugänglich und teilbar bleibt, ist implizites Wissen oft in den Erfahrungen und Fähigkeiten der Mitarbeitenden verankert. Dieses Wissen ist schwieriger zu erfassen und wird häufig durch soziale Interaktionen sowie informelle Lernprozesse weitergegeben (Schewe & Nienaber 2011). Die Fähigkeit, beide Wissensarten systematisch ins WM zu integrieren, ist entscheidend für den Erfolg von Initiativen im WM und bildet die Grundlage für eine nachhaltige organisatorische Weiterentwicklung.

1.1 Herausforderungen der Unternehmen

Die Herausforderungen im WM betreffen sowohl technologische als auch organisatorische Aspekte. Besonders der Umgang mit implizitem Wissen stellt eine zentrale Schwierigkeit dar, da dieses Erfahrungswissen selten, im Kontrast zu explizitem Wissen, dokumentiert wird und z. B. bei Personalwechseln verloren geht. Dies führt zu Wissensverlust und beeinträchtigt die Effizienz sowie die Qualität von Prozessen

(Merz 2020).

Für KMU wiegt die Fluktuation besonders schwer, da ihnen nicht nur wertvolles Wissen verloren geht, sondern auch erhebliche Kosten für die Einarbeitung neuer Mitarbeitender sowie die Sicherung und Weitergabe von Wissen entstehen (Lenz 2002). Bereits 2016 gaben über 290.000 der über 3.2 Millionen deutschen Betriebe (9 %) eine besorgniserregend hohe Fluktuation an (Hammermann et al. 2022). Studien zeigen, dass die Kosten für den Ersatz eines Mitarbeiters typischerweise 20-21 % seines Jahresgehalts betragen und bei spezialisierten Positionen noch deutlich höher liegen können (Boushey & Glynn 2012). Die digitale Transformation eröffnet neue Möglichkeiten für das WM, etwa durch Technologien wie IoT und Augmented Reality, erfordert jedoch zugleich Anpassungen in Technologie und Unternehmenskultur (Gantert et al. 2018). Die Akzeptanz neuer Technologien hängt stark von einer unterstützenden Unternehmenskultur ab, die den Wissensaustausch fördert und Mitarbeitende einbindet (Bitzer & Werther 2019).

1.2 Abgrenzung und Zielsetzung

WM ist essenziell für die Produktionslandschaft, insbesondere für KMU, da es Effizienz steigert, die Produktqualität verbessert und Innovationen fördert (North & Maier 2018; Gronau & Fröming 2006; Bittner & Leimeister 2015). Denn in Produktionsumgebungen, die im Gegensatz zu standardisierten Büroprozessen durch hohe Variabilität und Dynamik gekennzeichnet sind, ist die effiziente Nutzung von Wissen essenziell, um Produktivität, Qualität und Innovationsfähigkeit zu sichern (Pillen, 2021). Während das WM im Büro häufig auf wiederholbare und bereits digitalisierte Strukturen zurückgreifen kann, erfordert WM in der Produktion flexiblere Ansätze, um mit der Komplexität und Variantenvielfalt umzugehen. WM-Strategien können dabei helfen, Wissen systematisch zu erfassen, zu teilen und in den Produktionskontext einzubinden, was die Herausforderungen und Relevanz des WM in der Produktion verdeutlicht. (North & Maier 2018; Gecevska et al. 2011; Vernadat et al. 2018; Gronau & Fröming 2006)

Ziel dieser Veröffentlichung ist es, ein spezifisches Verständnis von Wissen und WM im Kontext der Produktion zu schaffen. Die Dynamik, enge Verzahnung von Prozessen und Technologien sowie der effektive Wissenstransfer machen eine differenzierte Betrachtung erforderlich. Ziel dieser Arbeit ist es nicht, neue WM-Konzepte zu entwickeln, sondern bestehende Ansätze auf ihre Eignung für die Produktion zu untersuchen, wobei der Schwerpunkt auf der begrenzten Nutzung bestehender Systeme trotz ihrer potenziellen Vorteile liegt (Huber et al. 2020; Bittner & Leimeister 2015).

Herausforderungen wie der Umgang mit implizitem Wissen, Personalwechsel und die Unternehmenskultur sowie technologische Entwicklungen wie digitale Plattformen und KI-Systeme werden untersucht, um Forschungsdefizite sowie Ansätze zur Weiterentwicklung bestehender Lösungen zu identifizieren.

2. Wissensmanagement in Literatur und Forschung

2.1 Allgemeine Prinzipien von Wissen und Wissensmanagement

WM ist ein zentrales Konzept der Unternehmensführung. Dabei wird das eigentliche Wissen zunehmend als strategische Ressource betrachtet. Seit den 1990er Jahren

entwickeln Unternehmen systematische Ansätze zur Erfassung, Speicherung und Nutzung von Wissen. Modelle wie die „Wissenstreppe“ (North & Maier 2018) und das SECI-Modell (Nonaka 1995) prägen die wissenschaftliche Diskussion und praktischen Ansätze durch ihre Beschreibung der Interaktion zwischen explizitem und implizitem Wissen. Probst et al. (2010) ergänzen diese Grundlagen durch zentrale Bausteine wie Wissensziele, -erwerb und -bewahrung.

Aktuelle Forschung fokussiert die Integration von WM in digitale Transformationsprozesse, Assistenzsystemen und hybride Lernumgebungen. Herausforderungen wie kulturelle Barrieren und der Umgang mit implizitem Wissen bleiben zentral. Technologische Entwicklungen und digitale Plattformen sind entscheidend, um Wissen effektiv zu nutzen und Wettbewerbsvorteile zu sichern (Bashir 2023; North & Maier 2018; Ottersböck & Rusch 2023; Vernadat et al. 2018).

2.2 Produktionsbezogenes Wissen(-smanagement)

WM steigert die Wettbewerbsfähigkeit und Flexibilität von Produktionsunternehmen, indem es Wissen systematisch nutzt und Prozesse optimiert. Laut der ProWis-Studie kann dies die Effizienz um bis zu 30 % erhöhen (Voigt et al. 2006; Vernadat et al. 2018). In der dynamischen, technologiegetriebenen Geschäftswelt ist es unerlässlich, Wissen systematisch zu erfassen, zu speichern und zu verbreiten. Besonders in Produktionsumgebungen mit hoher Variabilität und Prozesskomplexität trägt WM entscheidend zur Optimierung und Flexibilität bei (Bashir 2023).

Ein bedarfsorientiertes WM, das auf die spezifischen Anforderungen der Produktionsprozesse zugeschnitten ist, kann signifikante Vorteile bieten, wie bspw. eine erhöhte Prozesseffizienz und eine Verbesserung der Entscheidungsqualität. Schmid und Kern betonen in ihrer Arbeit die Notwendigkeit einer Typologie zur Ermittlung des WM-Bedarfs in Geschäftsprozessen und präsentieren einen Baukasten zur Gestaltung von WM-Systemen (Schmid & Kern 2013).

Für KMU, die oft Schwierigkeiten haben, WM-Methoden effektiv umzusetzen, zeigt Rahim et al. (2018), dass der gezielte Einsatz von WM-Konzepten in der Produktionssystemplanung entscheidend dazu beiträgt, Wissensprozesse zu strukturieren, Entscheidungsprozesse zu verbessern und dadurch die Effizienz in Produktionsabläufen nachhaltig zu steigern (Rahim et al. 2018).

Ein zentrales Element des WMs in der Produktion ist die Unterscheidung zwischen explizitem und implizitem Wissen. Flämig hebt hervor, dass viele WM-Systeme oft nur einen Teil des benötigten Wissens abdecken und es notwendig ist, Systeme zu entwickeln, die sowohl mit explizitem als auch mit implizitem Wissen umgehen können (Flämig 2018).

Im produktionsbezogenen WM wurden in den letzten Jahren durch die Integration neuer Technologien und Methoden signifikante Fortschritte erzielt. Ein zentraler Ansatz ist das Product-Lifecycle-Management (PLM), das Produktinformationen über den gesamten Lebenszyklus verwaltet und durch systematische Wissensintegration die Zusammenarbeit, Innovationsfähigkeit und Produktqualität verbessert (Gecevska et al. 2011). Moderne Informationssysteme unterstützen das WM in der Industrie zusätzlich, indem sie Wissen in Produktionsumgebungen organisieren und verwalten. Laut Vernadat et al. (2018) ermöglichen produktionsbezogene WM-Systeme die Analyse von Echtzeitdaten und fundierte Entscheidungen auf Basis aktueller Informationen, was insbesondere in dynamischen Märkten, die durch schnelle Veränderungen und Anpassungen gekennzeichnet sind, von Vorteil ist.

Ein weiterer zentraler Aspekt im produktionsbezogenen WM ist die Bedeutung der Standardisierung, insbesondere bei Metadaten. Laczny (2021) betont, dass Richtlinien für Metadaten, wie bspw. Informationen zur Beschreibung von Produktionsdaten oder Maschinenparametern unerlässlich sind, um Informationen interoperabel zu machen. Für die effiziente Nutzung von Wissen und die Sicherstellung des Wissensflusses in dynamischen Produktionsumgebungen ist diese Standardisierung eine entscheidende Vorarbeit. (Laczny 2021)

Die in dieser Arbeit präsentierten Ansätze stützen die in Kapitel 1.2 dargelegte Zielsetzung, die Eignung von WM-Ansätzen für die Anforderungen der Produktion zu evaluieren. Es wird betont, dass die Integration verschiedener Wissenstypen in dynamische Prozesse, die agil und flexibel sind, essenziell ist, um ein besseres Verständnis moderner WM-Systeme zu ermöglichen. Zudem wird auf den Bedarf an automatisierten Lösungen für den Wissenstransfer hingewiesen..

3. Abgeleitetes Verständnis von WM-System in der Produktion

Auf Basis des analysierten Stands der Technik und Forschung wird deutlich, dass WM in der Produktion andere Anforderungen stellt als bspw. an Büroprozesse. Wie in den vorherigen Kapiteln aufgezeigt, erfordert die Produktion aufgrund ihrer hohen Variabilität und Dynamik flexible und spezialisierte Ansätze.

Ein zentraler Unterschied liegt in der Art des Wissens. Individuelles Wissen, insbesondere implizites Wissen, ist in den Erfahrungen, Fähigkeiten und der Intuition der Mitarbeitenden verankert und daher schwieriger oder gar nicht dokumentierbar. Dieser Umstand ist insbesondere in Produktionsumgebungen von Relevanz, in denen Mitarbeitende häufig ohne Zugriff auf digitale Hilfsmittel (bspw. Zugang zum PC) arbeiten und ihre Tätigkeiten überwiegend manuell ausführen. In der Produktion spielt diese Form des Wissens eine entscheidende Rolle, beispielsweise bei der Bedienung komplexer Maschinen oder bei der Generierung erfahrungsbasierter Problemlösungen. Unternehmenswissen hingegen bezeichnet die Gesamtheit des kollektiven Wissens einer Organisation und kann wie in Tabelle 1 strukturiert werden.

Tabelle 1: *Aufteilung Unternehmenswissen.*

Organisator. Wissen	Regelwerke, Strukturen, Standards
Produktwissen	Kenntnisse zu Eigenschaften, Anforderungen und Designs
Prozesswissen	Produktionsabläufe, Technologien & Arbeitsmethoden
Betriebsmittelwissen	Nutzung und Wartung von Maschinen und Werkzeugen

Die Unterscheidung zwischen beiden Wissensarten zeigt, dass WM-Systeme in der Produktion beide Dimensionen berücksichtigen müssen. In dieser abgeleiteten Definition des WMs in der Produktion wird die zentrale Rolle sowohl des Unternehmenswissens, als auch des individuellen Wissens hervorgehoben. Unternehmenswissen als explizites und strukturiertes Wissen ermöglicht Standardisierung und Skalierbarkeit. Durch praktische Erfahrungen, erlernte Kompetenzen und intuitive Einschätzungen der Mitarbeitenden geprägt, besitzt individuelles Wissen einen impliziten Charakter und ist daher schwer systematisch zu erfassen.

Ein modernes WM-System muss beide Wissensarten systematisch erfassen, verknüpfen und produktiv nutzbar machen, um den spezifischen Anforderungen und Potenzialen dynamischer Produktionsumgebungen gerecht zu werden.

4. Diskussion und Ausblick

Produktions- und Büroprozesse unterscheiden sich grundlegend, wodurch WM in der Produktion spezifische Herausforderungen mit sich bringt. Während Büroprozesse auf wiederholbaren Strukturen basieren, erfordert die dynamische und variantenreiche Produktion flexible Ansätze, die sowohl technologische als auch organisatorische Aspekte integrieren. Besonders in KMU mit geringen Digitalisierungs- und Automatisierungsstandards führt die Erhebung von Wissen zu Problemen.

Ein zentraler Aspekt im produktionsbezogenen WM ist die Notwendigkeit, innovative technologische Ansätze zu nutzen, um die besonderen Herausforderungen in Produktionsumgebungen zu bewältigen. Technologien wie automatisierte Analysewerkzeuge, sprachbasierte Dokumentationssysteme und intelligente Assistenzsysteme können hierbei unterstützen. Die genannten Systeme sollen es in Zukunft ermöglichen, bspw. Gespräche oder Arbeitsprozesse zu analysieren und implizites Wissen in strukturierter Form verfügbar zu machen, was den Wissenstransfer und die Effizienz erheblich verbessern kann (Bashir 2023; Ottersböck & Rusch 2023). Auch der Wissenserwerb in komplexen Produktionsumgebungen erfordert innovative Lösungen. KI und maschinelles Lernen bieten die Möglichkeit, Produktionsdaten auszuwerten und bisher verborgenes Wissen nutzbar zu machen, wodurch die Entscheidungsfindung und Anpassungsfähigkeit gesteigert werden können. Projekte wie *KI_epper, SeSe* und *KIproWork* verdeutlichen, wie Technologien genutzt werden können, um Erfahrungswissen systematisch zu erfassen und verfügbar zu machen (KI_eeper 2025; KIproWork 2025; Service Secretary 2025). Solche Projektansätze zeigen die Relevanz moderner Technologien und den Bedarf an weiterer Forschung im WM der Produktion. Die nachfolgenden Schritte werden eine vertiefende, systematische Analyse bestehender Ansätze, insbesondere im Hinblick auf den Wissenstransfer von implizitem Wissen, umfassen. Ziel dieser Analyse wird es sein, Lösungsmöglichkeiten für einen automatisierten Wissenstransfer zu erarbeiten.

Auch die Unternehmenskultur ist ein zentraler Erfolgsfaktor für WM-Systeme, da der Wissensaustausch stark von der Akzeptanz der Belegschaft abhängt. Widerstände können durch Change-Management-Programme und Anreize überwunden werden. Zukünftige Ansätze sollten technologische Innovationen mit organisatorischen und sozialen Strategien verbinden, um auf die Anforderungen dynamischer Produktionsumgebungen flexibel zu reagieren.

Als Fazit sollte WM zukünftig als ganzheitlicher Ansatz verstanden werden, der technologische, organisatorische und kulturelle Aspekte vereint, um Wissen effektiv und nachhaltig in den Produktionskontext zu integrieren.

5. Literatur

Bashir, A. (2023). Entwicklung eines intelligenten Kognitiven Assistenzsystems für dynamische Produktionsumgebungen. Saarbrücken: Technische Fakultät der Universität des Saarlandes.

Bitzer, S., & Werther, B. (2019). Herausforderungen und Lösungsansätze durch den Einsatz von digitalen Zusammenarbeitssystemen im Wissensmanagement in einem globalen Mehrmarken-Konzern. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 56(1), 109–120.

Boushey, H., & Glynn, S. J. (2012). There are significant business costs to replacing employees. Center for American Progress, November 16, 2012. Abgerufen am 17.01.2025, von https://cdn.americanprogress.org/wp-content/uploads/2012/11/CostofTurnover0815.pdf.

Cao, L., Deng, H. J., & Xu, Y. (2012). Product Lifecycle Oriented Domain Specific Model for Knowledge Resource Allocation Service. Applied Mechanics and Materials, 151, 707–710.

Davenport, T. H., & Prusak, L. (1998). Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know. Harvard Business School Press.
Flämig, H. (2018). Wissensmanagement in der Produktion – Nutzung und Herausforderungen. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 113(6), 395–401.
Gantert, K., Neher, G., & Schade, F. (2018). Die digitale Transformation meistern. Bibliothek Forschung und Praxis, 42(3), 441–452. https://doi.org/10.1515/bfp-2018-0053.
Gecevska, V., Chiabert, P., Anisic, Z., Lombardi, F., & Cus, F. (2011). Product lifecycle management through innovative and competitive business environment. Journal of Industrial Engineering and Management, 4(4), 537–560. https://doi.org/10.3926/jiem.321.
Gronau, N., & Fröming, J. (2006). KMDL; Eine semiformale Beschreibungssprache zur Modellierung von Wissenskonversionen. WIRTSCHAFTSINFORMATIK, 48(5), 349–360.
Hammermann, A., Schmidt, J., & Stettes, O. (2022). Fluktuation auf dem deutschen Arbeitsmarkt: Dynamik von Personalbewegungen und deren Einflussfaktoren. IW-Analysen Nr. 149. Institut der deutschen Wirtschaft Köln.
Huber, C., Passath, T., & Biedermann, H. (2021). Wissens- und lernorientierte Instandhaltung unter dem Aspekt zunehmender Digitalisierung. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 58(1), 197–211.
Ivanova, A., Kölle, A., Magdanz, N., & Schreiber, A. (2021). Projekt- und Wissensmanagement in Verbundprojekten. In: Kustermann, R., Kunkel, M., Mersch, A., & Schreiber, A. (Hrsg.). Selbststudium im digitalen Wandel. Springer Fachmedien, S. 275–288.
KI_epper (2025). KI-eeper – Ein innovatives KI-Projekt zur Sicherung von Erfahrungswissen. Abgerufen am 15.01.2025, von https://www.arbeitswissenschaft.net/forschung-projekte/ki-eeper.
KIproWork (2025). KIPROWORK – KI-gestützter Erwerb prozeduralen Wissens in Arbeitsprozessen von KMU. Abgerufen am 15.01.2025, von https://kiprowork.de/.
Laczny, J. (2020). Fit for Purpose – Standardisierung von inhaltserschließenden Informationen durch Richtlinien für Metadaten. Graue Literatur, Allianz der deutschen Wissenschaftsorganisationen. https://doi.org/10.2312/ALLIANZOA.038.
Lenz, G. (2002). Prozessorientiertes Wissensmanagement. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 97(9), 432–434. https://doi.org/10.3139/104.100564.
Merz, M. (2020). Gestaltung eines Behavior Change Support Systems für nachhaltige Wissensdokumentation. In: Gronau, N., Heine, M., Pousttchi, K., & Krasnova, H. (Hrsg.). WI2020 Zentrale Tracks: Proceedings. GITO Verlag, S. 480–486.
Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. Oxford University Press.
North, K., & Maier, R. (2018). Wissen 4.0 – Wissensmanagement im digitalen Wandel. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 55(4), 665–681. https://doi.org/10.1365/s40702-018-0426-6.
Olfermann, E., & Bhatti, S. (2022). Wissen in Krisen- und Katastrophenlagen: Umgang mit Erfahrungen aus der Praxis. In: Schütte, P.M., Schulte, Y., Schönefeld, M., & Fiedrich, F. (Eds.). Krisenmanagement am Beispiel der Flüchtlingslage 2015/2016. Springer VS, Wiesbaden.
Ottersböck, N., & Rusch, T. (2023). Babyboomer weg – Wissen weg. Ist ein Gegensteuern mit Künstlicher Intelligenz möglich? Zeitschriftenaufsatz, ifaa.
Pillen, G. (2021). Wissen schafft Innovation ... wenn alle daran teilhaben. Wissensmanagement, 3(5), 11–13. https://doi.org/10.1007/s43443-021-0268-x.
Probst, G., Raub, S., & Romhardt, K. (2010). Wissen managen. 6., überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-8597-2.
Rahim, M. A., Stolipin, J., & Wenzel, S. (2018). Wissensmanagement in der Produktionssystemplanung. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 113(6), 381–385. https://doi.org/10.3139/104.111934
Schewe, G., & Nienaber, A.-M. (2011). Explikation von implizitem Wissen: Stand der Forschung zu Barrieren und Lösungsansätzen. J Betriebswirtschaft, 61(1), 37–84.
Schmid, U., & Kern, J. (2013). Typologie zur Ermittlung von Wissensmanagement-Bedarf in Geschäftsprozessen. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb.
Service Secretary. (2025). Die optimale Lösung für standardisierte Prozessdokumentation. Abgerufen am 15.01.2025, von https://service-secretary.de/.
Vernadat, F. B., Chan, F. T. S., Molina, A., Nof, S. Y., & Panetto, H. (2018). Information systems and knowledge management in industrial engineering: recent advances and new perspectives. International Journal of Production Research, 56(8), 2707–2713. https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1454615.
Voigt, S., Staiger, M., Finke, I., & Orth, R. (2006). ProWis – Professionelles Wissensmanagement in produzierenden KMU. Fraunhofer IFF, Fraunhofer IPK.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Strategien und Geschäftsmodelle für den Wissenstransfer in der Arbeitsforschung

Sibylle HERMANN[1], Martin BRAUN[2], Jakob GUHL[1]

[1] Forschungs- und Innovationszentrum Kognitive Dienstleistungssysteme, Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Bildungscampus 9, D-74076 Heilbronn
[2] Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart

Kurzfassung: Der Wissenstransfer in der Arbeitsforschung zielt darauf ab, wissenschaftliche Erkenntnisse mittels praktischer Anwendungen in Wert zu setzen. Die „Regionalen Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“ (ReKodA) entwickeln Strategien und Geschäftsmodelle für den Wissenstransfer. Eine explorative Studie untersuchte die Geschäftsmodellentwicklung in vier ausgewählten ReKodA hinsichtlich Vorgehensweisen, Leistungskonzepte und Verstetigungsansätze. Der Vergleich der Geschäftsmodelloptionen ermöglicht die Identifikation erfolgreicher Transferinhalte und -formate. Diese gilt es nachfolgend in kundenspezifische Leistungsangebote zu überführen. Der Beitrag stellt wesentliche Studienergebnisse vor und leitet daraus Handlungsempfehlungen für den Wissenstransfer ab.

Schlüsselwörter: Arbeitsforschung, Wissenstransfer, Kompetenzzentrum, Strategie, Geschäftsmodell, Nutzen- und Relevanzkriterien

1. Einleitung

Die Arbeitsforschung ist gefordert, ihre Erkenntnisse durch praktische Anwendungen in Wert zu setzen. Dies ist Kernaufgabe des Wissenstransfers. Seit 2020 fördert das BMBF deutschlandweit insgesamt 13 „Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“ (ReKodA) über einen Zeitraum bis fünf Jahre finanziell, um ein positives Momentum für die Arbeitsforschung zu schaffen. Die in den ReKodA vernetzten Institutionen der Arbeitsforschung entwickeln gemeinsam mit Unternehmen und Bildungseinrichtungen neue Wege des Wissenstransfers und erproben diese (Braun 2024).

Um den Bestand der Kompetenzzentren über den Förderzeitraum hinweg zu sichern, werden Strategien und Geschäftsmodelle für Transfernetzwerke entwickelt. Hierbei ist zu klären, wie die Arbeitsforschung den Wissenstransfer in die Praxis wirksam bewerkstelligen und damit ihre Relevanz für die Arbeitsgestaltung unter Beweis stellen kann. Geeignete Geschäftsmodelle sollen die ReKodA in die Lage versetzen, mittels Leistungsangeboten, Nutzenbeiträgen und Finanzierungsoptionen neue Einnahmequellen durch Aktivitäten des Wissenstransfers zu erschließen.

2. Grundlagen

2.1 Strategie und Geschäftsmodelle

Ein *Geschäftsmodell* ist eine modellhafte Repräsentation der logischen Zusammenhänge, wie eine Organisation Mehrwert für Kunden erzeugt und einen Ertrag für die Organisation sichern kann. Mit dem Aufkommen der Plattformökonomie gewinnt die Entwicklung von *Multi-Stakeholder-Geschäftsmodellen* an Bedeutung. Um hier einen Mehrwert zu schaffen, ist eine verteilte Leistungsentwicklung und -erbringung durch mehrere Stakeholder zu organisieren. Das *Wertbasierte Geschäftsmodell* nach Bieger und Reinhold (2011) zeigt entsprechende Dimensionen und Strukturen auf (vgl. Abbildung 1).



***Abbildung 1**: Struktur des Wertbasierten Geschäftsmodells (Bieger / Reinhold 2011).*

2.2 Geschäftsmodelle für die Arbeitsforschung

Arbeitsforschung setzt eine Wahrnehmung unterschiedlicher Interessen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft voraus. Im Zuge der digitalen Transformation und des sozio-demografischen Wandels betonen Politik und Verbände eine hohe gesellschaftliche Relevanz der Arbeitsforschung. Es gilt, ihre Themen, Kompetenzen und Ressourcen im öffentlichen Diskurs stärker zu verankern. Mangels geeigneter Diskursformate fließen praktische Fragestellungen und Erfahrungen bislang nur unsystematisch in die wissenschaftliche Forschung ein und werden dort eher beiläufig rezipiert.

Es sind Strategien und Geschäftsmodelle zu entwickeln, um einen Diskurs der Anspruchsgruppen der Arbeitsforschung zu initiieren, Forschungsbedarfe zu konkretisieren, Leistungsangebote zu spezifizieren und den Wissenstransfer zu intensivieren.

2.3 Nutzen- und Relevanzfaktoren der Arbeitsforschung

Durch Empirik strebt die Arbeitsforschung nach Verständnis, wie sich der arbeitende Mensch vorteilhaft in arbeitsteiligen Verhältnisse einbringen kann. Sie leitet Ordnungs- und Gestaltungsprinzipien für Arbeit ab (Braun 2025). Zudem gibt sie an, wie neue, valide Erkenntnisse über die menschliche Arbeit gewonnen werden können.

Eine wirksame Arbeitsforschung muss nicht nur (über-) betriebliche Innovationen unterstützen, sondern auch ihre Selbstinnovationsprozesse stärken (Ernst 2009).

Die für die ReKodA konstitutiven Forderungen nach Beschleunigung von Forschungs- und Innovationsprozessen, verbessertem Zugang zu Expertise sowie synergistischem Wissenstransfer weisen auf dringende Handlungsbedarfe in den Wirtschaftsunternehmen hin. Die eingeforderten Ressourcen adressieren nahezu ausnahmslos menschliche Intelligenzen. Die artikulierte Nachfrage legt nahe, dass menschliche Fähigkeiten und Bedürfnisse unverzichtbare Leistungsfaktoren und Quellen von Wertschöpfung und Fortschritt sind. Allerdings fällt es der Arbeitsforschung schwer, *ganzheitliche* Leistungskonzepte zur Befriedigung dieser Nachfrage zu entwickeln. Folglich orientieren sich Unternehmen vor allem an unilateralen betriebswirtschaftlichen Entscheidungsmustern. Die betriebswirtschaftliche Logik bilanziert menschzentrierte Interventionen, die nicht in handelsfähige Produkte münden, allerdings als wertmindernd (Braun 2025). Um derartige Einseitigkeiten zu vermeiden, sollen betriebliche Ordnungs- und Bewertungsverfahren sowohl monetäre als auch nichtmonetäre Nutzenkriterien umfassen.

2.4 Erfolgsfaktoren eines netzwerkbasierten Wissenstransfers

Eine Literaturrecherche verweist auf Erfolgsfaktoren eines netzwerkbasierten Wissenstransfers in der Arbeitsforschung (vgl. Panitz 2025):

- *Zweckmäßigkeit:* Netzwerke verbinden Fachleute, die mit ähnlichen Problemen konfrontiert sind, gemeinsam nach Lösungen suchen und durch ihre soziale Praxis einen Wissensbestand verkörpern (Wenger 1998).
- *Kontext:* Wissenstransfer bezieht sich auf übergeordnete Innovationsprozesse und erweitert diese um eine arbeitswissenschaftliche Dimension. Dies erfordert Kenntnis von Zielen und Methoden der assoziierten Fachdisziplinen.
- *Bedarfsorientierung:* Wissenstransfer in der Arbeitsforschung orientiert sich an der Kundennachfrage. Erhöhter Handlungsbedarf besteht u. a. in der sachgemäßen Bewältigung der Folgen des sozio-demografischen Wandels.
- *Verbindlichkeit:* Die Netzwerkakteure teilen gemeinsame Ideale, was ihre Loyalität unterstreicht. Netzwerke führen ergänzende Kompetenzen zusammen, ohne etablierte Strukturen in Frage zu stellen. Das Wachstum eines Netzwerks beruht idealerweise auf persönlicher Empfehlung, um die Prinzipien von Vertrauen und Verantwortung zu verwirklichen (Garfield 2020).
- *Kontinuität:* Transfernetzwerke entstehen zumeist in Nischen. Sie leben vom Engagement der Initiatoren, etwa bei der Moderation relevanter Themen. Ein Mandat sichert ihre Unterstützung durch die Netzwerkakteure (Doz et al. 2000). Durch aktive Mitarbeit steigern Akteure ihre persönliche Reputation.
- *Finanzierung:* Da die finanzielle Ausstattung eines Netzwerks die Handlungsoptionen seiner Akteure definiert, ist ein verbindlicher Konsens herzustellen.

Wissenstransfer in der Arbeitsforschung unterliegt strukturellen Paradoxien: Forscher streben gemeinhin nach objektiver Erkenntnis, Unternehmensvertreter hingegen nach verwertungsorientierter Problemlösung. Diese komplementären Perspektiven sind durch Intermediäre (wie Berater, Ausbilder oder Entwickler) zu verbinden.

3. Methodik zur Untersuchung der Geschäftsmodellentwicklung

In einer explorativen Studie wurden Initiativen zur Geschäftsmodellentwicklung in vier ausgewählten ReKodA untersucht, die sich auf Anwendungen der Künstlichen Intelligenz fokussieren. Leitfadengestützte Interviews adressierten Vorgehensweisen, Herausforderungen, Leistungskonzepte und Verstetigungsansätze. Als Interviewpartner standen Projektkoordinatoren, Experten für Strategie und Verstetigung sowie Vertreter der Stakeholder zur Verfügung. Eine Handreichung führte in die Methodik der Geschäftsmodellentwicklung ein. Die Studienergebnisse wurden Vertretern der ReKodA in zwei Vortragsveranstaltungen zurückgespielt. Es wurden erfolgsversprechende Transferinhalte und -formate identifiziert, die es in kundenspezifische Leistungsangebote zu übersetzen gilt. Die Interviews wurden Ende 2023, d. h. vor der Formulierung der konkreten Leistungskonzepte geführt. Letzte sind Gegenstand einer zweiten Befragungswelle.

4. Ergebnisse

Wesentliche Interviewergebnisse sind nachfolgend für die Dimensionen des Wertbasierten Geschäftsmodells (Bieger / Reinhold 2011) dokumentiert:

Die heterogenen *Leistungskonzepte* der betrachteten ReKodA werden maßgeblich durch die Interessen der teilnehmenden bzw. assoziierten Unternehmen geprägt, die prototypisch für potenzielle Kundengruppen stehen. Eine hohe Fluktuation in den Institutionen der Arbeitsforschung erschwert eine kontinuierliche Weiterentwicklung.

Wertschöpfungskonzepte der ReKodA wurden vier Formaten zugeordnet: Online-Informationen & Community, Veranstaltungen & Seminare, Fallstudien und Demonstratoren & Labore. Ihre Schlüsselprozesse und -ressourcen zeigt Tabelle 1 auf.

Das *Kommunikationskonzept* der der betrachteten ReKodA beruht v. a. auf etablierten Kommunikationskanälen im Netzwerk sowie auf öffentlichkeitswirksamen Veranstaltungen. Die ReKodA intensivieren ihre professionellen Marketingaktivitäten.

Mit Blick auf das *Ertragskonzept* liegen nur begrenzte Erfahrungen vor, um die Kosten von Aktivitäten abzuschätzen. Hohe Ertragspotenziale bieten spezielle Seminarangebote und reife Software-Apps. Assoziierte Entwicklungsunternehmen bevorzugen jedoch eine eigenwirtschaftliche Vermarktung ihrer Pilotlösungen. Angesichts frei zugänglicher Online-Ressourcen und Fachpublikationen sind mittelständische Unternehmen selten bereit, in wissenschaftliche Beratungs- und Umsetzungsprojekte zu investieren. Vor diesem Hintergrund streben die ReKodA eine Finanzierung ihrer Aktivitäten über Mitgliedsbeiträge bzw. öffentliche Förderprogramme an.

Im Hinblick auf die *Wertverteilung* verfolgen die betrachteten ReKodA aufgrund begrenzter Finanzmittel das Ziel, Partner auch durch nicht-monetäre Anreize an das Netzwerk zu binden. Solche Anreize umfassen beispielsweise den exklusiven Zugang zu Expertise und Medienpräsenz.

Zum Interviewzeitpunkt hatten sich drei der ReKodA noch nicht intensiver mit der institutionellen *Weiterentwicklung* ihrer Geschäftsmodelle, etwa in Form einer zentralen Koordinierungsstelle, eines (gemeinnützigen) Vereins oder eines losen Verbundes von Netzwerkpartnern, auseinandergesetzt.

Tabelle 1: *Wertschöpfungskonzepte der ReKodA mit Schlüsselprozessen und -ressourcen.*

Wertschöpfungs-konzept	**Schlüsselprozesse**	**Schlüsselressourcen und -partner**
Online-Informationen & Community	Erstellen und Kuratieren von Beiträgen, Website- und Community-Management	Autoren, Website-Betreiber, Social-Media-Kanäle, IT-Infrastruktur
Veranstaltungen & Seminare	Veranstaltungsorganisation, Marketing, Teilnehmerbetreuung	Referenten, Eventmanager, Veranstaltungsräume und -technik
Fallstudien	Erstellen von Leitfäden, Checklisten und Benchmarks, Aufbereiten von Fallstudien	Fach- und Domänenexperten, Statistiker, Lektoren, Grafik-Designer
Demonstratoren & Labore	Entwicklung von IT-Systemen, Projektmanagement, Einwerben von Projekten	Softwareentwickler, Fachberater, Operatoren, Projektmanager

Viele mittelständische Unternehmen haben Künstliche Intelligenz bislang nicht in ihre Strategien integriert. Ihre verhaltene Wissensnachfrage erschwert die Etablierung entsprechender Geschäftsmodelle in den ReKodA. Im Kontext einer Fokussierung auf kurzfristige Unternehmensgewinne fällt es betrieblichen Entscheidern schwer, die Relevanz der Arbeitsforschung und ihren betrieblichen Nutzenbeitrag zu erfassen. Dementsprechend kommen grundlegende Konzepte der Arbeitsforschung oft zu kurz.

5. Diskussion

Bei der Betrachtung der Studienergebnisse zur Geschäftsmodellentwicklung fallen zwei Handlungsfelder auf, die für die Formulierung attraktiver Leistungskonzepte unter Berücksichtigung von Erfolgsfaktoren des Wissenstransfers entscheidend sind:

- *Identität der Netzwerke:* Die Fundamente aktiver und geistig fruchtbarer Netzwerke bilden sich aus den gemeinsamen Zielen, Werten und Aktivitäten ihrer Mitglieder, die im Einklang mit bestehenden institutionellen Strukturen stehen. Die aktive Bewältigung gemeinsamer Herausforderungen festigt die Identität der Transfernetzwerke und steigert deren externe Sichtbarkeit sowie Wirksamkeit. Im Gegensatz hierzu erweist sich die bloße gemeinsame Erschließung von Finanzierungsquellen als unzureichendes Bindeglied.
- *Konzeptionelle Fokussierung der Arbeitsforschung:* Eine Kernidee der Arbeitsforschung – der menschzentrierte Ordnungs- und Gestaltungsansatz – wird im Kundenfeld nicht hinreichend sichtbar und vermag die Alleinstellung einschlägiger Leistungskonzepte der ReKodA nicht zu begründen. Diese Sichtbarkeit ist eine Voraussetzung für den Wissenstransfer in der Arbeitsforschung.

Da humane Gestaltungsansätze in der betriebswirtschaftlichen Logik als wertmindernd bilanziert werden, soll die Arbeitsforschung auch ihren nicht-monetären Nutzen veranschaulichen. Sie hat sachgemäße Wege zu ausgewogenen Arbeitsverhältnissen aufzuzeigen, in die sich der arbeitende Mensch vorteilhaft einbringen kann, um eigene Bedürfnisse zu artikulieren und seine Fähigkeiten aktiv zur Befriedigung fremder Bedarfe einzusetzen. Indem sie den Antagonismus von *produktiver Versorgung* und *individueller Selbstentwicklung* thematisiert, trägt die Arbeitsforschung der Doppelnatur von menschlicher Arbeit Rechnung. Die unabdingbaren Kompetenzen geistig eigenständiger, motiviert und verantwortungsvoll handelnder Menschen sollen u. a. eine

befähigende Organisationsentwicklung und einen produktiven Technologieeinsatz beim Übergang in die post-industrielle Arbeitsgesellschaft ermöglichen.

6. Fazit und Ausblick

Aktuelle Aktivitäten zur Entwicklung nachhaltiger Strategien und Geschäftsmodelle beleben die jahrzehntelange Debatte über die Nutzenwirkung der Arbeitsforschung (vgl. Ernst 2009). Interviews in vier ausgewählten ReKodA gewähren Einblicke in den Stand von Wertschöpfungskonzepten und offenbaren weiteren Entwicklungsbedarf.

Über betriebswirtschaftliche Kriterien hinaus werden vielversprechende Perspektiven für die Zukunft der Arbeitsgesellschaft beleuchtet. Diese können sich in einer gesunden Wirtschaftsordnung mit entsprechenden Rechtsgrundsätzen, einem innovationsförderlichen Arbeitsklima, sozialem Frieden und wirtschaftlicher Wohlfahrt zeigen. Diese Verhältnisse schaffen vorteilhafte Voraussetzungen, um die Herausforderungen des sozio-demografischen Wandels und der digitalen Transformation zu bewältigen.

Experten der Arbeitsforschung übernehmen wertvolle Transferaufgaben in (Hochschul-) Bildung und Politikberatung, die der gesellschaftlichen Vorsorge dienen und sich nicht in eine rein betriebswirtschaftliche Logik einordnen lassen. Auch in Zukunft wird eine öffentliche Förderung der Arbeitsforschung unerlässlich sein. Diese soll sich an herausragender Expertise orientieren und höchsten Qualitätsstandards genügen.

7. Literatur

Bieger T, Reinhold S (2011) Das wertbasierte Geschäftsmodell. Ein aktualisierter Strukturierungsansatz. In: Bieger T, zu Knyphausen-Aufseß D., Krys C (Hrsg) Innovative Geschäftsmodelle. Berlin, Heidelberg: Springer, 13-70.

Braun M (2023) Wissenstransfer durch plattformgestützte Vernetzung – Impulse des Projekts CoCo für die Arbeitsforschung. In: Borowski E, Cernavin O, Hees F, Joerißen T (Hrsg) Erfolgreicher Transfer in der Arbeitsgestaltung. Münster: Waxmann, 83-102.

Braun M (2024) Regional Competence Centers for Work-Related Research as Drivers of Innovation in the Digital Transformation – An Overview. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 78(3), doi: 10.1007/s41449-024-00433-6.

Braun M (2025) Innovationsbeitrag der Arbeitsforschung für die Zukunft der Arbeit. GfA (Hrsg): Dokumentation des Frühjahrskongresses 2025, Aachen, Beitrag 120219.

Doz Y, Olk P, Ring P (2000) Formation processes of R&D consortia: Which path to take? Where does it lead? Strategic Management Journal, Special Issue 21: 239-266.

Ernst G (2009) Von der Humanisierung zu Arbeitsgestaltung und Dienstleistungen – 40 Jahre Arbeitsforschung. Materialsammlung.

Garfield S (2020) Handbook of Community Management: A Guide to Leading Communities of Practice. München: De Gruyter Saur.

Panitz R (2024) Netzwerke in der Innovations- und Wissensmanagementpraxis. In: Stegbauer C, Häußling R: Handbuch Netzwerkforschung, 19 S. URL: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-658-37507-2_76-2.

Wenger E (1999) Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity. Cambridge: University Press.

Förderhinweis: Der Beitrag beruht auf Ergebnissen des Forschungs- und Transferprojekts „Connect & Collect (CoCo)“, das im Rahmen des Programms „Zukunft der Wertschöpfung. Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert (Kz. 02L 19C000 ff.) und vom Projektträger Karlsruhe betreut wird. Die inhaltliche Verantwortung liegt bei den Verfassern.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Adaptive Lernsysteme in der technischen Berufsausbildung: Adaptation an die Arbeitsgedächtniskapazität und der Einfluss auf das Lernerlebnis

Josephine HANEBECK, Barbara DEML

Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab),
Karlsruher Institut für Technologie (KIT),
Engler-Bunte-Ring 4, D-76131 Karlsruhe

Kurzfassung: Adaptive Lernsysteme gewinnen zunehmend an Bedeutung. Angesichts der stark variierenden Qualifikationsprofile und Nutzermerkmale sind insbesondere Auszubildende eine relevante Zielgruppe adaptiver Systeme. An einer Berufsschule wird in dieser Studie untersucht, inwiefern die Anpassung eines digitalen Lernkurses an die individuelle Arbeitsgedächtniskapazität das Lernerlebnis verbessern kann. Der Fokus liegt hier auf der Analyse der subjektiv wahrgenommenen intrinsischen Motivation, der kognitiven Beanspruchung, der technologischen Akzeptanz sowie dem objektiv messbaren Lernfortschritt in Abhängigkeit unterschiedlich gestalteter Lernkurse. Auf diese Weise wird untersucht, ob eine adaptive Gestaltung zu einem besseren Lernerlebnis führt als eine nicht-adaptive. Im Beitrag wird die Methodik der Studie vorgestellt.

Schlüsselwörter: Adaptive Lernsysteme, personalisiertes Lernen, E-Learning, Arbeitsgedächtniskapazität

1. Einleitung

Assistenzsysteme sind häufig stark auf spezifische Anwendungsfälle ausgerichtet und berücksichtigen individuelle Bedürfnisse und Voraussetzungen der Nutzenden nur unzureichend (Gensler et al. 2023). Diese Einschränkung erschwert die tatsächlich unterstützende Verwendung von Lern- und Unterstützungssystemen durch heterogene Nutzergruppen. Vor diesem Hintergrund gewinnt die adaptive Gestaltung solcher Assistenzsysteme zunehmend an Bedeutung (Buchholz & Kopp 2023; Oestereich et al. 2023).

Im Fokus dieser Studie steht die Zielgruppe der Auszubildenden technischer Berufe, die sich durch stark variierende Qualifikationsprofile und Nutzermerkmale auszeichnet. Dies macht eine adaptive Gestaltung solcher Systeme besonders relevant. Während adaptive Lernumgebungen in der bestehenden Forschung überwiegend anhand studentischer Stichproben untersucht werden, bleibt die Zielgruppe der Auszubildenden bislang unterrepräsentiert (Martin et al. 2020; Zhong et al. 2023).

Die vorliegende Studie untersucht an einer Berufsschule, inwiefern die adaptive Gestaltung eines Lernsystems das Lernerlebnis verbessert.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Adaptive Lernsysteme

Adaptive Lernsysteme sind spezialisierte E-Learning-Umgebungen, die den Lernprozess durch personalisierte Anpassungen an individuelle Eigenschaften der Lernenden optimieren sollen. Sie basieren auf der Annahme, dass Lernende sich in verschiedenen Dimensionen wie Wissensstand, Lernstil, kognitiven Fähigkeiten und affektiven Zuständen unterscheiden (Siddique et al. 2018). Solche Systeme passen Inhalte, Darstellungsformen sowie Navigationshilfen in Echtzeit an die spezifischen Bedürfnisse der Nutzenden an (Bolsinova et al. 2022; Chang et al. 2015).

2.2 Arbeitsgedächtnis und Lernen

Das Arbeitsgedächtnis beschreibt die Fähigkeit, kürzlich aufgenommene Informationen vorübergehend zu speichern, abzurufen und zu verwalten (Çebi et al. 2023). Es ist sowohl in seiner Kapazität als auch in seiner Dauer begrenzt (Chang et al. 2015). Eine effiziente Nutzung des Arbeitsgedächtnisses ist entscheidend für den Lernprozess, da sie die Lerneffizienz, den Wissenserhalt und den Wissensabruf beeinflusst (Siddique et al. 2018). Darüber hinaus prägt die Arbeitsgedächtniskapazität beispielsweise die Präferenz für bestimmte Lernmodalitäten, also die Präsentation von Lerninhalten (Murtaza et al. 2022), die Linearität beim Betrachten von Inhalten oder die Nutzung von Plattformhinweisen zur Informationsverarbeitung (Fellman et al. 2020). Überschreiten die Anforderungen an das Arbeitsgedächtnis die individuellen Kapazitäten, kann es zu einer kognitiven Überlastung (cognitive overload) kommen, was das Lernen erheblich beeinträchtigt (Fellman et al. 2020). Die Integration der Arbeitsgedächtniskapazität in adaptive Lernsysteme ermöglicht eine präzisere Anpassung der Lerninhalte an die kognitiven Fähigkeiten der Lernenden, wodurch kognitive Überlastung vermieden und die Lernergebnisse optimiert werden könnten.

3. Forschungsfrage und Hypothesen

Die Studie zielt darauf ab, die grundlegende Forschungsfrage zu beantworten, ob die Adaptation eines digitalen Lernkurses an die Arbeitsgedächtniskapazität von Auszubildenden technischer Berufe a) das Verständnis, b) die intrinsische Motivation, c) die kognitive Belastung sowie d) die technologische Akzeptanz verbessert.

In der Literatur gibt es Hinweise darauf, dass Lernende mit hoher Arbeitsgedächtniskapazität eine lineare, sequentielle Darstellung der Inhalte bevorzugen, während Lernende mit geringer Kapazität eine nicht-lineare, globale Darstellung bevorzugen (Chang et al. 2015; Fellman et al. 2020; Lestari 2017). Daraus ergeben sich folgende Hypothesen:

H1: Wenn Auszubildende technischer Berufe mit hoher Arbeitsgedächtniskapazität eine lineare, sequentielle Darstellung der Inhalte in einer digitalen Lernumgebung erhalten, zeigen sie a) ein hohes Verständnis, b) eine hohe intrinsische Motivation, c) eine geringere kognitive Belastung sowie d) eine hohe technologische Akzeptanz im Vergleich zu Auszubildenden mit hoher Arbeitsgedächtniskapazität, die eine nicht-lineare, globale Darstellung der Inhalte erhalten.

H2: Wenn Auszubildende technischer Berufe mit niedriger Arbeitsgedächtnis-kapazität eine nicht-lineare, globale Darstellung der Inhalte in einer digitalen Lernumgebung

erhalten, zeigen sie a) ein hohes Verständnis, b) eine hohe intrinsische Motivation, c) eine geringere kognitive Belastung sowie d) eine hohe technologische Akzeptanz im Vergleich zu Auszubildenden mit niedriger Arbeitsgedächtniskapazität, die eine lineare, sequentielle Darstellung der Inhalte erhalten.

4. Material und Methodik

4.1 Stichprobe

An der Studie nahmen 77 Berufsschüler*innen (88.31 % männlich) im Alter von 15 bis 31 Jahren (M = 19.39; SD = 2.97) von der Carl-Benz-Berufsschule in Gaggenau teil. Die Proband*innen sind Auszubildende unterschiedlicher technischer Berufe, darunter unter anderem Mechatronik (50.65 %), Industriemechanik (19.48 %) und KFZ-Mechatronik (12.98 %). Die Teilnehmenden sind im ersten (44.16 %), zweiten (40.26 %) oder dritten (15.58 %) Ausbildungsjahr. Die Teilnahme erfolgte freiwillig während der Unterrichtszeit.

4.2 Personalisierung

Die Schüler*innen wurden mithilfe eines digitalen Lernkurses in die Steuerung eines Roboterarms, den Dobot Magician, eingeführt. Der interaktive Lernkurs wurde auf der Plattform Genially.com erstellt und ermöglichte den Proband*innen eine selbstständige Navigation durch die Inhalte. Der digitale Lernkurs wurde in zwei Versionen erstellt. In der linearen, sequentiellen Darstellung sind alle Kapitel des Kurses in einer strikt linearen Reihenfolge dargestellt und auch die Inhalte innerhalb der Kapitel sind linear angeordnet. Die Reihenfolge ist entsprechend klar vorgegeben. Die globale Version enthält demgegenüber immer wieder eine globale Darstellung aller in den Lernkursen enthaltenen Inhalte, aus welchen die Proband*innen dann selbst entscheiden können, in welcher Reihenfolge sie diese Inhalte durcharbeiten möchten (Hwang et al. 2013). Auch innerhalb der Kapitel sind die Informationen in dieser Version global dargestellt, sodass alle Inhalte sofort erkennbar sind.

Während der Studie wurde dieser Lernkurs auf einem externen – mit dem Laptop verbundenen – Bildschirm dargestellt (siehe Abbildung 1). Auf dem Bildschirm des Laptops war gleichzeitig die Programmieroberfläche geöffnet, in welcher die Proband*innen die gelernten Inhalte direkt umsetzen konnten.

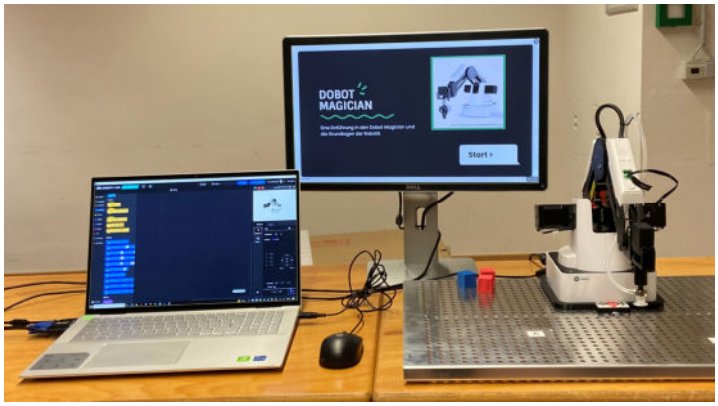


***Abbildung 1**: Arbeitsplatz der Proband*innen mit dem Roboterarm (rechts im Bild), dem digitalen Lernkurs (mittig im Bild) und der Programmieroberfläche (links im Bild).*

4.3 Versuchsablauf

Das Studiendesign folgt einem Between-Subjects-Design mit vier Gruppen. Zunächst nehmen die Proband*innen an einem etwa zehn minütigen Test zur Messung der Arbeitsgedächtniskapazität teil. Basierend auf den Ergebnissen werden die Proband*innen dann in die Gruppe A mit hohem oder B mit niedrigem Arbeitsgedächtnis eingeteilt. Innerhalb dieser Gruppen erhalten die Proband*innen entweder eine passende (hoch: linear, sequentiell; niedrig: nicht-linear, global) oder unpassende Darstellungsversion des Lernkurses ($n_{hoch,\ passend}$ = 21; $n_{hoch,\ unpassend}$ = 22; $n_{niedrig,\ passend}$ = 17; $n_{niedrig,\ unpassend}$ = 17). Nach Abschluss des Lernkurses füllen die Proband*innen einen Onlinefragebogen mit Items zur intrinsischen Motivation, kognitiven Belastung, technologischen Akzeptanz sowie demographischen Daten aus und absolvieren einen Wissenstest zum Erfassen des Lernfortschritts.

4.4 Messinstrumente

Arbeitsgedächtniskapazität: Die Arbeitsgedächtniskapazität wurde mithilfe eines nonverbalen 2-back Test (NBN, Schuhfried GmbH) erhoben. Den Proband*innen wurden sukzessive 100 abstrakte Figuren für jeweils 1.5 Sekunden präsentiert. Dann mussten sie eine grüne Taste drücken, wenn die aktuelle Figur mit der vor zwei Figuren gezeigten Figur übereinstimmte. Sind die Figuren nicht identisch, muss keine Taste gedrückt werden. Beim Lernkurs in dieser Studie wurden die Informationen hauptsächlich über Text vermittelt. Aus diesem Grund wurde eine Version des Tests verwendet, der statt einer auditiven eine nonverbale schriftliche Darstellung der Stimuli auf dem Bildschirm nutzt (Tsianos et al. 2010).

Lernfortschritt: Um zu erfassen, ob die Proband*innen durch den Lernkurs besser oder schlechter lernen konnten, wurde der Wissenszuwachs durch einen Post-Wissenstest erhoben. Der Wissenstest enthielt 5 Recognition-, 4 Recall- und 9 Transferaufgaben zu den Inhalten des digitalen Lernkurses. Die Ergebnisse der Tests wurden von zwei unabhängigen Codern bewertet, die Inter-Coder-Reliabilität hat dabei ein Cohen's Kappa von κ = 0.86 ergeben und ist damit als sehr hoch einzuschätzen (Landis & Koch 1977).

Intrinsische Motivation: Zur Erfassung der intrinsischen Motivation wurde eine Skala mit 6 Items verwendet (Hawlitschek & Joeckel 2017). Die Proband*innen bewerteten die Aussagen auf einer 7-stufigen Likert-Skala von „1: stimme überhaupt nicht zu" bis „7: stimme voll und ganz zu". Beispielitems sind: „Das Spiel [hier: der Lernkurs] war unterhaltsam." und „Es hat Spaß gemacht, die Inhalte weiter zu erforschen."

Kognitive Belastung: Die kognitive Belastung wurde über die beiden Skalen des Mental Load (5 Items, z. B.: „Der Lerninhalt in dieser Lernaktivität war schwierig für mich.") und des Mental Effort (3 Items, z. B.: „Die Art der Instruktionen in der Lernaktivität war schwer zu verfolgen und zu verstehen.") abgefragt (Hwang et al. 2013). Beantwortet wurden diese Items auf einer 6-stufigen Likert-Skala von „1: stimme überhaupt nicht zu" bis „6: stimme völlig zu".

Technologische Akzeptanz: Zur Erfassung der technologischen Akzeptanz wurde die Usefulness (6 Items, z. B.: „Das Lernsystem war hilfreich für mich beim Erwerb neuer Kenntnisse.") sowie die Ease of Use (7 Items, z. B.: „Ich empfand die Benutzeroberfläche des Lernsystems als einfach zu bedienen.") erfasst (Hwang et al. 2013). Die Items konnten auf einer 6-stufigen Likert-Skala von „1: stimme überhaupt nicht zu" bis „6: stimme völlig zu" beantwortet werden.

6. Diskussion

Die vorliegende Methode weist einige Limitationen auf, die im Folgenden diskutiert werden. Eine zentrale Frage ist die Übertragbarkeit grundlegender kognitiver Fähigkeiten wie der Arbeitsgedächtniskapazität auf die Effektivität adaptiver Lernsysteme und deren Nutzung. Obwohl die Literatur bereits Hinweise auf einen solchen Zusammenhang liefert, bleibt offen, inwieweit dies auch für die heterogene Stichprobe der Auszubildenden technischer Berufe gilt.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die gewählte Experimentalaufgabe. Es ist unklar, ob die Komplexität ausreichend war, um differenzierte Effekte zwischen den Proband*innen abzubilden. Ebenso ist sicherzustellen, dass die Fragen des Post-Wissenstests hinreichend gut zwischen den Proband*innen differenziert, um individuelle Unterschiede im Lernerfolg valide abbilden zu können.

Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob die globale und sequentielle Darstellung des adaptiven Lernkurses ausreichend unterschiedlich konzipiert wurde, um die Arbeitsgedächtniskapazität angemessen berücksichtigen zu können. Sollten die Ergebnisse der Studie diese Personalisierungsstrategien bestätigen, wäre eine weitergehende Evaluation der Anpassungstechniken weiterhin erforderlich. Auf dieser Grundlage könnten dann evidenzbasierte Richtlinien zur Gestaltung adaptiver Lernsysteme an die Arbeitsgedächtniskapazität entwickelt werden.

7. Literatur

Bolsinova M, Deonovic B, Arieli-Attali M, Settles B, Hagiwara M, Maris G (2022) Measurement of Ability in Adaptive Learning and Assessment Systems when Learners Use On-Demand Hints. Applied psychological measurement 46:219–235.

Buchholz V, Kopp S (2023) Adaptive Assistance Systems: Approaches, Benefits, and Risks. In: Gräßler I, Maier GW, Steffen E, Roesmann D (Eds) The Digital Twin of Humans: An Interdisciplinary Concept of Digital Working Environments in Industry 4.0. Cham: Springer International Publishing, 113–135.

Çebi A, Araújo RD, Brusilovsky P (2023) Do individual characteristics affect online learning behaviors? An analysis of learners sequential patterns. Journal of Research on Technology in Education 55:663–683.

Chang TW, Kurcz J, El-Bishouty MM, Kinshuk, Graf S (2015) Adaptive and Personalized Learning Based on Students' Cognitive Characteristics. In: Huang R (Ed) Lecture Notes in Education Technology Ser. Ubiquitous Learning Environments and Technologies. Springer, Berlin/Heidelberg, 77–97.

Fellman D, Lincke A, Berge E, Jonsson B (2020) Predicting Visuospatial and Verbal Working Memory by Individual Differences in E-Learning Activities. Frontiers in Education 5:22.

Hawlitschek A, Joeckel S (2017) Increasing the effectiveness of digital educational games: The effects of a learning instruction on students' learning, motivation, and cognitive load. Computers in Human Behavior 72:79–86.

Hwang GJ, Yang LH, Wang SY (2013) A concept map-embedded educational computer game for improving students' learning performance in natural science courses. Computers & Education 69:121–130.

Landis JR, Koch GG (1977) The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. Biometrics 33:159–174.

Lestari W, Nurjanah D, Selviandro N (2017) Adaptive presentation based on learning style and working memory capacity in adaptive learning system. In: Escudeiro P, Zvacek S, McLaren BM, Uhomoibhi J, Costagliola G (Eds) CSEDU 2017 – Proceedings of the 9th International Conference on Computer Supported Education. SciTePress 1:363–370.

Martin F, Chen Y, Moore RL, Westine CD (2020) Systematic review of adaptive learning research designs, context, strategies, and technologies from 2009 to 2018. Educational Technology Research and Development 68:1903–1929.

Oestereich H, Heinz-Jakobs M, Sehr P, Wrede S (2023) Human-Centered Adaptive Assistance Systems for the Shop Floor. In: Röcker C, Büttner S (Eds) Human-Technology Interaction: Shaping the Future of Industrial User Interfaces. Cham: Springer International Publishing, 83–125.
Schuhfried GmbH (2019) N-back nonverbal [Computerbasiertes Testverfahren]. Schuhfried GmbH.
Siddique A, Ghani I, Yasin A (2018) Developing Adaptive E-Learning Environment Using Cognitive and Noncognitive Parameters. Journal of Educational Computing Research 56:1086–1102.
Tsianos N, Germanakos P, Lekkas Z, Mourlas C, Samaras G (2010) Working memory span and E-learning: The effect of personalization techniques on learners' performance. In: De Bra P, Kobsa A, Chin D (Eds) User Modeling, Adaptation, and Personalization. Springer, 64–74.
Zhong L (2023) A systematic review of personalized learning in higher education: learning content structure, learning materials sequence, and learning readiness support. Interactive Learning Environments 31:7053–7073.

Förderhinweis: Die Studie hat im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojekt SAM-KI „Selbstgesteuerte Assistenz für die manuelle Montage sowie Kommunikation und Interaktion“ stattgefunden, welches durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut wird (Förderkennzeichen: 02L20C530). Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Untersuchung des Einsatzpotentials von Motion Capture-Systemen für Industrie 5.0-Anwendungen

Erik HARNAU, Stephan BREITER, Julia C. ARLINGHAUS

Lehrstuhl für Produktionssysteme und -automatisierung (PSA),
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (OVGU),
Universitätsplatz 2, D-39106 Magdeburg

Kurzfassung: Um Arbeitssysteme menschzentriert zu gestalten, bedarf es für vielerlei Anwendungen der Kenntnis über die Positionen und Bewegungen der Arbeitspersonen. Eine automatisierte Erfassung dieser Daten ist heute durch eine Vielzahl verschiedener Motion Capture-Systeme möglich. Zur Beurteilung des Einsatzpotentials der einzelnen Systeme, sollen spezifische Evaluationskriterien definiert und entsprechend ihrer praktischen Relevanz gewichtet werden. Dafür werden semistrukturierte Interviews mit Systemanwendern*innen durchgeführt. Als Methode zur Entscheidungsfindung beim Vorliegen multipler Kriterien wird die Best-Worst-Method zu Hilfe gezogen. Eine Limitation der Methodenanwendung stellen insbesondere die häufig auftretenden Inkonsistenzen sowie der Umgang mit diesen dar.

Schlüsselwörter: Motion Capture, MoCap, Evaluation, Kriterien, Best-Worst-Method, BWM

1. Motivation

Die Europäische Kommission hat im Jahr 2021 das Whitepaper „Industrie 5.0 - Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry“ veröffentlicht. Demnach befinden wir uns inmitten eines Wandels von der weitestgehend technologiezentrierten Industrie 4.0 hin zur zunehmend menschzentrierten Arbeitswelt der Zukunft. Um den Menschen darin gezielt und situativ unterstützen zu können, ist für eine Vielzahl von Anwendungen die Kenntnis über seine Positionen und Bewegungen erforderlich (Vujica Herzog et al. 2024). Moderne Motion Capture- (MoCap-) Systeme bieten das Potential zur automatisierten, präzisen sowie hochfrequenten Erfassung und Verarbeitung solcher Bewegungsdaten (Pöttker et al. 2024). Die generierten Daten können beispielsweise als Basis für objektive Ergonomieanalysen (Battini et al. 2022), Mensch-Roboter-Interaktionen (Horváth & Erdős 2017) oder diverse Sicherheitsanwendungen (Liu et al. 2016) genutzt werden.

In den vergangenen Jahrzehnten haben sich bereits markerbasierte optische MoCap-Systeme für hochpräzise Bewegungsanalysen etabliert (Roggio et al. 2021). Während sich diese Systeme aufgrund ihrer Komplexität weitestgehend nur für Laborstudien eignen, werden in den letzten Jahren vermehrt auch markerlose optische sowie inertialsensorbasierte MoCap-Systeme verwendet, die sich durch eine höhere Flexibilität und zunehmende Genauigkeit auszeichnen (Roggio et al. 2021; Aqueveque et al. 2023). Darüber hinaus gibt es weitere, bislang seltener genutzte Technologien die eine Bewegungsaufnahme ermöglichen, z. B. basierend auf Ultraschall-Sensoren oder elektromagnetische Tracker (Ashhar et al. 2019; Lam et al. 2023).

Aufgrund dieser Vielzahl verschiedener Systeme ist es eine wachsende Herausforderung für potentielle Anwender*innen von MoCap, die für ihre spezifischen Einsatzszenarien am besten geeignete Lösung auszuwählen (Roggio et al. 2021). Im Rahmen dieses Dissertationsvorhabens soll ein solcher Entscheidungsprozess zukünftig unterstützt werden. Zu diesem Zweck wurden in einer Literaturanalyse zunächst die zur Evaluation von MoCap-Systemen relevante Kriterien identifiziert (Harnau et al. 2024). Um die Übertragbarkeit auf den operativen Kontext zu gewährleisten, sollen diese theoretisch hergeleiteten Kriterien im Rahmen von semistrukturierten Interviews mit Systemanwendern*innen sowohl auf Vollständigkeit überprüft, als auch hinsichtlich der praktischen Relevanz bewertet werden.

2. Theoretischer Hintergrund

In den letzten fünf Jahren sind bereits einzelne Literaturanalysen über den Einsatz von MoCap veröffentlicht wurden. So liefern Salisu et al. (2023) einen Überblick über die am häufigsten eingesetzten Systeme in den Branchen Ergonomie, Gesundheit und Rehabilitation, deren Anwendungen und Zielgruppen. Menolotto et al. (2020) haben wiederum die Erkenntnisse vorangegangener Studien über den Einsatz von MoCap in industriellen Anwendungen zusammengefasst und anhand definierter Vergleichskriterien bewertet. Diese Zusammenfassung haben Slama et al. (2024) aktualisiert und um eigene Studienergebnisse erweitert. Deren Ergebnis bildet die uns bislang bekannte beste Grundlage für eine multifaktorielle Systemauswahl. Darin werden jedoch keinerlei Erkenntnisse anderer Anwendungsgebiete betrachtet, wie der Medizin, Biomechanik oder Sportwissenschaft.

In Harnau et al. (2024) ist beschrieben, wie die diesem Beitrag zu Grunde liegende, strukturierte Literaturanalyse nach Sauer & Seuring (2023) durchgeführt wurde. Gegenüber des darin präsentierten Standes, wurde die Analyse seit dem um die Suchbegriffe „pose estimation“ und „movement tracking“ erweitert sowie aktualisiert (Stand: 06.09.2024). In Summe konnten so n=100 relevante Literaturquellen identifiziert werden, in denen MoCap-Systeme einer Evaluation unterzogen werden. Die hierfür angewandten Bewertungskriterien werden in die fünf Hauptkategorien Genauigkeit, Kosten, Gebrauchstauglichkeit für Anwender*in, Restriktionen sowie Einfluss auf Proband*in zusammengefasst (Harnau et al. 2024).

3. Methodik

Um die aus der vorangegangenen Literaturanalyse erhaltenen Evaluationskriterien sowohl auf Vollständigkeit zu überprüfen als auch anhand derer Relevanz zu gewichten, werden semistrukturierte Interviews mit Anwendern*innen von MoCap-Systemen durchgeführt. Die Interviews finden online statt und sind in 7 Abschnitte gegliedert:

1. Einleitung, Definition von MoCap, Beispiele für industrielle Anwendungsfelder sowie Unterteilung der Systeme in optisch markerbasiert, optisch markerlos und inertialsensorbasiert
2. Selbsteinschätzung der Erfahrungsniveaus im Umgang mit diversen MoCap-Systemen anhand einer fünf-stufigen Likert-Skala (angelehnt an Spannagel & Bescherer 2009)
3. Freie Assoziation von relevanten Kriterien für eine Systemauswahl

4. Präsentation und Diskussion der aus der zuvor durchgeführten Literaturanalyse generierten Kriterienliste (Abbildung 1)
5. Definition eines selbst gewählten Einsatzszenarios im industriellen Kontext
6. Bewertung der Relevanz der Evaluationskriterien (Abbildung 1) anhand des selbst definierten Szenarios unter Nutzung der Best-Worst-Method (BWM) nach Rezaei (2016)
7. Abfrage Hintergrundinformationen: Unternehmenszugehörigkeit, Einsatzgebiete von MoCap, Anzahl mit MoCap vertrauter Personen im Unternehmen

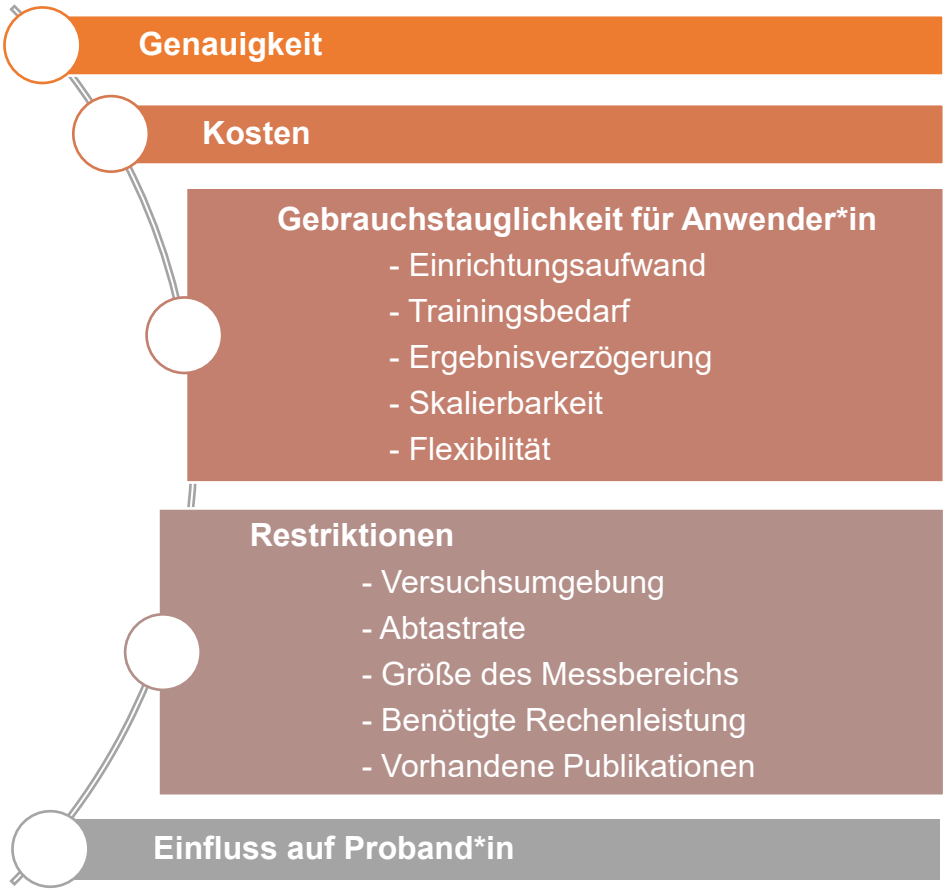


***Abbildung 1**: Aus Literaturanalyse abgeleitete Haupt- und Sub-Kriterien zur Bewertung von MoCap-Systemen.*

Bei der BWM nach Rezaei (2016) handelt es sich um eine Methode zur Entscheidungsfindung beim Vorliegen multipler Kriterien. In dieser werden zwei Vektoren paarweiser Vergleiche gebildet, um die spezifischen Gewichtungen der Kriterien zu bestimmen. Die Methodenanwendung ist in fünf Schritte unterteilt:

1. Kriterien $(c_1, c_2, \dots, c_n)$ bestimmen (hier bereits erfolgt, siehe Abbildung 1).
2. Auswahl des wichtigsten (c_B) sowie unwichtigsten Kriteriums (c_W).
3. Bestimmung der Präferenz des wichtigsten Kriteriums gegenüber der restlichen Kriterien anhand neun-stufiger Likert-Skala, resultierend im Vektor:
$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn}),$$
wobei a_{Bj} die Präferenz des wichtigsten Kriteriums B über das Kriterium j beschreibt.

4. Bestimmung der Präferenz der restlichen Kriterien gegenüber des unwichtigsten Kriteriums anhand neun-stufiger Likert-Skala, resultierend im Vektor:
$$A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T,$$
wobei a_{jW} die Präferenz des Kriteriums j über das unwichtigste Kriterium W beschreibt.
5. Näherungsweise Berechnung der optimalen Gewichtungen $(w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$ anhand des linearen BWM-Models:

$$\begin{gathered}\min \xi^L \\ \text{s.t.} \\ \left|w_B - a_{Bj} w_j\right| \leq \xi^L, \text{ für alle j} \\ \left|w_j - a_{jW} w_W\right| \leq \xi^L, \text{ für alle j} \\ \sum_j w_j = 1 \\ w_j \geq 0, \text{ für alle j}\end{gathered} \quad (1)$$

Der Wert ξ^L gibt Auskunft über die Ergebniskonsistenz. Ist ξ^L=0, so ist die Lösung vollkommen konsistent. Abhängig von der Anzahl der Kriterien (n) gibt es einen Grenzwert (max ξ^L), anhand dessen die Präferenzvergabe überprüft wird (Rezaei 2016). Sollten inkonsistente Ergebnisse auftreten (ξ^L>max ξ^L), so wird der/die Proband*in direkt darauf hingewiesen und der die Inkonsistenz verursachende Wert diskutiert. Sollte sich die Meinung daraufhin ändern, so wird der Wert nachträglich korrigiert.

Die BWM wird in jedem Interview drei Mal angewandt: Zur Gewichtung der fünf Hauptkriterien, der fünf Subkriterien bzgl. der Gebrauchstauglichkeit für den/die Anwender*in sowie der fünf Subkriterien bzgl. der Restriktionen. Zur Berechnung der „globalen“ Gewichtungen der Subkriterien müssen die Werte noch mit dem Gewicht des jeweiligen Hauptkriteriums multipliziert werden.

4. Kritische Reflexion

Innerhalb der Motivation ist bereits dargelegt, dass es verschiedene Anwendungsszenarien für den Einsatz von MoCap gibt. Dieser Fakt ist besonders relevant im Hinblick auf die vorgenommene Gewichtung der Kriterien. So ist es möglich, dass die Systemanforderungen je nach Szenario so stark variieren, dass auf Basis der Grundgesamtheit eine hohe Ergebnisvarianz auftritt und kaum valide Aussagen abgeleitet werden können. Um dies in der Auswertung beurteilen zu können, wird im fünften Abschnitt der Interviews ein spezifisches Szenario definiert, vor dessen Hintergrund die Bewertung vorgenommen wird. So können, je nach Verteilung, Teilgruppen separiert ausgewertet oder zumindest Ausreißer begründet werden.

Zudem treten in der Anwendung der BWM zunächst häufig Inkonsistenzen auf. Dafür kann es diverse Ursachen geben. Zum einen weist die Methode eine Komplexität auf und können manche Kriterien recht abstrakt wirken. Zum anderen ist ein typischer Fehler bei paarweisen Vergleichen, dass der/die Proband*in das Kriterium alleinstehend bewertet, anstatt es mit dem Vergleichskriterium in ein Verhältnis zu setzen. Deshalb wurde vom Entwickler der Methode empfohlen, direkt im Interview auf auftretende Inkonsistenzen hinzuweisen und die Entscheidung überdenken zu lassen.

Nichtsdestotrotz kann ein durch die Einflussnahme bedingter Verzerreffekt nicht ausgeschlossen werden.

5. Ausblick

Sobald die Datenerhebung vollständig abgeschlossen ist, können die Kriterien entsprechend ihrer praktischen Relevanz gewichtet werden. In der vorangegangenen strukturierten Literaturanalyse konnte bereits zusammengefasst werden, welche MoCap-Technologien im Hinblick auf die jeweiligen Kriterien bereits in der Literatur evaluiert wurden. In Kombination der Ergebnisse der Interviews und der Literaturanalyse können so gezielt die praktisch relevanten Forschungslücken identifiziert werden.

Im Rahmen des Dissertationsvorhabens sollen die hergeleiteten Forschungslücken folgend sukzessive durch eigene Studienergebnisse geschlossen werden. Insbesondere können somit zukünftige Anwender und Anwenderinnen von MoCap in der Entscheidungsfindung bei der Systemauswahl unterstützt werden. Darüber hinaus bilden die Daten eine Grundlage für potentielle Systementwickler*innen, bestehende Schwachstellen zu identifizieren beziehungsweise sich auf praktisch relevante Faktoren zu fokussieren.

6. Literatur

Aqueveque P, Peña G, Gutiérrez M, Gómez B, Germany E, Retamal G, Ortega-Bastidas P (2023) Utilizing Motion Capture Systems for Instrumenting the OCRA Index: A Study on Risk Classification for Upper Limb Work-Related Activities. In: Sensors, Volume 23, Issue 17, Article number 7623.

Ashhar K, Khyam M O, Soh C B (2019) A Multi-Path Compensation Method for Ranging in Wearable Ultrasonic Sensor Networks for Human Gait Analysis. In: Sensors (Switzerland), Volume 19, Issue 62, Article number 1350.

Battini D, Berti N, Finco S, Guidolin M, Reggiani M, Tagliapietra L (2022) WEM-Platform: A real-time platform for full-body ergonomic assessment and feedback in manufacturing and logistics systems. In: Computers & Industrial Engineering, Volume 164, Article Number 107881.

European Commission (2021) Industry 5.0. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en.

Harnau E, Breiter S, Arlinghaus J C (2024) Selection of motion capture technologies for Industry 5.0 production systems: A structured literature review. In: IFAC-PapersOnLine, Volume 58, Issue 19, Pages 970-975.

Horváth G, Erdős G (2017) Gesture Control of Cyber Physical Systems. In: Procedia CIRP, Volume 63, Pages 184-188.

Lam W W T, Tang Y M, Fong K N K (2023) A systematic review of the applications of markerless motion capture (MMC) technology for clinical measurement in rehabilitation. In: Journal of Neuro-Engineering and Rehabilitation, Volume 20, Article number 57.

Liu M, Han S, Lee S (2016) Tracking-based 3D human skeleton extraction from stereo video camera toward an on-site safety and ergonomic analysis. In: Construction Innovation, Volume 16, Pages 348-367.

Menolotto M, Komaris D-S, Tedesco S, O'Flynn B, Walsh M (2020) Motion Capture Technology in Industrial Applications: A Systematic Review. In: Sensors, Volume 20, Article number 5687.

Pöttker S, Jansen T, Lödding H (2024) Analyse von Arbeitsabläufen mit Motion-Capture-Systemen. In: Industry 4.0 Science, Volume 40, Issue 5, Pages 43-49.

Rezaei J (2016) Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. In: Omega, Volume 64, Pages 126-130.

Roggio F, Ravalli S, Maugeri G, Bianco A, Palma A, Di Rosa M, Musumeci G (2021) Technological advancements in the analysis of human motion and posture management through digital devices. In: World Journal of Orthopedics, Volume 12, Issue 7, Pages 467-484.

Salisu S, Ruhaiyem N I R, Eisa T A E, Nasser M, Saeed F, Younis H A (2023) Motion Capture Technologies for Ergonomics: A Systematic Literature Review. In: Diagnostics, Volume 13, Article number 2593.

Sauer P C, Seuring S (2023) How to conduct systematic literature reviews in management research: a guide in 6 steps and 14 decisions. In: Review of Managerial Science, Volume 17, Pages 1899-1933.

Slama R, Slama I, Tlahig H, Slangen P, Ben-Ammar O (2024) An overview on human-centred technologies, measurements and optimisation in assembly systems. In: International Journal of Production Research, Volume 62, Issue 14, Pages 5336-5358.

Spannagel C, Bescherer C (2009) Computerbezogene Selbstwirksamkeitserwartung in Lehrveranstaltungen mit Computernutzung. In: Notes on Educational Informatics — Section A: Concepts and Techniques, Volume 5, Issue 1, Pages 23-43.

Vujica Herzog N, Buchmeister B, Park J, Kaya Ö (2024) Enhancing workplace safety and ergonomics with motion capture systems: Present state and a case study. In: Advances in Production Engineering & Management, Volume 19, Issue 3, Pages 333-346.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Einfluss der Bewegungsbahn während einer Mensch-Roboter-Kollaboration – Vergleich einer PTP-Bahn und einer individualisierten Bahn

Mehrach SAKI

Arbeits- & Organisationspsychologie, Universität Kassel, Heinrich-Plett-Straße 40, D-34132 Kassel

Kurzfassung: Im Zuge der digitalen Transformation stellt die Flexibilität eine große Herausforderung in der Industrie dar. Klassische Automatisierung führt zu schnellen und genauen Montagetätigkeiten, aber oft auf Kosten der Flexibilität. Die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) kann die Stärken von Mitarbeitenden und Robotern kombinieren. In der vorgestellten Vergleichsstudie wurde der Unterschied zwischen einer Point-to-Point- und einer individualisierten, selbstgenerierten Bahn während einer MRK untersucht. Das Vertrauen zum Roboter wurde bei der Individualbahn signifikant höher bewertet als bei der Point-to-Point-Bahn. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Integration von anthropomorphen Eigenschaften und individuellen Bahnprogrammierungen bei der Gestaltung von Mensch-Roboter-Kollaboration zu höherem Sicherheitsgefühl und höherem Vertrauen führen können.

Schlüsselwörter: Mensch-Roboter-Kollaboration, anthropomorph, Bewegungsbahn

1. Einleitung

Roboter kommen nicht mehr nur in der Industrie zum Einsatz. Sie sind bereits in vielen weiteren Bereichen vertreten, darunter Logistik, Krankenhäuser, Pflegeheime, private Haushalte, Gastronomie usw. (Glück, 2022). Der zunehmende Einsatz von Robotern in der Industrie, insbesondere von Cobots für die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) in der Fertigung, stellt die Frage in den Fokus, wie die Interaktion gestaltet werden muss, um eine menschenzentrierte und erfolgreiche Zusammenarbeit zu gewährleisten.

Ein zentrales Maß neben weiteren Faktoren für erfolgreiches und angenehmes Zusammenarbeiten ist die Bahnplanung. Die Bewegungsgeschwindigkeit und die Vorhersehbarkeit von Trajektorien eines Roboters hat direkte Auswirkungen auf den Menschen. Hohe Geschwindigkeiten des Roboters werden mit höheren Anstrengungen bei der Bearbeitung der gemeinsamen Aufgabe empfunden. Der Einfluss der Bewegungsbahn ist ebenfalls beim Sicherheits- und Komfortempfinden, während einer Zusammenarbeit von Mensch und Roboter zu beobachten. Unvorhersehbare Bahnen und hohe Geschwindigkeiten verringern das Sicherheitsgefühl und das Vertrauen in das System und die Zusammenarbeit wird als unangenehm bewertet (Dehais et al. 2011; Hald et al. 2019; Thiemermann 2005). Die Vorhersehbarkeit der Bewegung des Roboters führt zu einer schnelleren Bearbeitung der Aufgabe (Koppenborg et al. 2013). Geringe Geschwindigkeiten führen zwar zu einem erhöhten Sicherheitsempfinden, jedoch auf Kosten der Arbeitsleistung und der gefühlten Zusammenarbeit

(Gervasi et al. 2022; Naber et al. 2013). Bewegungsbahnen mit anthropomorphen Eigenschaften werden hingegen positiv bewertet. Vorhersagbare und vor allem lesbare Bewegungsbahnen führen zu geringeren Stresspegel im Gegensatz zu einer Point-to-Point Bewegungsbahn (Dragan et al. 2015; Lasota & Shah 2015). Außerdem kann die Vorhersagegenauigkeit mit anthropomorphen Eigenschaften wie menschliche Gelenkwinkel und Bewegungsprofile erhöht werden (Petruck et al. 2016; Zanchettin et al. 2013). Des Weiteren führen Vorerfahrungen mit Robotern zu kleineren Abständen bei der MRI (Takayama & Pantofaru 2009; Walters et al. 2008). Wohingegen Positionierungen des Roboters nah am Kopf zu mehr Abstand und zu mehr Angstempfinden bei der Interaktion mit dem Roboter führen (Hiroi & Ito 2008).

Durch die Erkenntnis, dass anthropomorphe Eigenschaften, Erfahrung mit Roboter und die Vorhersagegenauigkeit der Bewegung des Roboters positivere Bewertungen in der Zusammenarbeit erzeugen, galt es im Rahmen der Dissertation zu prüfen, ob eine individuelle, selbstprogrammierte Bewegungsbahn (folgend Individualbahn) anhand der eigenen Armbewegung bessere Werte in Bezug auf Vertrauen, Effizienz und Distanzverhalten erzeugt als eine PTP-Bahn. Erfolgt die Programmierung anhand der eigenen Armbewegung sind die Eigenschaften bezüglich Geschwindigkeit, Winkel der Gelenkachsen und Bewegungsprofil zwingend anthropomorph. Außerdem ist die Bahn vorhersehbar und die Person sammelt bereits bei der Programmierung Erfahrungen mit dem Roboter. Kontextbewusstsein des Roboters und Sicherheitsempfinden sind Hauptfaktoren, um Vertrauen in ein MRK-System zu schaffen (Palmarini et al. 2018). Dieser Beitrag fasst die Ergebnisse in Bezug auf Vertrauen und Distanzverhalten zusammen und stellt das Design der Vergleichsstudie vor.

2. Methodik

2.1 System zur Übertragung der Armbewegung auf das MRK-System

Um die Fragestellung untersuchen zu können, wurde für die Programmierung einer individuellen, mit dem eigenen Arm generierten, Bewegungsbahn ein System mit einem 6 DoF-Roboter entwickelt und gefertigt. Für die Programmierung der Bewegungsbahn wurde ein Motion-Capturing (MoCap) Anzug in einer reduzierten Variante genutzt. Dabei wurden lediglich die Sensoren des rechten Arms verwendet, um die Bewegungen des Arms auf einen Roboter zu spiegeln (siehe Abbildung 1). Hieraus resultiert eine anthropomorphe, lesbare und bekannte Bewegungsbahn des Roboters. Diese Bewegungsbahn wurde anschließend während einer MRK in einer Montagelinie eingesetzt, um die Testpersonen bei einer Tätigkeit zu unterstützen.

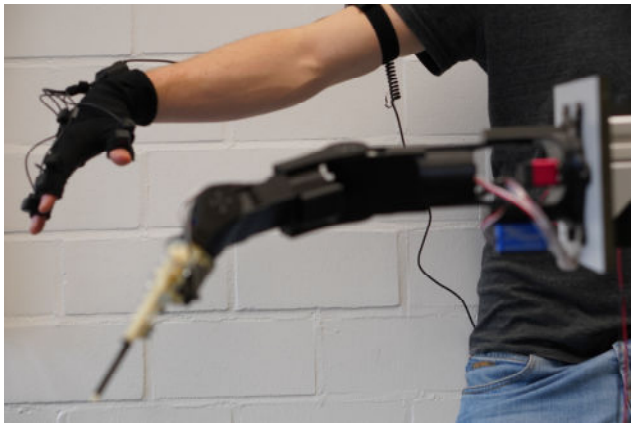


Abbildung 1: *Übertragung der Armbewegung auf den Roboter zur Erzeugung einer individualisierten Bewegungsbahn des Roboters für spätere Unterstützung während einer Tätigkeit (Quelle: Eigene Darstellung).*

2.2 Quantitative und objektive Erhebungsinstrumente

Im Rahmen der experimentellen Studie wurde der Fragebogen „Trust Scale Questionnaire“ (TSQ) zur Messung des Vertrauens in das System während der Zusammenarbeit eingesetzt. Der TSQ ist in folgenden Subskalen unterteilt:

- S1: Bewegung und Geschwindigkeit während des Aufnehmens
- S2: Sichere Kooperation
- S3: Zuverlässigkeit Roboter und Greifer

Als objektives Messinstrument diente ein Eye-Tracking-System, um die Anzahl der Fixationen auf den Roboter während der Bewegung zu messen. Für die Messung der Distanz und der Geschwindigkeiten der Versuchsteilnehmenden wurde eine MoCap System genutzt.

2.3 Versuchsdesign

Die Versuchsteilnehmenden mussten drei Montagedurchläufe in 3 Szenarien bearbeiten. Die drei Szenarien unterteilten sich in einer Baselinemessung ohne Einsatz von Roboter, einer Messung mit Unterstützung des Roboters mit einer PTP-Bahn und einer Messung, bei der sie zuvor die unterstützende Bewegungsbahn des Roboters eigenständig programmiert haben. Die Baselinemessung wurde immer zu Beginn, die beiden anderen Szenarien in alternierender Reihenfolge durchgeführt, um Lerneffekte auszuschließen. Nach den Versuchen mit MRK wurde der TSQ ausgefüllt.

Die Montage wurde in einem Labor durchgeführt. In einer U-Linie musste ein Spielzeugauto in 6 Stationen montiert und verpackt werden. Die zu unterstützende Tätigkeit durch das MRK-System ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Versuchsteilnehmenden trugen während allen Messungen einen MoCap Anzug und eine Eye-Tracking Brille.

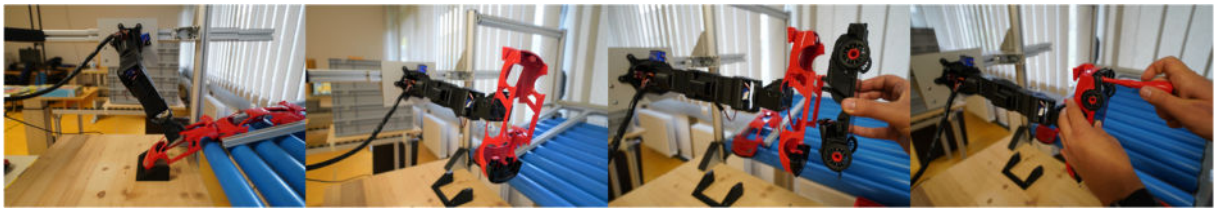


Abbildung 2*: Unterstützende Tätigkeit des MRK-Systems während der Montage.*

3. Ergebnisse

An der Studie nahmen 37 Personen teil (n = 37; Geschlecht: männlich 26, weiblich 9, keine Angabe 2). Das Durchschnittsalter betrug 30.54 Jahre (SD = 10.08 Jahre). Zwei der Testpersonen waren linkshändig. Die Messungen fanden während der Covid-19 Pandemie statt.

Bei der Messung der Distanz zum Roboter konnten die absoluten Positionen aufgrund von Drift des Messanzugs nicht ausgewertet werden. Aus diesem Grund wurde die Geschwindigkeit des Kopfes der Versuchsteilnehmenden während der Fahrt des Roboters ausgewertet, um eine temporäre Distanzänderung im Vergleich der PTP-Bahn und der Individualbahn zu analysieren. Bei der Auswertung der Geschwindigkeit und die daraus resultierende Distanzänderung wurde zunächst die mittlere Geschwindigkeit aller Probanden nach dem Roboterstart betrachtet (siehe Abbildung 3).

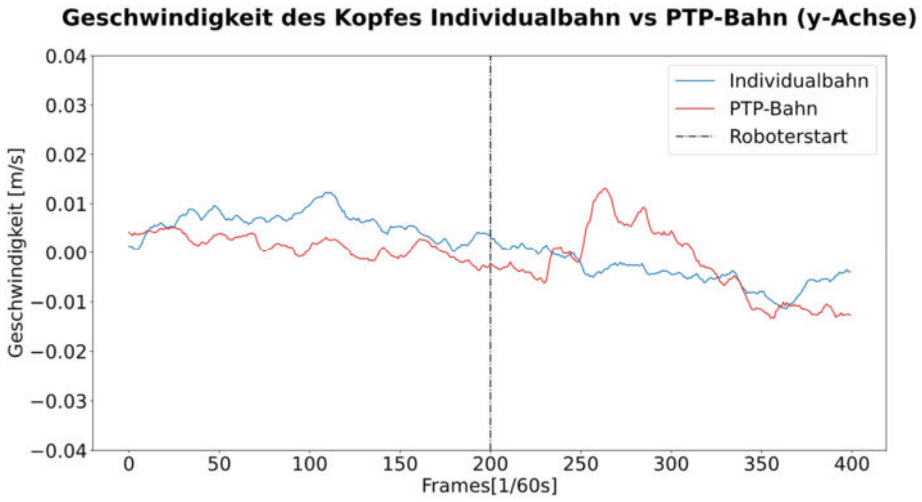


***Abbildung 3**: Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten (y-Achse) des Kopfes in beiden Gruppen 200 Frames vor und nach dem Start der Roboterbewegung*

Der gepaarte t-Test zeigte einen signifikanten Unterschied (α = .05) der Geschwindigkeit des Kopfes (t (31) = -2.1; p < .05; d = -0.37) zwischen der PTP-Bahn (M = 0.029 [m/s]; SD = 0.015 [m/s]) und der Individualbahn (M= 0.023 [m/s]; SD = 0.013 [m/s]). Die Bewertung der Bahnen durch den TSQ fielen homogen zu der Distanz aus. Die Individualbahn (M = 41.27; SD = 5.04) wurde signifikant (t (36) = 3.27; p < .05; d = 0.60) höher bewertet als die PTP-Bahn. Insgesamt schnitten beide Bahnarten im positiven Bereich ab. Bei der Subskala 3 „Zuverlässigkeit Roboter und Greifer“ konnte kein Unterschied zwischen den Bahnen festgestellt werden. Bei den Subskalen 1 und 2 hingegen haben die Versuchsteilnehmenden der Individualbahn mehr Vertrauen zugesprochen (siehe Abbildung 4).

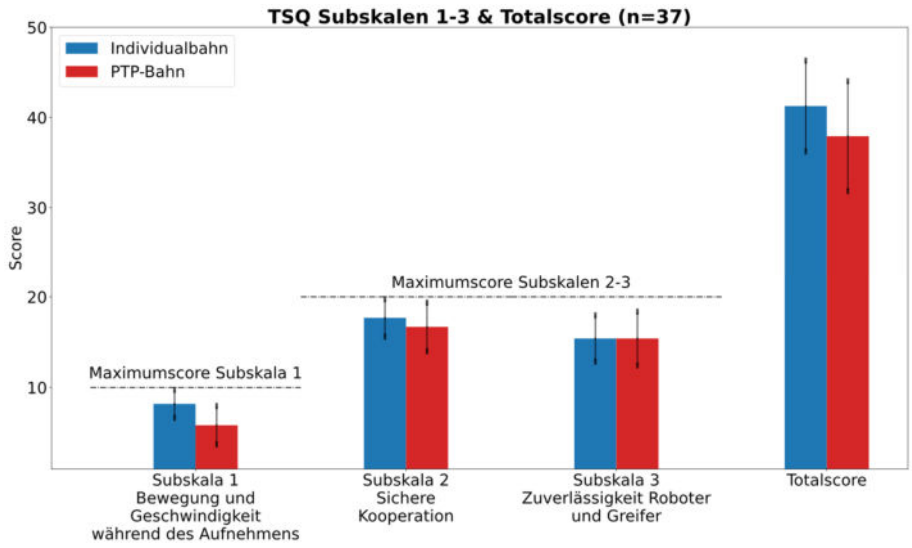


Abbildung 4: *Totalscore und Scores der Subskalen 1-3 des TSQ unterschieden in Individualbahn und PTP-Bahn.*

4. Diskussion

Die ruckartige Distanzänderung des Kopfes der Versuchsteilnehmenden während der Fahrt des Roboters mit der PTP-Bahn weist auf ein Erschrecken hin. Bei der Durchsicht der Eye-Tracking Aufnahmen und der Außenaufnahmen ist bei einigen Versuchspersonen ein deutliches Erschrecken erkennbar. Bei der Individualbahn ist diese Distanzänderung nicht zu beobachten. Durch das Programmieren des Roboters und die anthropomorphen Eigenschaften der Bewegungsbahn des Roboters kommt es zu keiner Veränderung der Distanz zum Roboter. Aufschlussreich wäre noch die Distanz zum Roboter beim Eintreten in die Station mit dem MRK-System. Jedoch konnte das MoCap-System keine validen Daten liefern. Der Gesamtscore des TSQ ist ebenfalls zu Gunsten der Individualbahn ausgefallen, was für Kontextbewusstsein des Roboters und Sicherheitsempfinden spricht. Außerdem steigt das Angstempfinden bei hohen Geschwindigkeiten, welches sich auf die Subskalen 1 und 2 des TSQ ausgewirkt hat. Lediglich Subskala 3 „Zuverlässigkeit Roboter und Greifer“ zeigte keine Unterschiede bei den Bahnarten, da das Greifen während der MRK bei beiden Bahntypen zuverlässig funktionierte. Somit zeigen die Daten, dass eine individuelle Programmierung des Roboters zu mehr Vertrauen und daraus resultierend zu einem höheren Sicherheitsempfinden führt.

5. Literatur

Dehais, F., Sisbot, E. A., Alami, R. & Causse, M. (2011). Physiological and subjective evaluation of a human-robot object hand-over task. Applied Ergonomics, 42(6), 785–791. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.12.005.

Dragan, A. D., Bauman, S., Forlizzi, J. & Srinivasa, S. S. (2015). Effects of Robot Motion on Human-Robot Collaboration. In HRI ’15, Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (S. 51–58). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/2696454.2696473.

Gervasi, R., Aliev, K., Mastrogiacomo, L. & Franceschini, F. (2022). User Experience and Physiological Response in Human-Robot Collaboration: A Preliminary Investigation. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 106(2), 1–30. https://doi.org/10.1007/s10846-022-01744-8.

Glück, M. (2022). Mensch-Roboter-Kooperation erfolgreich einführen: Grundlagen, Leitfaden, Applikationen. Springer eBook Collection. Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37612-3.

Hald, K., Rehm, M. & Moeslund, T. B. (2019). Proposing Human-Robot Trust Assessment Through Tracking Physical Apprehension Signals in Close-Proximity Human-Robot Collaboration. In 2019 28th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN).

Hiroi, Y. & Ito, A. (2008). Are bigger robots scary? —The relationship between robot size and psychological threat—. In IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, 2008: AIM 2008 ; Xian, China, 2 - 5 July 2008 (S. 546–551). IEEE Service Center. https://doi.org/10.1109/AIM.2008.4601719.

Koppenborg, M., Lungfiel, A., Naber, B. & Nickel, P. (2013). Auswirkung von Autonomie und Geschwindigkeit in der virtuellen Mensch-Roboter-Kollaboration. In Chancen durch Arbeits-, Produkt-und Systemgestaltung-Zukunftsfähigkeit für Produktions-und Dienstleistungsunternehmen. Bericht zum 59. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft.

Lasota, P. A. & Shah, J. A. (2015). Analyzing the effects of human-aware motion planning on close-proximity human-robot collaboration. Human factors, 57(1), 21–33. https://doi.org/10.1177/0018720814565188.

Müller, R., Franke, J., Henrich, D., Kuhlenkötter, B., Raatz, A. & Verl, A. (Hrsg.). (2019). Handbuch Mensch-Roboter-Kollaboration. Hanser. https://www.hanser-elibrary.com/doi/book/10.3139/9783446453760, https://doi.org/10.3139/9783446453760.

Naber, B., Lungfiel, A., Nickel, P. & Huelke, M. (2013). Human Factors zu Robotergeschwindigkeit und-distanz in der virtuellen Mensch-Roboter-Kollaboration. GfA (ed.) Chancen durch Arbeits-, Produkt- und Systemgestaltung-Zukunftsfähigkeit für Produktions-und Dienstleistungsunternehmen, 421–424.

Palmarini, R., Del Amo, I. F., Bertolino, G., Dini, G., Erkoyuncu, J. A., Roy, R. & Farnsworth, M. (2018). Designing an AR interface to improve trust in Human-Robots collaboration. Procedia CIRP, 70, 350–355. https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.01.009.

Petruck, H., Kuz, S., Mertens, A. & Schlick, C. M. (2016). Untersuchung anthropomorpher Geschwindigkeitsprofile von Roboterbewegungen zur Erhöhung der Arbeitssicherheit bei der Mensch-Roboter-Interaktion. https://gfa2016.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de/inhalt/a.5.4.pdf.

Riek, L. D., Rabinowitch, T.-C., Chakrabarti, B. & Robinson, P. (2009). How anthropomorphism affects empathy toward robots. In M. Scheutz (Hrsg.), ACM Conferences, Proceedings of the 4th ACMIEEE international conference on Human robot interaction (S. 245–246). ACM. https://doi.org/10.1145/1514095.1514158.

Takayama, L. & Pantofaru, C. (2009). Influences on proxemic behaviors in human-robot interaction. In 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. IEEE. https://doi.org/10.1109/iros.2009.5354145.

Thiemermann, S. (2005). Direkte Mensch-Roboter-Kooperation in der Kleinteilemontage mit einem SCARA-Roboter. Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2005. IPA-IAO-Forschung und -Praxis: Bd. 411. Jost-Jetter. http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2005/2244/pdf/Thiemermann_hs.pdf.

Walters, M. L., Syrdal, D. S., Koay, K. L., Dautenhahn, K. & te Boekhorst, R. (2008). Human approach distances to a mechanical-looking robot with different robot voice styles. In RO-MAN 2008 - The 17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication.

Zanchettin, A. M., Bascetta, L. & Rocco, P. (2013). Acceptability of robotic manipulators in shared working environments through human-like redundancy resolution. Applied Ergonomics, 44(6), 982–989. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.03.028.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Konzept zur Methodenentwicklung für die Evaluation und Optimierung von Arbeitsplätzen unter Einfluss äußerlich induzierter Bewegung

Karla T. HOHWIELER

Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie FKIE, Fraunhoferstraße 20, D-53343 Wachtberg

Kurzfassung: Das übergeordnete Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, den Einfluss äußerlich induzierter Bewegung auf Computerarbeitsplätze an Bord seegehender Einheiten zu analysieren. Daraus werden im vorliegenden Work of Progress wesentliche Faktoren abgeleitet, die bei der Konzeption von Versuchsaufgaben und der Weiterentwicklung der Gesamtmethodik für die Evaluation von Arbeitsplätzen unter Einfluss von Schiffsbewegungen zu beachten sind. Die Literaturanalyse ergab, dass die Aufgaben einen Mindestschwierigkeitsgrad erreichen müssen, um einen bewegungsbedingten Leistungsverlust zu zeigen, worunter besonders eine Kombination aus motorisch und kognitiv geprägten Tätigkeiten fallen. Auf Basis dieser Erkenntnisse werden bestehende Versuchsaufgaben erweitert.

Schlüsselwörter: Motion Sickness, Motion Induced Interruptions, Mensch-Computer-Interaktion, Arbeitsplatzevaluation

1. Einleitung

Die vorliegenden Arbeiten entstanden im Rahmen eines Vorhabens zum Einfluss äußerlich induzierter Bewegung auf Computerarbeitsplätze an Bord von Schiffen und Booten. Als wichtiger Teilaspekt dieser Arbeiten wird die Entwicklung von Aufgaben als Work in Progress vorgestellt, die zur Messung dieses Einflusses verwendet werden sollen.

In verschiedenen Studien wurden unterschiedliche Effekte äußerlich induzierter Bewegung auf den Menschen und menschliche Arbeit festgestellt und untersucht. Im Folgenden werden reale und simulierte Schiffsbewegungen als Einflussquelle von äußerlich induzierter Bewegung betrachtet sowie die Arbeit an Bord von Schiffen und Booten. Eine Folge von Schiffsbewegung ist Motion Sickness, die im maritimen Umfeld auch als Seekrankheit bezeichnet wird. Spezifischere Auswirkungen von Schiffsbewegung sind beispielsweise „Motion Induced Interruptions“ (MII), „Motion Induced Fatigue“ (MIF), psychische Belastung und nachlassende Leistung in verschiedenen Bereichen. Das breitgefächerte Spektrum an Tätigkeiten, die an Bord von Schiffen verrichtet werden, reicht von grobmotorischen, z. B. Gehen und Heben, über feinmotorische, z. B. Zeigen und Steuerung von Eingabegeräten, bis hin zu kognitiven, wie z. B. Planen und visuelle Wahrnehmung (Stevens & Parsons 2002).

Für die eigenen Arbeiten wird analysiert, welche Anteile der Schiffsbewegung einen relevanten Einfluss auf Computerarbeitsplätze haben, welche Folgen zu erwarten sind und wie Aufgaben konzipiert sein müssen, um diese Folgen zu erfassen.

2. Stand der Forschung

Im Folgenden werden zuerst einige grundlegende Begriffe erklärt, im Anschluss daran werden relevante Studien vorgestellt.

Motion Sickness äußert sich u. a. durch Symptome wie Übelkeit und Erbrechen, Schwitzen, vermehrten Speichelfluss, unregelmäßige Atmung, Müdigkeit, Kopfschmerzen und Gleichgültigkeit/Antriebslosigkeit (Stevens & Parsons 2002). Sie wird subjektiv gemessen u.a. mithilfe von Fragebögen, wie z. B. dem Motion Sickness Questionnaire (MSAQ; Gianaros et al. 2001) oder dem Motion Sickness Susceptibility Questionnaire (MSSQ; Golding 1998), aber auch anhand der sogenannten Motion Sickness Incidence (MSI), die sich aus der Anzahl an Personen zusammensetzt, die sich übergeben, wenn sie für zwei Stunden Schiffsbewegung ausgesetzt sind (Crossland et al. 1994; Stevens & Parsons 2002).

MII beschreiben die aufgrund von äußerlich induzierten Bewegungen, wie Schiffsbewegung, entstehenden Einschränkungen beim Erhalt der posturalen Kontrolle und den damit einhergehenden Ausgleichsbewegungen, die teilweise zur Beeinträchtigung oder Verhinderung der Arbeit führen (Stevens & Parsons 2002).

MIF beschreibt die Ermüdung, die aufgrund von andauernder Muskelaktivität, zur Erhaltung der Stabilität und Balance, bei von außen einwirkender Bewegung auftritt (Wertheim 1998). MIF kann beispielsweise mithilfe von metabolischen Größen wie Sauerstoffaufnahme oder Herzschlagrate ermittelt werden (Stevens & Parsons 2002; Wertheim 1998).

Verschiedene Studien legen nahe, dass hauptsächlich motorisch geprägte Aufgaben durch äußerlich induzierte Bewegung beeinträchtigt werden (Duncan et al. 2018a; Wertheim 1998). Das zeigt sich daran, dass unter Einfluss äußerlich induzierter Bewegung die Muskelaktivität bei Hebeaufgabe steigt (Duncan et al. 2018a; Matthews et al. 2007), das Potential für Balanceverluste, bzw. MII, steigt (Stevens & Parsons 2002; Wertheim 1998; Wertheim et al. 1998), wodurch die Ausführung von Aufgaben behindert werden kann (Hunter et al. 2014), und eine erhöhte metabolische Aktivität festzustellen ist (Duncan et al. 2018b; Marais et al. 2010; Wertheim 1998). Dies wird mit MIF in Zusammenhang gebracht (Stevens & Parsons 2002).

Im Gegensatz dazu, kann eine Großzahl der Studien zu kognitiven Aufgaben keinen negativen bewegungsbedingten Einfluss auf die kognitive Leistung feststellen (Wertheim 1998) oder nur unter eingeschränkten Bedingungen (Duncan et al. 2018a; Hunter et al. 2014; Matsangas et al. 2014; Pearcey et al. 2015). Kognitive Aufgaben, wie z. B. rechnen, zielen oder beobachten, sind eine abstrahierte Abbildung realer Tätigkeiten mit kognitiver Beanspruchung, wie z. B. der Arbeit mit Radarbildern (Duncan et al. 2018a; Matsangas et al. 2014; Pearcey et al. 2015; Wertheim 1998).

Aus der Literaturrecherche ergeben sich als geeignete abhängige Variablen für die Aufgaben zur Ermittlung des bewegungsbedingten Einflusses auf die Arbeit die objektiven Faktoren Bearbeitungszeit, Fehlerrate und Genauigkeit. Zusätzlich eignet sich die subjektive Erhebung der Belastung, der Leistung und des Wohlbefindens in Bezug auf Motion Sickness, erfasst mithilfe von Fragebögen (Duncan et al. 2022; Matsangas et al. 2014; Tao et al. 2021; Wang et al. 2022).

Für die finale Durchführung der eigenen Aufgaben und der anschließenden Auswertung, ist eine möglichst ökonomische Simulation der Seegangsbedingungen anzustreben. Deshalb sollte der Fokus auf den Bewegungsanteilen liegen, die nachweislich einen Effekt auf die Leistung und das Wohlbefinden der Personen hat, die dieser Bewegung ausgesetzt sind. Die Studienlage ergibt, dass hauptsächlich Rotationsbewe-

gungen um die Längs- und Querachse (Rollen, Stampfen), ergänzt durch vertikale Bewegungen (Tauchen) einen Einfluss auf Motion Sickness und MII haben, die verbleibenden drei Freiheitsgrade haben darauf eine vernachlässigbare Relevanz (Duncan et al. 2022; Gaglione et al. 2016; Gehl, 2013; Wertheim et al. 1998).

3. Vorgehen

Im ersten Schritt der Methodenentwicklung für die Evaluation und Optimierung von Arbeitsplätzen unter Einfluss äußerlich induzierter Bewegung wurden drei Aufgabentypen entwickelt, die jeweils die Interaktion mit Maus, Tastatur und Touchmonitor analysieren. Es folgt eine kurze Analyse, um festzustellen in welchen Punkten die bestehenden Aufgaben mit den Erkenntnissen der Literatur übereinstimmen und in welchen Bereichen Optimierungsbedarf besteht.

Die Mausaufgabe besteht darin, ein Objekt per Drag-and-Drop von der Startposition zur Zielposition zu bewegen. Zu Beginn der Aufgabe erscheinen die zu bewegenden, größen- und formkodierten Objekte sowie die dazugehörigen, größen- und formkodierten Ziele. Als unabhängige Variablen dienen die Zielgröße, die zurückzulegende Strecke und die Bewegungsrichtung, die abhängigen Variablen sind Ausführungsdauer und Zielgenauigkeit.

Bei der Aufgabe zur Touchscreen-Interaktion erscheint ein Quadrat auf dem Touchbildschirm, das mit dem Finger angetippt werden muss, wodurch es verschwindet und ein neues Quadrat, an einer neuen, zufälligen Position erscheint, das wieder angetippt werden muss, etc. Wenn das Quadrat getroffen wurde, wird das nächste Quadrat kleiner, wenn es nicht getroffen wurde, größer. Es wird die Ausführungsdauer als unabhängige Variable und die jeweilige Quadratgröße als abhängige Variable aufgezeichnet. Anhand des Verlaufs der Quadratgröße kann die kleinste Quadratgröße ermittelt werden, die noch korrekt angetippt werden kann.

Bei der Tastaturaufgabe wird ein Satz aus Wörtern, Sonderzeichen und Zahlen abgeschrieben. Die unabhängige Variable ist die Tastenfolge, Ausführungsdauer und Anzahl der korrigierten und unkorrigierten Eingabefehler werden als abhängige Variablen aufgenommen. Die Tastaturaufgabe erhielt unterschiedliche, vergleichbare Varianten, indem mehrere Sätze gebildet wurden, die die gleiche Anzahl an Wörtern und Zeichen, sowie Ziffern und Sonderzeichen haben.

Als weitere unabhängige Variable ist die reale oder die mit einer Bewegungsplattform simulierte Schiffsbewegung vorgesehen. In einem ersten Schritt der Methodenentwicklung wurden die beschriebenen Aufgaben jedoch mit n = 5 Versuchspersonen und ohne äußerlich induzierte Bewegung evaluiert, sodass keine Aussage zum Einfluss auf die Aufgabenleistung getroffen werden kann. Die Testung dient einer Erprobung von Ablauf, Programmierung und Versuchsdesign.

Ziel der Aufgabengestaltung ist die Abbildung von typischen Arbeiten an Computerarbeitsplätzen an Bord von Schiffen in ausreichend reduzierter Darstellung, um vergleichbare, reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Gleichzeitig darf die Reduzierung bzw. Abstrahierung der realen Aufgaben nicht so stark sein, dass die Schiffs-/Plattformbewegung keinen Einfluss auf die Leistung nehmen kann. Aus den Ergebnissen der vorgestellten Studien geht hervor, dass eine Mischung aus feinmotorischen und kognitiven Fähigkeiten oder komplexen kognitiven Fähigkeiten angesprochen werden sollten, um einen bewegungsbedingten Effekt auf die Leistung festzustellen (Duncan et al. 2018a; Matsangas et al. 2014).

Derzeit erfüllt die Mausaufgabe das Kriterium der kombinierten Fähigkeiten. Die Komplexität der kognitiven Beanspruchung kann möglicherweise gesteigert werden, indem Objekt, Mauscursor und Ziel temporär ausgeblendet werden, sobald das Objekt angeklickt wurde und bis es wieder losgelassen wird, vergleichbar mit der ballistischen Aufgabe bei (Lin & Tsai 2015). Dadurch steigt die Bedeutung der gemessenen Genauigkeit, es sollte jedoch jeweils nur ein Objekt-Ziel Paar zur selben Zeit angezeigt werden. Die Aussagekraft der Bearbeitungszeit kann dadurch verbessert werden, dass das Objekt zur Startposition zurückspringt, wenn es nicht mit ausreichend hoher Genauigkeit im Ziel platziert wurde, vergleichbar mit dem Vorgehen bei der Fitts Aufgabe bei (Lin & Tsai 2015). Die Definition des Ziels müsste für beide Varianten zu einem größeren Bereich, relativ zum Objekt, geändert werden. Der Vorteil am eigenen Aufgabendesign ist, dass nicht nur die Zielgenauigkeit betrachtet wird, sondern gleichzeitig der Einfluss der On Screen-Bewegungsrichtung und -Bewegungsstrecke auf die Leistung untersucht werden kann.

Die Aufgabe zur Touch-Interaktion beinhaltet keine Kombination aus Feinmotorik und Kognition, trotzdem erscheint eine Beeinträchtigung aufgrund von Plattform-/Schiffsbewegung möglich, aufgrund der Art der Armbewegung, wie Duncan et al. (2018a) feststellten. Sie stellten außerdem die Vermutung auf, dass ein während der Touchaufgabe abgestützter Ellbogen, womöglich die Leistung während äußerlich induzierter Bewegung stabilisiert. Diese Beobachtung könnte relevant für die Auswertung zukünftiger Evaluationen der eigenen, optimierten Aufgaben werden.

Bei der derzeitigen Version der Tastaturaufgabe sind, nach Stand der Literatur, kaum bewegungsbedingte Effekte zu erwarten. Das Tippen mit den Fingern auf der Tastatur gilt zwar als motorische Tätigkeit, der Bewegungsumfang ist jedoch klein. Deshalb soll eine weitere Tätigkeit eingefügt werden. Im realen Arbeitsumfeld liegt die Aufmerksamkeit selten nur auf einer der drei Interaktionen mit Maus, Touchdisplay oder Tastatur. Stattdessen ist sie Teil einer größeren Aufgabe, die ggf. auch Parallelaufgaben enthält, wie z. B. zuhören. Nach diesem Prinzip kann eine Multitaskingaufgabe entwickelt werden, die eine Interaktion mit der Tastatur beinhaltet. Zusätzlich kann eine kognitive Aufgabe verwendet werden, z. B. eine Rechen-, Erinnerungs- oder Logikaufgabe, idealerweise in Kombination miteinander oder mit einer weiteren Tätigkeit, vergleichbar mit der Kombination einer Erinnerungsaufgabe mit einer Rechenaufgabe bei Matsangas et al. (2014) oder einer Suchaufgabe mit einer Ziel-/Zeigeaufgabe bei Duncan et al. (2018a).

4. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde anhand einer Literaturrecherche herausgestellt, dass bei der Konzeption von Aufgaben zur Evaluation des Einflusses äußerlich induzierter Bewegung auf Arbeitsplätze an Bord von seegehenden Einheiten, ein Mindestschwierigkeitsgrad erreicht werden muss, um einen signifikanten Effekt zu erzeugen. Bestehende, eigene Versuchsaufgaben erfüllen dieses Kriterium teilweise und können mithilfe der gewonnenen Erkenntnisse optimiert werden.

Die Aufgaben werden konzipiert und evaluiert, um unter äußerlich induzierter Bewegung angewendet zu werden und um damit Arbeitsplätze evaluieren zu können, die solchen Bedingungen ausgesetzt sind. Aufbauend auf den Erkenntnissen der vorliegenden Arbeit werden die Aufgaben optimiert und eine zusätzliche Aufgabe entwickelt, welche die Interaktion mit einem Joystick betrachtet. Außerdem werden die Schiffsbewegungen mit einer Bewegungsplattform simuliert. Für die Qualität der Ergebnisse

wird wichtig sein, wie realitätsgetreu die Abbildung realer Schiffsbewegungen in einem räumlich begrenzten Simulationsbereich umgesetzt wird. Ein Lösungsansatz wird sein, den Fokus lediglich auf diejenigen Bewegungsachsen zu legen, welche besonders für Leistungsverluste und Unwohlsein bei der Arbeit verantwortlich sind.

6. Literatur

Crossland, P., Colwell, J. L., Baitis, A. E., Holocombe, F. D., & Strong, R. (1994). Quantifying Human Performance Degradation in a Ship Motion Environment: Experiments at the US Naval Biodynamics Laboratory, Article 2517.

Duncan, C. A., Bishop, N., Komisar, V., MacKinnon, S. N., & Byrne, J. M. (2022). The Effect of Wave Motion Intensities on Performance in a Simulated Search and Rescue Task and the Concurrent Demands of Maintaining Balance. Human Factors, 64(3), 579–588.

Duncan, C. A., Hickey, C. J., & Byrne, J. M. (2018a). The effects of a moving environment on postural control and task performance during manual materials handling, visual tracking and arithmetic tasks. International Journal of Industrial Ergonomics, 66, 221–229.

Duncan, C. A., MacKinnon, S. N., Marais, J. F., & Basset, F. A. (2018b). Energy cost associated with moving platforms. PeerJ.

Gaglione, S., Piscopo, V., & Scamardella, A. (2016). The overall motion induced interruptions as operability criterion for fishing vessels. Journal of Marine Science and Technology, 21(3), 517–532.

Gehl, G. E. (2013). Assessing motion induced interruptions using a motion platform [Master Thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, California]. RIS.

Gianaros, P. J., Muth, E. R., Mordkoff, J. T., Levine, M. E., & Stern, R. M. (2001). A Questionnaire for the Assessment of the Multiple Dimensions of Motion Sickness. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 72(2), 115–119.

Golding, J. F. (1998). Motion sickness susceptibility questionnaire revised and its relationship to other forms of sickness. Brain Research Bulletin, 47(5), 507–516.

Hunter, A., Bourgeois, N., & Langlois, R. (2014). The Impact of Motion Induced Interruptions on Cognitive Performance (Proceedings of the 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE).

Lin, R. F., & Tsai, Y.-C. (2015). The use of ballistic movement as an additional method to assess performance of computer mice. International Journal of Industrial Ergonomics, 45, 71–81.

Marais, J. F., Basset, F. A., Duncan, C. A., & MacKinnon, S. N. (2010). Measurement of aerobic demands associated with moving platforms. Proceedings of International Conference on Human Performance at Sea, 387–393.

Matsangas, P., McCauley, M. E., & Becker, W. (2014). The Effect of Mild Motion Sickness and Sopite Syndrome on Multitasking Cognitive Performance. Human Factors, 56(6).

Matthews, J. D., MacKinnon, S. N., Albert, W. J., Holmes, M., & Patterson, A. (2007). Effects of moving environments on the physical demands of heavy materials handling operators. International Journal of Industrial Ergonomics, 37(1), 43–50.

Pearcey, G. E. P., MacKinnon, S. N., & Button, D. C. (2015). Simulated motion negatively affects motor task but not neuromuscular performance. Ergonomics, 58(10), 1701–1713.

Stevens, S. C., & Parsons, M. G. (2002). Effects of Motion at Sea on Crew Performance: A Survey. Marine Technology and SNAME News, 39(01), 29–47.

Tao, D., Zeng, J., Liu, K., & Qu, X. (2021). Effects of control-to-display gain and operation precision requirement on touchscreen operations in vibration environments. Applied Ergonomics, 91, Article 103293.

Tian, Y., Shi, Y., Wu, Y., He, W., Liu, S., & Tao, D. (2024). Assessing mouse, trackball, touchscreen and leap motion in ship vibration conditions: A comparison of task performance, upper limb muscle activity and perceived fatigue and usability. International Journal of Industrial Ergonomics, 101, Article 103585.

Wang, H., Da Tao, Cai, J., & Qu, X. (2022). Effects of vibration and target size on the use of varied computer input devices in basic human-computer interaction tasks. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, 32(2), 199–213.

Wertheim, A. H. (1998). Working in a moving environment. Ergonomics, 41(12), 1845–1858.

Wertheim, A., Bos, J., & Bles, W. (1998). Contributions of roll and pitch to sea sickness. Brain Research Bulletin, 47(5), 517–524.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Digitalisierung interaktiver Arbeit: Anforderungen an Gestaltungsprozesse am Beispiel Jobcenter

Antonia ALTENDORF, Martin KUHLMANN

Soziologisches Forschungsinstitut Göttingen (SOFI) e.V.,
an der Georg-August-Universität,
Friedländer Weg 31, D-37085 Göttingen

Kurzfassung: Mittels arbeitssoziologischer Fallstudien werden Digitalisierungsprozesse an der Schnittstelle zu Leistungsempfänger*innen und Antragsteller*innen (LuA) in mehreren Jobcentern untersucht. Ausgehend von der Frage, wie Digitalisierung im Sinne einer Erhöhung sowohl der Arbeits- als auch der Dienstleistungsqualität gestaltet sein sollte, kommt die Forschung zu dem Ergebnis, dass Digitalisierungsprozesse in Jobcentern vor einer doppelten Herausforderung stehen: Sie müssen so gestaltet sein, dass sie den spezifischen Typus interaktiver Arbeit in Jobcentern unterstützen und dabei systematisch die hohe Heterogenität der LuA berücksichtigen. Erforderlich hierfür ist die Organisation von wirksamen Mitgestaltungsprozesse bei der Gestaltung digitaler Angebote – sowohl von Beschäftigten als auch LuA.

Schlüsselwörter: Digitalisierung, Jobcenter, Interaktionsarbeit, Technikgestaltung, Mitgestaltung, Onlinezugangsgesetz

1. Einführung

Die Digitalisierung in Jobcentern schreitet bereit seit einigen Jahren voran, sowohl hinsichtlich der internen Verfahren und Abläufe als auch mit Blick auf die Schnittstelle zu den Leistungsempfänger*innen und Antragsteller*innen (im fortfolgenden kurz: LuA). Im Dezember 2022 vermeldete die Bundesagentur für Arbeit (BA), mit ihrem umfassenden Online-Angebot als erste deutsche Großbehörde die Anforderungen des Onlinezugangsgesetzes erfüllt zu haben. Digitale Möglichkeiten, wie etwa die Beantragung von Bürgergeld oder die Mitteilung von Veränderungen, können seither von LuA bei Jobcentern in gemeinsamer Trägerschaft von BA und Kommunen über die zentrale Plattform „Jobcenter.digital“ in Anspruch genommen werden (als Überblick: Kaps & Oschmiansky 2023). Jobcenter in alleiniger kommunaler Trägerschaft sind nicht an die digitale Infrastruktur der BA angebunden, haben aber vielfach eigene digitale Angebote etabliert oder greifen nachnutzend auf bundesweit verfügbar gemachte digitale Angebote zurück.

Die vorliegende Forschung untersucht Digitalisierungsprozesse in diesem Feld, das durch einen spezifischen Typus interaktiver Arbeit geprägt ist und fragt danach, wie Digitalisierung dazu beitragen kann, sowohl die Arbeits- als auch die Dienstleistungsqualität zu erhöhen. Sie kommt zu dem Ergebnis, dass Digitalisierungsprozesse vor zwei zentralen Herausforderungen stehen, zu deren Bewältigung eine auf Dauer angelegte Organisation wirksamer Mitgestaltungsprozesse von Beschäftigten und Nutzer*innen zentral ist.

2. Anschluss an die Forschung

Die vorliegende Studie schließt an bestehende Forschung zu insbesondere drei Themenbereichen an: zum Zusammenhang von Digitalisierung und Arbeit (2.1), zur Digitalisierungsforschung im Feld Jobcenter (2.2) sowie zu Ansätzen und Konzepten hinsichtlich der Spezifika der Tätigkeiten im Jobcenter (2.3).

2.1 Strukturierte Vielfalt von Digitalisierung

Forschung, insbesondere aus der Arbeitssoziologie, kommt zu dem Ergebnis, dass Digitalisierung mit keinen einheitlichen Arbeitsfolgen, Dynamiken und Trends verbunden ist. Weder Ausgestaltung noch Wirkung von Digitalisierung sind deterministisch bereits durch die technologischen Bedingungen und Möglichkeiten vorgegeben. Es gibt vielmehr erhebliche Wahlmöglichkeiten und Gestaltungsspielräume auf überbetrieblicher und betrieblicher Ebene sowie auf Arbeitsprozessebene. Im Ergebnis zeigt sich in unterschiedlichen Branchen und Tätigkeitsfeldern eine Vielfalt von Digitalisierung, welche sich entlang zentraler Einflussgrößen strukturieren lässt. Zu diesen Einflussgrößen gehören wettbewerbliche, institutionelle und regulatorische Rahmenbedingungen von Branchen, betriebliche Strategien und arbeitspolitische Leitbilder sowie spezifische, stofflich-tätigkeitsbedingte Eigenheiten und Anforderungen verschiedener Tätigkeitsfelder (Apitzsch et al. 2021; Altendorf & Kuhlmann 2024).

Aus dem Befund einer „strukturierten Vielfalt“ (Apitzsch et al. 2021) von Digitalisierung ergibt sich die Notwendigkeit, Digitalisierungsprozesse sowie deren Ausgestaltung und Wirkungen über unterschiedliche Branchen und Tätigkeitsfelder hinweg zu untersuchen.

2.2 Digitalisierungsforschung in Jobcentern

Die öffentliche Verwaltung spielt in der deutschen Arbeitsforschung nach wie vor eine vergleichsweise geringe Rolle. Lediglich vereinzelte Untersuchungen setzen sich mit dem aktuellen Stand und der Wirkung von Digitalisierung in Jobcentern (etwa Kaps & Oschmiansky 2023; Zanker 2019; Gräfe & Bogumil 2024) sowie der Nutzung digitaler Anwendungen durch LuA (etwa Bähr & Trappmann 2024) auseinander.

Es fehlen systematische Untersuchung von Digitalisierungsprozessen an der Schnittstelle zwischen Beschäftigten und LuA sowie der damit verbundenen Anforderungen und Herausforderungen – dies leistet die vorliegende Forschung.

2.3 Ansätze und Konzepte zur Beschreibung der Tätigkeit

Die Arbeit in Jobcentern ist durch Eigenheiten geprägt, aus denen sich spezifische Anforderungen an Digitalisierungsprozesse ergeben. Für die Analyse dieser Spezifika kann auf verschiedene konzeptionelle Ansätze zurückgegriffen werden. Zum einen lassen sich Jobcenter als soziale personenbezogene Dienstleistungsorganisation fassen. Dies macht insbesondere deutlich, dass es sich (1) um keine marktförmige Dienstleistungsbeziehung handelt, (2) die Erbringung der Dienstleistung stets auf ein Individuum und dessen Anforderungen sowie Bedürfnisse ausgerichtet ist und die Tätigkeit (3) zudem eine Gemeinwohlorientierung beinhaltet und mit Rechtsansprüchen verknüpft ist. Es handelt sich also um eine besondere Art von Dienstleistung. Zum zweiten ist die Arbeit in Jobcentern zu großen Teilen durch interaktive Arbeit

(Böhle & Weihrich 2020) geprägt, was die Herstellung einer ko-produktiven Dienstleistungsbeziehung erfordert. Diese Herstellung ist in Jobcentern besonders voraussetzungsreich, da hier eine spezifische Machtbeziehung vorherrscht. Und drittens werden in Jobcentern nicht nur gleichförmige Verwaltungsleistungen erbracht, sondern es handelt sich vielmehr häufig um die Bearbeitung komplexer und umfangreicher Fallkonstellationen.

3. Untersuchungsmethode: arbeitssoziologische Betriebsfallstudien

Empirische Grundlage der Forschung sind betriebliche Fallstudien, die im Zeitraum Sommer 2022 bis Herbst 2024 in drei Jobcentern durchgeführt wurden. Ergänzend zu den Fallstudien fanden Expertengespräche in drei weiteren Jobcentern sowie mit Vertreter*innen der Bundesagentur für Arbeit und eines kommunalen Trägers statt.

Die Fallstudien bestehen aus einem breiten Methodenmix (vgl. Menz & Nies 2018), um die betriebliche Gesamtkonstellation zu analysieren: Arbeitsplatzbeobachtungen (Kuhlmann 2009) dienten – insbesondere zu Beginn, aber auch fortlaufend – dazu, die Arbeits- und Dienstleistungssituation in ihrer Gesamtheit zu erfassen. Es wurde an zahlreichen persönlichen sowie telefonischen (Beratungs-) Gesprächen zwischen Beschäftigten und LuA teilgenommen und darüber hinaus die vor- und nachgelagerten sachbearbeitenden Tätigkeiten beobachtet. Gelegentlich fanden auch teilnehmende Beobachtungen von Teambesprechungen sowie Arbeitskreissitzungen (insb. mit Schwerpunkt Digitalisierung) innerhalb der Jobcenter statt. Zudem erfolgten leitfadengestützte Interviews mit Expert*innen, Beschäftigten und – in einem Jobcentern – mit LuA. Als Expert*innen fassen wir all diejenigen betrieblichen sowie außerbetrieblichen Akteure, die über „wirklichkeitsstrukturierendes Wissen“ (Menz & Nies 2018: 281) verfügen. Hierzu gehörten in den vorliegenden Fällen insbesondere die Geschäftsführung, Personalratsmitglieder sowie Digitalisierungs-/IT-Beauftragte. Während die Interviews mit Expert*innen insbesondere der Orientierung und Informationsbeschaffung dienten, ging es in den Beschäftigteninterviews verstärkt um Einschätzungen, Bewertungen sowie Deutungs- und Prozesswissen. Die Interviews mit Expert*innen und Beschäftigten dauerten in der Regel zwischen 1 ½ und 2 Stunden. Interviewpartner*innen unter den LuA wurden im Rahmen einer Direktansprache im Anschluss an einen persönlichen Termin im Jobcenter gefunden. Diese Interviews waren deutlich kürzer (in der Regel zwischen 5 und 15 Minuten), weniger ausführlich und hatten stärker abfragenden Charakter. Alle Interviews wurden aufgezeichnet, transkribiert und inhaltsanalytisch ausgewertet.

Ergänzend zu den qualitativen Erhebungen erfolgten in einem Jobcenter eine quantitative Befragung (Fragebogenerhebung) der Beschäftigten sowie in zwei Jobcentern eine quantitative Befragung von LuA.

4. Fortgeschrittener Digitalisierungsstand – Herausforderungen der Nutzung

In allen von uns untersuchten Jobcentern lässt sich der Stand der Digitalisierung – vor allem auch im nationalen Vergleich mit anderen Bereichen der öffentlichen Verwaltung – als fortgeschritten bezeichnen. Dies bezieht sich insbesondere auf die interne digitale Dokumentation, Bearbeitung, Verwaltung sowie das Prozessieren von Fällen. Seit vielen Jahren wird in den von uns untersuchten Jobcentern zu diesem Zweck bereits mit elektronischen Akten sowie digitalen Fachverfahren und Programmen (einen

Überblick der in gemeinsamen Einrichtungen zur Anwendung kommenden Programme geben Kaps & Oschmiansky 2023; in den kommunalen Jobcentern gibt es eigene, aber ähnliche Programme) gearbeitet. Diese werden von den Beschäftigten alles in allem als gute Unterstützung ihrer Arbeit beschrieben, wenngleich es nach wie vor an zahlreichen Stellen zu Hürden und Erschwernissen kommt und teilweise auch Umgehungslösungen notwendig sind (siehe hierzu ausführlicher Altendorf et al. 2024).

Die digitalen Zugangswege an der Schnittstelle zu den LuA sind insbesondere in den vergangenen Jahren ausgebaut worden. Das Portal „Jobcenter.digital“ dient in gemeinsamen Einrichtungen als digitale Plattform des Austauschs zwischen Beschäftigten und LuA. Hierüber können Anträge gestellt, Dokumente hochgeladen, persönliche Veränderungen mitgeteilt und über die Nachrichtenfunktion kann kommuniziert werden. In kommunalen Jobcentern ist das digitale Angebot an der Schnittstelle zu den LuA unterschiedlich ausgestaltet. So verfügt beispielsweise das von uns untersuchte kommunale Jobcenter über eine Online-Antragsmöglichkeit auf der Webseite, aber etwa nicht über ein Upload-Portal für Dokumente oder eine Schnittstelle zur Kommunikation.

Mit Blick auf die digitalen Angebote an der Schnittstelle zu den LuA haben wir – jenseits der sich unterscheidenden digitalen Infrastruktur und quer über alle von uns untersuchten Jobcentern hinweg – insbesondere zwei wiederkehrende Herausforderungen vorgefunden.

Zum einen begegnet uns an vielen Stellen die Einschätzung, dass sich durch die Einführung digitaler Möglichkeiten die Arbeits- und Dienstleistungsqualität noch nicht im erhofften Maße verbessert hat. Zwar bieten die digitalen Möglichkeiten an einigen Stellen durchaus einen Mehrwert, jedoch kommt es gleichzeitig zu neuen Herausforderungen. Während es zuvor zahlreiche „natürliche“ Kontaktpunkte zwischen Beschäftigten und LuA gab – etwa zur Meldung der Erwerbslosigkeit und der damit verbundenen Ausgabe der Antragsunterlagen – werden diese Kontaktpunkte durch digitale Antragsverfahren oftmals ersetzt. Dies kann in bestimmten Situationen unproblematisch oder sogar vorteilhaft sein, etwa wenn sich LuA aufwändige (und oftmals auch teure) Anfahrtswege sparen oder erforderliche Unterlagen auf digitalem Wege die Beschäftigten sehr viel schneller erreichen. In anderen Situationen kann dies aber auch zu einer Verschlechterung der Qualität der Dienstleistung führen. Dies beispielsweise dann, wenn einzelne Fälle und die dahinterliegenden Lebens- und Familienkonstellationen so kompliziert sind, dass sie sich nicht in einheitlichen Antragsformularen abbilden lassen. Auch können durch den digitalen Kontakt wichtige Vorteile des persönlichen Kontakts verloren gehen, wie etwa der gegenseitige Vertrauensaufbau oder das Wahrnehmen der gesamten Person. Dies ist besonders schwerwiegend vor dem Hintergrund der besonderen Art der Dienstleistung: Es handelt sich um soziale personenbezogene Dienstleistungen zur Gewährung einer Existenzgrundlage („letztes Auffangnetz“) und häufig auch zur Bearbeitung persönlicher Problemlagen mit vielfältigen Hintergründen und Ursachen, die dem Ziel dienen, den LuA einen (Wieder-)Einstieg in idealerweise auf Dauer angelegte Beschäftigungsverhältnisse zu ermöglichen. Hierfür braucht es eine enge Abstimmung und Zusammenarbeit zwischen Beschäftigten und LuA („interaktive Arbeit“).

Zum anderen ist die Gruppe der LuA sehr heterogen, was sich nicht nur in den vielfältigen Lebenskonstellationen und Anliegensarten, sondern auch in unterschiedlichen Präferenzen und Möglichkeiten der Nutzung digitaler Angebote niederschlägt. So zeigen sich etwa in unseren Befragungsergebnissen große Unterschiede in der Nutzung entlang von Merkmalen wie (Aus-)Bildungshintergrund, sprachlichen Möglichkeiten oder auch Alter. Eine große Rolle für die digitale Teilhabe spielen darüber

hinaus vorhandene Hilfestrukturen im Familien- oder Bekanntenkreis, die sehr unterschiedlich ausgeprägt sind.

Unsere Ergebnisse belegen, dass auch wenn digitale Zugangswege in der Regel vorteilhaft sind, sie nicht für alle LuA und auch nicht für alle Situationen und Anliegensarten einen Mehrwert bieten. Deutlich wird, dass digitale Angebote den persönlichen Zugang nicht ersetzen können und sollten, sondern als zusätzliche Möglichkeit und Ergänzung zu verstehen sind. Jobcenter stehen deshalb wohl auch auf Dauer gesehen vor der Anforderung, ein differenziertes Angebot an unterschiedlichen Zugangsmöglichkeiten für unterschiedliche LuA-Typen und Situationen bzw. Anliegensarten bereitzustellen und die verschiedenen Zugangswege müssen mit den internen Abläufen der Weiterbearbeitung kompatibel sein. Zudem muss das digitale Angebot so gestaltet werden, dass es die Interaktion und Zusammenarbeit zwischen Beschäftigten und LuA nicht ersetzt, sondern unterstützt und dabei den spezifischen Unterstützungsbedarfen der LuA gerecht wird.

5. Mitgestaltungsmöglichkeiten: Notwendig, aber wenig verbreitet

Angesichts dieser besonderen Herausforderung bei der Digitalisierung von Interaktionsarbeit ist ein zweites Ergebnis unserer Studie umso wichtiger. Beschäftigte und prozessnahe Führungskräfte verfügen über für Digitalisierungsvorhaben erforderliches Arbeitsprozesswissen, so dass aktive Mitgestaltungsmöglichkeiten von großer Bedeutung sind: Nicht nur mit Blick auf Funktionalität, Effektivität und Produktivität digitalisierter Leistungserstellungsprozesse, sondern unseren Untersuchungen zufolge außerdem hinsichtlich der Arbeitsfolgen, gesundheitlicher Aspekte und genereller des Wellbeings sowie des Empfindens von Wertschätzung (Apitzsch et al. 2021; Carls et al. 2023).

Obwohl die meisten Beschäftigten in den von uns untersuchten Fällen zusätzliche Möglichkeiten und Ressourcen im Bereich der Digitalisierung befürworteten oder sogar einforderten und obwohl sie zumeist ein gutes Bild von und ein Gespür für die Anforderungen, Bedarfe und Wünsche der LuA hatten, waren breitflächige, systematische oder gar weitreichende Formen der aktiven Beteiligung bei Digitalisierungsprozessen dennoch wenig verbreitet.

Die proaktive und vor allem kontinuierliche Einbindung von Beschäftigten und ihren Vorgesetzten in die Gestaltung digital unterstützter Arbeitsprozesse ist jedoch gerade in der öffentlichen Verwaltung mit einigen besonderen Schwierigkeiten konfrontiert. Ähnlich wie in anderen Bereichen öffentlicher Infrastrukturen gilt auch für die Verwaltung, dass diese durch vergleichsweise geringe Investitionen und zugleich erheblichen Personalmangel geprägt ist. Hinzu kommt allerdings noch eine – verglichen mit privatwirtschaftlichen Organisationen – tendenziell geringere Orientierung auf Fragen der Prozessoptimierung und ein demgegenüber deutlich stärkerer Fokus auf die Anforderung der Herstellung und Gewährleistung von Rechtssicherheit. Beides zeigt sich insbesondere beim Aufgabenzuschnitt und Rollenverständnis von Führungskräften. Personalführung spielt generell eine große Rolle, in der öffentlichen Verwaltung tritt daneben aber vor allem das Thema Fachaufsicht. Erfahrungen mit der Organisation und Anleitung von Beteiligungsprozessen sowie Kompetenzen im Bereich Organisationsentwicklung sind demgegenüber deutlich schwächer ausgeprägt. Angesichts der Vielfalt von Tätigkeiten und Anforderungen der öffentlichen Verwaltung, die von administrativer Sachbearbeitung über Fallmanagement bis hin zu unterschiedlichen Formen von Interaktionsarbeit und Beratung reichen, ist die aktive Beteiligung der

Arbeitsebene gerade hier jedoch besonders wichtig. Die Beschäftigten verfügen nicht nur über umfassende Kenntnisse hinsichtlich der Anforderungen und Notwendigkeiten der Arbeitsprozesse, gerade in den Jobcentern haben sie zudem ein gutes Bild von den Anforderungen und Möglichkeiten der LuA. Ein engeres und kontinuierlicheres Zusammenwirken von Beschäftigten und LuA bei der Weiterentwicklung digitaler Arbeitsabläufe, Leistungserstellungsprozesse und Zugangsmöglichkeiten dürfte gerade im Kontext von Interaktionsarbeit nicht nur zu einer Verbesserung der Arbeits- und Dienstleistungsqualität sowie einer erhöhten Effizienz und Produktivität führen, sondern außerdem die Zusammenarbeit zwischen Dienstleistungsgebenden und Dienstleistungsempfänger*innen insgesamt verbessern.

6. Literatur

Altendorf A, Illing J, Malczok M, Heuten W, Kuhlmann M, Boll S (2024) Mitgestaltung organisieren: Wie Digitalisierung gelingt. Arbeitssoziologie, Informatik und Kommunikationswissenschaften im Dialog. Neues Archiv für Niedersachsen 11: 78-105.

Altendorf A, Kuhlmann M (2024) Digitalisierung im Jobcenter: Arbeitslogiken als Einflussfaktor. Göttingen: Soziologisches Forschungsinstitut Göttingen (SOFI).

Apitzsch B, Buss KP, Kuhlmann M, Weißmann M, Wolf H (2021) Arbeit in und an Digitalisierung. Ein Resümee als Einführung. In: Buss KP, Kuhlmann M, Weißmann M, Wolf H, Apitzsch B (Ed) Digitalisierung und Arbeit. Triebkräfte – Arbeitsfolgen – Regulierung. Frankfurt/New York: Campus Verlag, 9-38.

Bähr S, Trappmann M (2024) Bei der IT-Ausstattung und Internetnutzung sind Personen im SGB-II-Leistungsbezug gegenüber der Gesamtbevölkerung vielfach im Rückstand. IAB-FORUM.

Böhle F, Weihrich M (2020) Das Konzept der Interaktionsarbeit. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 74: 9-22.

Carls K, Gehrken H, Kuhlmann M, Splett B, Thamm L (2023) Digitalisierung aus Beschäftigtensicht. Fehlende Mitgestaltung, belastender Zusatzaufwand, mangelnde Wertschätzung. WSI-Mitteilungen 76(2): 83-92.

Gräfe P, Bogumil J (2024) Digitalisierung der kommunalen Sozialverwaltung. In: Brettschneider A, Grohs S, Jehles N (Ed.) Handbuch kommunale Sozialpolitik. Wiesbaden: Springer VS.

Kaps P, Oschmiansky F (2023) Digitalisierung in der Bundesagentur für Arbeit. Entwicklung und aktueller Stand. WSI-Mitteilungen 76: 93-102.

Kuhlmann M (2009) Beobachtungsinterview. In: Kühl S, Strodtholz P, Taffertshofer A. (Ed) Handbuch Methoden der Organisationsforschung. Quantitative und Qualitative Methoden. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 78-99.

Menz W, Nies S (2018) Methoden der Arbeitssoziologie. In: Böhle F, Voß GG, Wachtler G (Ed) Handbuch Arbeitssoziologie. Band 1: Arbeit, Strukturen und Prozesse. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 265-318.

Zanker C (2019) Ämter ohne Aktenordner? E-Government & Gute Arbeit in der digitalisierten Verwaltung. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung, Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik.

Danksagung: Das zugrundeliegende Projekt mit der Fördernummer ZN3492 wird gefördert mit Mitteln aus zukunft.niedersachsen, dem gemeinsamen Wissenschaftsförderprogramm des Niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur und der VolkswagenStiftung. Strategisch wie auch organisatorisch gesteuert wird das Zukunftslabor „Gesellschaft und Arbeit“ durch das Zentrum für digitale Innovationen Niedersachsen (ZDIN).

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Never change a broken system? – Nutzerzentrierte Entwicklung von Softwarelösungen zur Umsetzung virtueller Live-Events

Lisa-Marie WINKLER, Marc SCHWARZKOPF, Angelika C. BULLINGER

Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement,
Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme,
Technische Universität Chemnitz,
Erfenschlager Straße 73, D-09125 Chemnitz

Kurzfassung: Der digitale Wandel hat die Musikbranche grundlegend verändert, wobei Musikveranstaltungen unter Nutzung von Virtual Reality-Technologie (Virtuelle Live-Events, kurz: ViLiEvs) eine vielversprechende Ergänzung zu physischen Konzerten darstellen. Eine Workshopreihe mit Vertreter*innen der Kernzielgruppen (Musiker*innen, Veranstalter*innen, Publikum) untersuchte Anforderungen und Gestaltungspotenziale von ViLiEvs und identifizierte die Interaktion zwischen Musiker*innen und Publikum als essenziellen Faktor für die Erlebnisqualität. Zudem zeigte sich eine hohe Prävalenz negativer Einstellungen gegenüber ViLiEvs, welche den Bedarf des weiterführenden Diskurses mit den Zielgruppen in Hinblick auf die praktische Umsetzbarkeit und wirtschaftliche Tragfähigkeit verdeutlichte.

Schlüsselwörter: Nutzerzentrierte Entwicklung, Virtuelle Realität, Kulturelle und soziale Teilhabe, Menschzentrierte Innovation, Metaverse

1. Motivation

Infolge des digitalen Wandels hat sich die Art, wie Musik produziert, vermarktet und konsumiert wird, grundlegend verändert (Charron 2017; Kribs 2017). In Hinblick auf den Musikkonsum ein Paradigmenwechsel vom Eigentums- zum Zugriffsmodell zu beobachten (Charron 2017). Trotz sinkender Ausgaben für aufgezeichnete Musik sind Live-Konzerte weiterhin sehr gefragt – steigenden Ticketpreisen zum Trotz (Brown & Knox 2017). Folglich gewinnen Live-Musikveranstaltungen gegenüber Plattenverkäufen stetig an Bedeutung als Einnahmequelle für Musiker*nnen (Kulczynski et al. 2016; Charron 2017). Ein Trend, der Einstiegshürden in das Musikgeschäft senkt, langfristig jedoch die finanzielle Kluft zwischen Musiker*innen unterschiedlichen Bekanntheits- und Organisationsgrades vergrößert (Kribs 2017). Während global agierende Musiker*innen die Ticketnachfrage kaum decken können, sehen sich lokale Musiker*innen zunehmend mit existenziellen Herausforderungen konfrontiert, insbesondere aufgrund schwindender Probe- und Auftrittsräume; eine Situation, die sich infolge der COVID-19-Pandemie noch verschärft hat (Blaich 2023). Musikveranstaltungen unter Nutzung von Virtual-Reality-Technologie– sogenannte "Virtual Live-Events" (ViLiEvs) – bieten vielversprechende Möglichkeiten, diese Herausforderungen zu adressieren. Inform individualisierbarer und hochgradig skalierbarer und digitaler Räume können Auftrittsorte erweitert oder neu geschaffen werden und somit der Zugang zu Begegnungsräumen für Musiker*innen und Publikum gleichermaßen erweitert werden (Charron 2017; Gallarza et al. 2023). Der vorliegende Beitrag widmet sich da-

her der Identifikation von Gestaltungsempfehlungen für ViLiEvs, mit dem Ziel, diese aus Sicht der Zielgruppen (Musiker*innen, Veranstalter*innen, Publikum) als Ergänzung zu realen Musikveranstaltungen und somit Lösungsansatz für bestehende Herausforderungen in der Musikbranche zu etablieren.

2. Theoretischer Hintergrund

Immersive Virtual Reality (IVR) umfasst Technologien, die Nutzer*innen in die Lage versetzen, vollständig in dreidimensionale, computergenerierte Umgebungen einzutauchen (Slater 2009). Durch den Fortschritt immersiver VR-Technologien, die innerhalb der letzten Dekade qualitativ hochwertiger und erschwinglicher geworden sind, hat die Bedeutung von VR als soziales Kommunikationsmedium (Social VR) zugenommen (Oh et al. 2018; Barreda-Angeles & Hartmann 2022). Social VR bezeichnet dreidimensionale virtuelle Räume, die es geografisch entfernten Nutzern ermöglichen, in Form von Avataren miteinander zu interagieren (van Brakel et al. 2023). Die hohe Bandbreite übermittelter sozialer Hinweisreize ermöglicht dabei eine natürlichere und persönlichere Form der zwischenmenschlichen Interaktion als Medien mit niedrigeren Immersionsgrad (Barreda-Angeles & Hartmann 2022). Die Nutzung von Social VR-Plattformen (z. B. VRChat, Bigscreen) bot daher insbesondere währen der Covid-Pandemie eine funktionale Alternative zur Erfüllung der essenziellen Bedürfnisse nach sozialer Nähe und Interaktion (van Brakel et al. 2023). Trotz ihrer tiefgreifenden sozialen Bedeutung (Gallarza et al. 2023), wurden virtuelle Events (z. B. Konzerte, Ausstellungen) dabei jedoch selten besucht und im Gegensatz zum anderen Aktivitäten (Explorieren, Spielen, Chatten) nicht mit positiven Outcomes, wie dem Gefühl von Verbundenheit oder einem hohen Unterhaltungswert, assoziiert (Barreda-Angeles & Hartmann 2022). Der Umstand, dass virtuelle Events bei gleichen objektiven Voraussetzungen (Immersionsgrad, soziale Bandbreite) in geringerem Maße zur Bedürfniserfüllung beitragen, erfordert eine tiefergehende Auseinander-setzung mit den spezifischen Nutzerbedürfnissen im Kontext von (virtuellen) Musikveranstaltungen. Zu diesem Zweck wurde eine Workshopreihe mit lokalen Musiker*nnen, Veranstalter*innen sowie Vertreter*innen des Publikums durchgeführt. Die Workshopreihe, welche auf die Ableitung bedürfnisbasierter Gestaltungs-anforderungen abzielte, bildete den ersten Schritt im Rahmen des nutzerzentrierten Entwicklungsprozesses nach DIN EN ISO 9241-210 von Softwarelösungen zur Umsetzung virtueller Live-Events.

3. Methode

3.1 Stichprobe

An der Workshop-Reihe nahmen N = 13 Personen (n = 8 männlich) im Alter von 24 bis 47 Jahren (M = 37.2; SD = 8.0) verteilt auf drei Sessions teil. Die Proband*innen repräsentierten die Zielgruppen der Veranstalter*innen (n = 8,) und Musiker*innen (n = 9), wobei n = 5 Proband*innen beide Perspektiven vereinten. Die Publikumsperspektive wurde durch alle Proband*innen vertreten. Die Rekrutierung erfolgte über Kontakte innerhalb des Konsortiums, Multiplikator*innen der lokalen Kulturszenen in Chemnitz und Dresden sowie über digitale Plattformen (LinkedIn, Instagram, Mixed.de).

3.2 Ablauf

Vor Beginn einer Workshopsession wurden die Probanden über Ablauf (siehe Abb. 1) und Ziel des Workshops sowie geltende Datenschutzbestimmungen aufgeklärt. Die Workshops begannen mit einer Vorstellung der Versuchsleitung sowie des Projekts „ViLiEv“ und dessen Zielstellung. Eine anschließende Gesprächsrunde entlang ausgewählter Fragen diente der gegenseitigen Vorstellung und thematischen Einstimmung. Die Einstiegsfragen thematisierten den Hintergrund der Teilnahme, vertretene Perspektive(n) (Musiker*innen, Veranstalter*innen, Publikum), Erfahrungen im Kontext realer Musikveranstaltungen sowie Erfahrungen mit VR-Technologie. In der anschließenden *VR-Demo-Phase* erprobten die Teilnehmenden ausgewählte VR-Anwendungen. Die Multiplayer-Anwendung *Bigscreen* diente der Demonstration des Gefühls, gemeinsam mit anderen Personen in einer virtuellen Umgebung anwesend zu sein und in Interaktion zu treten (Soziale Präsenz). XR-Music-Tools (P*atchwork, Virtuoso*) demonstrierten Interaktionsmöglichkeiten der virtuellen Realität am Beispiel des Musizierens. In der darauffolgenden Kreativphase entwickelten die Proband*innen in 2er-Teams innovative Konzepte für ViLiEvs mithilfe von Lego®. Als Leitfrage diente: „Wie sollte ein ViLiEv gestaltet sein, damit Sie es besuchen, spielen oder organisieren möchten?“ Nach 10 Minuten wurde der Prozess um die assoziative Kreativmethode VR-SuperPowers ergänzt. Hierfür erhielten die Teams je drei von insgesamt 15 SuperPower-Cards (Neuhaus et al. 2024; Abb. 2), welche durch die Illustration der Potenziale von VR in den Bereichen *Erweiterte(s) Welt, Wahrnehmung, Ich, Handeln* und *Denken* zur Ideenfindung jenseits der Realitätsreplikation inspirierten. Der dreistündige Workshop endete mit der Präsentation und Diskussion der Konzepte.

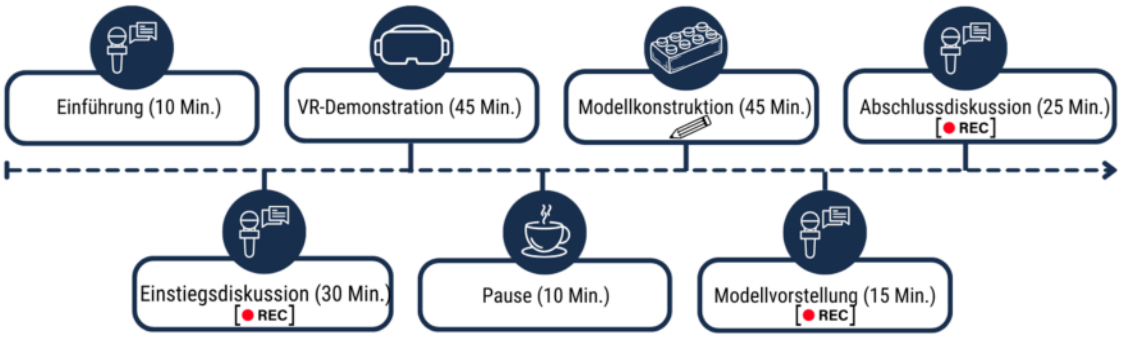


***Abbildung 1**: Schematischer Workshopablauf.*

3.3 Datenaufzeichnung, - verarbeitung und -auswertung

Gesprächsphasen (Einstiegsdiskussion, Modellvorstellung, Abschlussdiskussion) wurden mittels Tonaufnahmen dokumentiert, Beobachtungen während der Modellkonstruktion würden händisch protokolliert. Tonaufnahmen wurden mit dem Online-Tool Amberskript transkribiert und anschließend durch zwei unabhängige Personen in zwei Schritten manuell bereinigt: 1) Korrektur von Transkriptionsfehlern, 2) finale Aufbereitung nach einem Transkriptionssystem adaptiert nach Kuckartz (Fuß & Karbach 2019). Aufgrund überlagerter Sprechanteile und Dialekten konnten nicht alle Sprecherzuordnungen und Inhalte zweifelsfrei identifiziert werden. Die aufbereiteten Transkripte wurden entsprechend des Vorgehens von Castleberry & Nolen (2018) einer thematischen Analyse unterzogen.



***Abbildung 2**: VR SuperPower Cards: Beispiele für „Erweitertes Ich" (l.) & „Erweiterte Welten" (r.).*

4. Ergebnisse

4.1 Determinanten gelungener Live-Konzerte

Obgleich ViLiEvs nicht ausschließlich die Replikation der Realität anstreben, stellen physische Konzerte einen notwendigen Ausgangspunkt für das Verständnis der Erlebnisqualität von Musikveranstaltungen dar. Die Workshops widmeten sich daher zunächst der Frage, welche Faktoren ein gelungenes Live-Konzert determinieren. Die Proband*innen wurden im Rahmen der Einstiegsdiskussion gebeten, Beispiele für besonders gelungene Konzerte zu benennen und die Gründe dafür zu erläutern. Aus den Antworten ließen sich fünf zentrale Themen ableiten. Das mit Abstand wichtigste Thema (77% der Proband*innen) beinhaltete Aussagen zur Interaktion und Nähe zwischen Musiker*innen und Publikum. Besondere Konzerte zeichnen sich demnach durch den intensiven (non)verbalen Austausch zwischen Bühne und Publikumsraum aus, wodurch eine Gefühl von Nähe und Exklusivität entsteht. Einen weiteren wichtigen Aspekt (62%) bildete die Umsetzung der Bühnenshow, insbesondere das Zusammenspiel von Musik und visuellen Effekten, welches als fesselnd und einprägsam beschrieben wurde. Etwa die Hälfte der Proband*innen (46%) assoziierte gelungene Konzerte mit Aspekten oder Situationen, die für sie neu („erster Auftritt", W3_P2), unerwartet („neue Band entdeckt", W3, P2), ungewöhnlich („etwas, was man sonst nie macht", W3_P3) und/oder beeindruckend waren („haben ohne Soundcheck gespielt", W1_P4). Auch die Stimmung innerhalb des Publikums (38%) und das gemeinsame Erleben mit vertrauten Personen (31%) war ausschlaggebend.

4.2 Gestaltungsideen für virtuelle Live-Konzerte

Die Modellkonstruktion unter Einsatz von LEGO® und SuperPower-Cards diente der Identifikation von Anforderungen, die sich nicht direkt aus der Erlebnisqualität realer Konzerte ableiten lassen, da sie erst durch die Umsetzung in der virtuellen Realität möglich werden. In den entwickelten Konzepten spiegelten sich die zwei Hauptdeterminanten gelungener Live-Konzerte wider: Nähe und Interaktion zwischen Musiker*innen und Publikum und Umsetzung der Bühnenshow. Initiale Ideen (ohne Inspiration-Cards) sowie Ideen, die sich der „Superpower" *Erweiterte Welten* zuordnen ließen, thematisierten vorrangig die Auflösung von Bühne und Publikumsraum hin zu einer gemeinsamen Interaktionsumgebung, deren visuelles Erscheinungsbild und interaktive Eigenschaften durch Musiker*innen und Publikum nach den eigenen Präfe-

renzen dynamisch gestaltet werden können. Neben der Möglichkeit, audio-visuelle Synergien gegenüber realen Veranstaltungen noch zu verstärken, spielte dabei auch der Wunsch nach der Personalisierung der Erfahrung eine zentrale Rolle, welcher auch die Ideen im Bereich des *erweiterten Wahrnehmens* respektive *Handelns* dominierte. So lag der Fokus hier vorrangig auf der Einflussnahme auf die eigene Erfahrung, z. B. in Hinblick auf die Perspektive, Stimmung, den visuellen oder auditiven Fokus oder zeitlichen Ablauf. Spannende Überlegungen ergaben sich auch in den Bereichen *Erweitertes Wissen* und *Erweitertes Ich*. Ersteres beinhaltete Möglichkeiten für Musiker*innen, das Publikum an ihrem künstlerischen Prozess teilhaben zu lassen (Integration von Audiokommentaren, Behind-the-Scenes-Material), letzteres griff die Themen *Interaktion* und *Personalisierung* auf. So sollte durch die Möglichkeit der aktiven Mitwirkung an der Performance ein Rollentausch zwischen Publikum und Musiker*innen möglich werden.

4.3 Negative Einstellungen gegen über ViLiEvs

Angeregten Diskussionen zum Trotz, war im Rahmen der Workshops eine hohe Prävalenz negativer Einstellungen gegenüber ViLiEvs zu verzeichnen, die bereits in der Rekrutierungsphase beobachtet wurde. Kritische, teilweise konträre Meinungen konnten einer oder mehreren der folgenden Kategorien zugeordnet werden: 1) Bedenken, dass ViLiEvs reale Konzerte ersetzen, 2) die eigene Existenz bedrohen sowie 3) die Überzeugung, dass ViLiEvs nicht an die Erfahrung realer Konzerte heranreichen oder 4) es keinen Bedarf für ViLiEvs gibt. Als ursächlich für diese Haltungen konnten unter anderem mangelnde Kenntnisse in Hinblick auf den Stand der Technik und die Umsetzung virtueller Konzerte identifiziert werden. Unklar schien auch, wie ViLiEvs Einnahmen generieren, ohne dass – wie bei Streamingdiensten – nur etablierte Musiker*nnen profitieren. Raum für Diskussion bot auch die Zugänglichkeit von ViLiEvs für das Publikum als Funktion des Zugangs zur erforderlichen Hardware.

5. Diskussion

Die Ergebnisse der Einstiegsdiskussion unterstreichen die Bedeutung der Interaktion zwischen Musiker*innen und Publikum sowie der Bühnenshow für die subjektive Erlebnisqualität von Musikveranstaltungen. Diese Determinanten gelungener Konzerte sollten folglich essenzielle Referenzpunkte bei der Gestaltung von ViLiEvs sein. Der bisher begrenzte Erfolg virtueller Events könnte folglich auf die Komplexität der Echtzeit-Virtualisierung künstlerischer Inhalte zurückzuführen sein, wodurch eine realitätsnahe, latenzarme Interaktion zwischen Musiker*nnen und Publikum selten gegeben ist. Musiker*nnen werden häufig auf 2D-Bildschirmen dargestellt oder Performances vorab aufgezeichnet. Zudem nutzen Musiker*nnen selten VR-Headsets, um in der virtuellen Umgebung präsent zu sein, was ihre Wahrnehmung der Publikumsresonanz einschränkt. Der Fokus zukünftiger Softwarelösungen sollte daher auf der Echtzeit-Virtualisierung künstlerischer Inhalte und der Ermöglichung bidirektionaler Interaktion mit dem Publikum liegen.

Zudem zeigte sich im Rahmen der Konzeptvorstellung, dass ViLiEvs gegenüber physischen Konzerten einen Mehrwert bieten müssen, welcher für die erwarteten Einbußen in der Erlebnisqualität kompensiert. Mehrwerte werden vorrangig in neuartigen Interaktionsformen zwischen Musiker*innen und Publikum (Rollentausch, gemeinsam

auf der Bühne stehen) und der Personalisierung der Erfahrung gesehen. So wird im Rahmen eines ViLiEvs ein kollektives Erleben möglich, welches gleichzeitig den eigenen Bedürfnissen und Präferenzen entspricht. Hierdurch werden ViLiEvs insbesondere für die Personengruppen attraktiv, die Eigenschaften realer Veranstaltungen (z. B. Laustärke) als negativ empfinden. Der Ausschöpfung dieses Potentials stehen jedoch weit verbreitete Vorurteile und Ängste gegenüber. Um ViLiEvs in der Wahrnehmung der beteiligten Zielgruppen von „Zukunftsmusik“ zu einer realistischen Option zu wandeln, müssen diese folglich nicht nur in die kreative Gestaltung, sondern auch in die kritische Diskussion der praktischen Umsetzbarkeit eingebunden werden. Im weiteren Entwicklungsprozess wird daher ein fortlaufender Diskurs mit Akteuren der Kreativwirtschaft angestrebt, um tragfähige Geschäfts-modelle zu identifizieren. Diese könnten zunächst hybride Veranstaltungen umfassen, wobei VR-Inhalte durch einen Teil des Publikums an einem gemeinsamen physischen Veranstaltungsort erlebt werden. So könnte der Zugang zu virtuellen Räumen durch vertraute Strukturen erleichtert und eine unmittelbare Konkurrenzsituation vermieden werden, bis sich die Formate nebeneinander etablieren.

6. Literatur

Barreda-Ángeles, M., & Hartmann, T. (2022). Psychological benefits of using social virtual reality platforms during the covid-19 pandemic: The role of social and spatial presence. Computers in Human Behavior, 127, 107047.

Blaich, A. (2023). Musikclubs als Kulturorte–Zu den kulturpolitischen Rahmen- und Förderbedingungen von Clubkultur. In Handbuch Kulturpolitik (pp. 1-11). Springer Fachmedien Wiesbaden.

Brown, S. C., & Knox, D. (2017). Why go to pop concerts? The motivations behind live music attendance. Musicae Scientiae, 21(3), 233-249.

Castleberry, A., & Nolen, A. (2018). Thematic analysis of qualitative research data: Is it as easy as it sounds?. Currents in pharmacy teaching and learning, 10(6), 807-815.

Charron, J. P. (2017). Music audiences 3.0: Concert-goers’ psychological motivations at the dawn of virtual reality. Frontiers in psychology, 8, 800.

Gallarza, M. G., Tubillejas-Andrés, B., & Samartin, K. (2023). Consumer value of virtual music festivals. International Journal of Consumer Studies, 47(5), 2012-2030.

Fuß, S., & Karbach, U. (2019). Grundlagen der Transkription: Eine praktische Einführung. utb GmbH.

Kribs, K. (2017). The artist-as-intermediary: Musician labour in the digitally networked era. ETopia.

Kulczynski, A., Baxter, S., & Young, T. (2016). Measuring motivations for popular music concert attendance. Event Management, 20(2), 239-254.

Neuhaus, R., Ringfort-Felner, R., Courtney, D., Kneile, M., & Hassenzahl, M. (2024). Virtual Unreality: Augmentation-Oriented Ideation Through Design Cards. In Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1-23). ACM.

Slater, M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364(1535), 3549-3557.

Oh, C. S., Bailenson, J. N., & Welch, G. F. (2018). A systematic review of social presence: Definition, antecedents, and implications. Frontiers in Robotics and AI, 5, 409295.

van Brakel, V., Barreda-Ángeles, M., & Hartmann, T. (2023). Feelings of presence and perceived social support in social virtual reality platforms. Computers in Human Behavior, 139, 107523.

Danksagung: Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprojektes *Virtuelle Live-Events* (SAB 10/23-09/26) durchgeführt. Besonderer Dank gilt darüber hinaus der Abteilung *Experience and Interaction Design* der Fakultät Wirtschaftsinformatik der Universität Siegen für die Bereitstellung der *SuperPower-Cards.*

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Digital Leadership: Anforderungen und Kompetenzen der Führungskräfte im digitalen Zeitalter – die Erwartung der Studierenden an ihre zukünftigen Führungskräfte

Lukas BURCHARD

Arbeitsgebiet Arbeitswissenschaft und Arbeitspsychologie (AWIP), Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Siemens-Halske-Ring 14, D-03046, Cottbus

Kurzfassung: Die Digitalisierung stellt neue Anforderungen an Führungskräfte, die soziale und technologische Kompetenzen vereinen müssen (Rauch 2020; Eggers & Hollmann 2018). In diesem Beitrag werden die Erwartungen der Generation Z an ihre Führungskräfte untersucht und mit literaturbasierten Anforderungen an „Digital Leadership“ vergleichen (Shin et al. 2023). Eine Umfrage mit 56 Studierenden zeigt, dass soziale Kompetenzen wie Transparenz, Empathie und Offenheit Priorität haben, während technologische Fähigkeiten als delegierbar gelten (Van Quaquebeke & Gerpott 2023). Entwicklungsprogramme sollten soziale und strategische Kompetenzen stärken, um den Anforderungen der digitalen Transformation und der Generation Z gerecht zu werden.

Schlüsselwörter: Digital Leadership, Generation Z, Führungskompetenzen, Digitalisierung, Arbeitspsychologie

1. Einleitung

Die Digitalisierung verändert die Arbeitswelt tiefgreifend und fordert neue Führungsansätze, die den Herausforderungen einer VUCA-Welt (Volatilität, Unsicherheit, Komplexität, Ambiguität) gerecht werden (Eggers & Hollmann 2018). „Digital Leadership“ kombiniert technologische Affinität mit sozialen und strategischen Kompetenzen, um Organisationen durch digitale Transformationsprozesse zu führen (Shin et al. 2023; Oberer & Erkollar 2018). Neben technologischem Verständnis betont die Literatur die Bedeutung von Agilität, Diversität und Empathie, um Innovation und Zusammenarbeit in hybriden Arbeitsumfeldern zu fördern (Ferrari 2012; Lorenzo et al. 2018).

Besonders die Generation Z, die mehr oder weniger im digitalen Zeitalter aufgewachsen ist, stellt spezifische Erwartungen an Führungskräfte. Studien zeigen, dass Authentizität, Flexibilität und Mitgestaltung als zentrale Werte wahrgenommen werden, während technologische Kompetenzen als delegierbar gelten (Bhalla et al. 2021; Stylos et al. 2021). Soziale Fähigkeiten wie Empathie, Teamarbeit und Kommunikationsfähigkeit nehmen dabei eine zentrale Schlüsselrolle ein (Bass 2008; Terkamo-Moisio et al. 2021).

Ziel der zugrundeliegenden Arbeit ist es, praxisorientierte Handlungsempfehlungen für die Führungskräfteentwicklung abzuleiten und die Lücke zwischen den Erwartungen der Studierenden der Generation Z und den Anforderungen der Arbeitswelt zu schließen. Dabei wird ein besonderer Fokus auf die Integration sozialer und

technologischer Kompetenzen gelegt, um Führungskräfte optimal auf die Herausforderungen der digitalen Transformation vorzubereiten.

2. Methodik

Die Methodik der Untersuchung basiert auf einem zweistufigen Ansatz, der eine systematische Literaturrecherche und eine empirische Befragung kombiniert. Zunächst wurde eine umfassende Analyse der wissenschaftlichen Literatur durchgeführt, um die theoretischen Anforderungen an Führungskräfte im digitalen Zeitalter zu identifizieren. Der Fokus lag dabei auf Schlüsselkompetenzen wie sozialer Intelligenz, technologischem Verständnis und strategischer Agilität sowie weiteren relevanten Kompetenzen und Eigenschaften (Goleman 1995; Oberer & Erkollar 2018; Ferrari 2012). Ergänzend wurden relevante Führungsansätze wie transformationale und partizipative Führung sowie die Herausforderungen der VUCA-Welt beleuchtet (Bass & Riggio 2006; Petry 2018).

Die empirische Untersuchung wurde als deskriptive Querschnittsanalyse mit einer Stichprobe von 56 Studierenden durchgeführt, die als zukünftige Fach- und Führungskräfte der Generation Z am Arbeitsmarkt gelten. Mithilfe eines Online-Fragebogens wurden quantitative und ergänzende qualitative Daten erhoben. Zur Bewertung der Kompetenzen und Führungsstile kam eine 5-stufige Likert-Skala (1 = „sehr unwichtig“ bis 5 = „sehr wichtig“) zum Einsatz, die eine differenzierte Erfassung der Prioritäten der Befragten ermöglicht (Likert 1932). Der Fragebogen umfasst geschlossene und offene Fragen zu den Erwartungen der Befragten an soziale, technologische und strategische Kompetenzen von Führungskräften. Zudem wurden Präferenzen für Führungsstile wie transformationale, partizipative und autoritäre Ansätze erfragt (Bass 2008; Lorenzo et al. 2018).

Zur Analyse der quantitativen Daten wurden deskriptive Statistiken sowie inferenzstatistische Verfahren wie Rangkorrelationsanalysen nach Spearman und Mann-Whitney-U-Tests eingesetzt, um Unterschiede zwischen den Befragten zu identifizieren (Schumacker 2016; Nachar 2008). Die qualitativen Antworten wurden mittels thematischer Inhaltsanalyse ausgewertet, um individuelle Perspektiven und Erwartungen zu vertiefen (Mayring 2015).

Dieser methodische Ansatz ermöglicht einen Vergleich zwischen den literaturbasierten Anforderungen und den empirischen Erwartungen der Studierenden. Die Ergebnisse dienen als Grundlage für die Entwicklung praxisorientierter Handlungsempfehlungen zur Führungskräfteentwicklung im digitalen Zeitalter.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen eine klare Gewichtung sozialer Kompetenzen, während technologische Fähigkeiten und Diversitätsaspekte weniger stark priorisiert wurden. Im Folgenden werden die zentralen Befunde dargestellt, ergänzt durch die Tabelle 1, die die wichtigsten Ergebnisse zusammenfasst.

Die Untersuchung zeigt, dass soziale Kompetenzen von den Befragten als essenziell für Führungskräfte im digitalen Zeitalter betrachtet werden. Besonders Kommunikationsfähigkeit (M = 4,73), emotionale Intelligenz (M = 4,55) und Teamarbeit (M = 4,54) wurden als zentral eingestuft. Zudem wurden eine offene Feedbackkultur (M = 4,48) und Konfliktmanagement (M = 4,51) als praxisnahe Führungsfähigkeiten

hervorgehoben. Diese Ergebnisse stehen in Einklang mit literaturbasierten Anforderungen an Digital Leadership, die Empathie, Authentizität und Beziehungsmanagement betonen (Goleman 1995; Bass 2008).

Technologische Kompetenzen (M = 4,00) wurden als wichtig, aber nicht prioritär angesehen. Agile Methoden wie Scrum und Kanban (M = 3,57) erhielten eine noch geringere Bewertung. Die qualitative Analyse zeigt, dass technologische Fähigkeiten oft als delegierbar wahrgenommen werden, solange Führungskräfte ein grundlegendes Verständnis für digitale Technologien besitzen. Dies steht im Kontrast zur Literatur, die den strategischen Einsatz digitaler Tools als zentral beschreibt (Ferrari 2012; Oberer & Erkollar 2018).

Hinsichtlich der bevorzugten Führungsstile zeigten die Befragten eine klare Präferenz für transformationale (M = 3,93) und partizipative Führung (M = 3,95), während autoritäre Führung (M = 2,02) abgelehnt wurde. Demokratische Führung (M = 3,93) wurde ebenfalls positiv bewertet, während Laissez-faire-Führung (M = 3,02) in bestimmten Kontexten als sinnvoll erachtet wurde.

Diversität und Inklusion wurden mit M = 3,48 bzw. M = 3,41 als weniger zentral eingestuft, obwohl die Literatur deren strategische Bedeutung für Innovation und Teamdynamik betont (Lorenzo et al. 2018; Tsusaka et al. 2017).

Tabelle 1: *Ergebnisse im Überblick.*

Kompetenz/Führungsstil	Mittelwert (M)	Relevanz laut Literatur
Kommunikationsfähigkeit	4,73	Hoch (Goleman 1995)
Emotionale Intelligenz	4,55	Hoch (Bass 2008)
Teamarbeit	4,54	Hoch (Goleman 1995)
Technologische Kompetenzen	4,00	Sehr hoch (Ferrari 2012)
Agile Methoden	3,57	Hoch (Oberer & Erkollar 2018)
Transformationale Führung	3,93	Hoch (Bass & Riggio 2006)
Partizipative Führung	3,95	Hoch (Rybnikova & Lang 2020)
Diversität/Inklusion	3,48/3,41	Sehr hoch (Lorenzo et al. 2018)

Diese Ergebnisse zeigen, dass es eine weitgehende Übereinstimmung zwischen den Erwartungen der Befragten und den literaturbasierten Anforderungen an soziale und strategische Führungskompetenzen gibt. Gleichzeitig bestehen Unterschiede in der Bewertung technologischer Fähigkeiten und diversitätsorientierter Führungsansätze, die für die Weiterentwicklung moderner Führungskonzepte von Bedeutung sind.

4. Diskussion

Die Untersuchung bestätigt die hohe Bedeutung sozialer Kompetenzen für Digital Leadership, insbesondere in hybriden und virtuellen Arbeitsumfeldern. Kommunikationsfähigkeit, emotionale Intelligenz und Teamarbeit wurden als zentrale Anforderungen identifiziert (Bass 2008; Goleman 1995). Zudem wurde die Praxisrelevanz von Feedbackkultur und Konfliktmanagement unterstrichen, was die Notwendigkeit

betont, zwischenmenschliche Fähigkeiten stärker in Führungskräfteentwicklungsprogramme zu integrieren.

Im Gegensatz dazu wurden technologische Kompetenzen und agile Methoden wie Scrum und Kanban als weniger zentral eingestuft. Dies widerspricht der Literatur, die technologische Affinität als essenziell für Führung im digitalen Zeitalter betrachtet (Ferrari 2012; Oberer & Erkollar 2018). Die Ergebnisse zeigen, dass Führungskräfte kein tiefgehendes technisches Fachwissen benötigen, sondern vielmehr ein strategisches Verständnis für digitale Tools besitzen sollten.

Allerdings birgt die Einschätzung der Befragten, dass technologische Kompetenzen delegierbar sind, ein potenzielles Risiko. Während eine Delegation technischer Aufgaben sinnvoll sein kann, könnte eine unzureichende digitale Kompetenz dazu führen, dass Führungskräfte technologische Entwicklungen nicht strategisch bewerten und Innovationspotenziale ungenutzt bleiben. Dies könnte insbesondere in digitalisierten Branchen (z. B. IT, Automobilindustrie, E-Commerce) zu Wettbewerbsnachteilen führen.

Digitale Technologien wie Künstliche Intelligenz (KI) und datengetriebene Entscheidungen beeinflussen zunehmend die Führungsebene (Shin et al. 2023). Führungskräfte ohne grundlegendes Technologieverständnis könnten Schwierigkeiten haben, Innovationen zu steuern und digitale Transformationsprozesse zu begleiten. Dies wirft die Frage auf, ob die geringe Gewichtung technologischer Kompetenzen eine Fehleinschätzung der Generation Z ist oder ob sich Führung künftig stärker auf Koordination und soziale Aspekte konzentriert.

Strategisches Denken, insbesondere Entscheidungsfindung unter Unsicherheit (M = 4,55) und Anpassungsfähigkeit (M = 4,50), wurde als bedeutend bewertet, was mit den Anforderungen der VUCA-Welt übereinstimmt (Böning et al. 2017). Change Management (M = 4,07) wurde als unterstützend, aber nicht prioritär angesehen, was auf eine operative Sichtweise dieser Kompetenz hindeutet.

Die Präferenz für transformationale und partizipative Führungsansätze bestätigt bestehende Forschung, die diese Stile als besonders geeignet für die Herausforderungen der digitalen Transformation beschreibt (Bass & Riggio 2006; Rybnikova & Lang 2020). Die differenzierte Wahrnehmung von Laissez-faire-Führung deutet darauf hin, dass Autonomie geschätzt wird, aber ein gewisses Maß an Steuerung erforderlich bleibt.

Die vergleichsweise geringe Priorisierung von Diversität und Inklusion zeigt eine Diskrepanz zur Literatur, die diese Aspekte als strategisch bedeutsam für Innovation und Unternehmenserfolg betrachtet (Lorenzo et al. 2018). Dies könnte darauf hindeuten, dass Diversitätsinitiativen in der Führungskräfteentwicklung noch nicht ausreichend vermittelt werden.

Zusammenfassend unterstreichen die Ergebnisse die Notwendigkeit einer ausgewogenen Führungskräfteentwicklung, die soziale, strategische und technologische Aspekte integriert, um den Anforderungen der Generation Z und der digitalen Arbeitswelt gerecht zu werden.

5. Fazit und Handlungsempfehlungen

Die Untersuchung zeigt, dass Studierende der Generation Z soziale Kompetenzen wie Kommunikationsfähigkeit, Empathie und Teamarbeit als zentrale Anforderungen an Führungskräfte priorisieren, was mit literaturbasierten Erkenntnissen zur Bedeutung emotionaler Intelligenz übereinstimmt. Technologische Kompetenzen werden

von den Befragten als weniger zentral eingestuft, da sie häufig als delegierbar gelten. Auch Diversitätsaspekte erhalten eine geringere Priorität, da sie nicht als strategisch essenziell wahrgenommen.

Insgesamt bestätigt die Studie, dass eine Balance aus sozialen, strategischen und technologischen Kompetenzen entscheidend für den Erfolg moderner Führung ist. Unternehmen und Bildungsinstitutionen müssen diese Dimensionen ganzheitlich in ihre Entwicklungsprogramme integrieren, damit zukünftige Führungskräfte optimal auf die Herausforderungen der digitalen Transformation vorzubereiten.

Zukünftige Führungskräfte sollten optimal auf die Anforderungen des digitalen Zeitalters vorbereitet werden, wofür Unternehmen und Bildungsinstitutionen Entwicklungsprogramme schaffen sollten, die soziale, strategische und technologische Kompetenzen ganzheitlich fördern. Zunächst ist die Stärkung sozialer Kompetenzen wie Kommunikationsfähigkeit, Konfliktmanagement und Teamarbeit essenziell. Praxisorientierte Maßnahmen wie simulationsbasierte Workshops, Peer-Coaching oder Fallstudien können dazu beitragen, diese Fähigkeiten gezielt zu entwickeln und auf die Herausforderungen hybrider und virtueller Arbeitsumfelder vorzubereiten.

Neben den sozialen Aspekten ist ein grundlegendes strategisches Verständnis digitaler Technologien unverzichtbar. Führungskräfte sollten geschult werden, wie digitale Tools effizient eingesetzt werden können, ohne dabei die soziale Dimension der Führung zu vernachlässigen. „Learning-by-Doing“-Ansätze sowie praxisnahe Schulungen, die konkrete Anwendungen und Fallbeispiele nutzen, bieten hier nachhaltige Lernmöglichkeiten.

Ein weiterer Schwerpunkt sollte auf der Förderung kollaborativer Führungskompetenzen liegen. Führungskräfte müssen in der Lage sein, effektiv in dynamischen, oft dezentralen und hybriden Arbeitsumgebungen zu agieren. Maßnahmen wie simulationsbasierte Trainings, Peer-Coaching oder praxisnahe Fallstudien können helfen, kommunikative und strategische Fähigkeiten gezielt zu stärken. Zudem sind Programme zur Entscheidungsfindung unter Unsicherheit sowie zur Anwendung digitaler Tools sinnvoll, um Führungskräfte auf die Herausforderungen einer zunehmend digitalisierten Arbeitswelt vorzubereiten.

Strategisches Denken und Anpassungsfähigkeit lassen sich durch Planspiele und Szenarioanalysen effektiv schulen. Diese Ansätze ermöglichen es Führungskräften, Entscheidungsfindung unter Unsicherheit zu üben und gleichzeitig ihre Flexibilität in dynamischen Umfeldern zu stärken. Mentoring-Programme bieten ergänzend die Möglichkeit, von erfahrenen Führungskräften zu lernen, insbesondere in Bereichen wie Change Management und langfristiger strategischer Planung.

Die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen und Bildungsinstitutionen sollte intensiviert werden, um praxisnahe Weiterbildungsprogramme zu entwickeln. Zertifikatskurse und duale Studiengänge können wissenschaftliche Erkenntnisse mit praktischer Anwendung verknüpfen und so zur Stärkung der Verbindung zwischen Theorie und Praxis beitragen.

Darüber hinaus ist es entscheidend, die Werte und Erwartungen der Generation Z in Führungskräfteentwicklungsprogramme zu integrieren. Authentizität, Flexibilität und Mitgestaltung sollten gezielt gefördert werden, um diese Generation anzusprechen und langfristig an Organisationen zu binden. Insgesamt tragen diese Maßnahmen dazu bei, Führungskräfte nicht nur auf die Herausforderungen der digitalen Transformation vorzubereiten, sondern auch die spezifischen Bedürfnisse der kommenden Fach- und Führungskräftegeneration zu adressieren.

6. Literatur

Bass, B. M. (2008). The Bass Handbook of Leadership: Theory, Research, and Managerial Applications (4th ed.). New York: Free Press.

Bass, B. M. & Riggio, R. E. (2006). Transformational leadership. In Psychology Press eBooks. https://doi.org/10.4324/9781410617095

Bhalla, R., Tiwari, P. & Chowdhary, N. (2021). Digital Natives Leading the World: Paragons and Values of Generation Z. In Springer eBooks (S. 3–23). https://doi.org/10.1007/978-3-030-70695-1_1.

Böning, U., Fritschle, B. & Oefner-Py, S. (2017). Führung im Digitalen Zeitalter. In Springer eBooks (S. 241–253). https://doi.org/10.1007/978-3-662-55640-5_9.

Eggers, F., & Hollmann, P. (2018). VUCA und die Auswirkungen auf modernes Management. Management Journal, 44, 44–50.

Ferrari, A. (2012). Digital Competence in practice: An analysis of frameworks. JRC Publications Repository. https://ictlogy.net/bibliography/reports/projects.php?idp=2263

Goleman, D. (1995). Emotional Intelligence: Why It Can Matter More Than IQ. New York: Bantam Books.

Lorenzo R, Voigt N, Tsusaka M, Krentz M, Abouzahr K (2018) How diverse leadership teams boost innovation. The Boston Consulting Group. https://www.bcg.com/de-de/publicati ons/2018/how-diverse-leadership-teams-boost-innovation.aspx. Zugegriffen: 24. Apr. 2019

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz.

Nachar, N. (2008). The Mann-Whitney U: A Test for Assessing Whether Two Independent Samples Come from the Same Distribution. Tutorials in Quantitative Methods For Psychology, 4(1), 13–20. https://doi.org/10.20982/tqmp.04.1.p013.

Oberer, B. & Erkollar, A. (2018). Leadership 4.0: Digital Leaders in the Age of Industry 4.0. International Journal Of Organizational Leadership, 7(4), 404–412. https://doi.org/10.33844/ijol.2018.60332.

Petry, T. (2018). Digital leadership. In Progress in IS (S. 209–218). https://doi.org/10.1007/978-3-319-73546-7_12.

Rauch, J. (2020). 3. Herausforderungen der Digitalisierung. In KSV Verwaltungspraxis eBooks (S. 37–54). https://doi.org/10.5771/9783748911258-37.

Schumacker, R. E. (2016).Using R with multivariate statistics. https://doi.org/10.4135/9781071909768.

Shin, J., Mollah, M. A., & Choi, J. (2023). Sustainability and organizational performance in South Korea: The effect of digital leadership on digital culture and employees' digital capabilities. Sustainability, 15(2027). https://doi.org/10.3390/su15032027.

Stylos, N., Rahimi, R., Okumus, B. & Williams, S. (2021). Generation Z Marketing and Management in Tourism and Hospitality. In Springer eBooks. https://doi.org/10.1007/978-3-030-70695-1.

Terkamo-Moisio, A., Karki, S., Kangasniemi, M., Lammintakanen, J. & Häggman-Laitila, A. (2021). Towards remote leadership in health care: Lessons learned from an integrative review. Journal Of Advanced Nursing, 78(3), 595–608. https://doi.org/10.1111/jan.15028.

Tsusaka M, Reeves M, Hurder S, Harnoss J (2017) Diversity at work. The Boston Consulting Group. https://www.bcg.com/publications/2017/diversity-at-work.aspx. Zugegriffen: 24. Apr. 2019.

Van Quaquebeke, N., & Gerpott, F. H. (2023). The now, new, and next of digital leadership: How artificial intelligence (AI) will take over and change leadership as we know it. Journal of Leadership & Organizational Studies, 30(3), 265–275. https://doi.org/10.1177/15480518231181731.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt Herrn PD Dr.-Ing. Rico Ganßauge, Herrn PD Dr.-Ing. Roberto Kockrow und Frau Dr.-Ing. Anna-Sophia Henke sowie Herrn Dr.-Ing. Alexander Ezzeldin (AG. AWIP, BTU Cottbus-Senftenberg) für die konstruktive Unterstützung.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Automatisiertes Monitoring im Arbeitsumfeld: Risiken und Chancen der automatisierten Erfassung von Ressourcenverbräuchen und Prozessen zur Gefährdungsprävention am Arbeitsplatz

Ikram EL MOUSSAOUI[1], Monika EIGENSTETTER[1]

[1] Arbeitssicherheit, Umweltschutz, Gesundheitsförderung und Ethik (A.U.G.E.), Institut der Hochschule Niederrhein, Webschulstr. 31, D-41065 Mönchengladbach

Kurzfassung: Automatisierte Monitoring-Systeme bieten ein erhebliches Potenzial zur Steigerung der Ressourceneffizienz und zur Vermeidung von Risiken am Arbeitsplatz. Insbesondere in ressourcenintensiven Laborumgebungen können digitale Technologien wie Sensoren und künstliche Intelligenz (KI) dazu beitragen, den Verbrauch von Energie, Wasser und Chemikalien zu optimieren und sicherheitsrelevante Parameter kontinuierlich zu überwachen. Gleichzeitig ergeben sich Herausforderungen in Bezug auf Datenschutz, Akzeptanz und ethische Fragen, insbesondere bei der Erfassung von Daten. Diese Arbeit untersucht die Wahrnehmung und Akzeptanz von automatisierten Monitoring-Systemen in Hochschullaboren mittels qualitativer Interviews. Die Ergebnisse zeigen, dass die Akzeptanz stark von Transparenz, Partizipation und dem wahrgenommenen Nutzen der Technologie abhängt.

Schlüsselwörter: Automatisierte Monitoring-Systeme, Künstliche Intelligenz, Ressourceneffizienz, Akzeptanz, Ethische Dilemmata

1. Automatisiertes Monitoring – Digitale Technologien, Sensoren, Künstliche Intelligenz und Arbeitsgestaltung

Labore zählen zu den ressourcenintensivsten Arbeitsumgebungen und stellen damit ein vielversprechendes Untersuchungsfeld für die Anwendung und Pilotierung solcher Technologien dar. Automatisiertes Monitoring umfasst die kontinuierliche und systematische Erfassung, Analyse und Steuerung von Prozessen und Ressourcenverbräuchen in Echtzeit. Dies geschieht durch den Einsatz von Sensoren, vernetzten Systemen und häufig auch künstlicher Intelligenz (KI), die miteinander kommunizieren und Daten in Echtzeit verarbeiten können. Sensoren dienen dabei als „Datenlieferanten“, die verschiedene physikalische oder chemische Parameter wie CO_2-Emissionen, Stromverbrauch, Wasserverbrauch und chemische Belastungen präzise erfassen (Schmidt et al. 2021). Die gesammelten Daten werden in vernetzten Systemen gespeichert und verarbeitet. KI-Systeme können über das Erkennen von Mustern und die Vorhersage zukünftiger Entwicklungen zu einer dynamischen Optimierung von Arbeitsprozessen beitragen (Hoffmann et al. 2020).

Durch automatisierte Monitoring-Systeme in Laboren können Daten zu Energie, Wasser und Chemikalien in Echtzeit erfasst werden und in einem digitalen Zwilling gespeichert werden. Die kontinuierliche Erfassung über Monitoring-Systeme und der

Auswertung von Daten, wie z. B. Luftqualität, chemische Belastungen und Energieverbrauch, dienen als Grundlage für die ökologische Bewertung von Produkten und Prozessen (Münger 2021). Automatisierte Monitoring-Systeme ermöglichen hier nicht nur eine Optimierung des Ressourceneinsatzes, sondern können auch Arbeitssicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz erhöhen. So können präventive Maßnahmen zum Schutz der Mitarbeitenden eingeleitet werden (Schmidt et al. 2021; Rossi et al. 2022; Hoffmann et al. 2020).

Gleichzeitig zeichnen Sensoren und KI-Systeme auch Bewegungsmuster, Ressourcennutzung und Prozessabläufe auf., was zu einer Verletzung von Persönlichkeitsrechten führen kann. Die Einhaltung der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) ist allerdings essenziell, um das Vertrauen der Beschäftigten in die eingesetzten Technologien zu stärken (Brown et al. 2022, S. 19). Für diese weitreichende Digitalisierung von Laboratorien im Hochschulkontext fehlen bislang systematische Untersuchungen.

2. Forschungsfragen

Vor diesem Hintergrund bleibt offen, inwiefern automatisierte Monitoring-Systeme zur Erhöhung von Ressourceneffizienz und Risikoprävention von den Mitarbeitenden in Laboratorien tatsächlich akzeptiert werden. Ziel ist es, durch den Ansatz einer partizipativen soziotechnischen Systemgestaltung sowohl ökologische als auch arbeitswissenschaftliche Herausforderungen zu adressieren. Folgenden Fragen wird nachgegangen:

- Wie bewerten die Mitarbeitenden in Laboratorien an Hochschulen den Einsatz der geplanten Technologien (Sensoren, KI, Ressourcenmessgeräte) in den Laboren in Bezug auf Sicherheit und Datenschutz?
- Würden die neuen Technologien in den Laboratorien akzeptiert werden?

3. Methodik und Aufbau der Studie

Ein Szenario des zukünftigen Einsatzes der Technologien wurde präsentiert und anschließend erfolgte eine Bewertung dieses Zukunftsszenarios mittels offener Fraugen. Das angewandte Szenario beschreibt eine Laborsituation, in der Prozesse analysiert und Daten für Forschungsarbeiten gesammelt werden. Das Labor im Szenario ist mit einer Vielzahl von technischen Systemen ausgestattet, die sowohl der Erfassung von Ressourcenverbräuchen als auch der Überwachung von Arbeitsprozessen dienen. Mehrere Mitarbeiter*innen arbeiten in diesem Labor und interagieren zwangsläufig mit den Systemen und digitalen Technologien, die in die Infrastruktur integriert sind. Zur Erfassung und Optimierung der Ressourcennutzung sind Sensoren installiert, die den Verbrauch von Wasser, Energie und Chemikalien in Echtzeit messen. Darüber hinaus ermöglichen Bewegungssensoren die Analyse von Arbeitsmustern und die Nutzung bestimmter Laborbereiche, um potenzielle Stürze oder Gefahren zu melden. NFC-Karten dienen der Zeiterfassung sowie der Dokumentation von Arbeitsschritten und Datenzugriffen, um den Forschungsprozess effizient und nachvollziehbar zu gestalten.

Sechs Fragen wurden gestellt:

1. Welche Auswirkungen erwarten Sie (zukünftig) durch den Einsatz von Sensoren, KI und Ressourcenmessgeräten auf das Sicherheitsempfinden in Ihrem

Labor?
2. Welche Chancen und Herausforderungen sehen Sie (zukünftig) beim Einsatz dieser Technologien in Ihrer täglichen Arbeit?
3. Welche Bedenken haben Sie bezüglich des Datenschutzes und die Transparenz der erfassten Daten?
4. Inwiefern könnte die Einführung dieser Technologien (zukünftig) Ihre Arbeitsabläufe oder Ihr Gefühl der Kontrolle über Ihre Arbeit verändern?
5. Unter welchen Bedingungen würden Sie diese Technologien akzeptieren und aktiv nutzen?
6. Wie sollte der Einführungsprozess (zukünftig) gestaltet werden, damit er für Sie und Ihre Kolleg*innen akzeptabel ist?

Elf Personen aus verschiedenen relevanten Arbeitsbereichen wurden befragt (Durchschnittsalter 31,6 Jahre). Die Stichprobe umfasste vier Professor*innen, sechs wissenschaftliche Mitarbeiter*innen, eine technische Angestellte.

4. Ergebnisse der Befragung

Die Einführung automatisierter Monitoring-Technologien, wie z.B. Sensoren zur Erfassung des Ressourcenverbrauchs, KI-gestützte Analysen und digitale Erfassungssysteme, wird als grundlegender Wandel hin zu einer stärker datengetriebenen und automatisierten Arbeitsweise verstanden. Es wurde jedoch betont, dass die technische Integration solcher Systeme nicht isoliert, sondern unter Berücksichtigung der bestehenden Arbeitsprozesse und der menschlichen Interaktion erfolgen sollte. Mehrere Befragte äußerten die Befürchtung, dass eine zunehmende Automatisierung zwar die Effizienz steigern, gleichzeitig aber auch die Abhängigkeit von der Technik erhöhen könnte. Zudem wurde die Notwendigkeit einer transparenten Kommunikation über Funktion und Zweck der Systeme betont, um Unsicherheiten und mögliche Akzeptanzbarrieren zu minimieren.

Im Zusammenhang mit der Einführung automatisierter Überwachungssysteme in Laboratorien wurden von den Befragten sowohl potenzielle Vorteile als auch Herausforderungen genannt. Die größte Chance wird in der Erhöhung der Laborsicherheit durch eine genauere Überwachung sicherheitsrelevanter Parameter gesehen, insbesondere die Sicherheit im Umgang mit Gefahrstoffen: Potenziell gefährliche Konzentrationen oder das Austreten giftiger Gase könnten frühzeitig erkannt und Alarme ausgelöst werden. Weiterer Vorteile sind die Möglichkeit einer effizienteren Arbeitsorganisation und Übernahmen von Routineaufgaben, so z. B. administrative Tätigkeiten wie die Dokumentation von Experimenten, Nachverfolgung von Verbrauchsmaterialien oder automatische Protokollierung von Sicherheitsmaßnahmen. Technologien können Fehlerquellen minimieren, und damit die Arbeitseffizienz verbessern. Die Datenqualität könnte erhöht werden. Energie- und Wasserverbräuche können gezielt reduziert und ineffiziente Prozessabläufe identifiziert werden, was langfristig sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile mit sich bringen würde.

Risiken werden In Bezug auf technische Fehleranfälligkeit und mögliche Fehlinterpretationen von Daten gesehen: Eine zu starke Automatisierung könnte dazu führen, dass kritisches Fachwissen und manuelle Kontrollmechanismen verloren gehen. Befragte äußerten Unsicherheiten bezüglich der Erhebung und Verwendung von Daten. Es ist unklar, ob die erhobenen Daten ausschließlich zur Optimierung der Sicherheit verwendet werden oder ob sie auch für Leistungsbewertungen oder andere überwachungsähnliche Zwecke genutzt werden würden.

Die Akzeptanz einer solchen Technologie ist abhängig von der Erfahrung und der Einschätzung des praktischen Nutzens. Eine hohe Benutzerfreundlichkeit und eine einfache Integration in bestehende Arbeitsprozesse wurden als wesentliche Faktoren für die Akzeptanz genannt. Die Möglichkeit, Monitoringdaten eigenständig für die eigene Arbeit zu nutzen, erhöhte die Bereitschaft zur Nutzung der Technologien. Wichtig ist Partizipation: Befragte, die bereits in Entscheidungsprozesse eingebunden waren oder sich informiert fühlten, zeigten eine höhere Akzeptanz.

Als Belastungen durch die neue Technik wurden thematisiert: permanente Überwachung, die Abhängigkeit von der Technik bei Systemausfällen oder Fehlmessungen. Dies führt zu Skepsis gegenüber automatisierten Monitoring-Systemen.

5. Implikationen für die Praxis

Automatisierte Monitoring-Systeme können einen wichtigen Beitrag zur effizienten Ressourcennutzung leisten, indem sie Energie- und Materialverbräuche systematisch erfassen und Optimierungspotenziale aufzeigen. Dies ermöglicht nicht nur einen umweltschonenderen Umgang mit Ressourcen, sondern kann langfristig auch zu einer Senkung der Betriebskosten führen.

Hinsichtlich der Arbeitsgestaltung zeigt sich, dass auch im Hochschulkontext eine erfolgreiche Integration der Technologien eine aktive Beteiligung der Beschäftigten erfordert. Die Ergebnisse legen nahe, dass die Akzeptanz solcher Systeme stark von Transparenz, Schulungsmaßnahmen und einer nachvollziehbaren Einführungsstrategie abhängt. Entscheidend ist, dass die neuen Technologien nicht als Kontroll- oder Überwachungsinstanzen wahrgenommen werden, sondern als unterstützende Systeme, die Arbeitsprozesse erleichtern und zur Sicherheit der Beschäftigten beitragen.

6. Literatur

Brown, P., Green, T., & Wilson, R. (2022). Digital Monitoring and Workplace Safety: A Critical Analysis of Data Utilization. Oxford University Press.

Hoffmann, R., Meier, L., & Schneider, P. (2020). AI-Based Predictive Maintenance: Enhancing Industrial Safety and Efficiency. Springer.

Münger, M. (2021). The Role of Digital Innovation in the Circular Economy: Strategies for Sustainable Business Transformation. Palgrave Macmillan.

Rossi, G., Fernandez, L., & Schmidt, A. (2022). Sustainable Workplaces: Digital Technologies and Occupational Safety. CRC Press.

Schmidt, L., Meier, P., & Weber, C. (2021). Sensor-Based Environmental Monitoring: Applications in Industrial and Laboratory Settings. Springer.

Förderhinsweis: Das Projekt „Smart Interfaces – SmInt“ wird vom Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen im Rahmen der Förderbekanntmachung „Profilbildung 2022“ gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Einfacharbeit in Dienstleistungen als Herausforderung in der Arbeitsforschung

Peter BLESES, Wolfgang RITTER

Institut Arbeit und Wirtschaft,
Universität und Arbeitnehmerkammer Bremen,
Wiener Straße 9, D-28359 Bremen

Kurzfassung: Einfacharbeit als Tätigkeiten, die keine Berufsqualifikation voraussetzen, sind im Dienstleistungssektor weit verbreitet und von tragender Bedeutung für viele Dienstleistungen. Ihre große Bedeutung kontrastiert allerdings mit den im Vergleich zur Facharbeit meist schlechteren Arbeitsbedingungen und den bei diesen Tätigkeiten verbreiteten hohen Niveaus an physischen und/oder psychischen Belastungen. Auch die Arbeitsforschung hat sich erst in jüngerer Zeit intensiver mit diesen Tätigkeiten befasst. Daher nehmen zwar vor allem quantitative Analysen zur Arbeitssituation in verschiedenen Tätigkeitsbereichen und zu den vertraglichen Bedingungen deutlich zu, es fehlt aber an betrieblichen Gestaltungskonzepten der Personalentwicklung und gesundheitsförderlichen Arbeitsgestaltung – auch weil Konzepte aus dem Bereich Facharbeit kaum eins zu eins übertragbar sind.

Schlüsselwörter: Einfacharbeit, Diversität, Arbeitsbedingungen, Arbeitsqualität, Qualifikation, Kompetenzentwicklung

1. Einleitung

Der Begriff Einfacharbeit bezeichnet Tätigkeiten, die keine berufliche Formalqualifikation voraussetzen (zur Definition in Abgrenzung zu alternativen Begriffen: Abel & Ittermann 2023; Abel et al. 2014). Einfacharbeit früher oft „Jedermannsarbeit“ oder „Anlerntätigkeit“, heute oft auch „Basisarbeit“ (Große-Jäger et al. 2021) genannt, ist im Dienstleistungssektor in vielen, sehr unterschiedlichen Branchen mit zum Teil hohen Anteilen an der Gesamtbeschäftigtenzahl zu finden, unter anderem in der Logistik, im Kraftverkehr und der Personenbeförderung, im Einzelhandel, in der Gebäudereinigung und in sozialen Dienstleistungen. In vielen Dienstleistungsbereichen bildet Einfacharbeit eine tragende Säule, ohne die diese Leistungen kaum noch angeboten werden könnten. Doch nicht nur aufgrund dieser Bedeutung und dem Umstand, dass die Befassung mit Einfacharbeit in der Forschung vor allem im Dienstleistungssektor bis vor wenigen Jahren eher ein Randthema war, sollte die Arbeitsforschung diesem Beschäftigungssektor mehr Aufmerksamkeit widmen. Hinzu kommt, dass viele Tätigkeiten in der Einfacharbeit insbesondere hinsichtlich Beschäftigungssicherheit, Arbeitszeitvolumen, Entlohnung, Belastungskonstellationen, Kompetenzen und Qualifizierungschancen der Beschäftigten deutlich mehr Risikopotenziale zeigen als die Facharbeit.

Unser Beitrag aus dem BMBF-geförderten Verbundvorhaben „RessourcenEntwicklung in Dienstleistungsarbeit – ressource“ wird diese zentralen Merkmale von Einfacharbeit und ihrer betrieblichen Gestaltung mit den möglichen Konsequenzen für die

Beschäftigten näher schildern. Zudem wird aufgezeigt, wo bei der Analyse und Gestaltung von Einfacharbeit auch Herausforderungen für die Arbeitsforschung liegen.

2. Kennzeichen der Einfacharbeit und ihre Folgen für die Beschäftigten

Zentral ist, dass Einfacharbeit aus der Perspektive der Tätigkeit und nicht der Person betrachtet wird (Abel et al. 2014). Es sind also nicht die Beschäftigten, die „einfache“ Arbeiten verrichten, sondern Tätigkeiten, die vom Arbeitgeber so definiert werden, dass keine spezifische Berufsqualifikation für ihre Ausführung erforderlich ist oder sein soll. Dies unterscheidet sie wesentlich von Facharbeit, die für Beschäftigte mit einer entsprechenden Berufsqualifikation vorgesehen ist. Personen, die in Tätigkeiten ohne Qualifikationsanforderung beschäftigt sind, müssen also keine Berufsqualifikation haben – sie können jedoch über eine verfügen. Tatsächlich besaßen 2020 ca. 48 % der Beschäftigten in Einfacharbeit eine Berufsqualifikation (Seibert et al. 2021: 100), diese ist jedoch meist nicht auf das spezifische Tätigkeitsfeld bezogen (Hall & Sevindik 2020, 21f.).

Typischer Weise erfolgt bei Personen ohne jede Qualifikation zu Beginn der Tätigkeitsaufnahme eine Anlernphase, die je nach Vorerfahrung der Person oder des Anspruchsniveaus der Tätigkeit von wenigen Tagen oder Wochen bis zu mehreren Monaten dauern kann. In der Forschung zu Einfacharbeit wird aufgrund der Tatsache, dass es in Einfacharbeit also augenscheinlich Unterschiede in den Anforderungen der Tätigkeiten gibt, z. T. verschiedene Anforderungsniveaus (Level 1 oder Level 2) differenziert (Hall & Sevindik 2020: 11). Zudem können trotz der Deklaration einer Tätigkeit als Einfacharbeit Kompetenzen oder sogar formale Qualifikationen erwartet werden. Diese liegen aber unterhalb des Niveaus eines Berufsabschlusses. Das sind beispielsweise Pflegehelfer*innen mit einer gegenwärtig ein- oder zweijährigen Helfer*innen- oder Assistenzausbildung (im Unterschied zur Pflegefachkraft mit dreijähriger Berufsausbildung) (zu den Helfer*innenqualifikationen in der Pflege siehe Jürgens 2023) oder Fachlageristen mit einer Ausbildungsdauer von zwei Jahren (im Unterschied zur Fachkraft für Lagerlogistik mit einer dreijährigen Ausbildungsdauer).

Es handelt sich bei Beschäftigten in Einfacharbeit also auch unterhalb des Fachkraftniveaus nicht zwingend um (sehr) gering qualifizierte Personen, wenngleich Personen mit gar keiner oder einer sehr geringen Qualifizierung (Level 1: 37%; Level 2: 26%) im Vergleich zur Facharbeit (5,3%) einen hohen Anteil an der Beschäftigung in Einfacharbeit einnehmen (Werte für 2018 – Hall & Sevindik 2020, 14).

Allerdings heißen verschiedene Anforderungsniveaus auch nicht zwingend, dass die Anlerndauer und Anlerninhalte den *tatsächliche*n Arbeitsanforderungen in einer Tätigkeit entsprechen. Vielfach sind die Arbeitsanforderungen an Beschäftigte in Einfacharbeit höher, als der Begriff ‚Einfacharbeit‘ suggeriert, oder als das, worauf die Beschäftigten in (kurzen) Anlernphasen vorbereitet wurden. Das kann verschiedene Gründe haben: So überblicken Arbeitgeber oder Führungskräfte unter Umständen nicht, welche Anforderungen die Tätigkeiten tatsächlich beinhalten oder ob die Beschäftigten diese ausführen können. Ggf. ist der Einsatz nicht qualifizierter Beschäftigter auch für höherwertige Tätigkeiten günstiger als die Beschäftigung einer Fachkraft. Oder Fachkräfte sind in Folge des demographischen Wandels nicht (mehr) in ausreichendem Umfang verfügbar. Hier stellt sich die Frage, ob die bisher von Fachkräften erbrachten Dienstleistungen aufgegeben oder von geringer qualifizierten Beschäftigten übernommen werden sollen. Fällt die betriebliche Entscheidung, den Anteil der Einfacharbeit im Vergleich zum Fachkräfteanteil zu erhöhen, müssen Beschäftigte

in Einfacharbeit bei gleichbleibendem betrieblichem Aufgabenspektrum unter Umständen ganz oder teilweise Aufgaben von Fachkräften übernehmen, weil diese andernfalls nicht mehr ausgeführt werden könnten.

3. Arbeitsbedingungen in Einfacharbeit

In vielen Bereichen sind Tätigkeiten in Einfacharbeit mit hohen physischen und psychosozialen Belastungen verbunden (Kaboth et al. 2023a; Lück et al. 2023), wobei sich die Belastungskonstellationen zwischen sachbezogenen (bspw. in der Logistik) und personenbezogenen Tätigkeiten (bspw. in der Pflege) stark unterscheiden können. Physische Belastungen ergeben sich oft daraus, dass schwere Lasten gehoben oder bewegt werden müssen, etwa in der Lagerlogistik, bei Paketdiensten oder dem Auffüllen von Regalen im Supermarkt. Auch das Bewegen von pflegebedürftigen Menschen kann hohe körperliche Belastungen erzeugen. Das gilt jeweils insbesondere dann, wenn solche Tätigkeiten lange oder häufig hintereinander und zudem in ergonomisch ungünstigen Körperhaltungen ausgeführt werden müssen. Das ist bei Einfacharbeit deshalb oft der Fall, weil Tätigkeiten im Vergleich zu Fachkrafttätigkeiten häufig weniger abwechslungsreich sind (z. B. stundenlange Körperpflege in Altenpflegeeinrichtungen oder Entladung von Stückgut im Hafen).

Psychosoziale Belastungen entstehen häufig in den personenbezogenen Dienstleistungen, insbesondere bei der Pflege von alten oder kranken Menschen, aber auch bei hauswirtschaftlichen oder Betreuungstätigkeiten in deren Haushalt. Gründe liegen in der beständig notwendigen Interaktion zwischen zu Pflegenden und den Pflege-, Hauswirtschafts- und Betreuungskräften sowie im beständigen Umgang mit Krankheit, Gebrechen und Tod. Die Interaktionsarbeit ist anspruchsvoll, weil soziale Dienstleistungen am und mit Menschen in der Regel nur gemeinsam mit den zu Pflegenden bzw. Betreuten erbracht werden. Auf solche Anforderungen sind Beschäftigte in Einfacharbeit oft schlecht vorbereitet (zu den Anforderungen der Interaktionsarbeit in sozialen Dienstleistungen s. Pöser et al. 2023; Zenz et al. 2023).

Andauernde Belastungssituationen können schwerwiegende Folgen haben, wenn weder eigene Ressourcen (z. B. Kompetenzen für gesundheitsförderndes Arbeitshandeln) noch organisationale Unterstützung (z. B. durch ein betriebliches Gesundheitsmanagement) ausreichend vorhanden sind. Besonders betroffen können Beschäftigte in Einfacharbeit davon auch deshalb sein, wenn sie nicht in solche Gesundheitsförderungsprogramme einbezogen werden.

Schließlich gehen Tätigkeiten in Einfacharbeit im Vergleich zur Facharbeit häufig mit schlechteren vertraglichen Arbeitsbedingungen einher. Das äußert sich unter anderem in höheren Anteilen von Teilzeitbeschäftigung (vgl. Kaboth et al. 2023b), von befristeten Arbeitsverträgen und von niedrigen Lohnniveaus. Zudem besitzen Beschäftigte in Einfacharbeit oft auch geringere Aufstiegs- und Karrieremöglichkeiten, z. B. weil sie in der betrieblichen Personalentwicklung nicht berücksichtigt werden, weil sie sich selbst keine Entwicklungsschritte zutrauen oder weil es für diese Beschäftigtengruppen vergleichsweise weniger Fort- und vor allem Weiterbildungsangebote gibt. Insbesondere Geringqualifizierte zeigen (daher) eine niedrigere Weiterbildungsbeteiligung als Fachkräfte (siehe insgesamt: Hall & Sevindik 2020: 28ff.; speziell zur Weiterbildung Seyda et al. 2019).

Kennzeichnend für den Bereich ist zudem die ausgeprägte Diversität der Beschäftigtengruppen. Diese umfasst alle Diversitätsdimensionen wie Alter, Geschlecht, so-

ziale Lage, kulturelle Herkunft, Migrationserfahrungen, Sprachkompetenzen, berufsbezogene Kompetenzen und Formalqualifikationen und vieles mehr. Gerade zugewanderte Menschen aus unterschiedlichen Herkunftsländern arbeiten zu deutlich größeren Anteilen in Einfacharbeit als deutsche Staatsangehörige (DGB 2024; Seibert et al. 2021: 100f.).

Was folgt daraus für die Arbeitsforschung? Um den Herausforderungen zu begegnen, lassen sich vordringlich drei zentrale Ansatzpunkte für die Gestaltung der Tätigkeiten und betrieblichen Angebote in Einfacharbeit identifizieren:

- Konzepte für die diversitätssensible und bedarfsgerechte Gestaltung von Wegen zur Kompetenz- und Qualifikationsentwicklung,
- eine den jeweiligen Anforderungen entsprechende gesundheitsförderliche Gestaltung der Arbeitsbedingungen und
- eine Entwicklung der Führungskompetenzen mit dem Ziel, die Beschäftigten adäquat ansprechen und einbeziehen zu können.

4. Herausforderungen bei der Analyse und Gestaltung von Einfacharbeit

Trotz der hohen und wachsenden Anforderungen an Beschäftigte in Einfacharbeit im Dienstleistungssektor fehlt es an Konzepten der Arbeitsgestaltung, die speziell auf die entsprechenden Tätigkeitsgruppen zugeschnitten sind. Ein Grund dürfte darin liegen, dass die Arbeitsforschung lange Zeit auf berufliche Facharbeit ausgerichtet war. Zudem wurde lange Zeit erwartet, dass Einfacharbeit vor allem durch den technischen Fortschritt deutlich abnehmen würde. Das hat sich bislang nicht einmal in der Industrie oder der Logistik umfassend bewahrheitet (Ittermann et al. 2019).

Für Unternehmen galten Beschäftigte in Einfacharbeit lange Zeit als leicht ersetzbar, wenn sie etwa aus gesundheitlichen Gründen ausschieden. Daher erschienen Investitionen in eine gute Gestaltung ihrer Arbeit und von Aufstiegsmöglichkeiten als wenig lohnend. Diese Einschätzung wird sich zukünftig zumindest für die Beschäftigtengruppen nicht mehr durchhalten lassen, die betrieblich eingehend eingearbeitet wurden oder die eine Qualifikation als Hilfs- oder Assistenzkräfte mitbringen, da diese im zunehmenden Personalmangel immer schwieriger (und kostenintensiver) zu ersetzen sein werden. Es wird also für viele Betriebe zunehmend wichtig, sich auch um diese Beschäftigtengruppen zu kümmern und auch bislang nur schlecht qualifizierte Kräfte weiterzuqualifizieren.

Das Fehlen von Konzepten der Arbeitsgestaltung für Einfacharbeit ist zunächst vor allem wegen der oben bereits beschriebenen Diversität der Beschäftigtengruppen in Einfacharbeit problematisch. Dadurch können Bedarfs- und Problemlagen kaum typisiert werden, auch universelle Lösungen oder die direkte Übertragung von Gestaltungsansätzen aus der Facharbeit erscheinen wenig aussichtsreich. Es fehlt zudem das Wissen über die Bedarfslagen verschiedener Gruppen in verschiedenen Tätigkeitsfeldern, weshalb eingehende Analysen nötig sein werden.

Beschäftigte in Einfacharbeit sind oft selbst weniger entwicklungsorientiert und lerngewöhnt, weil sie entweder noch keine längeren Qualifikationsphasen absolviert haben oder weil diese schon lange zurück liegen und sich auf andere Tätigkeitsfelder bezogen. Sie sind dadurch auch für Führungskräfte in Unternehmen oft schwerer erreichbar und einschätzbar, wenn es um die Entwicklung von Zukunftsperspektiven geht. Hinzu kommen zum Teil geringere (deutsche) Sprachkompetenzen v. a. bei Zugewanderten, die einen großen Anteil der in Einfacharbeit Tätigen ausmachen.

Sprachkompetenzen sind aber zentral, um Entwicklungsplanungen (mit Führungskräften) vornehmen und Qualifizierungsmaßnahmen erfolgreich absolvieren zu können. Vielfach sind in Einfacharbeit auch Beschäftigtengruppen tätig, die sich mit Einkommensverlusten verbundene Weiterbildungen nicht leisten können oder wollen, weil sie in ihrer Beschäftigung nur niedrige Einkommen erzielen und auf laufende Einkommen zur Sicherung ihres eigenen Lebensunterhalts und des von Angehörigen angewiesen sind.

Für die Arbeitsforschung resultieren daraus Herausforderungen sowohl bezüglich der vor allem qualitativen Analyse der Arbeitssituation als auch hinsichtlich der partizipativen Arbeitsgestaltung als Voraussetzung für eine bedarfsgerechte und praxisorientierte Lösungsentwicklung. Zu berücksichtigen ist zunächst, dass Beschäftigte in Einfacharbeit oft wenig beteiligungsgewöhnt sind, weil sie betrieblich seltener in Beteiligungsverfahren und betriebliche Kommunikationsstrukturen des Unternehmens einbezogen werden (für den Bereich haushaltsnaher Dienstleistungen: Busse et al. 2024; Pöser et al. 2023). Beschäftigte in Einfacharbeit müssen daher von der Arbeitsforschung erst einmal erreicht und gewonnen werden. Dabei sind auch die oft geringen Sprachkompetenzen von manchen Beschäftigtengruppen in Einfacharbeit zu berücksichtigen. Diese spielen nicht allein bei standardisierten Erhebungsverfahren eine erhebliche Rolle, weil auf leichte und verständliche Sprache geachtet werden muss. Auch beteiligungsorientierte Dialogverfahren bedürfen einer eingehenden Vorbereitung, die nicht nur auf die Kompetenzentwicklung der Beschäftigten zur Beteiligung, sondern und auch auf die Kompetenzentwicklung der Forschenden bezüglich der Beteiligungsvoraussetzungen der Beschäftigten abzielen muss.

Aufgrund dieser Herausforderungen muss die Arbeitsforschung bei Analysen und Gestaltung wenigstens auf verschiedenen Gestaltungs- und Handlungsebenen sowie Akteursgruppen ansetzen:

1. Bei der *Organisationsanalyse*, welche die betriebliche Stellung und die Einbindung der Beschäftigten in Einfacharbeit im Unternehmen und in der Organisations- und Personalentwicklung sowie in der gesundheitsförderlichen Arbeitsgestaltung klären muss.
2. Bei der Analyse der betrieblichen *Führungskulturen* und des Umgangs mit Beschäftigten in Einfacharbeit.
3. Bei den konkreten *Kompetenzen der Führungs- und Funktionskräfte* (etwa in der Personalentwicklung und der betrieblichen Gesundheitsförderung) im Umgang mit den diversen Beschäftigtengruppen und deren Ansprache bei der Entwicklung von Perspektiven ihrer persönlichen Entwicklung.
4. Bei der Analyse der *Arbeitssituationen* der in Einfacharbeit Beschäftigten bzw. ggf. verschiedener Beschäftigtengruppen.
5. Bei den *Kompetenzen der Beschäftigten* hinsichtlich gesundheitsförderlichen Arbeitsverhaltens sowie bezüglich ihrer Qualifikationsentwicklung.

Zudem ist auch die Kompetenzentwicklung der Forschenden selbst hinsichtlich der Ansprache und Einbeziehung von verschiedenen Beschäftigtengruppen mit ihren im Vergleich zur Facharbeit unterschiedlichen Voraussetzungen zu berücksichtigen.

6. Literatur

Abel J, Hirsch-Kreinsen H, Ittermann P (2014) Einfacharbeit in der Industrie. Strukturen, Verbreitung und Perspektiven. Baden-Baden: Nomos.

Abel J, Ittermann P (2023) Einfacharbeit. In: Bohn R, Hirsch-Kreinsen H, Pfeiffer S, Will-Zochol M (Hrsg) Lexikon der Arbeits- und Industriesoziologie. 3. akt. Aufl. Baden-Baden: Nomos.

Busse B, Wirth L, Becke G, Becker-Pülm L, Jalaß I, Petersen I, Hülsken-Giesler M (2024) Psychosoziale Gesundheitsrisiken und -ressourcen von Haushaltshilfen im Umfeld von Pflegebedürftigkeit, Bd. 42, Schriftenreihe Institut Arbeit und Wirtschaft/2024, Bremen: Institut Arbeit und Wirtschaft, Universität und Arbeitnehmerkammer Bremen.

DGB (2024) Verbreitete Unsicherheit. Atypische und prekäre Beschäftigungsmerkmale bei Menschen mit Migrationshintergrund. DGB-Index Gute Arbeit Kompakt 02/2024 Juli. Berlin: Institut DGB-Index Gute Arbeit (Download unter: https://index-gute-arbeit.dgb.de/++co++28b84564-3df6-11ef-b0c4-5f87447e5478).

Hall A, Sevindik U (2020) Einfacharbeit in Deutschland – wer arbeitet was und unter welchen Bedingungen? Ergebnisse aus der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2018. Wissenschaftliche Diskussionspapiere. Bonn: BIBB – Bundesinstitut für Berufsbildung, S. 28ff. (Download unter: https://www.bibb.de/dienst/veroeffentlichungen/en/publication/download/16577).

Ittermann P, Ortmann U, Virgillito A, Walker E (2019) Hat die Digitalisierung disruptive Folgen für Einfacharbeit? Kritische Reflexion und empirische Befunde aus Produktion und Logistik. In: Industrielle Beziehungen 26, H. 2:150-168.

Jürgens A (2023) Pflegehilfe und Pflegeassistenz. Ein Überblick über die landesrechtlichen Regelungen für die Ausbildung und den Beruf. Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung (Download unter: https://www.bibb.de/dienst/publikationen/de/19206).

Kaboth A, Lück M, Hünefeld L (2023a) Arbeitssituation in der Basisarbeit – Herausforderung für die Gesundheit. baua: Fakten. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Kaboth A, Lück M, Hünefeld L (2023b) Herausfordernde Arbeitszeitmerkmale in der Basisarbeit. baua: Fakten. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Lück M,·Hünefeld L, Kaboth A (2023) Arbeitsbedingungen und gesundheitliche Beschwerden in Basisarbeit: Eine sektorübergreifende Untersuchung im Dienstleistungsbereich. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft (2023) 77:553-566.

Pöser S, Becke G, Busse B, Zenz C (2023) „Einfache“ soziale Dienstleistungen? – Komplexe Tätigkeitsanforderungen und Gesundheitsressourcen bei haushaltsnahen ambulanten Diensten. In: Becke G (Hrsg.) Flexible Dienstleistungsarbeit gesundheitsförderlich gestalten. Herausforderung für ambulante soziale Dienste und agile IT-Services. Berlin: Springer VS, 91-109.

Seibert H, Schwengler B, Wiethölter D (2021) Basisarbeit: Beschäftigungsentwicklung und Beschäftigtengruppen. In: Große-Jäger A, Hauser R, Lauenstein O, May-Schmidt J, Merfert M, Stiegler F, Zwingmann B (Hrsg.) Basisarbeit. Mittendrin und außen vor. Initiiert vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Bonn: Synergie VertriebsDienstleistung GmbH, 88-109

Seyda S, Wallossek L, Zibowius M (2019) Einfach nur Arbeit? Zur Weiterbildung, Einfacharbeit und ausgeübtem Beruf: Eine empirische Untersuchung auf Basis der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung. IW-Report No. 8 (Download unter: https://www.iwkoeln.de/studien/susanne-eyda-zu-weiterbildung-einfacharbeit-und-ausgeuebtem-beruf.html).

Zenz C, Becke G, Pöser S (2023) Arbeits- und gesundheitswissenschaftliche Kernergebnisse. Agile Projektarbeit in der Pandemie – Gesundheitsressourcen entwickeln und regenerieren unter widrigen Umständen. In: Becke G (Hrsg.) Flexible Dienstleistungsarbeit gesundheitsförderlich gestalten. Herausforderung für ambulante soziale Dienste und agile IT-Services. Berlin: Springer VS, 71-90.

Das Verbundprojekt ressource: Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt ressource wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ (FKZ: 02L22C150-163) in der Fördermaßnahme „Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“ gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Occupational Fingerprint: Adaptivität industrieller Unterstützungstechnologien durch kontextspezifisches Verständnis

Katharina SCHMERMBECK[1], Oliver OTT[1], Robert WEIDNER[2]

[1] Professur für Fertigungstechnik, Institut für Mechatronik, Universität Innsbruck, Technikerstr. 13, A-6020 Innsbruck
[2] Professur für Automatisierte und Autonome Systeme, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Akademiestr. 6, D-09599 Freiberg

Kurzfassung: Trotz zunehmender Automatisierung sind Mitarbeitende an Industriearbeitsplätzen häufig hohen physischen Belastungen ausgesetzt. Unterstützungstechnologien, wie Exoskelette, können hier zur Entlastung eingesetzt werden. Für eine abgestimmte und effektive Unterstützung sind Informationen über die Belastungssituation während der Systemnutzung hilfreich. Um Informationen über Bewegung der Nutzer*in und angreifender Lasten anzunähern, wenn Sensordaten fehlen, wurde der *Occupational Fingerprint (OF)* entwickelt. Der OF ist eine abstrakte Beschreibung der Arbeitssituation als Ontologie, wodurch einfache Interpretierbarkeit und schnelle Berechnungen während der Arbeit in verschiedenen Arbeitssituationen gewährleistet sind. Des Weiteren dient die Ontologie der Verbesserung von Modellen automatischer Aktivitätserkennung.

Schlüsselwörter: Adaptive Exoskelette, physische Belastung, Ontologie, Aktivitätserkennung

1. Physische Belastungen am industriellen Arbeitsplatz

Unterstützungstechnologien, wie Exoskelette, werden am industriellen Arbeitsplatz eingesetzt, um Mitarbeitende physisch zu unterstützen. Die körpergetragenen Systeme können im industriellen Kontext Bewegung der Nutzer*innen erleichtern, verstärken oder stabilisieren (Weidner & Karafillidis 2018). Für einen effektiven Einsatz sowie eine abgestimmte Mensch-Technik-Interaktion sind adaptive Systeme vorteilhaft (Nasr et al. 2022). Diese sind charakterisiert durch eine automatisierte und kontextabhängige Anpassung des Systems während der Nutzung (Ott et al. 2022). Die Anpassung der Unterstützungscharakteristik, definiert als Höhe und Form der Unterstützung, kann auf Basis der physischen Belastungssituation der Nutzer*in erfolgen. Um die Belastungssituation zu beschreiben und Schlüsse auf Beanspruchung zu ziehen, ist eine möglichst genaue Kenntnis über die Höhe und Dauer der Teilbelastungen notwendig (Schlick et al. 2018). Nach Schlick et al. (2018) wird physische Belastung definiert als die äußeren Merkmale des Arbeitssystems, die bei energetisch-effektorischer Arbeit auf den Menschen einwirken. Wie in Abbildung 1 dargestellt, kann die physische Belastung aus angreifenden äußeren Lasten und der Bewegung über die Zeit, folglich inklusive Geschwindigkeit und Beschleunigung, ermittelt werden. Die

Gesamtbelastung setzt sich dabei aus Teilbelastungen zusammen, die gleichzeitig oder hintereinander wirken können (Schlick et al. 2018).

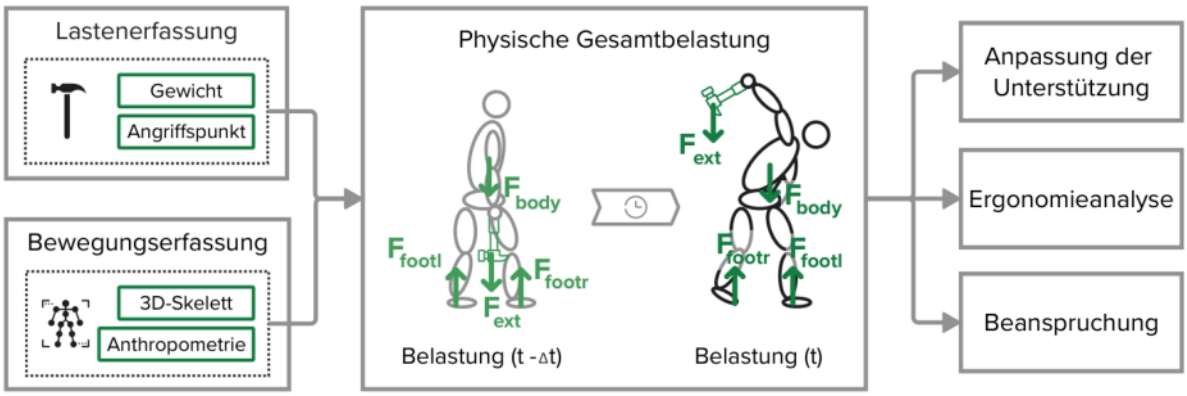


***Abbildung 1**: Belastungssituation bei energetisch-effektorischer Arbeit wird berechnet aus der Bewegung mit Zeitkomponenten und externen Lasten. Auf Basis der physischen Gesamtbelastung – Belastungen zum Zeitpunkt t und vergangenen Zeitpunkten t-Δt – kann zum Beispiel die Unterstützung des Exoskelettes angepasst werden.*

Die Erfassung der Bewegung kann über getragene Sensoren, zum Beispiel Beschleunigungssensoren (IMUs), oder Videoanalyse während der Arbeit erfolgen (Lan et al. 2023; Reining et al. 2019; Sarafianos et al. 2016). Während Videos Herausforderungen durch Verdeckung und Personenzuordnung aufzeigen, driften Daten von Beschleunigungssensoren und reagieren empfindlich bei Änderung von Magnetfeldern. Darüber hinaus benötigt eine Ganzkörper-Bewegungserfassung mit IMUs zwischen 13 und 17 Sensoren, wobei die Sensorplatzierung maßgeblichen Einfluss auf Präzision und Kalibrierungsaufwand hat (Stefana et al. 2021). Daher erfolgt eine präzise Bewegungserfassung meist nur punktuell durch Expert*innen zur Analyse des Arbeitsplatzes (Schlick et al. 2018). Externe Lasten durch Handhabung von Arbeitsmitteln und -objekten sowie resultierende Bodenreaktionskräfte können zum Beispiel durch Drucksensoren im Handschuh oder Kraftmessplatten im Labor gemessen werden oder durch Analyse der Muskelaktivitäten modelliert und angenähert werden. Physische Belastung durch äußere Lasten kann außerdem über mechanische Modelle berechnet werden, wenn die Massen und deren Angriffspunkte am Körper sowie anthropometrische Daten der Person bekannt sind. In dem Zuge ist eine automatische Erkennung von Werkzeug oder Arbeitsobjekt durch angebrachte Sensoren nützlich. Mit RFID-Technologie lässt sich zum Beispiel erkennen, ob ein Werkzeug in Verwendung ist (Goodrum et al. 2006). Informationen zu Betriebskenndaten während der Nutzung des Werkzeuges können außerdem Rückschlüsse auf aktuelle Lasten ermöglichen (Sänger et al. 2023).

Somit zeigt die aktuelle Forschung, dass es durch den Einsatz von verschiedenen Sensoren möglich ist, die Belastungssituation von Personen während der Arbeit zu bestimmen. Gleichzeitig erfordert präzise Bestimmung eine Vielzahl von Sensoren, wodurch der Vorbereitungs-, Kalibrierungs- sowie Wartungsaufwand hoch ist. Außerdem muss die Datenverarbeitung Rückschlüsse auf sensible personen- und leistungsbezogene Informationen verhindern. Daher finden umfangreiche Sensornetzwerke zur präzisen Erfassung von physischer Belastung meist in der industriellen Praxis keine Anwendung.

2. Der Occupational Fingerprint

Um bei unvollständigen Informationen zur Bewegung und Last, zum Beispiel durch fehlende Sensoren, eine Annäherung an die Belastungssituation zu ermöglichen, wurde der *Occupational Fingerprint (OF)* entwickelt. Grundlage des OF ist es, dass sich relevante Informationen aus der Charakterisierung des Arbeitssystems, also des Kontextes, ableiten lassen. So können zum Beispiel Tätigkeitsbeschreibungen und Eigenschaften der Arbeitsmittel Rückschlüsse auf externe Lasten ermöglichen. Wenn Bewegungsdaten nur teilweise oder nicht vorhanden sind, können Tätigkeits-beschreibungen und Informationen zum Arbeitsplatz genutzt werden. Durch die abstrakte Beschreibung der Charakteristika in einer Ontologie ermöglicht der OF, dass relevante Informationen erfasst, verknüpft und digital verarbeitet werden können.

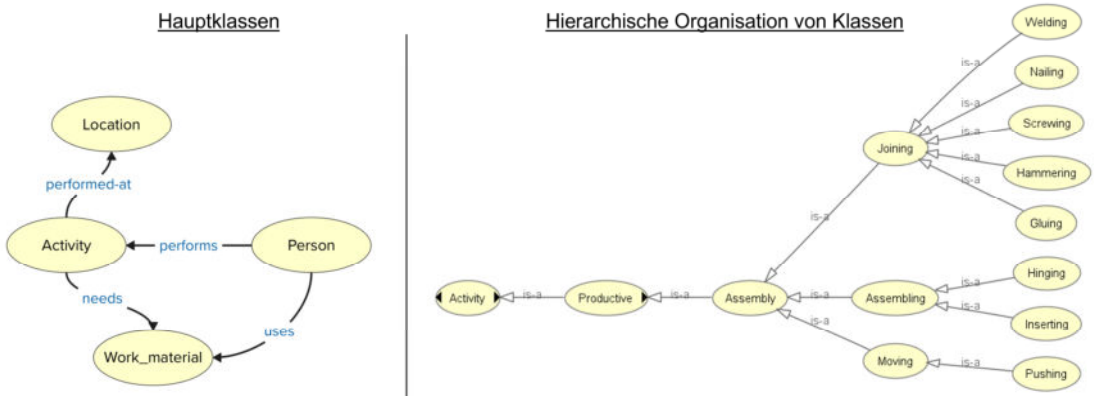


***Abbildung 2**: Hauptklassen und Axiome des Occupational Fingerprint sowie ein Ausschnitt der Klasse „Activity“ (Aktivität) zur Verdeutlichung der hierarchischen Beziehung, die in Protégé als „is-a“ Beziehung angegeben wird.*

Eine Ontologie ist ein standardisiertes Framework, durch welches sich Daten und Informationen konsistent beschreiben und durch logische Verknüpfungen in Beziehung setzen lassen (Arp et al. 2015). Die in dieser Arbeit vorgestellte Ontologie erfasst für die Belastungssituation relevantes Wissen über das Arbeitssystem und verknüpft Informationen über formal definierte Regeln, so genannte *Axiome*. Wie in Abbildung 2 exemplarisch für Arbeitsaktivitäten dargestellt, entsteht eine hierarchische Struktur von Klassen. Klassen sind eine Sammlung von Instanzen (*Individuals*), die reale Dinge repräsentieren und durch Eigenschaften der Klasse definiert werden. Instanzen können durch *Relations* und *Attributes*, also Relationen und Eigenschaften, charakterisiert werden. So benötigt eine bestimmte Aktivität zum Beispiel ein bestimmtes Arbeitsmaterial, welches von der Arbeitsperson während der Aktivität verwendet wird, und welches ein definiertes Gewicht aufweist.

3. Anwendung des Occupational Fingerprint

Im Folgenden wird eine Industrieanwendung beschrieben, für den der OF entwickelt worden ist. Im vorliegenden Fall, dargestellt in Abbildung 3, trägt die Arbeitsperson fünf IMUs an Kopf, Handgelenken und Füßen, woraus sich ein 3D-Skelett ableiten lässt. Die Skelettinformationen werden verwendet, um aus einem bereits aus Labordaten vortrainierten Modell, Aktivitäten zu erkennen. Wird zum Beispiel die Aktivität *Schrauben (Screwing)* erkannt, kann durch den OF abgeleitet werden, dass die Person

Werkzeug verwendet, hier einen Akku-Bohrschrauber. Hinterlegte Eigenschaften über die Person und das Werkzeug, die als Klasseninstanzen hinterlegt sind, kann das Gewicht sowie der wahrscheinliche Lastangriffspunkt bestimmt werden. Über Modelle können so die mechanischen Belastungen zum aktuellen Zeitpunkt berechnet und, wenn notwendig, die Unterstützung des Exoskeletts angepasst werden. Durch Speicherung vergangener Ergebnisse entsteht ein gesamtheitliches Bild der Belastungssituation über den gesamten Arbeitsablauf. Dies kann beispielsweise auch in eine Analyse der Ergonomie oder Beanspruchung einfließen.

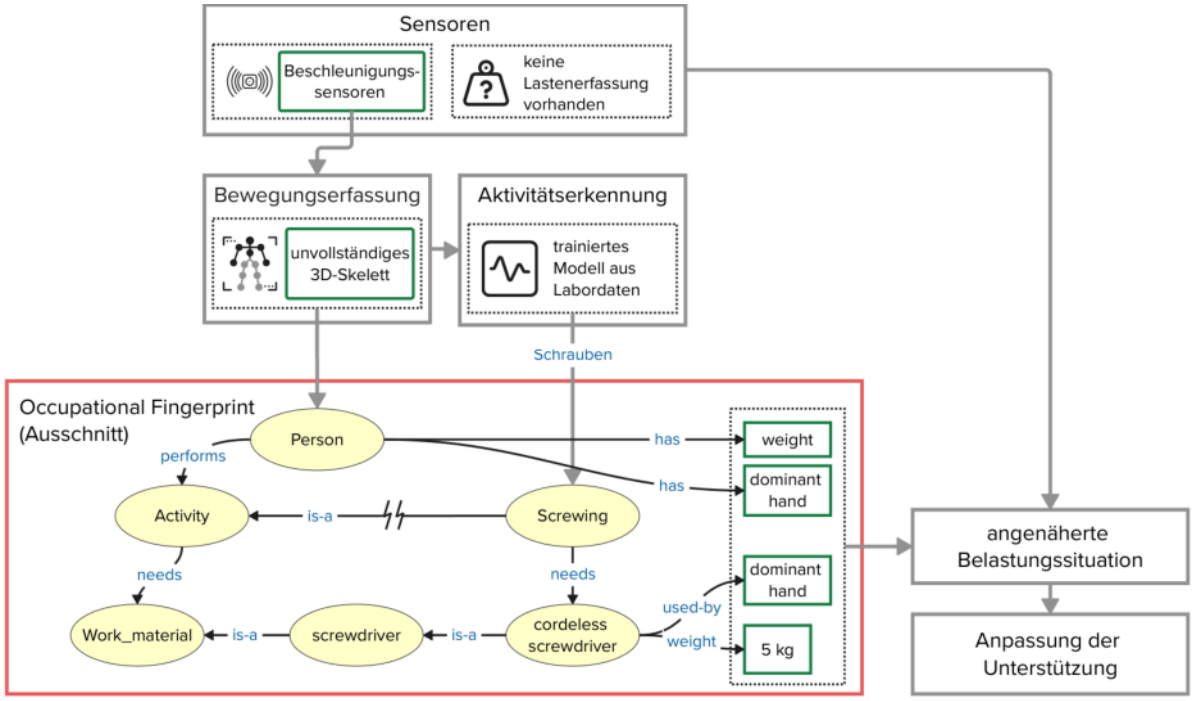


***Abbildung 3**: Beispielhafte Anwendung des Occupational Fingerprint. Zwar liegen keine Informationen zu aktuellen Lasten vor, durch eine Aktivitätserkennung und Wissen über Arbeitsmittel kann die Belastungssituation jedoch angenähert werden.*

4. Diskussion

Der vorgestellte OF ermöglicht es, Belastungssituationen durch eine Beschreibung der Arbeitssituation, also kontextabhängiges Verständnis, anzunähern. Durch eine Implementierung als Ontologie können reale Zusammenhänge und Eigenschaften sowohl für jede:n interpretierbar gemacht als auch live berechnet werden. Gleichzeitig ist die umfassende Abstraktion der Realität durch zeitliche und personelle Ressourcen begrenzt und benötigt Expert*innenwissen (Riboni & Bettini 2011). Der OF fokussiert sich daher vorerst auf typische physisch belastende Arbeitssituationen in beispielhaften Industrieanwendungen, um die grundsätzliche Eignung zu evaluieren. Neben dem erläuterten Beispiel wird der OF auch Situationen abdecken, in denen Personen ein Exoskelett tragen oder Werkzeug- oder Positionserkennung vorhanden sind. Bei der geplanten Evaluierung wird neben Geschwindigkeit und Genauigkeit im Vergleich zu präziser Belastungsberechnung auch die Praktikabilität im Einsatz und die Generalisierbarkeit für andere Anwendungsfälle bewertet. In dem Zuge wird außerdem untersucht, inwiefern sich die entwickelte Klassenstruktur dynamisch erweitern und umstrukturieren lässt.

Außerdem wird der OF verwendet, um Ergebnisse der automatischen Aktivitätserkennung zu prüfen und Modelle zu verbessern. Durch Hinterlegung von Informationen zu gewissen Aktivitäten, zum Beispiel Dauer, Abfolge oder Ort, können Ergebnisse der Modelle hinsichtlich der Passgenauigkeit zum Kontext geprüft werden. Dies könnte Herausforderungen von Aktivitätserkennung adressieren, bei zum Beispiel Transitionen zwischen Aktivitäten oder vom Bewegungsablauf sehr ähnlichen oder parallel stattfindenden Aktivitäten (Chen et al. 2021). Der OF soll zusätzlich eingesetzt werden, um trainierte Modelle während der Anwendung zu optimieren, also *online-learning* anzuwenden, und so eine höhere Generalisierbarkeit in neuen Anwendungsfällen zu erzielen (Fu et al. 2020).

5. Zusammenfassung

Der Occupational Fingerprint dient der Annäherung von Belastungssituationen während der Arbeit, wenn Daten zu Bewegung und externen Lasten unvollständig sind. Dadurch können Unterstützungstechnologien, zum Beispiel Exoskelette, während der Nutzung automatisch an die vorliegende Belastungssituation angepasst werden. Durch die Erfassung von Eigenschaften und Relationen des Arbeitskontextes in einer Ontologie können relevante fehlende Informationen live berechnet werden. Der OF wird derzeit für das beschriebene Beispiel implementiert und in verschiedenen Anwendungsfällen hinsichtlich der Genauigkeit und Generalisierbarkeit evaluiert.

6. Literatur

Arp R, Barry S, Andrew DS (2015) Building Ontologies with Basic Formal Ontology. Cambridge, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.

Chen, K, Dalin Z, Lina Y, Bin G, Zhiwen Y, Yunhao L (2021) Deep Learning for Sensor-based Human Activity Recognition: Overview, Challenges, and Opportunities. ACM Computing Surveys 54:77.

Fu B, Damer N, Kirchbuchner F, Kuijper A (2020) Sensing Technology for Human Activity Recognition: A Comprehensive Survey. IEEE Access 8:83791-83820.

Goodrum PM, McLaren MA, Durfee A (2006) The Application of Active Radio Frequency Identification Technology for Tool Tracking on Construction Job Sites. Automation in Construction 15:292-302.

Lan G, Wu Y, Hu F, Hao Q (2023) Vision-based Human Pose Estimation via Deep Learning: A Survey. IEEE Transactions on Human-Machine Systems 53:253-268.

Nasr A, Ferguson S, McPhee J (2022) Model-Based Design and Optimization of Passive Shoulder Exoskeletons. Journal of Computational and Nonlinear Dynamics 17:051004-051011.

Ott O, Ralfs L, Weidner R (2022) Framework for qualifying exoskeletons as adaptive support technologies. Frontiers in Robotics and AI 9:1-14.

Reining C, Niemann F, Rueda FM, Fink GA, Hompel MT (2019) Human Activity Recognition for Production and Logistics—A Systematic Literature Review. Information 10:245.

Riboni D, Bettini C (2011) OWL 2 modeling and reasoning with complex human activities. Pervasive and Mobile Computing 7:379-395.

Sänger J, Wirth L, Matthiesen S (2023) Development of an Alternative Approach for Estimating User Load due to Screw-In Torque in User Studies. KIT Scientific Working Papers.

Sarafianos N, Boteanu B, Ionescu B, Kakadiaris, IA (2016) 3D Human Pose Estimation: A Review of the Literature and Analysis of Covariates. Computer Vision and Image Understanding, 152:1-20.

Schlick C, Bruder R, Luczak H (2018) Arbeitswissenschaft. Berlin, Heidelberg: Springer.

Stefana E, Marciano F, Rossi D, Cocco P, Tomasoni G (2021) Wearable Devices for Ergonomics: A Systematic Literature Review. Sensors 21:777.

Weidner R, Karafillidis A (2018) Distinguishing Support Technologies. A General Scheme and Its Application to Exoskeletons. In: Karafillidis A, Weidner R (Eds) Developing Support Technologies: Integrating Multiple Perspectives to Create Assistance that People Really Want. Cham: Springer, 85-100.

Pilotstudie zur Evaluation eines Systems zur adaptiven Höhen- und Neigungsverstellung großer Arbeitsobjekte für simulierte Tätigkeiten aus der Automobiltürmontage

Maximilian Janus PÄTZOLD, Helena EGGERT, Bettina ABENDROTH

[1] Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Maschinenbau,
Institut für Arbeitswissenschaft,
Otto-Berndt-Straße 2, D-64287 Darmstadt

Kurzfassung: In der Fahrzeugendmontage dominieren weiterhin manuelle Tätigkeiten, die häufig mit ungünstigen Körperhaltungen verbunden sind, welche mit der Entstehung muskuloskelettaler Erkrankungen (MSE) assoziiert werden. Adaptive Arbeitsstationen, die die Höhe und Neigung großflächiger Arbeitsobjekte automatisiert an individuelle Körpermaße und den Arbeitsschritt anpassen, sollen physische Belastungen reduzieren. Im Rahmen einer Pilotstudie wurde die Wirkung von drei Ausprägungen einer individualisierten Höhen- und Neigungsanpassung gegenüber einer „One-Size-Fits-All“ Positionierung eines großflächigen Arbeitsobjekts auf die körperliche Belastung und Sichtbedingungen während simulierten Tätigkeiten eines Autotürmontageprozesses untersucht.
Die Ergebnisse zeigen, dass eine einmalige Anpassung der Arbeitsobjektposition die Expositionsdauer in kritischen Gelenkwinkelbereichen der Schulter und des Nackens signifikant verringert. Subjektiv bevorzugten die Teilnehmenden die Arbeit und Sichtbedingungen der adaptiven Ausprägungen des Systems gegenüber einer starren „One-Size-Fits-All“ Einstellung.

Schlüsselwörter: Adaptive Arbeitsstation, Individualisierung, Assistenzsysteme, physische Belastung, muskuloskelettale Erkrankungen

1. Einleitung und Motivation

In Bereichen der technischen Produktion, wie dem Karosseriebau, erfolgen viele Arbeitsabläufe hochautomatisiert. Jedoch dominieren in der technischen Endmontage manuelle Tätigkeiten. Besonders in der Fahrzeugendmontage wird der Mensch auch in der Zukunft weiterhin einen großen Teil manueller Montagetätigkeiten verrichten. Trends wie die steigende Heterogenität der Belegschaft, bspw. bezogen auf das Geschlecht und dem wachsenden Durchschnittsalter, stellen das produzierende Gewerbe vor wachsende Herausforderungen bei der belastungs- bzw. beanspruchungsgerechten Gestaltung von Montagearbeitsplätzen (Reinhart et al. 2010; Mayrhofer et al. 2019). Arbeitspersonen in der manuellen Montage werden im Rahmen ihrer Arbeitstätigkeit besonders häufig ungünstigen Körperhaltungen ausgesetzt, welche langfristig mit der Entstehung muskuloskelettaler Erkrankungen (MSE) assoziiert werden (Barthelme et al. 2021). In Deutschland waren 2022 MSE der Grund für 18,2 % aller krankheitsbedingten Arbeitsunfähigkeitstage (BAuA 2024).

Die fortschreitende Automatisierung der Montage ermöglicht es, den Arbeitsplatz an individuelle ergonomische Bedürfnisse des Menschen anzupassen. Solch adaptive Systeme, bspw. zur Anpassung der Position der Arbeitsfläche oder des Arbeitsobjek-

tes nach anthropometrischen und biomechanischen Gesichtspunkten, ermöglichen eine datengestützte, automatisierte Einstellung des Arbeitsplatzes zur Verbesserung der Körperhaltung (Pätzold 2024).

Die Wirkung adaptiver Systeme auf physische Belastungen und Beanspruchungen und die Montageleistung ist bisher hauptsächlich im Rahmen von Simulationsstudien oder für kleine Arbeitsobjekte untersucht worden. Es existieren Forschungslücken bei der Montage großflächiger Arbeitsobjekte, für die eine Arbeitstätigkeit ohne Anpassung der Arbeitsobjektposition zeitweise zu ungünstigen Körperhaltungen wie Überkopfarbeit oder Rumpfbeugung führen muss (Pätzold 2024).

Zur Adressierung dieser Forschungslücke wurde im Rahmen einer Pilotstudie die Wirkung von drei Ausprägungen einer adaptiven Höhen- und Neigungsanpassung an großflächigen Arbeitsobjekten an einem Mockup einer adaptiven Arbeitsstation untersucht. Ziel der Studie war es, den Einfluss einer individualisierten Höhen- und Neigungsanpassung des Arbeitsobjektes auf Basis geltender Normen auf die physische Belastung aufgrund der Körperhaltung sowie die Sichtbarkeit der Operations- bzw. Fügestellen zu untersuchen und den Nutzen der Adaption der Arbeitsobjektposition entlang verschiedener Freiheitsgrade zu evaluieren. Weiterhin wurde untersucht, ob die Studienteilnehmenden die Arbeit am Mockup des adaptiven Systems derer an einer unbeweglichen „One-Size-Fits-All“ Konfiguration bevorzugten.

2. Methodik

Für die Pilotstudie wurde ein realer Endmontageprozess einer Automobiltür abstrahiert, um die Komplexität der Montageschritte sowie den verbundenen Einfluss aufgrund von Lerneffekten auf die Messdaten zu reduzieren und den Montageprozess ungeübten Testpersonen zugänglich zu machen. Simulierte Kabelführungs-, drei Steck- und zehn Schraubtätigkeiten wurden an einem 1,2 x 1,1 m Montagebrett durchgeführt, welches auf einem Mockup der adaptiven Arbeitsstation befestigt wurde (Abbildung 1). Um die Reproduzierbarkeit zu gewährleisten, fand die Aufnahme und Abgabe von Werkzeugen und Bauteilen an fest definierten Punkten statt. Höhe und Neigung des Arbeitsobjektes wurden durch Aktorik anhand der Körpermaße der Arbeitsperson eingestellt. Da es sich bei dem gegebenen Versuchsobjekt um einen experimentellen Prototyp handelt, wurde der Adaptionsprozess durch manuelle Verstellung des Systems durch die Versuchsleitung simuliert.

Durch die Repositionierung des Arbeitsobjektes anhand der individuellen Körpermaße soll eine ergonomische Körperhaltung während des Montageprozesses begünstigt werden. Für Steharbeitsplätze gilt nach DIN EN ISO 14738 unter durchschnittlichen visuellen Anforderungen eine empfohlene Arbeitshöhe auf Höhe des Ellenbogengelenks, welche als optimale Arbeitshöhe festgelegt wurde.

Lokal betrachtet finden sich Grenzwerte für die Auslenkung der Körpergelenke in ISO 11226 und DIN EN 1005-4. In dieser Studie wurden die aus Normung und Forschung aggregierten Grenzwerte der Gelenkwinkelbereiche des Instituts für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) (2015) zur Bewertung herangezogen. Die Bewertung erfolgt nach einem Ampelschema in „grüne, „gelbe“ und rote, bzw. kritische Winkelbereiche. Es wird hypothetisiert, dass eine durch die Adaption angepasste Einstellung von Höhe- und Neigung des Arbeitsobjektes zu einer Reduktion der Expositionszeit in kritischen Gelenkwinkelbereichen führt.

In der Studie wird die Flexion bzw. Extension der Schultergelenke, des Nackens, der Ellenbogengelenke und des Rumpfes sowie zusätzlich die Abduktion und Adduk-

tion des Schultergelenks zur Bewertung herangezogen. Die Messung der Gelenkwinkel entlang ihrer relevanten Freiheitsgrade wurde mit einem Captiv Motion Capture Gerät von TEA Ergo durchgeführt. Aus den Winkeldaten wurde anschließend die über die Montagezeit normierte prozentuale Expositionszeit in den roten Winkelbereichen berechnet.

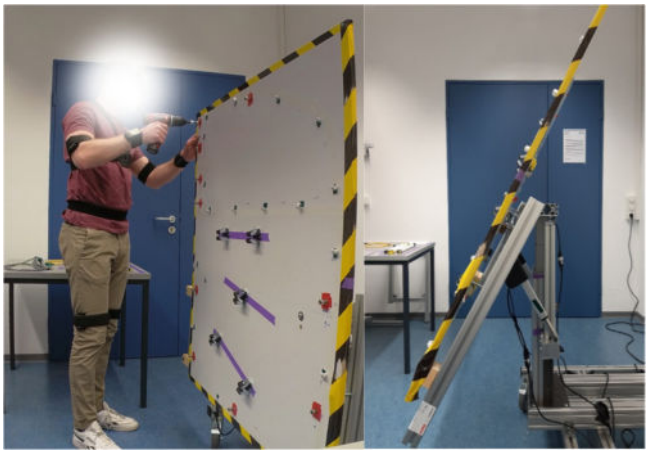


***Abbildung 1**: Versuchsaufbau mit einem Mockup des adaptiven Systems (rechts). An einem großflächigen Montagebrett (links) wurden manuelle Montageprozesse simuliert.*

Drei adaptive Ausprägungen des Systems wurden mit einer nicht-adaptiven bzw. „One-Size-Fits-All“ Einstellung verglichen, um die Auswirkungen einer individualisierten Positionierung des Arbeitsobjektes entlang verschiedener Freiheitsgrade auf die Gelenkstellungen zu quantifizieren (siehe Tabelle 1). Am Ende des Versuches füllten die Probanden einen Fragebogen aus und ordneten den vier Ausprägungen Ränge gemäß der empfundenen Sichtbedingungen und ihrer Nutzungspräferenz, bezogen auf einen vollen Arbeitstag, zu.

***Tabelle 1:** Die vier Ausprägungen des Systems.*

Ausprägungen des Systems	Beschreibung
“One-Size-Fits-All” (OSFA)	Keine Anpassung der Arbeitsobjektposition. Höhe orientiert sich an der Ellbogenhöhe des 50. Perzentils des Mannes
Adaption der Höhe (HA)	Adaption der Höhe anhand der individuellen Körpermaße der Testperson
Adaption der Neigung (NA)	Rotation des Arbeitsobjektes zur Testperson hin
Höhen- und Neigungsadaption (HNA)	Adaption der Objekthöhe und Türneigung anhand der individuellen Körpermaße der Testperson

Die „One-Size-Fits-All“ (OSFA) Konfiguration nutzt die Ellbogenhöhe des 50sten Perzentils des Mannes als Referenzwert. Die Mitte der Montageplatte wurde auf diese Höhe eingestellt, was in Abhängigkeit der individuellen Körpermaße der Probanden zu Körperzwangshaltungen wie starke Rumpfbeugung oder Überkopfarbeit bei der Tätigkeitsverrichtung führte.

In den Ausprägungen, welche eine Höhenadaption des Arbeitsobjektes beinhalteten, wurde die Montageplatte zu Beginn so eingestellt, dass sich die Montageschritte im oberen Plattenbereich (abstrahierte Montageschritte im Bereich des Türfensters) gleichmäßig um die individuelle Ellenbogenhöhe des Probanden streuten. Während der Montage wurde die Objekthöhe einmalig für die Verrichtung der verbliebenen Arbeitsschritte im unteren Bereich der Montageplatte angepasst. Für die Anpassung der

Neigung des Arbeitsobjektes wurde für die untersuchten Tätigkeiten in einer Vorstudie eine geeignete Neigung zwischen 25 und 30 Grad zur Reduktion der Nackenflexion mittels einer subjektiven Befragung ermittelt.

An der Laborstudie im Within-Subject-Design nahmen 17 Testpersonen (11m, 6w) mit einer mittleren Körpergröße von 177,82 ± 11,52cm teil. Die Probandenakquise fand im universitären Umfeld statt. Im Probandenkollektiv waren Testpersonen mit einer Körpergröße vom fünften Perzentil der Frau bis größer als das 95. Perzentil des Mannes enthalten. Vor der Messung wurde eine Trainingseinheit zur Reduktion von Übungseffekten durchgeführt. Zur Vermeidung von Reihenfolgeneffekten wurde die Messabfolge der vier Ausprägungen des Systems variiert und ausbalanciert. Es wird hypothetisiert, dass die adaptiven Ausprägungen des Systems die Exposition in den roten Winkelbereichen signifikant reduziert. Die Messergebnisse wurden einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung zur statistischen Auswertung in IBM Statistics SPSS unterzogen. Die Voraussetzung der Sphärizität wurde mit dem Mauchly-Test getestet und bei verletzter Sphärizität eine Greenhouse-Geisser Korrektur ausgeführt. Signifikante Unterschiede zwischen den Adaptionsstufen wurden mittels eines Bonferroni Post-hoc-Tests geprüft.

3. Ergebnisse

Die ANOVA mit Messwiederholung ergab statistisch signifikante Unterschiede der Expositionszeit in roten Winkelbereichen für die Flexion und Extension des dominanten ($F(2.03, 32.56) = 97.00$, $p<0.001$, partielles $\eta^2 = 0.851$) und nicht-dominanten ($F(3, 48) = 113.69$, $p < 0.001$, partielles $\eta^2 = 0.877$) Schultergelenks und des Nackens ($F(1.76, 1935.75) = 90.25$, $p < 0.001$, partielles $\eta^2 = 0.849$) sowie signifikante Unterschiede der Adduktion und Abduktion des dominanten ($F(1.96, 31.30) = 15.99$, $p < 0.001$, partielles $\eta^2 = 0.5$) und nicht-dominanten ($F(1.70, 27.15) = 8.33$, $p = 0.002$, partielles $\eta^2 = 0.641$) Schultergelenks. Keine signifikanten Unterschiede wurden für die Flexion und Extension des dominanten ($F(2.17, 34.64) = 2.25$, $p = 0.117$, partielles $\eta^2 = 0.123$) und nicht-dominanten ($F(2.08, 3507.59) = 2.70$, $p = 0.08$, partielles $\eta^2 = 0.144$) Ellenbogengelenks und des Rumpfes ($F(1.49, 23.80) = 0.52$, $p = 0.564$, partielles $\eta^2 = 0.032$) gemessen.

Die Ergebnisse des Bonferroni Post-hoc-Tests der signifikanten Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Ausprägungen der Höhen- und Neigungsadaption führten zu einer stark signifikanten Reduktion der prozentualen Expositionszeit in den roten Winkelbereichen für die Schulterflexion. Die Anpassung entlang beider Freiheitsgrade erzielte die stärkste Wirkung mit einer mittleren Reduktion von 32 % (dominant) und 31,2 % (nicht-dominant) gegenüber der OSFA-Einstellung. Analog wurden stark signifikant positive Effekte auf die Flexion des Nackens gemessen mit einer mittleren Reduktion von 35,7 % verglichen mit der OSFA-Einstellung. Für die Abduktion und Adduktion der Schulter wurden durch die Interventionen signifikante bis stark signifikante positive Effekte erzielt. Die kombinierte Höhen- und Neigungseinstellung erzielte auch hier die stärkste positive Wirkung mit einer mittleren Reduktion von 13,6 % (dominant) und 8,9 % (nicht dominant) gegenüber der OSFA-Konfiguration.

Auf subjektiver Ebene gaben 16 von 17 Probanden an, dass die Sichtbedingungen in der Ausprägung von Höhen- und Neigungsadaption am besten waren. Alle Probanden bewerteten die Sichtbedingungen für das OSFA Szenario am schlechtesten. 16 von 17 Probanden bevorzugten die Montage in einer der adaptiven Ausprägungen des

Systems. 12 der 17 Probanden empfanden die Arbeit am System mit Höhen- und Neigungsanpassung am besten, fünf bevorzugten lediglich eine Neigungsanpassung.

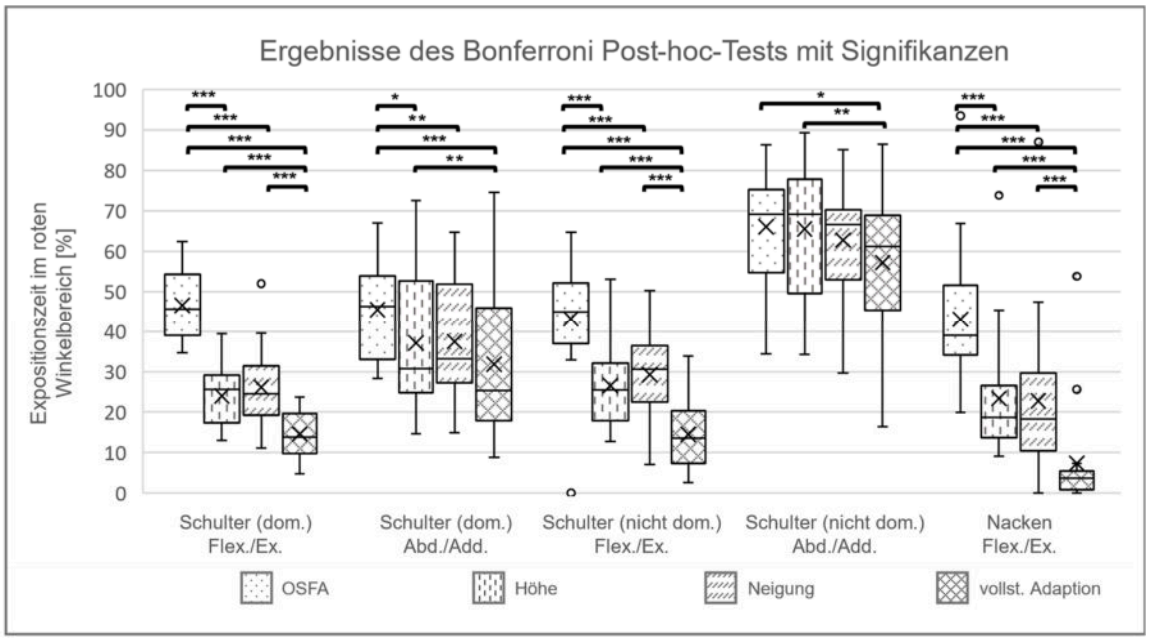


Abbildung 2**: Boxplots der prozentualen Aufenthaltsdauer im roten Winkelbereich für die untersuchten Gelenke. Signifikanzen des Bonferroni Post-hoc-Tests mit Signifikanzniveaus ≤0,05*, ≤0,01** und ≤0,001.*

4. Diskussion

Die Ergebnisse der Pilotstudie zeigen, dass eine einmalige Anpassung der Position eines großflächigen, planaren Objektes signifikante Auswirkungen auf die Gelenkstellungen hat und die Expositionszeit in ungünstigen Winkelbereichen statistisch signifikant reduzieren kann.

Steinebach et al. (2019) zeigten, dass das Captiv-Messsystem einen geringen gemittelten Fehler aufweist und mit Ausnahme des Rückens, akkurate Ergebnisse im Vergleich mit anderen Messystemen liefert. Im Versuch konnte der mittlere Fehler der Sensoren auf 2,88 bis 3,47 Grad reduziert werden. Ein Einfluss auf die Messergebnisse aufgrund der Messungenauigkeit wird nicht vermutet.

Im Versuchsaufbau beschränkte der rollbare Unterbau die Mindesthöhe der Montageplatte. Dies führte für kleine Probanden zeitweilig zu Überkopfarbeit. Für große Personen wird die maximale Höhe des Montagebretts durch die Hublänge des Aktors beschränkt. Testpersonen mit einer Körpergröße >185cm merkten nach dem Versuch an, dass sie sich eine höhere Einstellung des Arbeitsobjektes gewünscht hätten.

5. Fazit und Ausblick

Das grundsätzliche Ziel der Adaptivität in der Produktion ist es, den Arbeitenden ein gesundheitserhaltendes Arbeiten zu ermöglichen. Die Ergebnisse der Pilotstudie zeigen, dass die Montage an großen Arbeitsobjekten zu einer Exposition in ungünstigen Körpergelenkwinkelbereichen führen kann und eine einmalige Repositionierung von

Höhe und Neigung des Arbeitsobjektes die Expositionsdauer in kritischen bzw. roten Winkelbereichen der Schultergelenke und des Nackens für simulierte Tätigkeiten aus der Automobiltürmontage bereits signifikant reduziert. Die subjektive Befragung lieferte Hinweise, dass die adaptive Repositionierung zu besseren Sichtverhältnissen führte und von den Studienteilnehmenden gegenüber einer „One-Size-Fits-All“ Einstellung präferiert wurde.

In weiterführenden Studien sind neben anthropometrischen bzw. biomechanischen Gesichtspunkten auch die Wirkung mehrerer adaptiver Repositionierungen auf die physische Belastung sowie ökonomische Faktoren, bspw. die Wirkung adaptiver Systeme auf die Montageleistung, zu untersuchen.

Die Ergebnisse dieser Studie flossen in die Gestaltung des Prototyps einer adaptiven Arbeitsstation ein. Ein Algorithmus wurde entwickelt, der basierend auf den Körpermaßen des Nutzenden und der Abfolge und Position der Tätigkeiten auf dem Arbeitsobjekt die nötige Anzahl adaptiver Rekonfigurationen der Arbeitsobjektposition berechnet, um die Exposition in kritischen Gelenkstellungen während des gesamten Montagezyklus zu reduzieren; siehe Pätzold und Emmel (2025). Eine aufbauende Probandenstudie am Prototyp der adaptiven Arbeitsstation wird am Beispiel eines realen Türmontageprozesses erfolgen.

6. Literatur

Barthelme J, Sauter M, Mueller C (2021) Association between working in awkward postures, in particular overhead work, and pain in the shoulder region in the context of the 2018 BIBB/BAuA Employment Survey. BMC Musculoskeletal Disorders 22, 624.

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) (2024) Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit – Berichtsjahr 2022. 1st edn. Bundesministerium für Arbeit und Soziales. Berlin.

Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) (2015) Bewertung physischer Belastungen gemäß DGUV-Information 208-033 (bisher: BGI/GUV-I 7011) (Anhang 3), 2015(208-033 [1].

Reinhart G, Spillner R, Egbers J, Schilp J (2010) Individualisierung von Montagearbeitsplätzen. Werkstattstechnik online 100 (H. 9), 665-669.

Mayrhofer W, Rupprecht P, Schlund S (2019) One-fits-all vs. Tailor-Made: User-centered Workstations for Field Assembly with an Application in Aircraft Parts Manufacturing. Procedia Manufacturing 39, 149–157.

Pätzold M (2024) Wirkungsanalyse einer adaptiven Höhen- und Neigungsanpassung großer Arbeitsobjekte in der manuellen Montage. In: Dokumentation des 70. Arbeitswissenschaftli-chen Kongresses, J.2.3. Sankt Augustin: GfA Press.

Pätzold M, Emmel J (2025) Simulation of the effects of an adaptive height adjustment algorithm for large planar work objects at manual assembly stations. In: Proceedings of the 22nd Triennial Congress of the International Ergonomics Association. Springer Series in Design and Innovation (SSDI). Springer Cham. (im Druck)

Steinebach T, H. Grosse E, H. Glock C, Wakula J, Lunin A (2019) Evaluation der Akkuratheit von markerlosen Motion-Capture-Systemen zur ergonomischen Bewertung von Arbeitsplätzen in der Logistik. In: Dokumentation des 65. Frühjahrskongresses der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft 2019. Dortmund: GfA Press.

Danksagung: Diese Forschungsarbeit wurde mit Mitteln aus dem Forschungs- und Innovationsprogramm Horizon 2020 der Europäischen Union unter der Finanzierungsnummer 101017151 gefördert. Diese Arbeit gibt nur die Meinung des Autors wieder. Die EU-Kommission ist nicht verantwortlich für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen.

Erlangung zukünftiger Handlungskompetenzen erfordert neue wirksame Lernmaßnahmen und adaptives Skill-Management

Maximilian DOMMERMUTH[1], Alina WAGNER[1], Philipp SCHILD[1],

[1] Bosch Rexroth Academy, Bosch Rexroth AG,
Lise-Meitner-Straße 2, D-89081 Ulm

Kurzfassung: Im Zuge von Industrie 5.0 stecken Unternehmen mitten in großen Herausforderungen, um nachhaltig, humanzentriert und resilient zu werden. Noch vor der steigenden Komplexität und der rapid nähernden digitalen Transformation ist der Fachkräftemangel aktuell die größte Hürde. Trotz hoher Ausgaben im Bereich Software, Künstliche Intelligenz und Weiterbildung sinkt die Produktivität in Deutschland. Führungskräfte und Mitarbeitende sind heutzutage weder in der Lage Zukunftskompetenzen adaptiv zu benennen noch diese wirksam in die Tat umzusetzen. In diesem Praxisbeitrag werden aus aktuellen Studien kritische Zukunftskompetenzen abgeleitet, die Wirksamkeit von modernen Lernmaßnahmen zur Erlangung von effektiven Handlungskompetenzen beleuchtet und zuletzt die erforderliche Reife zukunftsfähiger Skill-Management Ansätze definiert.

Schlüsselwörter: Kompetenzmanagement, Target-oriented Learning, Future Skills, Reifegradanalyse, Adaptives Lernen, Wirksamkeit

1. Die BANI-Welt erfordert Fachkräfte um wettbewerbsfähig zu bleiben

Seit 2011 wird an dem Konzept Industrie 4.0 gearbeitet und mit „Industrie 5.0“ vor allem die unternehmerische Resilienz adressiert (Reduktion globaler Abhängigkeiten, Energiekriese, Fachkräftemangel). Um wettbewerbsfähig zu bleiben, müssen sich Industrieunternehmen in der neuen Realität zurechtfinden (Europäische Kommission 2022). Das Acronym „**BANI**“ fasst diese Realität wie folgt zusammen (Cascio 2020):

Brittle bedeutet, dass Prinzipien des Erfolges der vergangenen Jahre nicht ohne Weiteres zukünftig zutreffen (z. B. Wegbrechen Nokia als Mobiltelefon Marktführer). **A**nxious betont die steigende Unsicherheit und Passivität im Management (z. B. geringe Investitionsquoten). **N**on-linear beschreibt die schlechte Vorhersagbarkeit auf Basis bisheriger Entwicklungen (z. B. exponentieller Anstieg von Nutzerzahlen bei OpenAI). **I**ncomprehensible betont, dass die zunehmende Komplexität nicht vollständig durchdrungen werden kann (z. B. Trotz Investitionen in KI sinkt die deutsche Produktivität) (Statista 2024).

Um diese Realität zu bewältigen sind Unternehmen immer stärker auf die eigene Agilität und Adaptivität angewiesen, um schnell regieren zu können. Dabei benötigt es bei der doppelten Transformation neben der technischen und organisatorischen Umsetzbarkeit insbesondere den Menschen mit seinen einzigartigen Fähigkeiten (WEF 2025). Einerseits entstehen laufend neue Skill-Anforderungen, andererseits bricht demografisch bedingt zunehmend vorhandenes Domänenwissen weg. Der Fachkräftemangel gefährdet die Innovationsfähigkeit, die Leistungsfähigkeit und letztlich die Wettbewerbsfähigkeit (ZDI & HHU 2023). Hierdurch spüren bereits heute 62 % der deutschen Unternehmen starke Auswirkungen (TÜV-Verband 2024).

2. Die Veränderungsgeschwindigkeit überfordert bisherige Ansätze

Die herrschende Volatilität der Märkte und die hohe Veränderungsgeschwindigkeit erfordern laufend eine schnelle Anpassung der Unternehmen, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Einen wesentlichen Beitrag für die Anpassung muss ein effektives Job- und Skill-Management liefern. Wie in Abbildung 1 dargestellt sind beispielsweise von den 15 wichtigsten Berufen aus 2023 (höchster Bedarf), bereits zwei Jahre später nur noch 5 davon vertreten (WEF 2025; WEF 2023). Gleichzeitig entwickelten sich neue Treiber der Veränderung, wie ein zunehmender Einsatz von künstlicher Intelligenz. Heutzutage begegnen Unternehmen diesen Veränderungen mit strategischen Maßnahmen und greifen meist (70 %) weiterhin auf das Einstellen neuer Mitarbeiter für neue Jobs zurück. Obwohl das Qualifizieren der existierenden Belegschaft („Upskilling“) inklusive Umlernen („Reskilling“) eine hohe Relevanz hat, haben die Unternehmen weiterhin Probleme mit der Umsetzung entsprechender Up- und Reskilling-Programme (Dommermuth 2024b). Besonders bei neuen Technologien ist ein schnelles und zielorientiertes Re- und Upskilling jedoch die einzige Möglichkeit mit dem Veränderungstempo mitzuhalten (Müller & Gruenewald 2024).

Platzierung	Future Job Report 2025	Future Job Report 2023
1	Big Data Specialists	AI and Machine Learning Specialists
2	FinTech Engineers	Sustainability Specialists
3	AI and Machine Learning Specialists	Business Intelligence Analysts
4	Software and Applications Developers NEW	Information Security Analysts
5	Security Management Specialists NEW	FinTech Engineers
6	Data Warehousing Specialists NEW	Data Analysts and Scientists
7	Autonomous and Electric Vehicle Specialists NEW	Robotics Engineers
8	UI and UX Designers NEW	Big Data Specialists
9	Light Truck or Delivery Services Drivers NEW	Agricultural Equipment Operators
10	Internet of Things Specialists NEW	Digital Transformation Specialists
11	Data Analysts and Scientists	Blockchain Developers
12	Environmental Engineers NEW	E-commerce Specialists
13	Information Security Analysts	Digital Marketing and Strategy Specialists
14	Devops Engineer NEW	Data Engineers
15	Renewable Energy Engineers NEW	Commercial and Industrial Designers

***Abbildung 1**: Übersicht der 15 wichtigsten Skills in 2023 im Vergleich zu 2025 gemäß WEF.*

Die Vorhersage der Skill-Bedarfe bleibt in der „BANI-Welt“ schwierig und es fehlen am Markt schnelle und adaptive Weiterbildungsmaßnahmen. Auf generischem Level (z. B. Problemlösekompetenz) muss der zukünftige Skill-Bedarf dennoch abgeschätzt werden, um sich bereits heute vorzubereiten (WEF 2025). Auch wenn dem 93 % der Unternehmen eine bedeutende Rolle zuschreiben, fehlt heutzutage 69% eben diese Abschätzung, weshalb sie hierfür externe Impulse erhoffen (TÜV-Verband 2024).

Solche Impulse gibt es bereits in unterschiedlicher Ausprägung. Zukünftig kritische und erforderliche Kompetenzen werden hierbei auch als „Future Skills“ bezeichnet. Diese sind übergreifende Fähigkeiten, Fertigkeiten und Eigenschaften, die in den kommenden fünf Jahren in allen Bereichen des Berufslebens erfolgskritisch werden (McKinsey 2021). Trotz einiger Veröffentlichungen fehlt ein einheitlicher Überblick.

Klassische Kompetenzmanagementansätze benötigen einen Industrievorausblick, um als langfristige und strategische Managementansätze eine Wirksamkeit zu erlangen (Prahalad und Hamel 1990). Sie fokussieren in der Regel weniger messbare Kernkompetenzen von Unternehmen und klammern individuelle problembezogene Lernbedarfe der Mitarbeiter sowie auch kurzfristige Bedarfe aus (Grote et al. 2012). Bei stark schwankenden Marktanforderungen (z. B. Future Skill Reports) entstehen dadurch heute bereits in der Praxis unmittelbare Qualifikationslücken. Die langfristig

kompetenzbasierte Personalentwicklung ist in der Regel nicht in der Lage, kurzzeitig aufkommende Angebotslücken zu schließen und die benötigten Fähigkeiten (z. B. Umgang mit KI) in ihre Curricula und Lernangebote aufzunehmen (Dommermuth 2024a). Um eine Personalentwicklung in der „BANI-Welt" zielgerichtet zu ermöglichen, braucht es einen Skill-Management Ansatz, der reaktionsschnell auf Anforderungen des Marktes reagiert (hohe Agilität und Anpassbarkeit) und die Identifikation aktueller und zukünftiger Kompetenzbedarfe ermöglicht. Bis heute existiert für Unternehmen jedoch kein solcher Kompetenzmanagementansatz der mit adaptiver Qualifizierung die Wettbewerbsfähigkeit sicherstellen kann (Müller & Gruenewald 2024). Neue Konzepte (z. B. Target-Oriented-Learning) bieten erste Ansätze, um mit Problem- und Zielorientierung als Basis ein adaptives Ableitleiten von effektiven Lernmaßnahmen ermöglicht. Neben der Vermittlung von Handlungskompetenzen steht die Messbarkeit der Lern- und Unternehmenszielerreichung im Fokus. Moderne arbeitsintegrierte Weiterbildungsmaßnahmen (z. B. Lernfabrik) werden mit einem solchen Ansatz für die Handlungs- und Problemlösungskompetenz hoch wirksam.

3. Untersuchung relevanter Zukunftskompetenzen im industriellen Umfeld

Um die Future Skills zu ermitteln und die Wirksamkeit von Lernmaßnahmen zu erforschen wurde im Zeitraum von März bis Oktober 2024 an verschiedenen Standorten von Industrieunternehmen eine umfassende Studie durchgeführt. Dafür wurde im ersten Schritt mittels Sekundärforschung eine Literaturrecherche zur Ausgangslage der Industrie, Wissens- und Kompetenzmanagement und Wirksamkeit von Lernmaßnahmen durchgeführt, um den aktuellen Stand der Forschung zu diesen Themen zu erfassen. Zur Ermittlung der konkreten Future Skills wurden aktuelle Studien multifaktoriell analysiert und miteinander verglichen. Mittels qualitativer Zuordnung konnten die definierten Zukunftskompetenzen aus der NextSkills Studie von Ulf-Daniel Ehlers (Ehlers 2020), der Global Skills Taxonomy und der Education 4.0 Taxonomy des WEF sowie des SkillsMonitors der Klett Corporate Education GmbH (Kayser & Stingl 2023) den 21 Future Skills des Stifterverbands (Stifterverband & McKinsey 2021) zugeordnet werden (Abbildung 2).

Klassische Kompetenzen	2020	2021	2021	2023	2023
Future Skills Profile	NextSkills Studie, Ulf-Daniel Ehlers	Future Skills Studie, Stifterverband	Global Skills Taxonomy, World Economic Forum	Education 4.0 Taxonomy, World Economic Forum	SkillsMonitor, Klett Corporate Education GmbH
Lösungsfähigkeit	x	x	x	x	x
Kreativität		x	x	x	
Unternehmerisches Handeln & Eigeninitiative	x	x	x	x	x
Interkulturelle Kommunikation	x	x			
Resilienz	x	x	x	x	x

Technologische Kompetenzen	2020	2021	2021	2023	2023
Future Skills Profile	NextSkills Studie, Ulf-Daniel Ehlers	Future Skills Studie, Stifterverband	Global Skills Taxonomy, World Economic Forum	Education 4.0 Taxonomy, World Economic Forum	SkillsMonitor, Klett Corporate Education GmbH
Technologische Kompetenzen					x
Data Analytics & KI		x	x		x
Softwareentwicklung		x	x	x	x
Nutzerzentriertes Design		x	x		
IT-Architektur		x	x		x
Hardware-/Robotikentwicklung		x	x		x
Quantencomputing		x			

Transformative Kompetenzen	2020	2021	2021	2023	2023
Future Skills Profile	NextSkills Studie, Ulf-Daniel Ehlers	Future Skills Studie, Stifterverband	Global Skills Taxonomy, World Economic Forum	Education 4.0 Taxonomy, World Economic Forum	SkillsMonitor, Klett Corporate Education GmbH
Urteilsfähigkeit	x	x		x	
Innovationskompetenz	x	x	x	x	x
Missionsorientierung	x	x		x	x
Veränderungskompetenz	x	x	x	x	x
Dialog- & Konfliktfähigkeit	x	x	x	x	x

Digitale Kompetenzen	2020	2021	2021	2023	2023
Future Skills Profile	NextSkills Studie, Ulf-Daniel Ehlers	Future Skills Studie, Stifterverband	Global Skills Taxonomy, World Economic Forum	Education 4.0 Taxonomy, World Economic Forum	SkillsMonitor, Klett Corporate Education GmbH
Digitale Kompetenzen	x				
Digital Literacy		x	x		
Digital Ethics	(x)	x	x		
Digitale Kollaboration	(x)	x	(x)	(x)	
Digital Learning	(x)	x	(x)		
Agiles Arbeiten	x	x	x		x

***Abbildung 2**: Ableitung der Future Skill Landschaft durch Zuordnung in Metastudie.*

Im zweiten Schritt wurden mittels einer digitalen Umfrage im Zeitraum von März bis Juli 2024 die Ausgangslage und das Zielbild bezüglich Zukunftskompetenzen in mehreren produzierenden Industrieunternehmen ermittelt. Befragt wurden dabei Führungskräfte, Experten und Werker, um ein möglichst breites Spektrum von Entscheidern, Umsetzern und direkt Betroffenen abzudecken. Es wurden dabei zwei verschiedene Ansätze gewählt. Eine offene Befragung sowie eine systematische Befragung in Abgleich mit den abgeleiteten Future Skills. Bei der offenen Frage hinsichtlich erforderlicher Future Skills, wurden fast ausschließlich technologische Kompetenzen genannt. Die systematische Frage führte hingegen zu einem ausgeglichenen Bild und gleichwertiger Relevanz von klassischen, transformativen, digitalen und technologischen Kompetenzen. Diese Diskrepanz deutet darauf hin, dass die Befragten ohne konkrete Skill Landschaft nicht in der Lage sind, alle relevante Zukunftskompetenzen zu berücksichtigen. Ohne dieses klare Zielbild als Basis könnten mögliche Future Skills damit kaum eingeschätzt werden.

Zur Überprüfung der Wirksamkeit von Lernmaßnahmen zur Erlangung zukünftiger Handlungskompetenzen wurden im letzten Schritt verschiedene Trainingsmethoden untersucht. Sie deckten sowohl verschiedene Formate ab (digital bis Face-to-Face) sowie unterschiedliche Wissenslevel (Onboarding bis Experte). Im Rahmen mehrerer Experten- und Teilnehmerinterviews konnte aufgezeigt werden, dass die Auswahl und Anpassung der Trainingsmaßnahmen besonders bei den Future Skills einen wesentlichen Beitrag zur Wirksamkeit haben. Gleichzeitig bestätigte sich die Wirksamkeit von adaptiven Skill-Management Ansätzen wie dem Taget-oriented Learning, da sie die Zielsetzung und die Erlangung von Handlungskompetenzen in den Mittelpunkt stellen. Im Gegensatz zu klassischen, langfristig ausgerichteten Kompetenzansätzen ist ein solcher Ansatz flexibel an Unternehmensziele anpassbar. Zusätzlich konnten vorab definierte Lernwirksamkeitskriterien für verschiedene Trainingsmethoden untersucht werden. Exemplarisch werden in der Abbildung 3 das Zusammenspiel von Trainingsmaßnahmen mit den Wirksamkeitskriterien dargestellt.

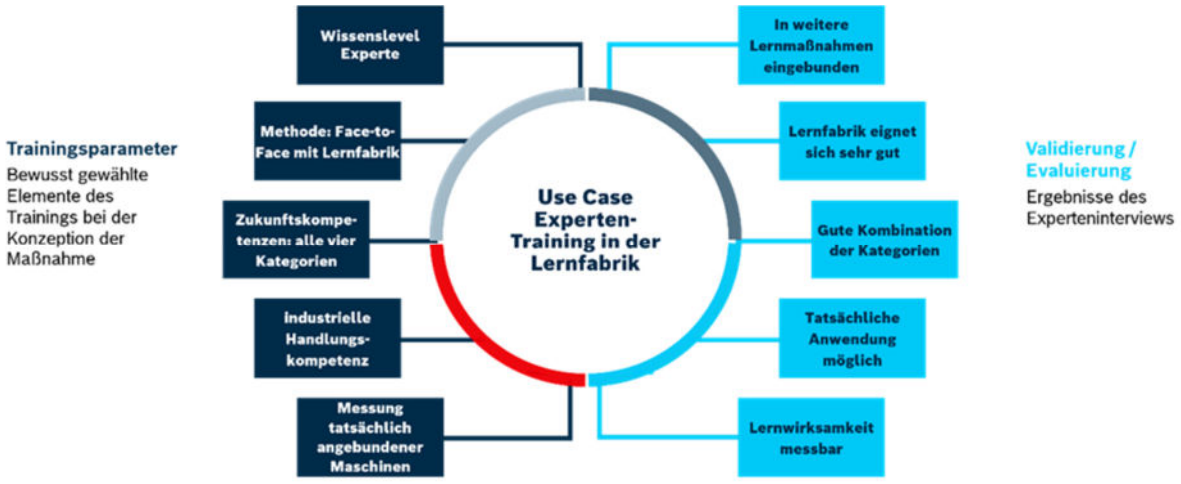


***Abbildung 3**: Zusammenhang von Lernwirksamkeitskriterien im Use-Case Lernfabrik*

Am besten geeignet für die Erlangung von Future Skills waren dabei adaptive digitale Lernpfade, welche sich über KI-gestützte Wissenstests individuell ableiten, sowie applikationsorientierte Trainings in modularen Lernfabriken, welche mit praxisnahen Übungen zur Erlangung von Handlungskompetenz der Mitarbeitenden für ihre individuelle Arbeitsrealität führte.

4. Anforderung an den Reifegrad von Skill-Management Ansätzen

Es ist festzustellen, dass die zunehmende Veränderungsgeschwindigkeit und der Fachkräftemangel dazu führt, dass heutige Kompetenzmanagementansätze an ihre Grenzen stoßen, da die Veränderung von Skill-Bedarfen deutlich schneller und anders erfolgen kann, als ursprünglich geplant. Auch führt die zunehmende Komplexität von Produktionssystemen und zugehöriger IT zu immer anwendungsorientierteren Skill-Bedarfen in der Praxis, welche nur mit einem adaptiven und effektiven Skill-Managementansatz gelöst werden können. Nur ein optimales Zusammenspiel aus Zielsetzung, Lernmethode und zugeschnittenem Inhalt führt zum Lernerfolg.

Im Rahmen des Beitrags wurde abgeleitet aus den Wirksamkeitskriterien und Praxiserfahrungen ein neuer Ordnungsrahmen und zugehöriges Reifegradmodell entwickelt (Abbildung 4). Dieses soll im nächsten Schritt in der Praxis angewendet werden, um anhand von eindeutigen Reifegradkriterien die Reife eines Skill-Managements und zugehörigen Organisation zu bewerten in Bezug auf die Fähigkeit zur nachhaltigen Erlangung von Future Skills und Handlungskompetenzen. Auch soll dieser Ordnungsrahmen unternehmensübergreifende Benchmarks ermöglichen, um die Wettbewerbsfähigkeit im andauernden Fachkräftemangel einzuordnen.

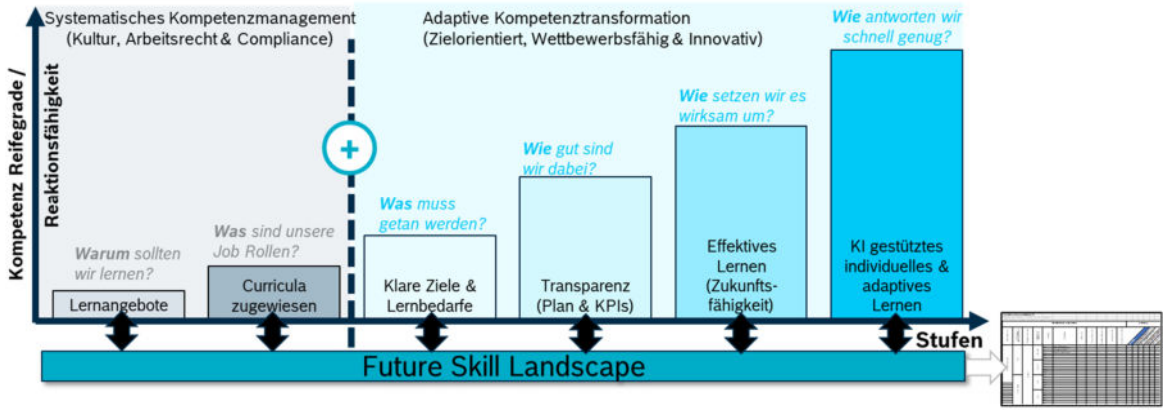


***Abbildung 4**: Abgeleitete Reifegrade und Eigenschaften erfolgreichen Skill-Managements.*

Das Reifegradmodell ist in aufeinander aufbauende Stufen gegliedert in denen die Reaktionsfähigkeit stetig ansteigt. Die ersten beiden Stufen beschreiben die Basis, das systematische Kompetenzmanagement, welches erforderliche rechtliche Rahmenbedingungen sowie die zu etablierende Lernkultur fokussiert. Die erste Stufe beinhaltet die Lernangebote und die zweite Stufe die darauf aufbauenden Curricula, welche für wesentliche Job Rollen zu definieren sind. Steuergrößen können dabei Zuweisungsquoten von Curricula sowie die Menge an Lernangebot sein. Um die Wirksamkeit zu erhöhen und mit der Veränderungsgeschwindigkeit mitzuhalten beschreiben die Reifegrade 3 bis 6 die adaptive Kompetenztransformation mit dem Fokus auf Ziele und Innovationsfähigkeit. Die dritte Stufe beschreibt klare Ziele, welche über eine Lernbedarfsanalyse abgeleitet werden. In der vierten Stufe werden Lernmaßnahmen geplant und durch laufende KPI-Überwachung Anpassungsbedarfe identifiziert und die aktuelle Situation transparent dargestellt. Mit dem fünften Reifegrad wird die Effektivität des Lernens sichergestellt, indem optimale Trainingsmethoden ausgewählt werden, um arbeitsorientierte Problem- und Handlungskompetenzen zu erlangen. Eine Lernmaßnahme gilt dabei erst als wirksam, wenn die geplante Zielerreichung (z. B. Vernetzen einer Maschine) erfolgreich erreicht wurde. Mit der letzten Stufe werden

Lern- und Wissensdatenbanken verknüpft und KI gestützt individuelle und adaptive Lernpfade basierend auf dem aktuellen Wissensstand für die einzelnen Mitarbeiter entwickelt. Unabhängig von den Reifegraden liefert eine Future Skill Landschaft den Unterbau, in dem Kern-, Fokus-, Basis- und Zukunftskompetenzen (z. B. die abgeleiteten Future Skills) der Unternehmen rollierend und adaptiv gepflegt werden. Die Granularität sollte dabei von wenigen übergeordneten Skills in möglichst anwendungsorientierte Skills herunter gebrochen und miteinander verknüpft werden (z. B. SPS Programmierung).

5. Zusammenfassung und Ausblick

Auch wenn sowohl Future Skills und wesentliche Merkmale eines zukunftsfähigen, adaptiven und effektiven Skill-Managements abgeleitet werden konnten, so besteht noch umfangreicher Forschungsbedarf. Die zugehörigen Methoden zur Bewertung der Lern- und Kompetenzprozessreife, zur effizienten Lernbedarfsanalyse, der Aufbau und die Umsetzung der Future Skill Landschaft, bis hin zur wiederverwendbaren und anwendbaren Reifegradanalyse muss sowohl erarbeitet als auch in Gänze in verschiedenen Industrieunternehmen auf die Anwendbarkeit untersucht werden.

6. Literatur

Cascio, J (2020). Facing the Age of Chaos. Medium. Abruf am Jan 24, 2025. https://medium.com/@cascio/facing-the-age-of-chaos-b00687b1f51d.

Dommermuth, M (2024a). Bereit für die Digitale Transformation? - Erhebliche Qualifizierungslücken und Lernbedarfe in der Industrie erfordern neue Ansätze. In: ZWF,119:460-464.

Dommermuth M (2024b) Modular Learning Factories for Industry 4.0 - Acquisition of target-oriented action competence to accelerate industrial implementation. I4.0 Science 4.24:25-30.

Ehlers U-D (2020) Future Skills - Lernen der Zukunft - Hochschule der Zukunft. Wiesbaden: Springer.

Europäische Kommission (2022) Industry 5.0: A Transformative Vision for Europe. – doi 10.2777/17322.

Grote, S; Kauffeld, S; Ekkehart, F (2012): Kompetenzmanagement – Grundlagen und Praxisbeispiele. Stuttgart: Schäffer-Poeschl Verlag.

Kayser S, Stingl D (2023) KCE-SkillsMonitor - Handlungsempfehlungen für Unternehmen in 2024. Stuttgart: Klett Corporate Education GmbH.

Kienbaum & VDMA (2022) Future Skills im Maschinen- und Anlagenbau, Eine Analyse entlang des Produktlebenszyklus, Abruf am Jan 24, 2025. https://www.kienbaum.com/publikationen/future-skills-im-maschinen-und-anlagenbau/.

Müller, M; Gruenewald, H: Upskilling und Reskilling für die Personalentwicklung – Kompetenzen der Zukunft erkennen und Personal erfolgreich qualifizieren. Wiesbaden. Springer Gabler.

Prahalad, C.; Hamel, G: The Core Competence of the Corporation. Havard Business Review (1990) May/June.

Statista (2024) Index der Arbeitsproduktivität je Erwerbstätigen in Deutschland von 1991 bis 2023. Abruf am Jan 24, 2025. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/974210/umfrage/produktivitaet-je-erwerbstaetigen-in-deutschland/.

Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V., McKinsey & Company. (2021) Future Skills 2021 - 21 Kompetenzen für eine Welt im Wandel. White Paper.

TÜV-Verband (2024) Neue Skills für eine neue Zeit. Abruf Jan 24, 2025. https://die-tuev-akademie.de/Bildungsratgeber/Wissen/TUEV-Weiterbildungsstudie/.

World Economic Forum (2023) Future Job Report 2023. ISBN-13: 978-2-940631-96-4.

World Economic Forum (2025) Future Job Report 2025. ISBN 978-2-940631-90-2.

Zukunft durch Industrie & Heinrich-Heine-Universität (2023) Fachkräftemangel in der Industrie. Abruf Jan 24, 2025. http://www.management.hhu.de/fileadmin/redaktion/Fakultaeten/Wirtschaftswissenschaftliche_Fakultaet/Management/Praxiskooperationen/ZDI_x_HHU_Studie_Fachkraeftemangel_vF.pdf .

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Work-in-Progress-Paper zur Erstellung eines Kategorisierungsschemas von Mensch-KI-Interaktionen für eine quantitative Befragung von Mitarbeitenden und Führungskräften im produzierenden Sektor

Samantha WERENS, Jörg VON GARREL

Fachbereich Gesellschaftswissenschaften, Hochschule Darmstadt, Haardtring 100, D-64295 Darmstadt

Kurzfassung: Das Potenzial von Methoden und Anwendungen der Künstlichen Intelligenz (kurz: KI) in der Produktion ist signifikant und verändert die Beziehung zwischen Mensch und Technik und damit auch die Arbeitsbedingungen und Anforderungen für Mitarbeitende. Erste Studien zeigen, dass diese Veränderung je nach Art der Mensch-KI-Interaktion variieren. Ziel dieses Artikels ist die Darstellung von Kategorisierungsmöglichkeiten für praxisnahe Szenarien für unterschiedliche Mensch-KI-Interaktionen in der Produktion, die im Vorfeld einer deutschlandweiten quantitativen Studie zur Arbeitsfähigkeit wird. Eine solche Differenzierung in mehreren Szenarien soll ermöglichen, konkrete Anforderungen an Mitarbeitenden besser zu erfassen und somit dabei helfen, gezielte Maßnahmen zur Förderung der Arbeitsfähigkeit zu identifizieren.

Schlüsselwörter: Arbeitsfähigkeit, Künstliche Intelligenz (KI), Mensch-KI-Interaktion, KI-Arbeitssysteme, Arbeitsanforderungen, Arbeitsbedingungen

1. Einleitung

Die Möglichkeiten des Einsatzes KI-basierter Anwendungen im Kontext produzierender Unternehmen sind divers (von Garrel et al. 2022). Vor dem Hintergrund eines soziotechnischen Verständnisses spielt insbesondere die Gestaltung der Mensch-KI-Interaktion eine zentrale Rolle. Da bei einer Interaktion von Mensch und KI das jeweilige KI-Arbeitssystem unmittelbar in die Arbeitstätigkeit von Mitarbeitenden eintritt, ist das Verhältnis zwischen Mensch und KI komplett neu auszuloten und sind Auswirkungen auf die Arbeitsfähigkeit (nach Ilmarinen 2019) zu erwarten (Werens & von Garrel 2023).

Im Rahmen erster (qualitativer) Studien ist festgestellt worden, dass die Arbeitsfähigkeit von Mitarbeitenden durch die Nutzung von KI-Arbeitssystemen beeinflusst werden kann. Dies geschieht unter anderem durch die veränderten Anforderungen an die Mitarbeitenden in den verschiedenen Dimensionen der Arbeitsfähigkeit (Gesundheit, Werte, Kompetenzen, Arbeit), die durch die KI-bedingte Arbeitsumgebung berührt werden (Werens & von Garrel 2023)

Auf Basis einer systematischen Literaturanalyse zu den potenziellen Anforderungen an die Arbeitsfähigkeit von Mitarbeitenden sind 1) alle potenziellen KI-bedingten veränderten Bedingungen im Arbeitsalltag von Mitarbeitenden erfasst sowie 2.) potenzielle veränderte Anforderungen an Mitarbeitende identifiziert worden.

Diese Ergebnisse dienen als Fundament für die Erstellung einer deutschlandweiten quantitativen Studie zur KI-Arbeitsfähigkeit von Arbeitnehmer*innen und Arbeitgeben-

den im produzierenden Sektor. Zum anderen soll eine Befragung auf Ebene der Arbeitgebenden beleuchten, inwiefern die Gestaltung der Arbeitsfähigkeit von Mitarbeitenden unterstützt wird. Zu diesem Zweck werden Führungskräfte oder Abteilungsleiter befragt, die eine direkte Personalverantwortung für mindestens eine Mitarbeiterin oder einen Mitarbeiter innehaben.

Um konkrete Angaben zum Grad der Arbeitsfähigkeit geben zu können und somit bestmögliche Maßnahmen zu treffen, ist es notwendig, im Rahmen der quantitativen Studie verschiedene Arten der Mensch-KI-Interaktion zu differenzieren. Diese Differenzierung muss einerseits klar und verständlich, andererseits vollumfänglich sein, um einen hohen Rücklauf bei der Studie zu ermöglichen. Das Ziel dieses Work-in-Progress Papers ist es daher, eine potenzielle Kategorisierung von Mensch-KI-Interaktionen vorzustellen, um die Arbeitsfähigkeit und die Erfüllung der Anforderungen im Kontext verschiedener Konstellationen einer Mensch-KI-Interaktion zu analysieren.

3. Mensch und KI, statt Mensch oder KI

Die Frage wie KI die Arbeitswelt verändert führt regelmäßig zu kontroversen Gesprächsstoff, bei dem meist zwei Perspektiven vorgefunden werden können. Aus einer eher risikobehafteten Sicht sieht man der Einführung von KI-basierten Systemen eher kritisch gegenüber, da befürchtet wird, dass diese für den Abfall zahlreicher Arbeitsplätze verantwortlich sein wird. Währenddessen fokussiert sich die andere Sicht mehr auf die Chancen und Potentiale, die die Einführung solcher Systeme mit sich bringt wie beispielsweise eine mögliche Entlastung, die zu einer besseren Qualität der Arbeit führen kann (Apt & Priesack 2019, S.221). Letzteres führt dazu, dass es nicht mehr um die Frage geht „Mensch oder KI?“, sondern viel eher darum, wie Mensch und KI erfolgreich zusammenarbeiten können. Denn Effizienzgewinne werden nicht zwingend durch ein Maximum an Technikeinsatz erreicht. Stattdessen können gewisse Arbeitsabläufe durch eben diese Zusammenarbeit von Mensch und Technik ihr maximales Effizienzpotential entfalten. Daugherty & Wilson (2018) begründen diese Effizienzzuwachs mit den sich auf produktive Weise ergänzenden Potentialen beider Akteure (vgl. Daugherty & Wilson 2018 S. 17, in Hellmann 2023).

Dies verdeutlicht, dass eine technikzentrierte Sicht zunehmend durch eine soziotechnische Perspektive überschattet wird. Nach Ropohl (2009) geht eine soziotechnische Arbeitsteilung – durch den Einsatz technischer Hilfsmittel – von einer stellenweise zunehmenden Reduktion menschlicher Arbeitsleistungen aus. Dabei ist die Technisierung nicht nur das Resultat dieser Arbeitsteilung, sondern wirkt gleichzeitig als treibende Kraft, die neue Formen der Arbeitszerlegung hervorbringt. Können Prozesse, welche grundsätzlich automatisierbar sind, aufgrund von beispielsweise wirtschaftlichen Hindernissen nicht automatisiert werden, so müssen diese vom Menschen ausgeführt werden. Ebendiese Tätigkeiten gelten allerdings als besonders monoton und träge. Allerdings hat dies nicht zu bedeuten, dass eine vollständige Technisierung als Lösung angestrebt werden sollte, zumal diese an der Komplexität gewisser Tätigkeiten und dem damit verbundenen Aufwand potenziell scheitern kann. Letztendlich wird nämlich das Eingreifen des Menschen selbst bei einer hochautomatisierten Umgebung notwendig sein, was bedeutet, dass selbst Prozesse hochautomatisierter Technik nur in einem soziotechnischen System erfolgen können (Ropohl 2009, S. 145 f.)

Herrmann und Pfeiffer (2022) bauen in ihrer Studie diesen Ansatz weiter aus indem Sie den Menschen stärker in den Mittelpunkt rücken und eine soziotechnische Erweite-

rung im Kontext von Künstlicher Intelligenz entwickeln. Sie argumentieren, dass die Integration der Intelligenz des Menschen, als auch die der KI nur dann möglich ist, wenn neben den Mitarbeitenden auch die Organisation als solche „in der Schleife" gehalten wird („kept in the loop") (Herrmann & Pfeiffer 2022, S.1). Bezogen auf die Mitarbeitenden heißt dies also, dass der Mensch im (KI-)Arbeitsprozess möglichst erhalten bleibt und nicht ersetzt wird. Das bedeutet wiederum grundsätzlich, dass das Einbinden des Menschen dazu führen wird, dass eine Interaktion zwischen Mensch und Technik erfolgt (Herrmann & Pfeiffer 2022, S.4). Um den „organization in the loop", bzw. „human in the loop" Ansatz verfolgen zu können, muss zuvor ein grundlegendes Verständnis darüber vorliegen, auf welche Art und Weise die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Technik erfolgt.

Der Einsatz von KI im Arbeitskontext verändert nämlich die Rolle des Mitarbeitenden in seinem Arbeitsalltag. Neue Formen der Zusammenarbeit und neue Anforderungen entstehen (Hellmann 2023, S. 37), welche es zu ergründen gilt, um präzisere Aussagen zu aufkommenden Anforderungen zu formulieren.

4. Klassifizierungen von KI-Anwendungen und Interaktionen

Versuche KI-Anwendungen anhand bestimmter Kriterien zu klassifizieren, lassen sich in zahlreichen Studien finden (siehe Dahm & Dregger 2019; Kong et al. 2023; Fregin et al. 2020).

Dahm & Dregger (2019) untersuchen in ihrer Studie die Wirkung und Förderung der Akzeptanz bei KI-basierten Recruiting-Tools. Hierzu entwickeln sie drei KI-Szenarien, welche jeweils 1.) unterschiedliche KI-Tools im HR-Bereich und 2.) die damit verbundenen Arbeitstätigkeiten simulieren (Dahm & Dregger, S. 257). Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal der Szenarien liegt in der Ausprägung der wahrgenommenen Kontaktintensität zwischen Mensch und KI. Während ein direkter Kontakt bei den ersten zwei Szenarien angenommen wird (Chatbot und Telefoninterview), gilt das dritte Szenario (KI-basierte Bewerbungsauswahl) als Funktion, die weitestgehend im Hintergrund stattfindet (Dahm & Dregger, S. 253).

Kong und Kollegen (2023) klassifizieren in ihrer Studie hingegen verschiedene KI-Anwendungen vor allem vor dem Hintergrund unterschiedlicher Aufgabenerfüllung durch die KI (z. B. Entscheidungsprozesse, Identifikation von Problemen, Kommunikationsprozesse, etc.) und der Zusammenarbeit von Mensch und KI, um den Einfluss von Vertrauen in KI in Bezug auf die Nachhaltigkeit von Karrieren zu untersuchen.

Des Weiteren adressieren Arbeiten, wie etwa von Fregin und Kollegen (2020), eine mögliche Unterscheidung diverser KI-Anwendungen anhand der Berücksichtigung des Risikospektrums. So gelten beispielsweise KI-Anwendungen mit einer bloßen Informationsvermittlungsfunktion der risikoarmen Gruppe an (Fregin et al 2020).

Eines der am häufigsten identifizierten Kriterien für die Klassifizierung von KI-Anwendungen stellt der Grad der Autonomie einer KI-Anwendung dar (u. a. BMWi 2019; Hecker et al. 2017; SAE 2014). Der Autonomiegrad beeinflusst die Komponenten der Entscheidungsfindung und Handlungsausführung. Mit steigendem Autonomiegrad steigt somit auch die Selbstständigkeit des Systems bei der Entscheidungs- und Handlungsausführung, was folglich die Rolle des Menschen in der Zusammenarbeit mit der KI beeinflusst. Die Autonomie der KI und die dadurch abgeleitete Rolle des Menschen, lässt sich beispielsweise im industriellen Sektor in 5 Stufen einordnen. Je niedriger die Stufe, desto mehr Entscheidungsmacht bleibt dem Menschen überlassen und die KI wirkt als assistierende Instanz. Mit steigender Autonomiestufe übernimmt

die KI einzelne Tätigkeiten und trifft bestimmte Entscheidungen eigenständig (BMWi 2019, S. 12 ff.). Als Vorreiter dieser Klassifizierungsmöglichkeit kann das 6-Stufen-Modell des Entscheidens herangezogen werden, in welchem der Grad der Entscheidungsautomation „den Grad der Interaktion zwischen Mensch und Maschine wider [spiegelt]“ (Bitkom 2017, S. 13).

5. Erstellung eines Klassifizierungsschemas

Konkrete Interaktionsmerkmale zwischen Mensch und Maschine lassen sich unter anderem in der Taxonomie nach Onnasch, Maier und Jürgensohn (2016) finden, welche sich partiell auf den KI-Kontext übertragen lassen. Sie clustern ihre Taxonomie in drei Bereiche 1.) Klassifikation der Interaktion (u. a. kollaborativ, kooperativ), 2.) Klassifikation des Roboters (u. a. Autonomiegrad, Aufgabenerfüllung) und 3.) Klassifikation des Teams (Kommunikationskanal, zeitliche Nähe). Diese Taxonomie stellt somit ein umfangreiches Fundament dar, um konkrete Szenarien von Mensch-Maschine-Interaktionen zu kategorisieren (Onnasch et al. 2016, S.10).

Zur Erstellung der Szenarien für die quantitative Studie wird allerdings eine Komplexitätsreduktion angestrebt die es erlaubt, verschiedene Interaktionsarten von Mensch und KI möglichst niedrigschwellig voneinander zu unterscheiden und gleichzeitig eine möglichst klare Abgrenzung zu ermöglichen. Vor dem Hintergrund des Forschungsvorhabens wird somit eine Kategorisierung erstellt, welche zum einen a) die Rolle des Menschen stärker in den Vordergrund rückt und b) eine Komplexitätsreduktion anstrebt. Als geeignet erweist sich in dem Fall eine Kategorisierung basierend auf 2 Dimensionen.

Die erste Dimension besteht aus der Kategorisierung im Hinblick auf die Interaktionsart zwischen Mensch und KI, welche sich in Kollaboration, Kooperation und Ko-Existenz gliedern lässt. Unterscheiden lassen sich die Interaktionsarten vor allem in der Frage der Art der Zielerreichung und ob eine direkte oder indirekte Zusammenarbeit besteht (Onnasch et al. 2016, S.4 f.). Diese wird wie folgt im KI-Kontext übertragen:

1. Kollaboration: *Direkte Zusammenarbeit von Mensch und KI; Verfolgung eines gemeinsamen Ziels.*
2. Kooperation: *Mensch und KI arbeiten getrennt; Verfolgung eines gemeinsamen Ziels.*
3. Ko-Existenz: *Mensch und KI arbeiten getrennt & unabhängig voneinander; Verfolgung separater Ziele.*

Die zweite Dimension lässt sich gewissermaßen aus der ersten Dimension ableiten, wodurch eine potenzielle Pfadabhängigkeit resultiert. Es handelt es sich um die Berücksichtigung des zuvor erwähnten Autonomiegrades einer KI, welcher weiterhin eine hohe Bedeutung in Interaktionsbeschreibungen zugeschrieben wird.

Hierbei wird die „Systematik zur klassifizierenden Beschreibung automatisierter Systeme“ (Manzey 2012, S. 236) nach Parasuraman, Sheridan & Wickens (2000) genutzt. Sie unterscheiden 1.) den Prozessschritt bzw. Funktion, welcher automatisiert werden soll und 2.) das Level an Automation der jeweiligen Funktion. Die vier Funktionen bestehen aus: der Informationsaufnahme, der Informationsanalyse, der Entscheidungsauswahl und der Handlungsausführung. Jede dieser Funktionen kann unterschiedlich automatisiert werden (Parasuraman et al. 2000, 287 f.).

Bezogen auf die durchzuführende Studie im KI-Arbeitskontext, können die Erkenntnisse folgendermaßen übertragen werden: Vor dem Hintergrund der zuvor dargestell-

ten Kategorisierung der Interaktionsart wird davon ausgegangen, dass die Dimension der Kollaboration mit einer eher geringeren Automatisierung der Funktionen nach Parasuraman, Sheridan & Wickens (2000) einhergeht. Die KI erfüllt assistierende Tätigkeiten was im Umkehrschluss auf eine erhöhte Entscheidungs- und Handlungsmacht des Menschen in der Form der Zusammenarbeit deutet. Ein Beispielszenario, welches dieser Kategorie entspricht, wäre eine visuelle Qualitätskontrolle beim Schweißen. Der Mensch und die KI verfolgen dasselbe Ziel bei einer direkten Zusammenarbeit, während die KI dem Menschen assistiert.

Mit der Kooperation wird die moderate Steigung des Automatisierungsgrades der KI insbesondere im Bereich der Entscheidungsauswahl und Handlungsausführung erwartet, da in dieser Interaktionsform die KI teilweise eigenständig bestimmte Arbeitstätigkeiten ausführt. Ein beispielhaftes Szenario für diesen Pfad kann eine Montage darstellen, in der der Mensch als auch die KI eigenständig für die Herstellung von Teilen verantwortlich sind, welches im Anschluss vom Menschen zusammengeführt werden. Die KI arbeitet in ihrer eigenen Umgebung dem Menschen zu.

In der Koexistenz wird eine hohe Autonomieausprägung der KI in allen Funktionen erwartet, da eine direkte Interaktion zwischen Mensch und KI nicht vorhergesehen ist. Somit arbeiten Mensch und KI unabhängig voneinander. Der Mensch hat kaum eine aktive Entscheidungs- und Handlungsträgerschaft inne und wird lediglich bei Ausnahmefällen informiert und zum Handeln aufgefordert. Ein Beispiel hierfür kann ein fahrerloses Transportsystem darstellen, welches eigenständig agiert und Mitarbeitende nur im Falle einer Störung eintreten müssen.

Zusammenfassend bieten diese drei Kategorien ein komplexitätsreduziertes und pfadabhängiges Klassifizierungsschema, in dem nicht nur die Rolle der KI, sondern auch die des Menschen gleichermaßen im Vordergrund steht. Somit stellt dieses Schema eine hilfreiche Möglichkeit der Eingrenzung verschiedener Mensch-KI-Interaktionen dar um konkrete Anforderungen identifizieren zu können.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Das vorliegende Paper verdeutlicht, dass es – vor dem Hintergrund der Vielfältigkeit der Anwendungen Künstlicher Intelligenz und der damit zusammenhängenden Vielfalt an Mensch-KI-Interaktionen -–essenziell ist, diese Komplexität und Vielfalt zu ergründen und zu klassifizieren. Dies ist insbesondere der Fall, wenn konkrete Handlungsempfehlungen und Vorhersagen getroffen werden sollen. Letzteres trifft vor allem in Hinblick auf die Durchführung einer quantitativen Studie zur Ergründung von Arbeitsfähigkeitsanforderungen in Bezug auf verschiedene Mensch-KI-Interaktionen zu. Dieses Work-in-Progress Paper konnte eine Übersicht zu möglichen Klassifizierungsansätzen geben und stellt ein ausgewähltes Klassifikationsschema vor, welches auf 1.) der Interaktionsart von Mensch und KI und 2.) auf dem Autonomiegrads einer KI basiert.

Im nächsten Schritt erfolgt die weitere Konkretisierung des Vorgehens sowie die weitere Operationalisierung der Skalen.

6. Literatur

Apt W. & Priesack K. (2019) KI und Arbeit – Chance und Risiko zugleich. In Künstliche Intelligenz: Technologien| Anwendung| Gesellschaft (p. 270). Springer Nature.

Bitkom (2017) Leitfaden „Künstliche Intelligenz verstehen als Automation des Entscheidens“.
BMWi (2019) Technologieszenario "Künstliche Intelligenz in der Industrie 4.0". Berlin: Plattform Industrie4.0.
Dahm, M., & Dregger, A. (2019). Der Einsatz von künstlicher Intelligenz im HR: Die Wirkung und Förderung der Akzeptanz von KI-basierten Recruiting-Tools bei potenziellen Nutzern. Arbeitswelten der Zukunft: Wie die Digitalisierung unsere Arbeitsplätze und Arbeitsweisen verändert, 249-271.
Fregin, M.-C., Levels, M., de Grip, A., Montizaan, R., & Kensbock, J. (2020). Künstliche Intelligenz: Ein sozialpartnerschaftliches Forschungsprojekt untersucht die neue Arbeitswelt. IBM Deutschland GmbH und Vereinte Dienstleistungsgewerkschaft ver.di. ROA External Reports.
Hecker, D., Döbel, I., Petersen, U., Rauschert, A., Schmitz, V., & Voß, A. (2017). Zukunftsmarkt Künstliche Intelligenz. Potenziale und Anwendungen. Fraunhofer-Allianz Big Data. St. Augustin: Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI & Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS. https://doi.org/10.24406/publica-fhg-299119.
Hellmann, M. (2023). Das Konzept des Soziotechnischen Systems—Vorschlag eines Rahmenmodells zur Analyse von Digitalisierungsprozessen. Preprint.
Herrmann, T., & Pfeiffer, S. (2023). Keeping the organization in the loop: a socio-technical extension of human-centered artificial intelligence. Ai & Society, 38(4), 1523-1542.
Ilmarinen, J. (2019). From work ability research to implementation. International journal of environmental research and public health, 16(16), 2882.
Kong, H., Yin, Z., Baruch, Y., & Yuan, Y. (2023). The impact of trust in AI on career sustainability: The role of employee–AI collaboration and protean career orientation. Journal of Vocational Behavior, 146, 103928.
Manzey, D. (2012): Systemgestaltung und Automatisierung. In: Badke-Schaub, P., Hofinger, G. & Lauche, K. (Hrsg.): Human Factors. Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen. 2. Auflage. Heidelberg: Springer, S. 3.
Onnasch, L., Maier, X., & Jürgensohn, T. (2016). Mensch-Roboter-Interaktion-Eine Taxonomie für alle Anwendungsfälle (p. 5). Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
Parasuraman, R., Sheridan, T. B. & Wickens, C. D. (2000).A model for types and levels of human interaction with automation. IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics – Part A: Systems and Humans, 30, 286–297.
Ropohl, G. 2009. Allgemeine Technologie : eine Systemtheorie der Technik. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing. DOI: https://doi.org/10.5445/KSP/1000011529 .
SAE - Society for Automotive Engineers (2014): Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems. https://www.sae.org/standards/content/j3016_201401/.
von Garrel, J., Jahn, C., & Schröter, D. (2022). Der Einsatz Künstlicher Intelligenz in produzierenden Unternehmen: Eine Morphologie industrieller, KI-basierter Arbeitssysteme. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 117(5), 338-343.
Werens, S., & von Garrel, J. (2023). Implementation of artificial intelligence at the workplace, considering the work ability of employees. TATuP-Journal for Technology Assessment in Theory and Practice, 32(2), 43-49.

Förderhinweis: Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 02L19C157 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Automatisierung manueller Tätigkeiten durch intuitive Programmierung und kognitive Robotik

Bijan KAVOUSIAN, Petar TESIC, Oliver PETROVIC, Christian BRECHER

Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen,
Steinbachstraße 19, D-52074 Aachen

Kurzfassung: In diesem Beitrag wird ein neuartiges Konzept zur intuitiven Endnutzerprogrammierung von Robotern vorgestellt, welches sich an der natürlichen Interaktion zwischen zwei Menschen orientiert. Natürliche Sprache und unterstützende Gestik werden durch den Einsatz von Large Language Models (LLM) und Computer Vision (CV) in Roboterprogramme überführt. Durch ebenso natürliche Rückfragen des Systems und visueller Darstellung kann das Programm überprüft und angepasst werden, wodurch die Sicherheit, Transparenz und Akzeptanz des Systems sichergestellt werden.

Schlüsselwörter: Endnutzerprogrammierung, Robotik, User Interface, Large Language Models, Mensch-Maschine-Interaktion

1. Einleitung/Motivation

Die Automatisierung manueller Tätigkeiten in der industriellen Fertigung wird zunehmend zu einer wirtschaftlichen Notwendigkeit. Monotone und ergonomisch belastende Tätigkeiten werden von Mitarbeitenden als unangenehm empfunden, während Unternehmen gleichzeitig mit steigenden Lohnkosten konfrontiert sind (Statistisches Bundesamt 2024; Thackray 1981). Laut einer Umfrage von Knapp et al. (2022) verspüren 80 % der befragten Unternehmen einen erheblichen Kostendruck, wobei Automatisierung häufig als Entlastungsmaßnahme genannt wird.

Die zunehmende Individualisierung von Produkten und die damit einhergehende Verringerung der Losgrößen stellen höhere Anforderungen an die Flexibilität und Effizienz automatisierter Systeme (Schuh et al. 2020). Besonders bei geringen Stückzahlen werden Rüstkosten zu einem entscheidenden Faktor. Zusätzlich bedeutet der wachsende Fachkräftemangel eine Herausforderung: Laut der IHK Frankfurt am Main (2024) haben viele Unternehmen Schwierigkeiten, qualifiziertes Personal zu finden. Diese Engpässe betreffen auch spezialisierte Aufgaben wie die Programmierung von Robotern, für die oft spezielles Fachwissen erforderlich ist. Daher entsteht ein dringender Bedarf an intuitiven Programmiermethoden, die sowohl benutzerfreundlich als auch zeiteffizient sind und eine schnelle Anpassung von Robotern an sich wandelnde Produktionsanforderungen ermöglichen.

2. Stand der Technik

Klassische Programmiermethoden von Robotern bedeuten einen hohen Aufwand, erfordern Expertenwissen und sind häufig wenig flexibel. Programme werden dabei häufig mit der Teach-In Methode erstelle, bei der mit dem Roboter nacheinander spezifische Positionen angefahren und gespeichert werden (Heimann & Guhl 2020). Ände-

rungen in den Prozessabläufen oder den Produkten erfordern oft eine umfangreiche Anpassung oder Neuerstellung der Programme. (Hoebert et al. 2023) Einen Schritt hin zur intuitiven Programmierung von Robotern gehen Cobots, die häufig intuitiv eingerichtet (geteacht) werden können. Dafür stellen die Roboterhersteller Benutzeroberflächen bereit, über die auch ohne tiefe Programmierkenntnisse Abläufe für den Roboter definiert werden können. (Schmidbauer et al. 2020). Dies senkt zwar die Einstiegshürde, jedoch erfordern selbst geringe Änderungen am Produkt oder Prozess umfangreiche manuelle Anpassungen des Programms.

Die aktuellen Fortschritte im Bereich der künstlichen Intelligenz (KI) treiben auch die Entwicklung in der Robotik weiter voran. So wurde mit RT2 ein System entwickelt, das eine Vielzahl auch unbekannter Manipulationsaufgaben ausführen kann, indem die KI dem Roboter direkt eine Bewegung vorgibt (Brohan et al. 2023). Andere Ansätze verwenden Large Language Models (LLMs), um Programmcode zu generieren, der vom Roboter ausgeführt wird (Beschi et al. 2019; Karli et al. 2024; Wang et al. 2024). Dennoch bleibt die wirtschaftliche Anwendbarkeit dieser Ansätze bislang begrenzt, da die Sicherheitsanforderungen der Anwendungen nur schwer mit dem unvorhersehbaren Verhalten der KI vereinbar sind. Zudem basiert die Aufgabenbeschreibung ausschließlich auf Sprache, was insbesondere bei der Darstellung räumlicher Beziehungen und der Auswahl spezifischer Objekte zu Einschränkungen führen kann.

3. Anforderungen an ein System zur Programmierung von Robotern

Zur Anwendbarkeit im industriellen Umfeld muss das System eine Reihe von Anforderungen erfüllen. Diese werden im Folgenden beschrieben.

Schnell. Um effizient eingesetzt werden zu können, muss die Einrichtezeit auch bei kleinen Losgrößen signifikant kleiner sein als die Zeit für die manuelle Durchführung. Eine schnelle Einrichtung senkt nicht nur die direkten Produktionskosten, sondern reduziert auch die Hemmschwelle, das System für kleinere Losgrößen oder wechselnde Aufgaben einzusetzen. Dadurch wird das System vielseitiger und für eine größere Bandbreite von Anwendungen attraktiv.

Intuitiv bedienbar. Durch die intuitive Bedienbarkeit soll das System auch von Mitarbeitern ohne tiefgehende IT- oder Robotik-Kenntnisse genutzt werden können. Dadurch können prozesserfahrene Mitarbeitende ihr domänenspezifisches Wissen direkt in das Automatisierungssystem einbringen, ohne auf die Vermittlung durch externe Inbetriebnehmende angewiesen zu sein.

Transparent. Durch eine transparente Kommunikation des Verhaltens kann das Vertrauen in das System gestärkt werden (Kizilcec 2016; Schraagen et al. 2021). Mit dem Vertrauen in KI-Systeme steigt auch deren Akzeptanz (Choung et al. 2023). Mit der Transparenz soll also die Akzeptanz des Systems gefördert werden.

Kontrolle beim Menschen. Trotz Automatisierung und KI-Unterstützung soll der Mensch stets die Kontrolle über das System behalten (Sartori & Theodorou 2022). Dies umfasst die Möglichkeit, Eingriffe vorzunehmen, sowie Mechanismen, die sicherstellen, dass Entscheidungen des Systems überprüft und angepasst werden können. Eine solche menschzentrierte Steuerung ist entscheidend, um Vertrauen in das System zu gewährleisten und sicherheitstechnische Anforderungen zu erfüllen.

Flexibel. Das System muss sich dynamisch an wechselnde Produktionsbedingungen anpassen können. Dazu gehört die Fähigkeit, auf Variationen in Position und Gestalt von Objekten zu reagieren. Zudem sollte das System kompatibel mit unterschied-

lichen Robotermodellen und deren spezifischen Anforderungen sein, um eine breite Einsatzfähigkeit zu gewährleisten.

Multimodal. Für eine natürliche und kontextgerechte Interaktion sollen verschiedene Modalitäten wie Sprache, Gestik oder visuelle Hinweise kombiniert werden. Dadurch ist der Mensch nicht nur auf Textbefehle beschränkt, sondern kann seine Umgebung dynamisch zum Erstellen des gewünschten Ablaufes heranziehen.

4. Interaktionskonzept

Basierend auf den Anforderungen wurde ein Konzept für die intuitive Programmierung von Robotern entwickelt, welches den natürlichen Erklärprozess zwischen zwei Werkern widerspiegeln soll (Abbildung 1). In einer typischen Einarbeitungssituation wird durch Beschreibungen, Gestik, Rückfragen und Bestätigung miteinander interagiert, um den Arbeitsablauf zu klären und zu überprüfen. Diese Dynamik soll durch die Umsetzung mehrerer Module erreicht werden.

Das zentrale Element zur Programmierung ist die Kommunikation über natürliche Sprache. Nutzende formulieren Handlungsanweisungen oder Arbeitsziele, die vom System interpretiert und in Roboteraktionen übersetzt werden. Durch gezielte Rückfragen des Systems werden Lücken im Ablauf iterativ vervollständigt und Missverständnisse geklärt. Durch Zugriff auf interne Datenbanken, Modelle, Betriebsanleitungen und Stücklisten wird das System darüber hinaus dazu befähigt, Vorschläge für eine Optimierung des Programms zu äußern, die vom Werker beurteilt werden können.

Neben Sprache wird oft auch Gestik zur Vermittlung und Beschreibung von Prozessen genutzt, da sie intuitiv ist und einen zusätzlichen Informationsgehalt vermittelt. Dieser Informationsgehalt soll auch bei der Programmerstellung genutzt werden, indem Anwender auf Bauteile, Werkzeuge oder Vorrichtungen zeigen, bestimmte Positionen spezifizieren oder Bahnen vorgeben können. Ergänzt durch Sprache können diese Objekte und Positionen mit einer semantischen Beschreibung versehen werden, was dem System zusätzlich beim Verständnis der Zielsetzung unterstützt.

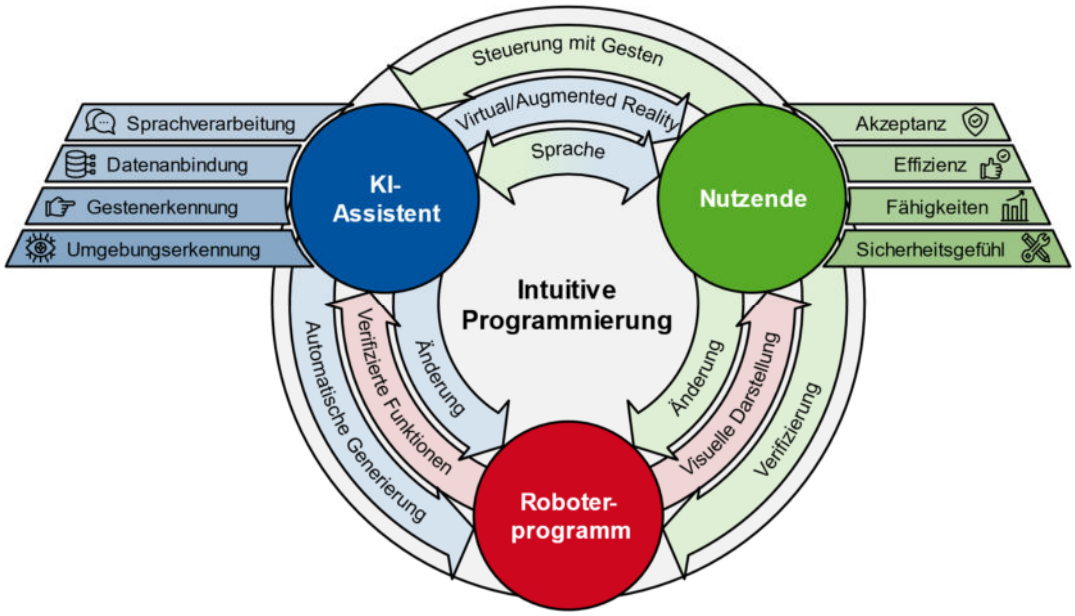


Abbildung 1: *Interaktion zwischen den Nutzenden, dem KI-Assistenten und dem erzeugten Programm beim intuitiven Programmieren.*

Über den Dialog hinaus soll den Nutzenden auch ein visuelles Feedback bereitgestellt werden. Eine zentrale Herausforderung besteht darin, Positionen und Bahnen im Raum für den Nutzenden nachvollziehbar zu gestalten. Um dies zu erleichtern, wird eine Augmented-Reality (AR) Anwendung integriert, die die aktuelle Szene durch zusätzliche digitale Informationen ergänzt. Diese Darstellung ermöglicht es den Nutzenden direkt zu sehen und nachzuvollziehen, welche Positionen und Bewegungsbahnen eingelernt wurden. Gleichzeitig werden die entsprechenden Informationen, die aus der sprachlichen Beschreibung abgeleitet wurden, visuell verknüpft dargestellt. Durch diese erweiterte Visualisierung können Nutzende den Programmablauf nicht nur besser verstehen, sondern auch effizienter bearbeiten und anpassen. Dies steigert die Transparenz der Robotersteuerung und vereinfacht die Validierung der programmierten Abläufe erheblich, wodurch die Benutzerfreundlichkeit des Systems weiter erhöht wird.

Mit den validierten Programmen kann der Roboter Aufgaben mehrfach und ohne ständige Überwachung ausführen. Zudem können bereits geprüfte Funktionen in neuen Programmen wiederverwendet werden. Dies reduziert die Notwendigkeit, neuen Code zu schreiben und minimiert Fehlermöglichkeiten.

5. Technisches Konzept

Die technische Konzeption des beschriebenen Interaktionskonzepts basiert auf einer Kombination moderner KI- und AR- Technologien. Als zentrale Komponente zur Verarbeitung natürlicher Sprache und zum Generieren des Roboterprogramms soll ein LLM eingesetzt werden. Solche Modelle sind in der Lage, komplexe, mehrschrittige Aufgaben in ihrem Kontext zu verstehen und entsprechend zu strukturieren. Dies umfasst das Identifizieren von Teilaufgaben, das logische Sequenzieren von Arbeitsschritten und die Erstellung kohärenter, auf die Zielanforderungen abgestimmter Programme (Zhou et al. 2024). Darüber hinaus können LLMs natürliche Sprache in standardisierte Datenformate übersetzen, sodass sie durch Robotersysteme weiterverarbeitet werden können. Für das LLM wird eine Dokumentation zu den Basisfunktionen bereitgestellt, die Zweck und Funktionsweise der einzelnen Blöcke erklärt. Um die Wiederverwendbarkeit der automatisch generierten Funktionen zu gewährleisten, wird bei deren Erstellung stets auch eine Dokumentation erzeugt und gespeichert. So kann das LLM bereits validierte Funktionsblöcke wiederverwenden.

Moderne VR- und AR-Brillen bieten die notwendige Hardware für die Hand- und Gestensteuerung sowie für die dreidimensionale Visualisierung im Raum. Neue Wegpunkte können so zum Beispiel durch Tippen mit dem Finger in der Luft gesetzt und dargestellt werden. Das LLM kann durch eine kurze sprachliche Beschreibung des Punktes durch die Anwendenden Attribute ergänzen, die dem Punkt eine Funktion geben und in der Visualisierung entsprechend gekennzeichnet werden.

Für ein grundlegendes Verständnis der Arbeitsumgebung können neuartige CV-Modelle eingesetzt werden. Segment Anything Modelle (SAM) sind in der Lage, Entitäten in einem Bild zu segmentieren und zu identifizieren. In Kombination mit der Gestenerkennung könnten so Objekte im Kontext der Umgebung ausgewählt und zusätzlich semantisch beschrieben werden.

6. Diskussion

Das vorgestellte Konzept adressiert zentrale Herausforderungen der modernen Produktionslandschaft wie die steigenden Anforderungen an flexible Produktionsprozesse und die damit einhergehende komplexe Inbetriebnahme-prozesse. LLMs, fortschrittliche CV-Ansätze und multimodale Schnittstellen bieten die Möglichkeit, natürliche Sprache, Gestik und andere kontextbezogene Inputs in die Steuerung von Robotern zu integrieren. Diese Technologien schaffen die Grundlage für eine intuitive und nahtlose Mensch-Maschine-Interaktion, die das Potenzial hat, die Automatisierung grundlegend zu verändern. Trotz dieser Fortschritte bleibt es Gegenstand aktueller Forschung herauszufinden, welche spezifischen Informationen und multimodalen Inputs tatsächlich notwendig sind, um eine Interaktion als „natürlich“ wahrzunehmen und die Komplexität und Dynamik realer Arbeitsprozesse abbilden zu können. Dabei sollen besonders Ergonomie, Effektivität und Akzeptanz solcher Systeme im Fokus zukünftiger Untersuchungen stehen. Dazu wird im nächsten Schritt auf dem dargelegten Konzept aufbauend ein Demonstrator entwickelt, mit dem das System anhand verschiedener Use Cases erprobt werden kann.

Mithilfe des entwickelten Systems soll weiter erforscht werden, wie natürliche Interaktionsformen dazu beitragen können, die Automatisierung manueller Tätigkeiten zugänglicher und effizienter zu gestalten. Die tatsächliche Anwendung in der Praxis wird jedoch davon abhängen, wie benutzerfreundlich und robust die entwickelten Lösungen sind, um den Anforderungen industrieller Umgebungen gerecht werden. Eine erfolgreiche Integration erfordert die enge Abstimmung auf die Bedürfnisse der Nutzenden sowie die kontinuierliche Weiterentwicklung von Mensch-Roboter-Interaktionsmodellen.

7. Literatur

Beschi, S., Fogli, D. & Tampalini, F. (2019). CAPIRCI: A Multi-modal System for Collaborative Robot Programming. In A. Malizia, S. Valtolina, A. Morch, A. Serrano & A. Stratton (Hrsg.), Lecture Notes in Computer Science. End-User Development (Bd. 11553, S. 51–66). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-24781-2_4.

Brohan, A., Brown, N., Carbajal, J., Chebotar, Y., Chen, X., Choromanski, K., Ding, T., Driess, D., Dubey, A., Finn, C., Florence, P., Fu, C., Arenas, M. G., Gopalakrishnan, K., Han, K., Hausman, K., Herzog, A., Hsu, J., Ichter, B., . . . Zitkovich, B. (2023). RT-2: Vision-Language-Action Models Transfer Web Knowledge to Robotic Control.

Choung, H., David, P. & Ross, A. (2023). Trust in AI and Its Role in the Acceptance of AI Technologies. International Journal of Human–Computer Interaction, 39(9), 1727–1739.

Heimann, O. & Guhl, J. (2020). Industrial Robot Programming Methods: A Scoping Review. In 2020 25th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) (S. 696–703). IEEE. https://doi.org/10.1109/etfa46521.2020.9211997.

Hoebert, T., Lepuschitz, W., Vincze, M. & Merdan, M. (2023). Knowledge-driven framework for industrial robotic systems. Journal of Intelligent Manufacturing, 34(2), 771–788.

IHK Frankfurt am Main (Hrsg.). (2024). IHK-Fachkräftereport 2024|2025. https://www.frankfurt-main.ihk.de/blueprint/servlet/resource/blob/6019494/4ae0082b50ad3d4e47b041ac3c49659c/ihk-fachkraeftereport-data.pdf.

Karli, U. B., Chen, J.-T., Antony, V. N. & Huang, C.-M. (2024). Alchemist: LLM-Aided End-User Development of Robot Applications. In D. Grollman, E. Broadbent, W. Ju, H. Soh & T. Williams (Hrsg.), Proceedings of the 2024 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (S. 361–370). ACM. https://doi.org/10.1145/3610977.3634969.

Kirillov, A., Mintun, E., Ravi, N., Mao, H., Rolland, C., Gustafson, L., Xiao, T [Tete], Whitehead, S., Berg, A. C., Lo, W.-Y., Dollár, P. & Girshick, R. (2023). Segment Anything. In 2023 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV). IEEE.

Kizilcec, R. F. (2016). How Much Information? Effects of Transparency on Trust in an Algorithmic Interface. In J. Kaye, A. Druin, C. Lampe, D. Morris & J. P. Hourcade (Hrsg.), Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (S. 2390–2395). ACM.

Knapp, O., Rauen, H., Langefeld, B., Prumbohm, F., Femmer, T., Borgovan, G., Ding, B. & Heuvel, F. (2022). Next Generation Manufacturing: Studie zum Maschinenbau im Wandel.

Sartori, L. & Theodorou, A. (2022). A sociotechnical perspective for the future of AI: narratives, inequalities, and human control. Ethics and Information Technology, 24(1), 1–11.

Schmidbauer, C., Komenda, T. & Schlund, S. (2020). Teaching Cobots in Learning Factories – User and Usability-Driven Implications. Procedia Manufacturing, 45, 398–404.

Schraagen, J. M., Kerwien Lopez, S., Schneider, C., Schneider, V., Tönjes, S. & Wiechmann, E. (2021). The Role of Transparency and Explainability in Automated Systems. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 65(1), 27–31.

Schuh, G., Anderl, R., Dumitrescu, R., Krüger, A. & van ten Hompel, M. (2020). Industrie 4.0 Maturity Index. Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten – UPDATE 2020. acatech STUDIE.

Statistisches Bundesamt. (2024, 29. November). Entwicklung der Reallöhne, der Nominallöhne und der Verbraucherpreise. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/11/PD24_449_62321.html.

Thackray, R. I. (1981). The stress of boredom and monotony: a consideration of the evidence. Psychosomatic Medicine, 43(2), 165–176.

Wang, J., Wu, Z., Li, Y., Jiang, H., Shu, P., Shi, E., Hu, H., Ma, C., Liu, Y [Yiheng], Wang, X., Yao, Y., Liu, X., Zhao, H., Liu, Z [Zhengliang], Dai, H., Zhao, L., Ge, B., Li, X., Liu, T. & Zhang, S. (2024, 9. Januar). Large Language Models for Robotics: Opportunities, Challenges, and Perspectives. http://arxiv.org/pdf/2401.04334.

Zhou, C., Li, Q., Li, C., Yu, J., Liu, Y [Yixin], Wang, G., Zhang, K., Ji, C., Yan, Q., He, L., Peng, H., Li, J., Wu, J [Jia], Liu, Z [Ziwei], Xie, P., Xiong, C., Pei, J., Yu, P. S. & Sun, L. (2024). A comprehensive survey on pretrained foundation models: a history from BERT to ChatGPT. International Journal of Machine Learning and Cybernetics, 1–65.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Automatisierung im maritimen Sektor: Mentale und physische Beanspruchung durch den Einsatz kollaborativer robotischer Systeme

Verena STAAB[1], Markus NIERADZIK[2], Magnus LIEBHERR[2]

[1] Lehrstuhl für Allgemeine Psychologie: Kognition, Universität Duisburg-Essen, Forsthausweg 2, D-47057 Duisburg
[2] Lehrstuhl für Mechatronik, Universität Duisburg-Essen, Lotharstraße 1, D-47057 Duisburg

Kurzfassung: Der maritime Sektor erfährt durch die Automatisierung einen tiefgreifenden Wandel, dessen Wahrnehmung und Akzeptanz bislang nur unzureichend erforscht sind. Diese Studie untersucht die physische und mentale Entlastung durch Implementierung einer kollaborativen Roboteranwendung im Flüssiggutumschlag auf Basis eines erweiterten UTAUT-Modells. Ein Prototyp der Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) wurde mit 16 Auszubildenden getestet. Standardisierte Fragebögen und Interviews zeigten eine deutliche physische und mentale Entlastung sowie durch ein intuitives Bedienkonzept gesteigerte Effizienz und Sicherheit. Kritische Rückmeldungen unterstreichen jedoch den Bedarf an Schulungen und Weiterentwicklungen, um technologische Risiken zu minimieren und Akzeptanzbarrieren abzubauen.

Schlüsselwörter: Beanspruchung, Maritime Industrie, Mensch-Roboter Kollaboration, physische Entlastung, mentale Entlastung

1. Industrie 5.0: Menschzentrierte Technologien zur Bewältigung globaler Herausforderungen im maritimen Sektor

Die zunehmende Komplexität globaler Herausforderungen macht die Limitationen ausschließlich technologiezentrierter Ansätze, wie sie im Konzept der Industrie 4.0 verfolgt werden, deutlich sichtbar. Im Kontext der Industrie 5.0 setzt die Europäische Kommission auf eine Neuausrichtung, die den Menschen und die Nachhaltigkeit als zentrale Elemente technologischer Entwicklungen definiert (European Commission, 2024). Ziel ist die Entwicklung von Technologien, die nicht nur die wirtschaftliche Effizienz steigern, sondern zugleich die physische und psychische Entlastung der Arbeitskräfte fördern, deren Sicherheit erhöhen und die Arbeitsbedingungen nachhaltig sowie ressourcenschonend optimieren.

Eine zentrale Technologie innerhalb dieses Paradigmas ist die kollaborative Robotik, die in Branchen wie der Automobilindustrie und der Fertigung bereits erfolgreich eingesetzt wird, um den Menschen zu unterstützen (Liu et al. 2024). Trotz ihrer zentralen Rolle in der globalen Wirtschaft wickelt die maritime Branche mehr als 80 % des weltweiten Warenhandelsvolumens ab (United Nations 2024). Dennoch wurde die Automatisierung in diesem Sektor bisher in vielen Bereichen vernachlässigt. Die Implementierung entsprechender Lösungen ist dabei mit spezifischen Herausforderungen verbunden, darunter eingeschränkte Netzabdeckung an Bord, extreme Witte-

rungsbedingungen, vielfältige infrastrukturelle Gegebenheiten sowie strenge Sicherheitsanforderungen aufgrund des Risikos schwerwiegender Unfälle. Die Realisierung erster Ansätze wie ferngesteuerte und teilautonome Schiffe, automatisierte Kräne und Fahrzeuge in Häfen sowie softwarebasierte Systeme zur Planung von Liegeplätzen und Schifffahrtsrouten verdeutlicht, dass diese Implementierungen einen grundlegenden Wandel der Arbeitsplätze mit sich bringen. Dadurch ändern sich die Anforderungen an die Bedienenden, wodurch neue Fähigkeiten, wie beispielsweise im Bereich der Systemüberwachung, erforderlich sind.

2. Physische und mentale Entlastung durch kollaborative Robotik

Das Forschungsprojekt CoboTank zielt darauf ab, kollaborative Robotik zur Optimierung der Be- und Entladeprozesse von Tankschiffen zu implementieren. Diese Prozesse sind derzeit stark durch manuelle, personalintensive Tätigkeiten geprägt, die mit erheblichen psychischen und insbesondere physischen Belastungen verbunden sind. Physische Beanspruchung umfasst dabei muskuläre und mechanische Tätigkeiten, während mentale Beanspruchung den kognitiven Aufwand beschreibt, der für Informationsverarbeitung, Entscheidungsfindung und Aufgabenbewältigung erforderlich ist. Diese wird als Verhältnis zwischen verfügbaren Ressourcen und den Anforderungen der Aufgabe verstanden (Young et al. 2015). Während in modernen Arbeitsumgebungen die körperlichen Anforderungen häufig sinken, nehmen die kognitiven Anforderungen aufgrund komplexerer Entscheidungsprozesse und wachsender Informationsverarbeitung stetig zu (Hernandez Arellano et al. 2017). Hinzu kommen die besonderen Anforderungen der maritimen Branche, etwa im Umgang mit Gefahrgütern, sowie der zunehmende Fachkräftemangel, welche die Einführung automatisierter Lösungen erschweren.

Das Projekt zielt auf die Entwicklung einer kollaborativen Roboteranwendung ab, in der körperlich anspruchsvolle und repetitive Aufgaben durch den Roboter übernommen werden, um das Bedienpersonal zu entlasten, die Prozesseffizienz zu steigern, Arbeitsabläufe zu optimieren, die Arbeitssicherheit zu erhöhen und die Ergonomie zu verbessern. Die Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) wurde gemäß der menschenzentrierten Technologiegestaltung nach DIN EN ISO 9241-210 entwickelt sowie unter Einbindung zukünftiger Nutzenden und unter Berücksichtigung aktueller Sicherheitsvorgaben entwickelt. Eine systematische Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Robotersystem wurde ebenfalls umgesetzt (Nieradzik et al., under review).

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Benutzendenfreundlichkeit des Systems zu evaluieren, Optimierungspotenziale zu identifizieren sowie Chancen und Barrieren für den praktischen Einsatz zu analysieren. Im Fokus der Untersuchung steht, wie die neu entwickelte kollaborative Roboteranwendung zur Reduktion physischer und mentaler Beanspruchung beiträgt und welche Faktoren die Beanspruchung des Bedienpersonals während des Umschlags mit dem neu entwickelten Robotersystem beeinflussen.

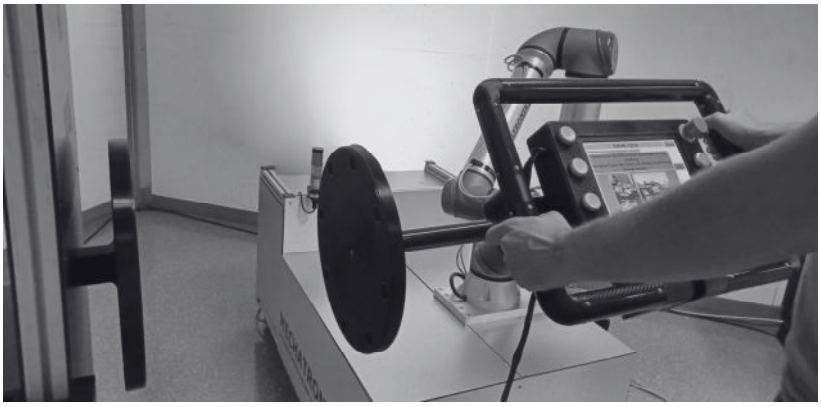


***Abbildung 1**: Steuerung des Roboterarms mithilfe der Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI).*

3. Methodik

Die physische und mentale Beanspruchung der Teilnehmenden wurde mithilfe einer Kombination aus semi-strukturierten Interviews und standardisierten Fragebögen nach einer ca. 30–40-minütigen Interaktion mit der HMI der kollaborativen Roboteranwendung untersucht. Während dieser Zeit führten die Teilnehmenden den Umschlagprozess mithilfe eines Prototypen durch.

An der Untersuchung nahmen 16 Auszubildende aus dem Bereich der Binnenschifffahrt teil, darunter eine Person aus der Hafenlogistik (M = 20,8, SD = 3,7, Range: 17–31). Der Interviewleitfaden basierte auf der Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (Venkatesh et al. 2003) und berücksichtigte zusätzlich die Faktoren Benutzendenfreundlichkeit und Beanspruchung. Ziel war es, qualitative Einblicke in die subjektive Wahrnehmung von Benutzendenfreundlichkeit, Beanspruchung und Systemakzeptanz zu gewinnen (siehe Staab et al. 2024, für Details), die durch eine qualitative Inhaltsanalyse unter Verwendung deduktiver und induktiver Kategoriebildung ausgewertet wurden. Die mentale Beanspruchung wurde ergänzend mithilfe einer erweiterten Version des NASA Task Load Index (NASA-TLX) erfasst. Jede Dimension wurde durch zwei bis fünf Items auf einer Skala von 1 bis 7 operationalisiert, wobei niedrigere Werte eine positive Bewertung ausdrücken. Die physische Beanspruchung hingegen wurde mittels der etablierten Ein-Item-Abfrage des NASA-TLX auf einer Skala von 1 (gering) bis 20 (hoch) gemessen (Hart & Staveland 1988).

Die getestete HMI bestand aus einem tragbaren, kabelgebundenen Bedienelement, das je nach Prozessschritt in der Hand getragen oder am Arm des Roboters befestigt wurde. Das Bedienelement ist mit großen Tasten und einem zentralen Display ausgestattet, welches relevante Informationen und Prozessschritte darstellt. Zusätzlich ermöglicht die Gestaltung des HMI die Handführung des Roboters, um eine intuitive Bedienung zu unterstützen.

4. Ergebnisse

Die Analyse der Fragebögen ergab für die Dimensionen der Arbeitsbeanspruchung die in Tabelle 1 dargestellten Mittelwerte und Standardabweichungen.

Tabelle 1: *Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) für die Dimensionen der Arbeitsbeanspruchung.*

Variable	Physische Anforde-rungen	Mentale Anforde-rungen	Zeitliche Anforde-rungen	Leistung	Anstren-gung	Frustration
M (SD)	3,25 (2,35)	1,71 (0,66)	1,56 (0,63)	1,68 (0,61)	1,81 (0,85)	2,13 (0,93)

Im Rahmen der qualitativen Inhaltsanalyse wurden insgesamt 1315 Codes den Oberkategorien Benutzendenfreundlichkeit, Beanspruchung und Akzeptanz zugewiesen, wobei 211 Codes der Kategorie Beanspruchung zugeordnet wurden. Die sechs Hauptkategorien – physische Beanspruchung, mentale Beanspruchung, zeitliche Beanspruchung, Anstrengung, Frustration und Leistung – wurden deduktiv aus den Fraugebögen abgeleitet und jeweils in die Subkategorien „positiv“, „negativ“ und „neutral“ unterteilt. Induktiv wurde die Hauptkategorie „Risiko“ ergänzt, die in „Risikoreduktion“ und „Risikosteigerung“ differenziert wurde. Ebenfalls induktiv entstand innerhalb der Kategorie „Anstrengung“ die Subkategorie „Zeitersparnis“. Die Kategorie Frustration wurde in dieser Publikation nicht gesondert qualitativ analysiert, da sie der Oberkategorie Akzeptanz zugeordnet wurde.

Für die Kategorie physische Beanspruchung ergaben sich 41 positive, 1 negative und 2 neutrale Anmerkungen. Teilnehmende beschrieben das System als erhebliche Erleichterung, insbesondere bei körperlich anspruchsvollen Aufgaben wie dem Heben schwerer Komponenten, in diesem Fall der Verladeschläuche. Die rücken- und gelenkschonende Wirkung des Systems sowie dessen Beitrag zur Arbeitssicherheit und Effizienz wurden mehrfach betont. Ein Teilnehmer erklärte: „Es ist eine starke Entlastung des Körpers. Man muss nichts tragen, und das Gewicht wird vom Roboter gehalten.“ (VP03, Position 48). Ein weiterer fügte hinzu: „Gerade in der Schwerchemie, wo alles aus Edelstahl ist und super schwer, ist das eine enorme Erleichterung. Mit dem System wäre das tausendmal einfacher.“ (VP02, Position 34).

Die mentale Beanspruchung zeigte 20 positive, 3 negative und 8 neutrale Rückmeldungen. Die intuitive Bedienung und klare Schritt-für-Schritt-Anleitungen wurden als entlastend empfunden, da sie mögliche Fehler minimieren und die kognitive Belastung reduzieren. Die Arbeit wurde als strukturierter und weniger stressig wahrgenommen. Negative Anmerkungen bezogen sich auf anfängliche Unsicherheiten oder Frustrationen bei routinierter Nutzung, während neutrale Rückmeldungen betonten, dass die Verantwortung und Aufmerksamkeit für Prozesse bestehen bleibt. „Mit dem Bedienteil vor dir kannst du das Ganze entspannter machen. Du siehst Schritt für Schritt, was du machen musst, und kannst eigentlich keinen Fehler machen.“ (VP11, Position 58).

Zur zeitlichen Beanspruchung gab es 14 positive und 1 negative Anmerkung. Das System wurde überwiegend als effizient und zeitsparend bewertet. Besonders positiv hervorgehoben wurden die schnellere und unabhängigere Durchführung von Aufgaben sowie die reduzierte Abhängigkeit vom Personal des Tanklagers und eine damit einhergehende Verkürzung von Wartezeiten. Eine kritische Rückmeldung bezog sich auf potenziellen Zeitverlust durch wiederholte manuelle Eingaben. „Für mich kam es schneller vor, weil man nicht extra mit dem Personal kommunizieren muss, sondern selbst justieren kann.“ (VP16, Position 51).

Die Analyse der Leistung/Output Quality ergab 16 positive und 1 negative Rückmeldung. Das System wurde überwiegend als effektiv und leistungssteigernd beschrieben, insbesondere durch die Reduktion von Fehlern, die präzise Bedienung und die

Unterstützung bei anspruchsvollen Aufgaben. Ein Teilnehmer sagte: „Der Schlauch ist das schwerste Teil. Das System hält ihn stabil, bis er dran ist. Das ist schon schön." (VP15, Position 73).

In der Kategorie Anstrengung/Effizienz wurden 16 Zitate zur Subkategorie Zeitersparnis sowie 59 positive, 8 negative und 4 neutrale Rückmeldungen erfasst. Das System wird überwiegend als arbeitserleichternd und effizient wahrgenommen. Hervorgehoben wurden die Vereinfachung der Arbeitsprozesse, die Reduktion von Wartezeiten und die Möglichkeit, Aufgaben schneller und eigenständig durchzuführen. Kritische Stimmen thematisierten anfängliche Herausforderungen oder spezifische Situationen, in denen das System als weniger effizient empfunden wurde. „Es wäre eine sehr, sehr große Zeitersparnis und würde den gesamten logistischen Prozess beschleunigen." (VP08, Position 69). „Man kann es alleine machen, ohne auf andere warten zu müssen. Das erspart viel Zeit und Aufwand." (VP02, Position 74). Eine kritische Stimme betonte jedoch: „Aber ich glaube tatsächlich, das alte System wird immer schneller bleiben, weil es halt nur ranfahren, Deckel ab, festziehen und gut ist." (VP13, Position 44).

Zur Kategorie Risiko wurden 16 Zitate erfasst, davon 14 zur Risikoreduktion und 3 zur Risikosteigerung. Das System wird insgesamt als sicherer beschrieben, da es die Arbeitssicherheit erhöht, Verletzungsrisiken minimiert und Fehler reduziert. Kritische Rückmeldungen wiesen darauf hin, dass technische Probleme oder unzureichende Überprüfungen neue Risiken bergen könnten. Ein Teilnehmer betonte: „Das Verletzungsrisiko sinkt ja auch." (VP01, Position 45). Gleichzeitig wurde angemerkt: „Es besteht die Gefahr, dass zu viel Druck auf Schrauben ausgeübt wird, wodurch Schäden entstehen könnten." (VP12, Position 44).

5. Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse verdeutlichen das Potenzial menschenzentrierter Technologien im maritimen Sektor und bestätigen die Relevanz der zentralen Ziele der Industrie 5.0. Sie liefern zudem erste Einblicke in die Wahrnehmung eines solchen Systems durch potenzielle Nutzende im maritimen Kontext. Die kollaborative Roboteranwendung erwies sich in der Analyse als effektives Instrument zur Reduktion physischer Beanspruchung, wie sowohl die quantitativen als auch die qualitativen Ergebnisse zeigen. Teilnehmende hoben insbesondere die rücken- und gelenkschonende Wirkung hervor, die nicht nur die individuelle Gesundheit fördert, sondern auch die langfristige Beschäftigungsfähigkeit vor dem Hintergrund des Fachkräftemangels unterstützt.

Die Reduktion mentaler Beanspruchung zeigte sich in den quantitativen Ergebnissen durchgehend in niedrigen Belastungswerten. Das menschenzentriert entwickelte, intuitive Bedienkonzept und die strukturierten Abläufe trugen maßgeblich zu einer positiven Bewertung der wahrgenommenen mentalen Anforderungen bei. Gleichzeitig bleiben wesentliche Verantwortlichkeiten bei den Bedienenden bestehen, was die Notwendigkeit kontinuierlicher und spezifischer Schulungsmaßnahmen für die Schiffsbesatzung unterstreicht. Darüber hinaus zeigte die Untersuchung, dass das System die Arbeitsprozesse erheblich vereinfacht und Zeitersparnisse ermöglicht, was die Abhängigkeit von externem Personal an Land reduziert. Besonders positiv wurden die schnelle und kontrollierte Durchführung von Aufgaben sowie die Reduktion von Warte-

zeiten bewertet. Kritische Rückmeldungen verwiesen jedoch auf mögliche Frustrationen durch die kleinschrittige Bedienführung oder spezifische Arbeitssituationen, die einer gezielten Optimierung bedürfen.

Die Effizienz des Systems wird durch verbesserte Fehlerreduktion, eine gesteigerte Präzision und die Möglichkeit, den Prozess mit nur einer Person durchzuführen, weiter erhöht. Die qualitative Analyse hob insbesondere die Risikominderung bei Verletzungen und Fehlern hervor, die durch präzisere Steuerung und eine reduzierte Abhängigkeit von ungeschultem Personal erreicht werden konnte. Gleichzeitig wurde auf potenzielle neue Risiken hingewiesen, die durch technologische Implementierungen entstehen könnten, etwa technische Defekte im Kontext der Automatisierungstechnik, einem Bereich, in dem Binnenschiffer in der Regel keine spezifischen Kenntnisse haben.

Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung einer sorgfältigen Implementierung sowie einer kontinuierlichen Weiterentwicklung des Systems, um potenzielle Gefahren frühzeitig zu erkennen und zu minimieren.

6. Literatur

European Commission. (2024, October 16). Industry 5.0: What this approach is focused on, how it will be achieved and how it is already being implemented. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en.

Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In Advances in Psychology (Vol. 52, pp. 139–183). Elsevier. https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9.

Hernandez Arellano, J. L., Serratos Perez, J. N., Alcaraz, J. L. G., & Maldonado Macias, A. A. (2017). Assessment of Workload, Fatigue, and Musculoskeletal Discomfort Among Computerized Numerical Control Lathe Operators in Mexico. IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors, 5(2), 65–81. https://doi.org/10.1080/24725838.2017.1317301.

Liu, L., Guo, F., Zou, Z., & Duffy, V. G. (2024). Application, Development and Future Opportunities of Collaborative Robots (Cobots) in Manufacturing: A Literature Review. International Journal of Human–Computer Interaction, 40(4), 915–932. https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2041907.

Nieradzik, M., Staab, V., Nover, N., Bruckmann, T., & Schramm, D. (under review). Designing Human-Robot Collaboration for Semi-Automated Liquid Cargo Handling. IEEE Conference on Cognitive and Computational Aspects of Situation Management.

Staab, V., Nieradzik, M., & Liebherr, M. (2024, August 5). Usability and Acceptance of Collaborative Robotics in the Maritime Industry. https://doi.org/10.17605/OSF.IO/AC4MP.

United Nations. (2024, October 22). Review of Maritime Transport 2024. United Nations Conference on Trade and Development. https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2024_en.pdf.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & David, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. MIS Quarterly, 27(3), 425. https://doi.org/10.2307/30036540.

Young, M. S., Brookhuis, K. A., Wickens, C. D., & Hancock, P. A. (2015). State of science: Mental workload in ergonomics. Ergonomics, 58(1), 1–17. https://doi.org/10.1080/00140139.2014.956151.

Danksagung: Ein besonderer Dank gilt dem Schiffer-Berufskolleg Rhein sowie den engagierten Auszubildenden für die wertvolle Unterstützung.
Diese Arbeit wurde durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur unter dem Förderkennzeichen [19H2204] unterstützt.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Well-intended, but badly done? Digitalisierung im Handwerk zwischen Wettbewerb und Fachkräftemangel

Lianara Patricia DREYER

Wissenschaftszentrum Berlin (WZB),
Reichpietschufer 50, D-10785 Berlin
Helmut-Schmidt-Universität (HSU),
Holstenhofweg 85, D-22043 Hamburg

Kurzfassung: Digitale Technologien haben längst auch das Handwerk erreicht. Welche Rolle spielen sie dort? In welchen Bereichen werden sie eingesetzt, und wie verändern sie die Betriebe? Der Beitrag befasst sich mit diesem Thema am Beispiel von zwei kontrastierenden Fallstudien im Tischlerhandwerk und untersucht die Auswirkungen auf die Arbeit und Beschäftigten. Dabei wird Bezug genommen auf zwei unterschiedliche Digitalisierungsstrategien: In einem Betrieb wird ein digitales Workflow-Management-System implementiert. Dies führt zu Effizienzsteigerungen, geht jedoch auch mit einer verstärkten Kontrolle und der Arbeitsverdichtung für die Beschäftigten einher. In dem anderen Fallbetrieb erhöht eine neu eingeführte digitale Auftragssimulation die Eingriffsmöglichkeiten der Maschinenbediener*innen und damit die Flexibilität in der Fertigung. Trotz der mitunter auch negativen Veränderungen zeigt sich eine offene und zugleich loyale Haltung der Beschäftigten gegenüber den Betriebsinhaber*innen, die zum Erfolg solcher Maßnahmen beiträgt, auch wenn die Umsetzung nicht immer konfliktfrei verläuft. Abschließend identifiziert der Beitrag Handlungsfelder für eine an den Beschäftigten orientierte Einführung digitaler Technologien.

Schlüsselwörter: Digitalisierung, Handwerk, Tischlereien, Arbeitsprozess, Beschäftigtenperspektive

1. Hintergrund

Der Einsatz digitaler Technologien wird in den Arbeitswissenschaften in der Regel in Bezug auf verschiedene Wirtschaftsbereiche diskutiert, wie beispielsweise die Industrie oder den Dienstleistungssektor. Dem Handwerk und seinen Betrieben, beispielsweise Tischlereien und Zimmereien, wird hingegen nachgesagt bei der Digitalisierung hintenanzustehen. Befördert durch politische Maßnahmen zum Klimaschutz, der Energie- und Mobilitätswende steigt jedoch die Nachfrage nach handwerklichen Dienstleistungen, zum Beispiel für den Ausbau der Infrastrukturen zur Erzeugung erneuerbarer Energie oder den energieeffizienten Umbau von Gebäuden. Diese Veränderungen führen in Verbindung mit dem durch die demografische Entwicklung verschärften Fachkräftemangel (Schirner et al. 2021) zum wachsenden Interesse am Einsatz digitaler Technologien im Handwerk (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2021).

2. Forschungsstand

Die bisherige Handwerksforschung greift den Trend zur Digitalisierung auf. Jedoch konzentriert sich ein Großteil der Studien auf die Verbreitung digitaler Technologien und den Digitalisierungsstand der Betriebe (vgl. Thonipara et al. 2020). Diesbezüglich werden als Einflussfaktoren auf den Digitalisierungsstand das Gewerk (Beuchel et al. 2024), die Betriebsgröße (ebd.) und der Standort identifiziert (Thomä et al. 2019). So kommen Beuchel et al. (2024) dem Ergebnis, dass sich Betriebe aus den Lebensmittelgewerken oder dem Baugewerbe häufig am Anfang der Digitalisierung befinden, wohingegen Zahntechniker, SHK-Betriebe und Friseure in ihrer Entwicklung fortgeschrittener sind. Auch überwiegen in der Gruppe der analogen Betriebe diejenigen aus ländlichen Räumen (Thomä et al. 2021). Die Bedeutung des ländlichen Raumes scheint jedoch mit zunehmenden Digitalisierungsgrad abzunehmen, denn in der Gruppe der digitalen Vorreiterbetriebe zeigen sich keine Stadt-Land-Unterschiede mehr. Lediglich im Bereich des Marketings kommt dem traditionellen Vermarktungsweg über Empfehlung in ländlichen Regionen eine größere Relevanz zu (Proeger et al. 2019). Schließlich weisen Studien auf ein Digitalisierungsmuster hin (u. a. Proeger et al. 2020): Angefangen von der Implementierung von Basistechnologien würden sich die Betriebe weiterentwickeln, sodass die erste Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen positive Effekte auf Folgemaßnahmen hat (ebd.).

Darüber hinaus ist wenig bekannt, wie Handwerksbetriebe Digitalisierungsmaßnahmen umsetzen und welche Wirkungen sich in den Betrieben zeigen. Beispielsweise bleibt offen, wie digitale Technologien konkret die Arbeit im Handwerkverändern? Wie nehmen die Beschäftigten diese Entwicklungen wahr? Diesen qualitativen Leerstellen widmet sich der Beitrag und analysiert die Implikationen von Digitalisierungsmaßnahmen exemplarisch anhand des Tischlerhandwerks.

3. Forschungsdesign

Die vorgestellten Ergebnisse basieren auf einem Dissertationsprojekt zur Digitalisierung im Handwerk, das von der Hans-Böckler-Stiftung gefördert wird. Die Erhebung der Daten begann im September 2022 und wird voraussichtlich im Sommer 2025 abgeschlossen. Dabei wird vergleichend zwischen Tischler-, Bäcker- und Metallhandwerks vorgegangen, wodurch jeweils ein Gewerk aus den Bereichen Bau/Ausbau, Lebensmittel und eines mit der Nähe zur Industrie vertreten ist.

Der dieser Veröffentlichung zugrundeliegende Beitrag auf dem Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaften stellt Teilergebnisse des Dissertationsprojekts vor und nimmt dafür Bezug auf zwei kontrastierende Fallstudien aus dem Tischlerhandwerk. Die Daten wurden im Rahmen von eintägigen Betriebsbesuchen in 2023 und 2024 erhoben und umfassen Interviews mit den Betriebsinhaber*innen, Mitarbeiter*innen aus unterschiedlichen Unternehmensbereichen und Feldnotizen der Werkstattbegehungen. Ergänzend wurden Betriebsdokumente (Werbebroschüren, Internetseite) hinzugezogen.

Die Audiodateien der Interviews wurden nach einem vereinfachten Transkriptionssystem (Dresing & Pehl 2015) für die Auswertung verschriftlicht. Über die Analyse des Inhalts (Mayring 2015) werden die arbeitsbezogenen Veränderungen mit Bezug auf die Unternehmensstrategien (Nies 2021) und das Produktionsmodell (Boyer &

Freyssenet 2003) herausgearbeitet. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass das Produktionsmodell die Wahl der Digitalisierungsstrategie bestimmt und sich daraus die Wirkungen auf die Beschäftigten ableiten.

4. Ergebnisse

Die zwei ausgewählten Fallbetriebe eint die Produkt- und Leistungsausrichtung auf die Herstellung von Holztüren und -fenster. Auch weisen sie mit rund siebzig Beschäftigten eine vergleichbare Unternehmensgröße auf. Trotz dieser Gemeinsamkeiten verfolgen beide unterschiedliche Digitalisierungsstrategien und nutzen verschiedene Maßnahmen zu deren Umsetzung: Der erste Betrieb, genannt *Tischlerei Müller*, hat ein digitales Workflow-Management-System eingeführt, mittels dessen die Arbeitsbereiche vernetzt und der Informationsaustausch und die Kommunikation digitalisiert werden sollen (Stichwort papierloses Büro). Der andere Betrieb, die *Tischlerei Hagen*, versucht über die Digitalisierung im Vertrieb mit einer Kundenapp und einer neuen Software zur Maschinensimulation den Prozess der Auftragsanfrage bis zur Produktion zu standardisieren und automatisieren.

Die Auswertung zeigt, dass die Wahl des Technologieeinsatzes im Wesentlichen von der Auftragsgröße und dem Individualisierungsgrad der Produkte abhängt. So zielt die Digitalisierungsmaßnahme in der *Tischlerei Müller* auf die Verringerung von Leerzeiten und damit die Rationalisierung des Fertigungsprozesses, was aufgrund der Fertigung von großen Aufträgen mit vielen ähnlichen Teilen möglich ist. In Abgrenzung dazu setzt die Strategie der *Tischlerei Hagen* bei dem hohen Individualisierungsgrad der vielen Kleinaufträge an. Dem soll entsprochen werden, indem die Beschäftigten in der Fertigung Eingriffsmöglichkeiten erhalten, sodass die Abhängigkeit von der Arbeitsvorbereitung verringert und zugleich im Vertrieb die Produktvarianz durch ein Baukastensystem in der Kundenapp standardisiert wird.

Die Untersuchung kommt zu dem Schluss, dass die durchgeführten Digitalisierungsmaßnahmen sowohl mit positiven als auch mit negativen Wirkungen auf die Beschäftigten einhergehen: Während in der *Tischlerei Müller* mit dem digitalen Auftragsmanagementtool tatsächlich die Effizienz der Prozesse in der Verwaltung gesteigert wird, führt die digitale Verfügbarkeit von Daten über die benötigten Fertigungszeiten in der Produktion zu neuen Kontrollformen durch die Betriebsleitung. Die Folge ist die Arbeitsintensivierung in der Produktion durch die Vorgabe von Leistungskennzahlen für die Mitarbeiter*innen. Damit überträgt die Betriebsleitung den Kostendruck auf dem Fenstermarkt auf die Beschäftigten. In der *Tischlerei Hagen* hingegen hat die digitale Simulation von Fertigungsschritten die Eingriffsmöglichkeiten der Beschäftigten an der Maschine in der Produktion erweitert und befördert so deren Gefühl einer Kontrollrückgewinnung. Der zuvor starre Produktionsablauf mit der Arbeitsteilung zwischen Arbeitsvorbereitung und Maschinenbedienung wird aufgebrochen und erhöht so die Flexibilität der Beschäftigten.

Im Zuge der Einführung digitaler Technologien bringen sich in beiden Betrieben die Beschäftigten aktiv ein, indem sie gegenüber der Unternehmensleitung einerseits Kritik äußern, andererseits jedoch auch Loyalität und Verständnis aufbringen. Dieses Verhältnis stellt folglich eine Stärke im Veränderungsprozess dar und führt gleichzeitig zu Konflikten. Ein Beispiel hierfür sind betriebliche Differenzen über die Höhe der Leistungskennzahlen in der *Tischlerei Müller*, die nach einem offenen Konflikt durch einen Kompromiss zwischen Betriebsführung und Beschäftigten beigelegt wurden.

5. Diskussion

Im Zuge der Fallstudien zeigt sich ein Spezifikum von Digitalisierungsprojekten im Handwerk: Die Projekte sind häufig von einer großen Planungsunsicherheit auf Seiten der Betriebsinhaber*innen geprägt. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass sich sowohl die Produkte durch Individualität auszeichnen als auch die Abläufe in den Betrieben spezifisch sind. Digitale Technologien lassen sich nicht als Standardlösungen implementieren. Stattdessen werden betriebsspezifische Lösungen entwickelt, deren technische Funktionalität vor der Einführung ungewiss ist. Besonders deutlich wurde dies in der *Tischlerei Hagen*, bei der die durchgeführten Maßnahmen die Arbeit der Beschäftigten verbessern sollte, jedoch aufgrund von Kommunikationsbarrieren die Beschäftigten über den aktuellen Stand der Maßnahme im Unklaren gelassen wurden. Die Betriebsführung hat es gut gemeint, wie bereits der Titel dieses Beitrags andeutet, jedoch bietet die Umsetzung Verbesserungspotenzial. Vor dem Hintergrund sind die Betriebsinhaber*innen herausgefordert, trotz der Offenheit des Verlaufs der Maßnahmen die Beschäftigten im Umsetzungsprozess ‚mitzunehmen'. Diese Einbeziehung impliziert, Bedenken der Beschäftigten frühzeitig in Erfahrung zu bringen, zu diskutieren und im Idealfall im Dialog zu klären. Es geht folglich nicht nur technisches Knowhow, sondern auch um eine kommunikative, kollaborative (Zusammen-)Arbeit.

Über betriebliche Anpassungen kann die Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen mit und im Interesse der Beschäftigten erfolgen. Die Beschäftigten sind diejenigen, die die Arbeit ausführen und die Kundenaufträge umsetzen. Sie sind die Stellschrauben für den Erfolg von Digitalisierungsmaßnahmen. Zugleich ist die Produktion ohne sie nicht möglich. Indem die Betriebe die Interessen ihrer Mitarbeiter*innen in Digitalisierungsprojekten mitdenken, tragen sie nachhaltig dazu bei in Zeiten des Fachkräftemangels ihre Mitarbeiter*innen an den Betrieb zu binden.

6. Literatur

Beuchel, S, Jantos, L, Meub, L (2024): Digitalisierung im Handwerk zwischen Zettelwirtschaft und KI: Eine Status Quo-Analyse. In: Volkswirtschaftliches Institut für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttigen (Hrsg). Ifh Forschungsbericht, Nr. 23, Göttingen.

Boyer, R, Freyssenet, M (2003): Produktionsmodele. Eine Typologie am Beispiel der Automobilindustrie. Berlin: edition sigma.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021): Handwerk. Accessed Jan 24, 2025. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Mittelstand/handwerk.html.

Dresing, T, Pehl, T (2015): Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse. Anleitungen und Regelsysteme für qualitative Forschende, 6. Auflage. Marburg. Accessed Jan 24, 2025. https://d-nb.info/1077320221/34.

Mayring, P (2015): Qualitative Inhaltsanalyse, 12. Auflage. Weinheim/Basel: Beltz Verlag.

Nies, S (2021): Eine Frage der Kontrolle? Betriebliche Strategien der Digitalisierung und die Autonomie von Beschäftigten in der Produktion. Berliner Journal für Soziologie 31: 475-504.

Proeger, T, Thonipara, A, Bizer, K (2019): Hompeage-Nutzung im Handwerk. In: Volkswirtschaftliches Institut für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttingen (Hrsg). Göttinger Beiträge zur Handwerksforschung, Nr. 27. Göttingen.

Proeger, T, Thonipara, A, Bizer, K (2020): Mechanismen, Erfolgsfaktoren und Hemmnisse der Digitalisierung im Handwerk. In: Volkswirtschaftliches Institut für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttingen (Hrsg). Göttinger Beiträge zur Handwerksforschung, Nr. 35. Göttingen.

Schirner, S, Malin, L, Hickmann, H, Werner, D (2021): KOFA-Studie 1/2021 Fachkräfteengpässe in Unternehmen – Fachkräftemangel und Nachwuchsqualifizierung im Handwerk. In: Institut der deutschen Wirtschaft e. V. (Hrsg). Köln.

Thomä, J, Alhusen, H, Bischoff, T (2021): Digitale Spaltung oder Überwindung des Raums? – Zur Digitalisierung des Handwerks unter Berücksichtigung von ländlichen Regionen. In: Volkswirtschaftliches Institut für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttingen (Hrsg). Göttinger Beiträge zur Handwerksforschung, Nr. 53. Göttingen.

Thonipara, A, Höhle, D, Proeger, T, Bizer, K (2020): Digitalisierung im Handwerk – ein Forschungsüberblick. In: Volkswirtschaftliches Institut für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttingen (Hrsg). Göttinger Beiträge zur Handwerksforschung, Nr. 36. Göttingen.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt den Betriebsinhaber*innen und Mitarbeitenden der Fallbetriebe, die sich die Zeit für die Betriebsbesuche und meine Fragen genommen haben.

Psychologische Bewertung von Arbeitsbedingungen Screening für Arbeitsplatzinhaber IV (BASA) – Die Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastungen bei mobiler Arbeit als Performance Indikator?

Matthias SCHMIDT[1], David SAUER[1], Tino SCHMIDT[1], Jens HÜHN[2]

[1] *Institut für Gesundheit, Alter, Arbeit und Technik, Arbeitsgruppe DIGITALSTRESS, Hochschule Zittau/Görlitz, Brückenstraße 1, D-02826 Görlitz*
[2] *ACOMERA GmbH, Im Rauschenfeld 6A, D-54306 Kordel*

Kurzfassung: Die Gefährdungsbeurteilung Psychischer Belastungen (GBPsych), auch im Kontext mobiler Arbeit, gewinnt angesichts der veränderten Arbeitswelten zunehmend an Bedeutung. Doch neben der Prävention negativer Beanspruchungsfolgen stellt sich die Frage, ob die erfassten Arbeitsbedingungen auch positive Wirkungen haben können, wie z. B. das Commitment (Bindung an das Unternehmen). Die Analyse mit dem BASA IV zeigt, dass bestimmte Aspekte des mobilen Arbeitens, wie gute soziale Einbindung und effektive Kommunikation, das Commitment der Mitarbeitenden signifikant beeinflussen. Insbesondere die Möglichkeit, regelmäßig Feedback zu erhalten und in soziale Netzwerke eingebunden zu bleiben, steht in positiver Beziehung zur Identifikation mit dem Unternehmen. Arbeitsgestaltung beim mobilen Arbeiten ist nicht nur eine Herausforderung im Hinblick auf psychische Belastungen, sondern sie bietet auch Chancen um die Bindung der Mitarbeitenden zu stärken.

Schlüsselwörter: BASA, Commitment, Mobile Arbeit, Performance, Gefährdungsbeurteilung

1. Problemlage

Die Covid-19-Pandemie hat zu einem starken Anstieg von mobilem Arbeiten geführt, der auch nach der Pandemie anhält (Grunau et al., 2023). Laut Statistischem Bundesamt stieg der Anteil der Erwerbstätigen im Homeoffice von 12 % im Jahr 2017 auf 24,2 % im Jahr 2022[1]. Gleichzeitig stehen Unternehmen vor der Herausforderung, qualifizierte Mitarbeiter zu gewinnen und zu binden. In diesem Kontext gewinnt die Frage an Bedeutung, wie mobiles Arbeiten optimal gestaltet werden kann, um nicht nur Gefährdungen am Arbeitspatz zu reduzieren, sondern auch das Commitment der Mitarbeiter gegenüber dem Arbeitgeber zu fördern.

2. Theoretischer Hintergrund

Ein zentraler Vorteil des mobilen Arbeitens ist die verbesserte Work-Life-Balance, da Arbeitnehmer berufliche und private Verpflichtungen besser koordinieren können (Arnold et al. 2015; DAK 2021; Weber et al. 2022). Zudem profitieren Personen mit

eingeschränkter Mobilität oder familiären Verpflichtungen von dieser Flexibilität (Landes et al. 2020; Mergener & Manfeld 2021). Die entfallenden Pendelzeiten führen zu einer Zeitersparnis, wodurch Arbeitnehmer mehr Freizeit gewinnen (Grunau et al. 2019; Lott 2019; Weber et al. 2023). Darüber hinaus fördert das Arbeiten in einer vertrauten Umgebung die Konzentration und reduziert Ablenkungen (Cloots 2022; Kurland & Bailey, 1999). Die höhere Autonomie führt zu einer gesteigerten Effizienz, Produktivität und Motivation (Beermann et al. 2018; Bloom et al. 2014; Tavares 2017). Zudem kann mobiles Arbeiten gesundheitliche Vorteile bieten, indem Stress reduziert und das allgemeine Wohlbefinden gesteigert wird (Charalampous, Grant, Tramontano & Michailidis 2018; Mergener & Manfeld 2021). Auch Unternehmen profitieren von dieser Arbeitsform, da sie ihre Attraktivität als Arbeitgeber erhöhen und einen größeren Bewerberpool erreichen können (Bartik et al. 2020; Weber et al. 2023). Gleichzeitig reduzieren sich Kosten für Büroflächen und Arbeitsplätze (Grunau et al. 2019; Landes et al. 2020).

Jedoch sind auch Nachteile mit dem mobilen Arbeiten verbunden. Die Grenzen zwischen Arbeit und Privatleben verschwimmen, was zu einer ungesunden Vermischung und erhöhtem Präsentismus führen kann (Arlinghaus & Nachreiner 2014, nach Backhaus 2022; Bahr 2021). Zudem bestehen Risiken für physische und psychische Belastungen wie Erschöpfung, Stress und Isolation (Galanti et al. 2020; Toscano & Zappalà 2020). Der fehlende informelle Austausch mit Kollegen und Vorgesetzten kann zu einem verminderten Zugehörigkeitsgefühl und erschwerter Teamarbeit führen (Beermann et al. 2018; Kurland & Bailey 1999; Weitzel et al. 2015). Darüber hinaus ist die Abhängigkeit von digitalen Technologien hoch, was zu Schwierigkeiten bei der Zusammenarbeit und Kontrolle von Arbeitsleistungen führen kann (Cloots 2022; Kurland & Bailey 1999). Fehlende Routinen und Strukturen erschweren zudem die Selbstorganisation und können Ablenkungen verstärken (DAK 2021; Kurland & Bailey 1999).

Insgesamt hängt der Erfolg des mobilen Arbeitens stark von der Organisation und Gestaltung der Arbeitsbedingungen ab (Badura et al. 2023).

3. Fragestellung und Methodik

3.1 Fragesstellung

Neben den möglichen Gefahren für die Gesundheit durch spezifische Belastungen in der mobilen Arbeit ist aber das Performance-Thema beim mobilen Arbeiten ebenfalls von großem Interesse. Das zeigt sich nicht zuletzt an den medial geführten Diskussionen „mobile Arbeit – ja oder nein“. Daraus ergibt sich die Frage:

Welche Aspekte der Arbeitsgestaltung bei mobiler Arbeit haben einen Einfluss auf Commitment Gegenüber der Arbeit und Arbeitgeber?

3.2 Methode:

Der BASA (Screening für Arbeitsplatzinhaber – Psychologische Bewertung von Arbeitsbedingungen – Screening für Arbeitsplatzinhaber) wurde von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin entwickelt und bietet eine valide und zuverlässige Möglichkeit, psychische Belastungen (bedingungsbezogenes Verfahren) zu ermitteln (BAuA 2001). In der neusten Version BASA (BASA IV) ist ein Modul zur Erfassung von Bedingungen bei „mobiler Arbeit“ integriert worden. Alle Aktualisierungen der GDA-Leitlinie zur Beratung und Überwachung bei psychischer Belastung am Arbeitsplatz

wurden in BASA IV (Roitzsch et al. 2022) berücksichtigt. Neben DIN-Normen wie DIN EN ISO 10075-2, DIN EN ISO 9241-2, DIN EN ISO 6385und DIN EN 614-2 fanden auch neueste arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse (zum Beispiel Rau et al. 2015) Eingang in das Verfahren.

Für Überarbeitung und Erstellung der vierten Version des BASA erfolgte eine komplette Neuvalidierung und Digitalisierung auf der ACOMERA-Plattform. (Reuter 2023; N = 1248; Split-Half-Reliabilität: .82). Der Test weist damit relativ zuverlässige Ergebnisse auf. Die Merkmalsbereiche A bis F zeigten bei der Prüfung der Kriteriumsvalidität bis zu 37 % Varianzaufklärung in Bezug auf die individuelle Arbeitsfähigkeit (Workability-Index) Besonders aussagekräftig waren dabei die Aspekte Arbeitsinhalt/Arbeitsaufgabe, Arbeitsorganisation und die sozialen Arbeitsbedingungen Für die Normierung des BASA IV-Verfahrens sind exakte Grenzwerte hinterlegt und die Überprüfung der Objektivität wurden anhand von Experteneinschätzungen Items mit fraglichen Antworten identifiziert und ihre Formulierung überarbeitet. Bisherige Nutzer des Verfahrens haben die Nützlichkeit des BASA IV zur Identifikation von positiven und negativen, speziell auch das „mobile Arbeit“ Modul.

Das Commitment wurde mit dem standardisierten COMMIT-Fragebogen von Felfe & Franke (2011) erfasst. Der Fragebogen besteht aus einer fünfstufigen Likert-Skala und umfasst je fünf Items zur Erfassung des affektiven und normativen Commitments sowie vier Items zum kalkulatorischen Commitment. Die Auswertung erfolgt über die Bildung von Mittelwerten für jede Dimension. Für die Untersuchung wurden Daten aus einer Online-Befragung von Mitarbeitenden eines großen Energieversorgungsunternehmens im 2. Quartal 2023 erhoben. Die Stichprobe umfasste 876 Personen, die mindestens einen Tag pro Woche mobil arbeiteten. Der BASA IV-Fragebogen wurde verwendet, um psychische Belastungen in verschiedenen Dimensionen wie Arbeitsplatzgestaltung, IT-Infrastruktur und sozialer Unterstützung im mobilen Arbeiten zu messen. Zusätzlich wurden Items für das Commitment erfasst und die Datenanalyse erfolgte mittels logistischer Regressionsmodelle und der SPSS Software.

4. Ergebnisse

Die Analyse zeigt, dass insbesondere soziale Aspekte der Arbeitsgestaltung relevant für das Commitment beim mobilen Arbeiten sind. Zu den signifikanten Einflussfaktoren gehören:

Die Untersuchung ergab, dass soziale Unterstützung durch Kollegen einen signifikanten Einfluss auf das Commitment hat ($p = .014$, $OR = 0.087$, 95 %-KI [0.977, 0.997]). Ebenso zeigte sich, dass eine gute Work-Life-Balance mit einem höheren Commitment assoziiert ist ($p = .003$, $OR = 1.447$, 95 %-KI [1.133, 1.849]). Hingegen konnten für die Führungsqualität, den Informationsfluss und die Kommunikation sowie für den Autonomie- und Handlungsspielraum keine signifikanten Zusammenhänge mit dem Commitment nachgewiesen werden.

5. Diskussion

Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung sozialer Faktoren für das Commitment beim mobilen Arbeiten. Dies steht im Einklang mit früheren Studien, die die Wichtigkeit sozialer Unterstützung und Führung im Kontext von Remote Work betonen

(Zacher & Rudolph 2021). Die gefundenen Altersunterschiede könnten darauf hindeuten, dass ältere Mitarbeiter beim mobilen Arbeiten einen höheren Bedarf an sozialer Einbindung haben. Dies deckt sich mit Erkenntnissen zur Bedeutung altersinklusiver HR-Praktiken. Die hohe Relevanz der Führungsqualität für das Commitment von Führungskräften selbst weist auf die Notwendigkeit spezifischer Unterstützungsangebote für diese Gruppe hin. Dies könnte beispielsweise Schulungen zu virtueller Führung umfassen.

Für die Praxis lassen sich folgende Empfehlungen ableiten: Förderung virtueller Teambuilding-Maßnahmen zur Stärkung der sozialen Unterstützung; Schulungen für Führungskräfte zur effektiven Führung im mobilen Arbeitskontext; Etablierung klarer Kommunikationsstrukturen und -regeln (besonders bei mobiler Arbeit); Unterstützung bei der Gestaltung einer ausgewogenen Work-Life-Balance; Gewährleistung ausreichender Autonomie und Handlungsspielräume

6. Literaturverzeichnis

ACOMERA (2025). Digitale Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastung. Gesund Arbeit – Gesunde Mitarbeiter – Gesunde Performance. Link: https://acomera.com/ [Abruf: 03.01.2025].

Apparies, R. J., Riniolo, T. C., & Porges, S. W. (1998). A psychophysiological investigation of the effects of driver longer-combination vehicles. Ergonomics, 41(5), 581-592.

Arnold, D., Steffens, C., & Wolter, H. (2015). Homeoffice: Eine Analyse der Vor- und Nachteile. Zeitschrift für Arbeitsforschung, 12(3), 45-62.

Backhaus, N. (2022). Herausforderungen und Chancen mobiler Arbeit. Berlin: Springer.

Bahr, P. (2021). Auswirkungen von Homeoffice auf die Work-Life-Balance. Deutsches Institut für Arbeitswissenschaft.

Badura, B., Ducki, A., Schröder, H., Klose, J., & Meyer, M. (2023). Gesundheitsförderung in der Arbeitswelt. Berlin: Springer.

Bartik, A. W., Cullen, Z. B., Glaeser, E. L., Luca, M., & Stanton, C. T. (2020). The impact of remote work on employment. Journal of Economic Perspectives, 34(3), 32-54.

Beermann, T., Charalampous, M., Grant, C. A., Tramontano, C., & Michailidis, E. (2018). Auswirkungen des mobilen Arbeitens. Journal of Organizational Behavior, 29(4), 335-356.

Biron, M., & Van Veldhoven, M. (2016). Work engagement and job autonomy. European Journal of Work and Organizational Psychology, 25(5), 45-62.

Bloom, N., Liang, J., Roberts, J., & Ying, Z. (2014). Does working from home work? Evidence from a Chinese experiment. Quarterly Journal of Economics, 129(1), 165-218.

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) (2001). BASA – Screening für Arbeitsplatzinhaber: Psychologische Bewertung von Arbeitsbedingungen. Dortmund: BAuA.

CEN, European Committee for Standardization (2007). Safety of machinery, Human physical performance. Part 5: Risk assessment for repetitive handling at high frequency. EN 1005-05.

Cloots, J. (2022). Digitalisierung und Arbeit im Homeoffice. Arbeit & Zukunft, 8(3), 213-226.

DAK (2021). Gesundheitsreport: Auswirkungen der Pandemie auf die Arbeitswelt. DAK Verlag.

Felfe, J., & Franke, F. (2011). Commitment: Entwicklung eines Messinstruments zur Erfassung verbindlicher Berufs- und Organisationszugehörigkeit. Göttingen: Hogrefe.

Galanti, T., Guidetti, G., Mazzei, A., Zappalà, S., & Toscano, F. (2020). Work from home and psychological well-being. Journal of Occupational Health Psychology, 35(2), 129-144.

GB-Psych Kompass (2025). Psychologische Bewertung von Arbeitsbedingungen – Screening für Arbeitsplatzinhaber (BASA IV). Link: https://www.hamburg.de/iason/apps/gb-psych-kompass/detail/A151143936/ [Abruf: 03.01.2025].

Grunau, P., Ruf, H., Steffes, S., & Wolter, H. (2019). Arbeitszeitgestaltung und Produktivität. Zeitschrift für Personalmanagement, 15(2), 87-101.

Kurland, N. B., & Bailey, D. E. (1999). Telework: The advantages and challenges. Journal of Business Ethics, 22(1), 55-70.

Landes, A., Steiner, P., Wittmann, A., & Utz, S. (2020). Mobiles Arbeiten als Chance. Arbeit und Gesellschaft, 19(2), 211-224.

Reuter, C.(2023). Validierung des Verfahrens BASA IV. Bachelorarbeit Kommunikationspsychologie. Hochschule Zittau/Görlitz.

Roitzsch, K., Walter, G. & Schmidt, M. (2022). Psychologische Gefährdungsbeurteilung in der modernen Arbeitswelt. Hochschule Zittau/Görlitz.
Rudolph, C. W., & Zacher, H. (2021). Family demands and satisfaction with family life during the COVID-19 pandemic. Couple and Family Psychology: Research and Practice, 10(4), 249.
Tavares, A. I. (2017). The benefits and drawbacks of telework. European Journal of Work & Organizational Psychology, 16(4), 265-279.
Toscano, F., & Zappalà, S. (2020). Social isolation and burnout in telework. International Journal of Work Psychology, 12(3), 112-127.
Weber, A., Wöhrmann, A., Tisch, A., & Michel, A. (2022). Herausforderungen und Potenziale digitaler Arbeit. Springer Verlag.
Weitzel, T., Eckhardt, A., Laumer, S., Maier, C., Von Stetten, A., Weinert, C., & Wirth, T. (2015). Homeoffice in der modernen Arbeitswelt. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 14(1), 78-92.
Yang, L., Holtz, D., Jaffe, S., Suri, S., Sinha, S., Weston, J., Joyce, C., Shah, N., Sherman, K., Hecht, B., & Teevan, J. (2021). The effects of remote work on collaboration and productivity. Nature Communications, 12(1), 567-589.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Die 4-Tage-Woche im gewerblichen Bereich: Evaluierung einer Arbeitszeitverkürzung

Anna ARLINGHAUS

XIMES GmbH,
Hollandstraße 12/12, A-1020 Wien

Kurzfassung: In einem Betrieb aus der Elektro-Montage mit rund 150 Beschäftigten wurde 2022 eine 4-Tage-Woche mit 36 Std. bei vollem Lohnausgleich eingeführt. Die vorliegende Evaluierung untersucht die Effekte der Umstellung auf Gesundheit, Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben, Zufriedenheit und Arbeitsbelastung aus Sicht von Beschäftigten und Führungskräften. Dazu wurde 1,5 Jahre nach der Umstellung ein Methodenmix aus quantitativen Analysen (Überstunden, retrospektive Online-Befragung) und qualitativen Fokusgruppen eingesetzt. Die Ergebnisse zeigen eine hohe Zufriedenheit bei allen Stakeholdern. Besonders die Vereinbarkeit verbesserte sich bei gleichbleibender Arbeitsbelastung und gesunkenem Überstundenvolumen. Die Produktivität wurde als gestiegen beurteilt. Dieses Beispiel zeigt somit eine gelungene Umsetzung im gewerblichen Bereich.

Schlüsselwörter: Arbeitszeitverkürzung, Arbeitszeitgestaltung, Gesundheit, Vereinbarkeit, Überstunden, Zufriedenheit

1. Hintergrund

In großen Teilen der Erwerbsbevölkerung besteht der Wunsch nach individualisierten und teils kürzeren Arbeitszeiten (BAuA 2023). Bisherige Evidenz zeigt, dass eine Arbeitszeitreduktion je nach Ausgestaltung des Arbeitsumfangs und der Verteilung auf die Wochentage mit einer höheren Arbeitszufriedenheit, jedoch teilweise auch mit einer Arbeitsintensivierung, verbunden ist. Positive Effekte kürzerer Arbeitszeiten wurden vor allem in Bezug auf die wahrgenommene Schlafqualität und in einigen Studien auch die Schlafdauer, eine bessere Work-Life-Balance und reduzierte arbeitsbedingte muskuloskelettale Beschwerden berichtet (Hanbury et al. 2023; Jansen-Preilowski et al. 2020; Karhula et al. 2023).

Während die Evidenz inzwischen durch mehrere Reviews gestärkt wurde, bestehen weiterhin Schwächen in den Studiendesigns und -methoden und der kurzen Nachverfolgungszeit der Interventionen. Selten wurden bislang objektive Daten analysiert, die Untersuchungen fokussieren oft auf Branchen mit Wissens- oder Büroarbeit und meistens bieten die Unternehmen bereits flexible Arbeitszeitmodelle an.

Daher sollte in einem gewerblichen Betrieb mit fester Arbeitszeit untersucht werden, wie sich eine reduzierte Arbeitszeit und Umstellung auf eine 4-Tage-Woche aus Sicht von Beschäftigten und Führungskräften auf die Zufriedenheit, Gesundheit, Freizeit und Belastung auswirkt.

Konkrete Fragestellungen waren:

1. Zeigen sich Verbesserungen hinsichtlich der wahrgenommenen Work-Life-Balance, Zufriedenheit, Gesundheit und Freizeitverhalten?

2. Kann dieselbe Arbeitsmenge in kürzerer Zeit bewältigt werden (Hinweis auf die Produktivität)?
3. Erhöht sich das Überstundenvolumen nach der Umstellung im Vergleich zu vorher?

Die hier beschriebene Untersuchung wurde ausführlich in Arlinghaus & Senwicki (im Druck) berichtet.

2. Methoden

In dem österreichischen Elektro-Montagebetrieb Elektro-Kagerer GmbH & Co. KG wurde im Jahr 2022 eine 4-Tage-Woche mit Arbeitszeitverkürzung von 38,5 auf 36 Std./Woche an vier Arbeitstagen von Montag bis Donnerstag bei vollem Lohnausgleich eingeführt. Die Umstellung betraf ca. 150 Mitarbeiter*innen. Die Evaluation der Arbeitszeitumstellung wurde im Jahr 2024 (1,5 Jahre nach der Umstellung) durchgeführt. Dabei kam ein Methodenmix aus quantitativen und qualitativen Analysen zum Einsatz.

Der quantitative Teil umfasste u.a. die Analyse des Volumens aller ausgezahlten Überstunden im Zeitraum 2019-2024, d. h. 3 Jahre vor bis 1,5 Jahre nach der Arbeitszeitumstellung, pro Tag und Monat. Weiterhin wurde eine Online-Befragung (n=88, Rücklauf ca. 59 %) mit Items zu den wahrgenommenen Auswirkungen der Arbeitszeitverkürzung auf die Zufriedenheit, das Freizeitverhalten, die Gesundheit und die Belastung sowie zu subjektivem Wohlbefinden und der Work-Life Balance eingesetzt.

Zusätzlich wurden vier qualitative Fokusgruppeninterviews mit Geschäftsführung/ Führungskräften, Betriebsrat, Beschäftigen der Montage und der Verwaltung durchgeführt, an denen insgesamt 18 Personen teilnahmen.

Da alle Beschäftigten von der Umstellung betroffen waren, konnte keine Kontrollgruppe betrachtet werden. Ebenso war für die Beschäftigtenbefragung und die Fokusgruppen keine Prä-Messung möglich, da der Auftrag zur Evaluierung erst nach der Umstellung erfolgte. Die Überstundendaten konnten jedoch vor und nach der Umstellung verglichen werden.

Das Evaluierungs-Projekt wurde durch die Kammer für Angestellte und Arbeiter in Wien (AK Wien) gefördert.

3. Ergebnisse

Die Stichprobe ist bei Arlinghaus & Senwicki (im Druck) ausführlich beschrieben. Von den 88 Befragten waren 85,5% männlich, die Altersverteilung zeigte eine eher junge Belegschaft ohne Betreuungs-/Pflegepflichten im Haushalt. 44,1 % arbeiteten in Montage/Schrankbau/Lager, knapp ein Drittel waren Angestellte und knapp ein Viertel Lehrlinge.

3.1 Wahrgenommene Veränderungen bei Wohlbefinden, Belastung, Zufriedenheit

Die subjektiven Auswirkungen der Arbeitszeitumstellung wurden im Fragebogen von denjenigen Personen beantwortet, die bereits vor der Umstellung im Betrieb gearbeitet hatten (n=61). Etwa die Hälfte berichtete leichte oder deutliche Verbesserungen der Gesundheit, etwa 87 % gab eine höhere Zufriedenheit an (siehe Abbildung 1). Neun Personen (16 %) berichteten dagegen eine leichte Verschlechterung der

Arbeitsbelastung.

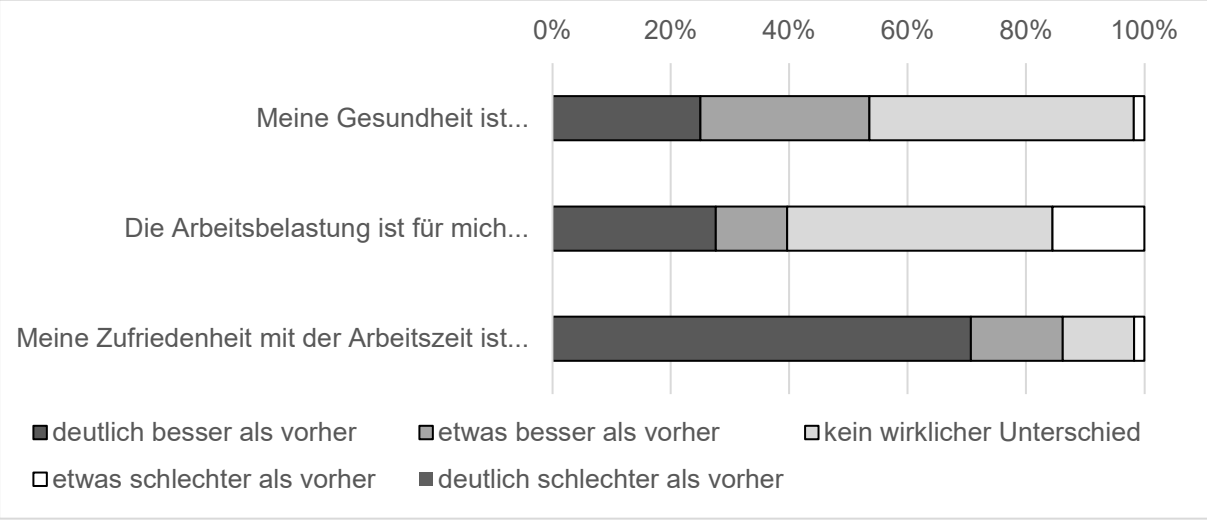


***Abbildung 1**: Subjektive Auswirkungen der 4-Tage-Woche auf Gesundheit, Belastung und Zufriedenheit (n=61).*

3.2 Bewältigung der Arbeitsmenge in kürzerer Zeit

Der Aspekt der Arbeitsverdichtung wurde vor allem in den Fokusgruppen thematisiert. Alle Gruppen berichteten dabei übereinstimmend, dass die Arbeitsproduktivität durch die Umstellung gestiegen und Output sowie die Arbeitsintensität etwa gleichgeblieben seien. Indikator dafür sei die gleichbleibende Auftragsmenge, die in der etwas kürzeren Zeit bewältigt werden konnte. Durch die längere zusammenhängende Freizeit könne die potenzielle Mehrbelastung durch die Bewältigung derselben Arbeitsmenge in etwas kürzerer Zeit ausgeglichen werden. Auch habe die 4-Tage-Woche aus Sicht von Betriebsrat und Führungskräften zu einer Motivationssteigerung geführt.

Zur Effizienzsteigerung gab es insbesondere auf der Montage einige Optimierungen der Arbeitsorganisation. So wurden Ausbesserungen nun nicht mehr freitags, sondern an den vier regulären Arbeitstagen durchgeführt. Weiterhin entfiel die vormittägliche feste Pause, für die alle Arbeitsmittel verräumt werden mussten, zugunsten individueller Kurzpausen ohne Aufräumen.

3.3 Analyse des Überstundenvolumens

Die Verteilung der Überstunden auf die einzelnen Wochentage veränderte sich durch die Arbeitszeitumstellung. Vor der Umstellung wurden die Überstunden vor allem im Anschluss an das Ende der Normalarbeitszeit von Montag bis Donnerstag geleistet (16:30-18 Uhr). Freitags war das Volumen geringer und am Wochenende wurden eher wenige Überstunden (vor allem samstags tagsüber) geleistet.

Nach der Umstellung veränderte sich die Verteilung dahingehend, dass die Überstunden Montag bis Donnerstag erst ab 16:45 begannen (späteres Ende der Normalarbeitszeit), die Überstundenmengen und -verteilungen sich jedoch kaum gegenüber vor der Umstellung unterschieden. Freitags und samstags sank das Überstundenvolumen jedoch deutlich (ca. minus 50 % am Samstag) bei gleichbleibender Verteilung über die Tageszeit (Details siehe Arlinghaus & Senwicki, im Druck). Die zusätzlichen

Arbeiten wurden demnach offenbar hauptsächlich an das Ende des regulären Arbeitstages gelegt, sodass ein zusätzliches Hereinkommen an Freitagen kaum noch notwendig war.

Insgesamt sank das Überstundenvolumen nach der Umstellung um etwa 25 % gegenüber dem Vorjahr.

4. Fazit und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen eine hohe Zufriedenheit bei Geschäftsführung, Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen sowie Betriebsrat. Vor allem die Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben sowie die Erholung am Wochenende wurden als deutlich verbessert berichtet. Dabei wurde die Arbeitsbelastung nicht als erhöht wahrgenommen. Das insgesamt gesunkene Volumen der Überstunden nach Einführung der 4-Tage-Woche spricht dafür, dass die Arbeitsmenge in der kürzeren Zeit bewältigt werden kann.

Die vorliegenden Erkenntnisse im gewerblichen Bereich mit festen Arbeitszeiten gehen damit in dieselbe Richtung wie Untersuchungsergebnisse aus anderen Studien, die eine verbesserte Lebensqualität der Beschäftigten, Stressreduktion, gesundheitliche Verbesserungen sowie eine bessere Bewältigung von Zeitkonflikten nach einer Arbeitszeitverkürzung berichten (Hanbury et al. 2023; Jansen-Preilowski et al. 2020; Karhula et al. 2023).

Limitationen der vorliegenden Studie liegen im Fehlen einer Kontrollgruppe und der – mit Ausnahme der Überstundenanalysen – rein retrospektiven Erhebung.

Um das Wohlbefinden, die Gesundheit und die wirtschaftlichen Auswirkungen der reduzierten Arbeitszeit noch besser zu bewerten, wären kontrollierte Folgestudien mit einer ausreichend großen und repräsentativen Stichprobe, Vorher und Nachher-Messungen sowie die Verwendung eines breiteren Spektrums von Messgrößen, einschließlich der Arbeitsproduktivität, erforderlich.

6. Literatur

Arlinghaus A, Senwicki P (im Druck) Evaluation einer 4-Tage-Woche mit reduzierter Arbeitszeit: Subjektive Effekte auf Überstunden, Zufriedenheit, Work-Life-Balance und Belastungsempfinden. Sozialpolitik.ch 1/25.

BAuA (2023) Arbeitszeitreport Deutschland: Ergebnisse der BAuA-Arbeitszeitbefragung 2021. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.).

Hanbury H, Illien P, Ming E, Moser S, Bader C, Neubert S (2023) Working Less for More? A Systematic Review of the Social, Economic, and Ecological Effects of Working Time Reduction Policies in the Global North. Sustainability: Science, Practice, and Policy 19(1):2222595.

Jansen-Preilowski V, Paruzel A, Maier GW (2020) Organization of Working Time in Digitized Work Environments: A Systematic Literature Review on the Effects of Reduced Working Hours on Mental Health. Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie 51(3):331–43.

Karhula K, Anttila T, Vanttola P (2023) Workplace-Level Interventions and Trials of Working Time Reduction - A Scoping Review. Työterveyslaitos: Finnish Institute of Occupational Health (Hrsg.).

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt den Beratern und Beraterinnen von XIMES und Patryk Senwicki (TU Wien) für die konstruktive Zusammenarbeit.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

KI für neue Formen „guter Arbeit“ – Die Methode „beteiligungsorientierter Workshops“ als Lernorte für menschzentrierte KI-Nutzung

Bettina-Johanna KRINGS, Philipp FREY

Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS),
Karlsruher Institut für Technologie (KIT),
Karlstr. 11, D-76133 Karlsruhe

Kurzfassung: Das Kompetenzzentrum KARL – Künstliche Intelligenz für Arbeiten und Lernen in der Region Karlsruhe – hat zum Ziel, Prozesse für eine menschzentrierte Gestaltung von KI-Systemen zu entwickeln. Im Rahmen einer umfangreichen ELSA-Begleitforschung wurde entsprechend eine praxisorientierte Leitlinie für menschzentrierte KI-Gestaltung entwickelt. Zur Erprobung der erarbeiteten Inhalte wurde ein beteiligungsorientierter Gestaltungsprozess in einem Workshop simuliert. Der Beitrag stellt die Ergebnisse dieses Praxisworkshops vor, der das Ziel hatte, die Teilnehmer*innen für Herausforderungen und Möglichkeiten menschzentrierter KI-Entwicklung und -Nutzung zu sensibilisieren und Einblick in Partizipationsmöglichkeiten menschzentrierter KI-Nutzung zu geben.

Schlüsselwörter: Industrie, Implementierung von KI-Systemen, betriebliche Mitbestimmung, Partizipative Technikgestaltung, ELSA

1. „Der Mensch steht im Mittelpunkt“ als Prämisse der Technisierung von Arbeitsprozessen in der Industrie

Im Rahmen der Debatten um die Digitalisierung der Industrie, der so genannten *Industrie 4.0*, wurde die Prämisse: „Der Mensch steht im Mittelpunkt“ prominent in den Mittelpunkt der wissenschaftlichen und öffentlichen Debatten gestellt (vgl. etwa Hirsch-Kreinsen et al. 2018). Wie und auf welche Weise diese Prämisse umgesetzt wurde, stößt auf sehr unterschiedliche Wahrnehmungen und (disziplinäre) Perspektiven. Die Tatsache jedoch, dass nur wenige Jahre später der Begriff der *Industrie 5.0* in die Debatte gefunden hat, ist der Beobachtung geschuldet, dass

> “Industry 4.0 focuses less on the original principles of social fairness and sustainability but more on digitalization and AI-driven technologies for increasing the efficiency and flexibility of production. The concept of Industry 5.0, therefore, provides a different focus and point of view and highlights the importance of research and innovation to support the industry in its long-term service to humanity within planetary boundaries” (Xun Xu et al. 2021:530).

Neben bahnbrechenden technologischen Dynamiken der letzten Jahre in der Industrie wie etwa die Einführung von Cyberphysikalischen Systemen, der Nutzung von Big Data und avancierten, autonom betriebenen Robotiksystemen (European Economic and Social Committee 2021; Moniz & Krings 2022), wurden und werden in der Literatur auch zunehmend strukturelle Aspekte des Sektors in den Blick genommen: Demografische Veränderungen, die sich auch in Personalknappheit darstellen lassen, global hoch arbeitsteilige Struktur und somit eine hohe Abhängigkeiten von Produktstätten in

anderen Ländern, eine kontinuierlich sinkende Attraktivität von Berufen und Tätigkeitsbereichen in der Industrie sowie die Vision einer zunehmend mehr, der Nachhaltigkeit verpflichteten industriellen Produktion (European Economic and Social Committee 2021; Seidl & Zahrnt 2019) führen dazu, die Zukunft der industriellen Produktion in Deutschland zu hinterfragen, bzw. (neu) zu definieren. Wichtige Ziele wurden schon im Weißbuch *Arbeiten 4.0* formuliert, das Leitbilder für „gute" Arbeit im digitalen Wandel im Rahmen eines breiten gesellschaftlichen Prozesses erarbeitet hat. Neben einem „sicheren Einkommen und soziale Sicherheit", „Qualität der Arbeit erhalten" wird das Leitbild „Mitbestimmung, Partizipation und Unternehmenskultur zusammen denken" im Bericht auch für die Industrie pointiert formuliert. „Verfasste Mitbestimmung, die Teilhabe der Beschäftigten in einer offenen Unternehmenskultur ergänzen sich, vor allem angesichts des rasanten technischen Wandels als wichtige Voraussetzungen für das Ziel, innovative und demokratische Organisationen auszubilden" (BMAS 2017: S. 95).

Das Projekt KARL[1] ist in diesen umfassenden und anspruchsvollen Diskussionskontext eingebettet. Ausgehend von dem Ziel, KI-Systeme[2] für ausgewählte Bereiche, auch jenseits der Industrie, zu entwickeln, ist das ausgeflaggte Ziel von KARL, „menschzentrierte, transparente und lernförderliche KI-unterstützte Arbeits- und Lernsysteme" (KI-ALS) zu konzipieren und in Kontext konkreter Use Cases zu erproben. Im Rahmen des so genannten Gestaltungsfeldes 5 (Erarbeitung rechtlicher, ethischer & sozialer Prämissen) des Projektes wurden konzeptionelle und prozessuale Richtlinien erarbeitet, die als „Leitfaden" die Grundlage für praxisorientierte Leitlinien sowohl im Kontext von Forschungsgruppen (Forschung & Entwicklung) sowie im Kontext von Beschäftigten (Arbeit) bilden. Um deren Wirksamkeit jedoch bewerten zu können, werden diese aktuell in Workshop-Formaten überprüft und evaluiert. In Form eines Werkstattberichts werden im Folgenden exemplarisch die Ergebnisse unseres ersten Praxisworkshops vorgestellt, der das Ziel hatte, die Teilnehmer*innen für Herausforderungen und Möglichkeiten menschzentrierter KI-Entwicklung und -Nutzung zu sensibilisieren und Einblick in Partizipationsmöglichkeiten menschzentrierter KI-Nutzung zu geben. In dem Workshop wollten wir insbesondere einen Weg aufzeigen, das Wissen und die Expertise der Beschäftigten in den Technikentwicklungsprozess dieser KI-Systeme aufzunehmen. Gleichzeitig wird durch die spielerische Erprobung von partizipativen Prozessen ein Reflexionsraum für Praktiker*innen aus Unternehmen, Arbeitnehmervertreter*innen und Forscher*innen eröffnet, um die ethischen und sozialen Dimensionen menschzentrierter KI-Nutzung in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit und der gemeinsamen Diskussionen zu rücken. Dieser Reflexionsraum *und* die daraus entstehenden Handlungsräume scheinen aus unserer Sicht wichtig, um nachhaltige und verbindliche Arbeitsumgebungen zu entwickeln.

[1] Vgl. Homepage: https://kompetenzzentrum-karl.de/ueber-karl/ (aufgerufen am 17.01.2025)

[2] Vgl. Definition für die Systeme der Künstlichen Intelligenz: https://kompetenzzentrum-karl.de/wp-content/uploads/2024/04/KARL_Glossar_KI_fuer_die_interdisziplinaer_vernetzte_Arbeitsforschung.pdf (aufgerufen am 10.01.2025)

2. Die Methode „beteiligungsorientierter Workshops“ als Lernorte für menschzentrierte KI-Nutzung

2.1 Leitfaden zu ethischen, rechtlichen und sozialen Aspekten der Einführung von KI-Systemen als inhaltliche Grundlage für Beteiligung

Wie oben schon angesprochen wurde, wurde vom Gestaltungsfeld 5 (rechtliche, ethische und soziale Aspekte von KI-Systemen) in einem interdisziplinär angelegten Diskussionsprozess ein „Leitfaden“ einer „menschenzentrierten KI“ erarbeitet, der die „Überprüfung der fachlichen, technischen und organisationalen Voraussetzungen im Betrieb („KI-Readiness“)“ zum Ziel hat (Leitfaden 2023:10). Darüber hinaus sei, laut Leitfaden, zu klären, „welche Ziele durch den Einsatz von KI verfolgt werden sollen — und inwieweit KI-basierte Lösungsansätze diese Ziele (am besten) erreichen“ (Ebda., S. 10). Neben den inhaltlichen Kriterien, die rechtliche, ethische und betriebliche Aspekte in der Einführung von KI-Systemen betreffen und die im Rahmen des Leitfadens detailliert dargestellt werden (vgl. Leitfaden 2023), wurde darüber hinaus ein Partizipationsprozess vorgeschlagen, der auf dem Vorgehensmodell des „Moderierten Spezifikationsdialogs“ (Schroeter 2019) aufbaut. Dieses Modell beschreibt die Abläufe der Interessensaushandlung zwischen den Sozialpartner*innen, „stellt die Fragen der Mitbestimmung, der ethischen sowie sozial nachhaltigen Faktoren, der wechselseitigen Information und der Vertrauensbildung ins Zentrum“ und soll menschzentrierte KI-Entwicklung und Nutzung orientierten (Leitfaden 2023: 33, Schröter 2019, 2022). Im Hinblick auf KI-Systeme erscheint hier wichtig, von einer neuen Qualität der technologischen Eingriffstiefe dieser Systeme auszugehen. Die Projektgruppe formuliert vor diesem Hintergrund den Anspruch, die Funktionalität und die Auswirkungen von KI-Systemen auf die individuellen Arbeitsprozesse sichtbar zu machen und die konkreten Veränderungsdynamiken zu den Inhalten von Aushandlungsprozessen vor Ort zu machen. Allerdings zeigen die Erfahrungen in der Praxis, dass dieser Anspruch voraussetzungsvoll ist, da Zeit und Raum geschaffen werden muss, um diese komplexen Dynamiken für alle Beteiligten verstehbar und handhabbar zu machen (Krings & Frey 2024).

2.2 Umsetzung des Leitfadens in die Praxis des Workshops

Die im Leitfaden dargestellten Implikationen und Vorgehensweisen werden im Rahmen des KARL-Projektes in der Praxis in vielfältiger Weise erprobt und überprüft. Auf diese Weise sollen Einblicke über die Prozesse und die Folgen der Einführung von KI im betrieblichen Kontext erreicht werden. Der oben genannte Leitfaden möchte schon frühzeitig, nämlich im Rahmen des Gestaltungsprozesse dieser technischen Systeme, auf wichtige rechtliche, soziale und ethische Implikationen aufmerksam machen, in dem in dem jeweilig individuellen Handlungskontext diese herausgearbeitet werden. Hierbei geht es in erster Linie darum, die Arbeits- und Produktionsprozesse zu identifizieren, die sich durch den Einsatz von KI-Systemen verändern. Diese intendierten und nicht-intendierten Veränderungen werden auf der Basis der Implikationen des Leitfadens überprüft.

Die Erfahrung zeigt jedoch, dass diese Überprüfung durchaus komplex ist, Wissensbereiche, berufliche Erfahrungen sowie Fachkompetenz auf Seiten der Informatik, aber auch auf Seiten der Beschäftigten berührt und zusammengeführt werden. In der Regel ist das Sichtbarmachen der Folgen von KI-Systemen in den jeweiligen Arbeitskontexten nicht trivial, vor allem dann nicht, wenn die Gestaltung der Technologien auf

eine breite Basis gestellt werden soll. Vor diesem Hintergrund kann das Vorgehen auch als partizipativen Erweiterung zur üblichen Mitbestimmung angesehen werden mit dem Ziel, (technische) Innovationen zu fördern, Konfliktkosten zu vermeiden und das Wissen, um Arbeitsprozesse zu vergrößern. Daher ist der frühe Prozess der Gestaltung wichtig, da er im übergeordneten Sinne a) eine Wissensbasis für die Implikationen der KI-Systemen schaffen und b) Prozesse weiter entwickeln soll, um eine solide Basis für die gemeinsame Gestaltung dieser Systeme zu erreichen. Diesen Zielen ist die Gestaltungsgruppe 5 gefolgt und hat einen Workshop entwickelt, durchgeführt, evaluiert, um ihn in weiteren Schritten in iterativen Schritten weiterzuentwickeln. Dieser Workshop lehnt sich an das Modell des „Moderierten Spezifikationsdialog“ (Schröter 2022, Leitfaden 2023) an, wurde jedoch an die Belange des KARL-Projektes angepasst.

Anhand eines konkreten Beispiels (hier: Einführung eines KI-Systems zur Unterstützung von Bewerbungen im Personalwesen eines Unternehmens) wurde ein konkreter Fall vorgestellt, in dem ein KI-System fiktiv eingeführt werden soll, um Bewerbungen zusammenzufassen und unter Einbezug zusätzlicher Daten (wie der Auswertung von Social Media Profilen, Profile bestehender Mitarbeiter*innen) in ein Ranking zu bringen. Mit der Methode des Rollenspiels wurde die Simulation dieses Beispiels in einem ersten Teil des Workshops durchgeführt. Das heißt, den Teilnehmenden wurde eine Rolle wie etwa Unternehmensleiter, Betriebsrätin, Leiterin der Personalentwicklung, Entwicklerin etc. zugewiesen und diese wurden aufgefordert, die Interessen dieser beruflichen „Rolle“ im Hinblick auf diesen KI-Gestaltungsprozess der KI im Planspiel einzunehmen. Insgesamt hat die Simulation des Beispiels im Workshop gut funktioniert, es wurde von den Teilnehmenden eine breite Palette an Aspekten erarbeitet, die bei der Einführung dieser KI berücksichtigt werden *sollten* (vgl. internes Protokoll 2024):

- Forderung, die Entscheidung der KI nachzuvollziehen, bzw. Möglichkeit, zusammengefasste Bewerbungen wieder als Originalbewerbungen ausführlich zu sichten (menschliche Letztentscheidung hat Priorität);
- Hosting der Daten soll statt in den USA in den EU oder sogar in Form einer internen Lösung erfolgen (Datenschutz der Privatsphäre/ Unternehmensdaten sollte gewährleistet werden);
- Es wird darüber nachgedacht, das KI-System zunächst etwa für ein Jahr auszuprobieren und dann ausführlich zu evaluieren anhand von Kriterien, die man gemeinsam – im Unternehmen - entwickelt hat;
- Tendenz der Entwicklung geht in Richtung regelbasierter Systeme und wird allgemein befürwortet;
- eine stichprobenartige Überprüfung der Empfehlungen des Systems wird angeregt (einmal im Quartal einige Bewerbungen komplett händisch auswerten);
- besonders Diskriminierungsrisiken sollten vorgebeugt werden.

3. *Learnings* aus dem Workshop

Die Simulation von Prozessen mit Hilfe von Rollenspielen ist inzwischen eine eingeführte Methode, die in Technikentwicklungsprozessen vielfach durchgeführt wird (Grobe 2021). Die spielerische Erprobung partizipativer Mitbestimmungsmechanismen kann einerseits die unterschiedlichen Perspektiven auf die vielseitigen Folgen technischer Systeme zutage treten lassen, andererseits können Partizipationsmöglich-

keiten in den Blick genommen werden, die vielfach erst im Rahmen des Rollenspiels entstehen. Im Folgenden werden drei zentrale Learnings vorgestellt: Was im vorgestellten Workshop nicht durchgeführt wurde, ist der konkrete Vollzug des Arbeitsprozesses, der durch die KI ersetzt werden sollte. Der erste Durchgang und somit die Sichtung der eingehenden Bewerbungen (eine erste Bewertung) sollte von der KI durchgeführt werden. Im Kontext des Unternehmens müsste hier sehr genau beschrieben werden, *wie* und *auf welche Weise* sich durch diese KI Arbeits- bzw. Organisationsprozesse verändern. Das wurde im Workshop nicht gemacht, was dazu geführt hat, dass die Einschätzungen zur KI auf einer übergeordneten Ebene verblieben und nicht der konkrete Fall diskutiert wurden. Dieses Defizit gilt es zu vermeiden und wird als erstes *Learning vorgestellt: Je konkreter die Anwendung formuliert wird, desto genauer das Ergebnis!* Wie oben vorgestellt, besteht der Mehrwert des Dialogs genau in der Erarbeitung eines „Wissens für alle“ im Hinblick auf Veränderungsprozesse. Erst wenn diese identifiziert werden können, können sie auch nach o. g. Kriterien evaluiert werden. Das zweite *Learning: Qualifizierungsangebote für Beschäftigte und Führungskräfte anbieten!* Der Workshop hat (wieder) gezeigt, dass, die technischen Details und Wirkungstiefen der KI-Systeme fachlich anspruchsvoll und nicht vorausgesetzt werden können. Eine kleine Einführung im Hinblick auf diese Systeme ist sinnvoll. Drittes *Learning: Erstellung eines Leitfadens, in dem die Einzelschritte des Prozesses dargestellt werden!* Diese Forderung entstand als ein Ergebnis aus dem Workshop und wurde als hilfreich für die weitere Umsetzung angesehen. Diese und andere Ergebnisse werden in weiteren Workshops umgesetzt und iterativ weiterentwickelt.

4. Literatur

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) (2016): Wertewelten Arbeiten 4.0. Online: https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Forschungsberichte/wertewelten-arbeiten-vier-null.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (letzter Abruf 17.10.2024).

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) (2017): Weißbuch Arbeiten 4.0. Berlin.

European Economic and Social Committee (2021): Industry 5.0. Available online: https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en (letzter Abruf 17.01.2025).

Grobe, A. (2021). Partizipative TA in Transformationsprozesse: Analoge und digitale Ansätze inklusiver, prospektiver Verfahren der Beteiligung. In: Böschen S., Grunwald A., Krings B.-J-, & Rösch C. (Hrsg.). Technikfolgenabschätzung-Handbuch für Wissenschaft und Praxis (S. 352–373). Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft.

KARL-G5 Leitfaden (2023): Whitepaper zu ethischen, rechtlichen und sozialen Aspekten im Kontext von Künstlicher Intelligenz für Arbeit und Lernen. Available online: https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000161674).

Hirsch-Kreinsen, H., Ittermann, P., Niehaus, J. (Hrsg.) (2018): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen, 2. Aktualisierte und überarbeitete Auflage, Baden-Baden: Nomos.

Krings, B.-J., Frey, P. (2024): Human-centered approaches in working environments needs ethical reflection—Experiences from KARL. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 78 (3), 349–358.

Moniz, A. B., Krings, B.-J. (2022): “Manufacturing Life” in Real Work Processes? New Manufacturing Environments with Micro and Nanorobotics. In: Nanoethics, 16, 2022, 115–131.

Schröter, W. (2019): Der mitbestimmte Algorithmus. Arbeitsweltliche Kriterien zur sozialen Gestaltung von Algorithmen und algorithmischen Entscheidungssystemen. In: W. Schröter (Hrsg.): Der mitbestimmte Algorithmus. Gestaltungskompetenz für den Wandel der Arbeit. Talheimer Verlag Mössingen, S. 101–150.

Schröter, W. (2022): Gestaltungskompetenz für Betriebsräte im Spannungsverhältnis von Assistenz- und Delegationstechnik. Erfahrungen aus dreißig Jahren „Forum Soziale Technikgestaltung“. In: Gruber E. et al. (Hrsg.): Magazin erwachsenenbildung.at – Das Fachmedium für Forschung, Praxis und Diskurs. Ausgabe 44-45, 2022. Digitalisierung und Erwachsenenbildung. Reflexionen zu

Innovation und Kritik. Wien 2022, S. 15-0 bis 15-8. (Online: https://erwachsenenbildung.at/magazin/22-44u45/15_schroeter.pd).
Seidl, I.; Zahrnt, A. (Hg.) (2019): Tätigsein in der Postwachstumsgesellschaft. Marburg: Metropolis
Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., Wang, L. (2021): Industry 4.0 and Industry 5.0 —Inception, conception and perception. In: Journal of Manufacturing Systems, Volume 61, Oktober 2021, 530–535.

Danksagung: Wir möchten uns sehr herzlich bei den Mitgliedern des Gestaltungsfeldes 5 in KARL für die konstruktiven Diskussionen und inspirierende Projektkooperation über die Jahre bedanken, auf denen der vorliegende Bericht basiert.

Wissenstransfer in der Arbeitsforschung partizipativ und kooperativ – Angebote und Nutzenaspekte der CoCo-Plattform

Karin DOLLHAUSEN[1], Martin BRAUN[2], Ben MILEWSKI[1]

[1]Deutsches Institut für Erwachsenenbildung – Leibniz-Zentrum für Lebenslanges Lernen e.V., Heinemannstraße 12 – 14, D-53175 Bonn
[2]Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart

Kurzfassung: In der Forschungs- und Innovationsarbeit für die Zukunft der Arbeit ist der Wissenstransfer zwischen Akteuren der Forschung, der Unternehmenspraxis und weiteren Akteuren von entscheidender Bedeutung. Die Regionalen Kompetenzzentren der Arbeitsforschung sind dabei wichtige Akteure der Transferunterstützung. Begleitend dazu wird im Projekt Connect & Collect eine digitale Plattform entwickelt, die auf die überregionale Vernetzung und einen nachhaltigen, partizipativ und kooperativ gestalteten Wissenstransfer zielt. Herausgehobene Angebote und Nutzenaspekte der Plattform wie auch im CoCo-Projekt methodisch ermittelte Herausforderungen für die Moderation der Plattform werden vorgestellt und diskutiert.

Schlüsselwörter: Wissenstransfer, digitale Vernetzung, Reallabor, User Experience, Plattform-Moderation

1. Einführung

Der vorliegende Beitrag stellt begleitend zum gleichnamigen Workshop auf dem GfA-Frühjahrskongress 2025 grundlegende inhaltliche Überlegungen und Erkenntnisse zu Angeboten, Nutzenaspekten und Herausforderungen der CoCo-Plattform vor.

Der Wissenstransfer ist eine wesentliche Aufgabe in anwendungsorientierten Projekten der Forschung und Innovation (im Folgenden: FuI) im Bereich der Arbeitsforschung. Die Regionalen Kompetenzzentren der Arbeitsforschung (ReKodA), die als Verbundprojekte im Rahmen des BMBF-Programms „Zukunft der Wertschöpfung: Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ gefördert werden, sind dabei wichtige Akteure der Koordination und Moderation von FuI-Projekten, einschließlich der Unterstützung des Wissenstransfers innerhalb der ReKodA und nach außen. Zugleich sind die ReKodA selbst auf einen Wissenstransfer angewiesen, um ihre Arbeit und deren Ergebnisse zu verbessern.

Das Begleitprojekt „Connect & Collect: KI-gestützte Plattform für die interdisziplinäre vernetzte Forschung und Innovation für die Zukunftsarbeit“ (https://www.coco-projekt.de)[1] unterstützt dies. Kernstück ist die Entwicklung einer digitalen Plattform, die es den ReKodA ermöglicht, Informationen aus der Arbeitsforschung bedarfsorientiert abzurufen sowie Ansätze, Vorgehensweisen und innovative Ergebnisse aus Forschungs- und Innovationsprojekten vorzustellen und untereinander zu kommunizieren.

[1] Das Projekt wird im Rahmen des BMBF-Forschungsprogramms „Zukunft der Wertschöpfung“ finanziell gefördert (Förderkennzeichen 02L19C000ff.).

Im Folgenden werden zunächst das Transferverständnis sowie seine Implikationen für die Transfermoderation im CoCo-Projekt erläutert. Sodann werden Angebote und Nutzenaspekte der Plattform vorgestellt, die unter der Beteiligung und Kooperation der Plattformmitglieder, insbesondere der ReKodA, ein produktives Transfergeschehen ermöglichen. Abschließend werden spezifische Herausforderungen für die Plattform-Moderation herausgestellt.

2. Transferverständnis und -moderation im CoCo-Projekt

Das Transferverständnis in CoCo knüpft an theoretisch-konzeptionelle Arbeiten an, die in jüngster Zeit nicht nur, doch vor allem in der Bildungsforschung (Schuster et al. 2024; Ghadiri-Mohajerzad & Schrader 2024) vorangetrieben werden. Zudem werden die Arbeiten der Arbeitsforschung, hier insbesondere aus den Begleitprojekten der ReKodA, also WIN:A (https://wina-projekt.de) und CoCo (Borowski et al. 2023; Braun 2023; Bernhard-Skala et al. 2024) zum Wissenstransfer herangezogen.

So wird in CoCo von instrumentellen und linearen Transferverständnis als Weitergabe bzw. Vermittlung von Wissen aus der Forschung in die Praxis abgerückt. Anschlussfähig sind zwar dialogische Modelle, die den Wissensaustausch zwischen Forschung und Praxis betonen und die Erfordernisse zur Übersetzung, Diskussion und Rekontexualisierung von forschungsbasiertem Wissen berücksichtigen (Gonser & Zimmer 2024). Jedoch wird die führende Rolle im Transfer nach wie vor bei der Forschung gesehen. Diese ist aber zu relativieren, wenn es – wie es in den ReKodA der Fall ist – auch darum geht, das oftmals implizite Wissen der in kooperativen FuI-Projekten und mithin am Transfer beteiligten nicht-wissenschaftlichen Akteure explizit zu machen und an die Forschung zu vermitteln, um so den Anwendungsbezug, die praktische Umsetzbarkeit und letztlich die transformative Bedeutung der Forschung zu stärken. Im CoCo-Projekt wird zudem mit Blick auf die Akteurskonstellationen in den ReKodA berücksichtigt, dass der Wissenstransfer zwischen einer Mehrzahl an Akteuren aus unterschiedlichen Bereichen stattfindet, darunter Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, Unternehmen, mit und in denen innovative Arbeitsgestaltungen entwickelt und umgesetzt werden, auf Technologieentwicklungen spezialisierte Einrichtungen und Unternehmen, Beratungsbüros und -agenturen sowie (Weiter-)Bildungseinrichtungen.

Daher werden in CoCo vor allem aktuell diskutierte, systemische Modelle des Wissenstransfers relevant. Sie betonen, so Ghadiri-Mohajerzad und Schrader (2024, S. 26), die multidirektionale, „interaktionsorientierte Kommunikation zwischen Praxis, Politik und Wissenschaft“, dies „über verschiedene Phasen des Prozesses der Wissensproduktion, -verbreitung und -nutzung“ hinweg, wobei hierdurch wiederum „Veränderungen und Anpassungen im Wissensbestand“ erreicht werden. Der Wissenstransfer gerät somit auch als ein spezifischer Kontext der kooperativen und ko-konstruktiven Wissensproduktion in den Blick.

Für die Moderation des Wissenstransfers im CoCo-Kontext bedeutet dies, unterschiedliche Akteursperspektiven auf die zu transferierenden Wissensinhalte und -formen (z. B. wissenschaftliches Wissen, Erfahrungs-, Anwendungs-, Kontextwissen usw.) in Rechnung zu stellen und dabei überholte wertende Vorstellungen etwa über ein Wissensgefälle zwischen Forschung und Praxis *ad acta* zu legen. Zudem wird es wichtig, die am Transfer beteiligten Akteure als Mitwirkende im Transferprozess anzusprechen, d. h. starre Rollenzuschreibungen der Akteure als Anbieter und/oder Abnehmer von Transferleistungen aufzubrechen. Unterstützt und gefördert werden kann

und sollte dies durch eine Kultur der gegenseitigen Wertschätzung der Akteure als Expert*innen für ihren jeweiligen Forschungs- oder Praxis- oder auch intermediären Handlungskontext. Diese wird im CoCo-Kontext vor allem auch durch partizipativ angelegte Online- und Präsenz-Netzwerkveranstaltungen mit den ReKodA und ihren Mitgliedern zu entwickelt und gefestigt.

3. Angebote und Nutzenaspekte der CoCo-Plattform

Die CoCo-Plattform zielt auf die Unterstützung eines partizipativen und kooperativen des Wissenstransfers zwischen den ReKodA und ihren Mitgliedern sowie weiteren Akteuren – dies mit der strategischen Ausrichtung auf die Förderung der inter- und transdisziplinären FuI-Arbeit für eine zukunftsorientierte Arbeitsgestaltung.[2] Die Plattform basiert auf der HumHub-Software[3] und ist vornehmlich als Vernetzungs-, Kommunikations- und Kollaborationsplattform angelegt. Im CoCo-Projekt werden zudem inhaltsbezogene Funktionen auf Basis von Inveniosoftware[4] aufgebaut, die in die Plattform eingebunden werden, darunter eine Publikationssammlung sowie eine redaktionell betreute, partizipativ zu erweiternde Sammlung von Praxisbeispielen aus FuI-Projekten. So bietet die CoCo-Plattform zwar auch eine Datenbankfunktion, die den linearen Transfer von Informationen bzw. kodifiziertem Wissen unterstützt. Die Besonderheit der CoCo-Plattform besteht jedoch darin, dass sie einen funktional vorstrukturierten Möglichkeitsraum bereitstellt, der die Nutzer*innen als aktiv Mitwirkende in einem dynamisch wachsenden Wissensnetzwerk bzw. Ökosystem der Arbeitsforschung (Braun 2023) anspricht. Damit realisiert die CoCo-Plattform die vor allem im bildungswissenschaftlichen Kontext formulierten Anforderungen zur Unterstützung des User Engagement (Rickinson et al. 2011) im Wissenstransfer und bei der Entwicklung von Wissensnetzwerken (Campbell et al. 2017). An drei, hier exemplarisch herausgestellten, Funktionen zeigt sich dies deutlich.

Zunächst bietet die Plattform den registrierten Nutzer*innen die Möglichkeit, ein jeweils eigenes *Profil* anzulegen, das im Mitgliederverzeichnis erscheint. Neben formalen Angaben, wie Klarname, Organisationszugehörigkeit, Beruf und Kontaktadresse, können die Mitglieder in einem Freitextfeld eine persönliche Profilbeschreibung etwa zu Arbeits- und Forschungsschwerpunkten anlegen. Der Nutzenaspekt dieser Funktion besteht vor allem in der Ent-Anonymisierung der digitalen Präsenz und Kommunikation. So werden konkrete kommunikative Adressierungen, tatsächliche soziale Vernetzungen und interaktive Aktivitäten (z. B. Posts, Kommentare, News usw.) zwischen den Mitgliedern ermöglicht, die bestenfalls auch über den digitalen Raum hinaus in konkrete Kooperationen münden können.

Nicht nur, doch vor allem für Projekte, Gruppen, Organisationen, Netzwerke usw. bietet die Plattform die Möglichkeit, eigene *Spaces,* d.h. digitale Räume einschließlich von wählbaren Zugangsberechtigungen anzulegen und diese inhaltlich auszugestalten. Mit den Spaces werden so gleichzeitig die inhaltliche Struktur der Plattform generiert und verschiedene Modi der sozialen Vernetzung und Einbindung der Nutzer*innen ausgeprägt. Ein damit verbundener Nutzenaspekt ist zweifellos die dynamische Entwicklungsfähigkeit der Plattformstruktur und mithin des Wissenstransfers.

[2] Die strategischen Bezugspunkte hierfür sind im Projekt gemeinsam mit den ReKoDa erarbeitet und formuliert worden, siehe: https://www.coco-projekt.de/forschungs-und-innovationsarbeit-2030/ (Letzter Aufruf: 31.01.2025)
[3] Weitere Informationen siehe: https://www.humhub.com/de/ (Letzter Aufruf: 31.01.2025)
[4] Weitere Informationen siehe: https://inveniosoftware.org (Letzter Aufruf: 31.01.2025)

D. h. mit der Zunahme der Mitgliederzahl ist eine steigende Zahl von Spaces zu erwarten, wobei Nutzer*innen diese durch eine, seitens CoCo bearbeitete und strukturgebende Menüsteuerung gezielt suchen und aufrufen können. Ein weiterer Nutzenaspekt besteht in der Möglichkeit, einen geschützten digitalen Raum im Sinne eines Co-Working Space mit einer festgelegten Gruppe von Mitgliedern zu gestalten. Dies kann eine intensivere Zusammenarbeit befördern. Darauf weisen zum einen Untersuchungen zur Förderung sozialer Eingebundenheit aus dem Hochschulbereich hin (Merz et al. 2024) hin und dies belegen auch die Ergebnisse einer in CoCo im Herbst 2024 durchgeführten User Experience-Studie.

Für die ReKodA wie auch für FuI-Projekte und Netzwerke im weiteren Bereich der Arbeitsforschung wird zudem die Möglichkeit eröffnet, autorisierte eigene gelungene *Praxisbeispiele* anhand eines Redaktionsleitfadens strukturiert und – bislang – mit individueller Unterstützung durch CoCo vorzustellen (Keller et al. 2024). Die Bedeutung dieser Funktion besteht vor allem auch darin, den nicht-wissenschaftlichen und wissenschaftlichen Mitgliedern der Plattform Einblicke in innovative Arbeitsgestaltungen zu ermöglichen, transferierbare Lösungen für die eigene Praxis zu entdecken und neue Forschungsgegenstände zu erschließen. Die digitale Präsentation der Beispiele umfasst daher auch Links zu weiterführenden Beiträgen, (z.B. YouTube-)Videos usw. sowie Zusatzinformationen, die zur Kontaktaufnahme und bestenfalls zur möglichen Kooperation über den digitalen Raum hinaus führen können.

Die Nutzenaspekte der hier nur exemplarisch genannten Angebote der CoCo-Plattform lassen sich kurz und knapp wie folgt zusammenfassen: Geboten wird a) ein niedrigschwelliger Zugang zu einem Netzwerk von identifizierbaren und ansprechbaren Akteuren, d. h. individuellen Forscher*innen, Projekten, gruppen, Organisationen usw., die sich im Bereich der FuI-Arbeit für die Arbeit der Zukunft engagieren, b) themenbezogene Austauschmöglichkeiten in unterschiedlichen Spaces und Akteurskonstellationen, c) die Nutzung von Transferangeboten, von wissenschaftlichen Publikationen bis hin zu innovativen Praxisbeispielen, die auch praktisches Erfahrungswissen und Know-how vermitteln, d) die zeitnahe Weitergabe und Information etwa über relevante Veranstaltungen bis hin zu Lerngelegenheiten im thematischen Kontext „Zukunft der Arbeit“.

4. Methodisches Vorgehen und Herausforderungen

Bei der Entwicklung der CoCo-Plattform wurde eine partizipative Vorgehensweise gewählt – dies auch inspiriert vom Ansatz des Reallabors bzw. Living Lab (Baran & Berkowicz 2021). Hierzu wurde und wird auf der Website des Projekts dazu eingeladen, die CoCo-Plattform zu testen. Zudem ist die Partizipation der ReKoda formal verankert. So wurden mit Akteuren der ReKodA Workshops, Befragungen und, zuletzt im Herbst 2024, eine umfangreichere Nutzungs- bzw. User Experience-Studie durchgeführt.

Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse zusammenfassend vorgestellt, die sich auf die in Kapitel 3 genannten Angebote und die Umsetzung des systemischen Verständnisses von Wissenstransfer beziehen. Sie geben Aufschluss über Herausforderungen für die weitere Entwicklung und Moderation der CoCo-Plattform.

Beteiligungsstrukturen: Zwar werden auf der Plattform alle Akteure der vernetzten FuI-Arbeit angesprochen. Jedoch lassen sich akteursgruppenbezogene Unterschiede im kommunikativen Engagement auf der Plattform beobachten. So engagieren sich gegenwärtig vor allem Forschende und Koordinierende aus den ReKodA, wohingegen

Akteure aus der betrieblichen Praxis deutlich weniger vertreten sind. Dies erklärt sich zwar noch aus dem Forschungs- und Entwicklungskontext und aus der Nutzung der Plattform als Informations- und Austauschkanal zwischen dem CoCo-Projekt und den ReKodA heraus. Jedoch zeichnet sich die spezifische Herausforderung ab, einen multidirektionalen Wissenstransfer zwischen den verschiedenen Akteursgruppen der FuI-Arbeit für die Arbeit und Zukunft zu ermöglichen. Einen Ansatzpunkt bildet dabei das Framing der Plattform, d. h. die Einbettung des Engagements auf der Plattform in einen anschlussfähigen und attraktiven Deutungsrahmen bzw. in ein Narrativ, mit dem die verschiedenen Akteursgruppen angesprochen und zur Beteiligung motiviert werden.

Profile: Die Möglichkeit, ein eigenes Profil anzulegen, wird von den Nutzer*innen der Plattform bislang unterschiedlich wahrgenommen. Dies betrifft insbesondere die Nutzung des Freitextfeldes. Hier zeigt sich die Herausforderung, die Relevanz des Plattform-Profils noch stärker zu verdeutlichen, so vor allem als gewisse Steuerungsmöglichkeit der eigenen Adressierbarkeit und Ansprechbarkeit im Wissenstransfer zur FuI-Arbeit sowie als Beitrag zu einer kollegial geprägten, kooperationsförderlichen plattformspezifischen Kommunikationskultur.

Spaces: Während einige Themen-Spaces eine inhaltliche Rahmung und Ausrichtung für die Kommunikation vorgeben, wird beispielsweise in einigen ReKodA-Spaces die Information über Aktivitäten und Leistungen betont. Einige Spaces erscheinen hingegen (noch) eher als Platzhalter für zukünftige Informations- und Kommunikationsmöglichkeiten. Hieran zeigt sich, dass die erwünschte Strukturierung der Plattform durch Spaces sowie die ebenfalls erwünschte Diversität der Spaces zwar angenommen wird. Jedoch besteht auch angesichts der unterschiedlichen Besucher- und Mitgliederzahlen der Spaces eine Herausforderung darin, die Ausgestaltung die Spaces durch ihre jeweiligen „Besitzer“ stärker zu begleiten, um die darin liegenden Transfer- und Partizipationsmöglichkeiten besser auszuschöpfen.

Praxisbeispiele: Zur Darstellung und Suche von Praxisbeispielen wurde im CoCoprojekt eine Unterscheidung nach unternehmerischen Herausforderungen und arbeitswissenschaftlichen Themen vorgenommen, womit die verschiedenen Perspektiven von Praxis und Forschung im Wissenstransfer explizite Berücksichtigung finden. Zwar wird den Praxisbeispielen von den Nutzer*innen eine hohe Relevanz für den Wissenstransfer und -austausch zwischen Praxis und Forschung zugesprochen. Jedoch scheint diese Zuschreibung bislang vor allem aus der Perspektive der Rezeption im Vordergrund zu stehen. Die Bereitschaft, eigene Beispiele einzubringen, ist bislang eher moderat ausgeprägt. Zuzugestehen ist, dass der Vermittlungs- und Übersetzungsprozess hin zu einem abrufbaren Praxisbeispiel auf der Plattform bislang noch vergleichsweise aufwendig ist. Ebenso sind viele FuI-Projekte in den ReKodA noch nicht abgeschlossen und somit noch nicht in wünschenswerter Form darstellungsfähig. Doch wird das aktive Transferverhalten offenbar auch durch andere Faktoren, so etwa den Urheber- und Datenschutz oder die Konkurrenzsituation der beteiligten Unternehmen betreffend, begrenzt. Gerade hier zeichnet sich neben der Optimierungsnotwendigkeit im Sinne der Usability auch die Herausforderung ab, die Akteursrolle der Beteiligten im Transfer zu stärken und hierzu Maßnahmen zur Vertrauensförderung und zum Abbau von Beteiligungsunsicherheiten umzusetzen.

5. Ausblick

Wie sich die CoCo-Plattform als digitaler Raum für den Wissenstransfer in der vernetzten inter- und transdisziplinären FuI-Arbeit für eine zukunftsorientierte Arbeitsgestaltung einmal platzieren wird, ist derzeit nicht absehbar. Wünschenswert wäre es, wenn der Möglichkeitsraum, der mit der Plattform geschaffen wird, in und von den relevanten Akteursgruppen breit angenommen, belebt und dynamisch weiter entwickelt wird. Der Workshop mit dem gleichnamigen Titel dieses Beitrags auf dem GfA-Frühjahrskongress 2025 eröffnet daher eine besondere Gelegenheit für Interessierte, aktuelle und potenzielle Nutzer*innen, die Anschlussfähigkeit, Nützlichkeit und Integrierbarkeit der CoCo-Plattform in ihre jeweilige Forschungs- und Innovationspraxis zu erfahren und perspektivisch auszuloten.

6. Literatur

Schuster J, Hugo J, Bremm N, Kolleck N, Zala-Mesö E (Hrsg.) (2024) Wissensproduktion, Wissensmobilisierung und Wissenstransfer. Chancen und Grenzen der Entwicklung von Wissenschaft und Praxis. Verlag Barbara Budrich.

Ghadiri-Mohajerzad H, Schrader J (2024) Wissenstransfer im Bildungsbereich. Konzepte, Erfahrungen und Perspektiven. Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-45460-9.

Borowski E., Cernavin O., Hees F., Joerißen T. (Hrsg.) (2023). Erfolgreicher Transfer in der Arbeitsgestaltung – wie Dienstleistungen zur präventiven Arbeitsgestaltung und Ergebnisse der Arbeitsforschung die Akteure in den Unternehmen wirkungsvoll erreichen. Waxmann.

Braun M (2023) Wissenstransfer durch plattformgestützte Vernetzung – Impulse des Projekts CoCo für die Arbeitsforschung. In: Borowski E, Cernavin O, Hees F, Joerißen T. (Hrsg.). Erfolgreicher Transfer in der Arbeitsgestaltung – wie Dienstleistungen zur präventiven Arbeitsgestaltung und Ergebnisse der Arbeitsforschung die Akteure in den Unternehmen wirkungsvoll erreichen. Waxmann, 83-102.

Bernhard-Skala C., Sonnenmoser A., Tombeil AS (2024) Digitale Plattformen als Enabler für hybriden Wissenstransfer. Das Entwicklungsprojekt Connect & Collect als Beispiel aus der Arbeitsforschung. In Schuster J, Hugo J, Bremm N, Kolleck N, Zala-Mesö E (Hrsg.) (2024) Wissensproduktion, Wissensmobilisierung und Wissenstransfer. Chancen und Grenzen der Entwicklung von Wissenschaft und Praxis. Verlag Barbara Budrich, 143-157.

Gonser M, Zimmer K (2024). Kompetenzen für den Transfer zwischen Wissenschaft und Praxis – Vorschlag einer Systematisierung. In Schuster J, Hugo J, Bremm N, Kolleck N, Zala-Mesö E (Hrsg.) (2024) Wissensproduktion, Wissensmobilisierung und Wissenstransfer. Chancen und Grenzen der Entwicklung von Wissenschaft und Praxis. Verlag Barbara Budrich, 13-26.

Rickinson M, Sebba J, Edwards A (2011) Improving Research through User Engagement. Routledge

Campbell C, Pollock K, Briscoe P, Carr-Harris S, Tuters S (2017) Developing a knowledge network for applied education research to mobilise evidence in and for educational practice. Educational Research 59: 209-227. DOI: 10.1080/00131881.2017.1310364.

Keller, A., Selinski, A., Vuong, C., Haase, T. (2024). Stakeholderspezifische Zugänge zu arbeitsgestalterischen Inhalten – technisch-didaktische Konzeption und erste Ergebnisse. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.): Arbeitswissenschaft in-the-loop: Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung. 70. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V, Stuttgart 06.03. - 08.03.2024. St. Augustin: GfA-Press, I.1.3 URL: https://www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de/publikationen_gfa-press-tagungsband.htm.

Merz N, Rack O Schlatter M (2024). Erhöhung sozialer Eingebundenheit in digitalen Lernsettings – Reicht die Einführung einer digitalen Lernplattform aus? Zeitschrift für Hochschulentwicklung 19, 205–228. https://doi.org/10.21240/zfhe/19-2/10.

Baran G, Berkowicz, A (2021) Digital Platform Ecosystems as Living Labs for Sustainable Entrepreneurship and Innovation: A Conceptual Model Proposal. Sustainability, 13: 6494. https:// doi.org/ 10.3390/su13116494.

GefVA – Eine Hilfestellung zur Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung hinsichtlich Ganzkörper-Vibrationen

Christian FREITAG[1], Nick KLEINEWALTER[1], Detlef SAYN[1], Sarah THELEN[2], Patrick HILLMANN[1], Moritz SCHNEIDER[1]

[1] Institut für Arbeitsschutz, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V., Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin
[2] Hauptabteilung IT und Digitalisierung (ITD) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e. V. (DGUV), Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

Kurzfassung: Die GefVA-WebApp zur Bestimmung möglicher Gefahren durch Ganzkörpervibrationen am Arbeitsplatz wurde als intuitives und reaktionsfähiges Werkzeug speziell für Fahrzeugführende in allen Branchen, ihre Vorgesetzten und Betriebsärztinnen und -ärzte entwickelt. Diese innovative Anwendung ermöglicht es den Nutzenden, die durch ihre Arbeit verursachte Schwingungsbelastung auf den Körper zu quantifizieren. Die bis zum jetzigen Zeitpunkt verfügbaren Hilfsmittel des Referats Vibration zur Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung beinhalten keine Schwingungsbelastungsdaten für einzelne Betriebszustände. Daher mussten diese Daten für eine Bewertung von den UV-Trägern beim Referat Vibration des IFA angefordert werden. Die GefVA-WebApp löst das Problem, indem sie eine integrierte anonymisierte Datenbank enthält, die den Bedarf an solchen Anfragen reduzieren wird. Nach der fachlichen Entwicklung der Web-App im Jahr 2024 wird die GefVA-WebApp nach einer erfolgreichen Testphase im Jahr 2025 veröffentlicht werden.

Schlüsselwörter: Vibrationen, Gefährdungsbeurteilung, Ganzkörper-Vibrationen, GefVA-WebApp

1. Einleitung

Bei der Fahrt eines Gabelstaplers, einer Erdbaumaschine oder eines Lastkraftwagens wirken aufgrund der Überfahrt über einen unebenen Fahrbahnuntergrund Ganzkörper-Vibrationen (GKV) auf die Nutzerin und den Nutzer des Fahrzeugs. Diese Schwingungen werden größtenteils über den Schwingsitz in das Gesäß eingeleitet und können bei zu hoher Intensität und Einwirkungsdauer die Lendenwirbelsäule dauerhaft schädigen.

Die Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung für einen vibrationsexponierten Arbeitsplatz stellt viele Betriebsärzte, Sicherheitsfachkräfte und Vorgesetzte vor eine anspruchsvolle Aufgabe. Für eine Beurteilung möglicher Gefahren durch Ganzkörper-Vibrationen an einem betrieblichen Arbeitsplatz fehlen oft repräsentative Schwingungsbelastungswerte, die neben der Einwirkungsdauer die Grundlage für eine Bewertung bilden. Die Ermittlung der Einwirkungsdauer kann von dem Nutzenden des Fahrzeugs selbst sowie von der beurteilenden Person mit Hilfe eines Zeitmesssystems erfasst werden. Schwingungsbelastungswerte sind jedoch nur in den seltensten Fällen

in der dem Fahrzeug zugehörigen Bedienungsanleitung aufgeführt. Verfügbare Datenbanken, die repräsentative Schwingungsbelastungsdaten für eine Vielzahl von Fahrzeugen bereitstellen und die Belastungen auf den Nutzenden in Abhängigkeit von verschiedensten Kategorien wie dem Fahrzeuguntergrund und fahrzeugspezifischen Merkmalen beinhalten, sind national sowie international nicht frei verfügbar.

2. Gesetzliche Vorgaben zum Schutz der Beschäftigten

Der Arbeitgeber hat im Rahmen der Beurteilung der Arbeitsbedingungen nach § 5 des Arbeitsschutzgesetzes festzustellen, inwiefern die Beschäftigten während ihrer Arbeit Gefährdungen ausgesetzt sind. Je nach Art der Tätigkeit hat der Arbeitgeber die Beurteilung vorzunehmen. (LärmVibrationsArbSchV 2007)

Neben der Gestaltung und der Einrichtung der Arbeitsstätte und des Arbeitsplatzes können sich Gefahren durch physikalische Einwirkungen ergeben, die beispielsweise durch die Bedienung von Fahrzeugen und Arbeitsmaschinen entstehen und in Form von Ganzkörper-Vibrationen auf den menschlichen Körper einwirken (ArbSchG 2024).

Dazu hat der Arbeitgeber die Vibrationsexpositionen am Arbeitsplatz zu ermitteln und nach den Vorgaben der Technischen Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (BMAS 2015) zu beurteilen. Der beurteilungsrelevante Kennwert ist der Tages-Vibrationsexpositionswert $A(8)$, der insbesondere durch die Intensität der Schwingungsbelastung und die Einwirkungsdauer beeinflusst wird. Die folgende schematische Darstellung zeigt neben den Auslöse- und Expositionsgrenzwerten die bei einer Erreichung der Werte verbundenen Forderungen (siehe Abbildung 1).

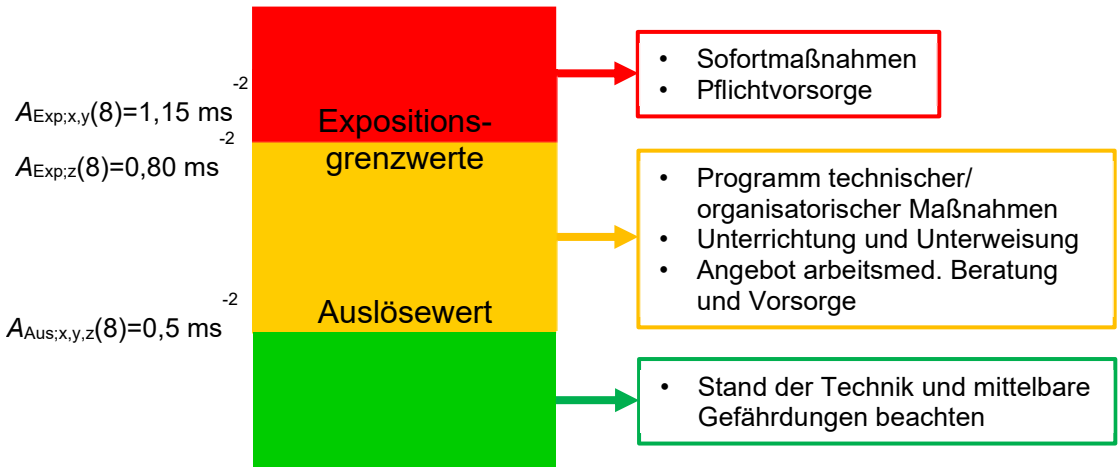


***Abbildung 1**: Schematische Darstellung der Auslöse- und Expositionsgrenzwerte und die damit verbundenen Forderungen in Anlehnung an die TRLV Teil 1 (BMAS 2015).*

3. Umsetzung in der GefVA-WebApp

Die GefVA-WebApp zur Bestimmung möglicher Gefahren durch Ganzkörper-Vibrationen am Arbeitsplatz wurde als innovative Anwendung von der Fachseite des Bereichs Vibration sowie einem hauseigenen Entwicklerteam des IFA umgesetzt, um die verursachte Schwingungsbelastung auf den Körper des Nutzenden durch die individuelle Tätigkeit zu quantifizieren.

Intuitiv haben die Nutzerin und der Nutzer die Möglichkeit aus einer integrierten Datenbank Fahrzeuge auszuwählen, die bei der täglichen Arbeit im Betrieb bewegt werden. Passend dazu wird von der beurteilenden Person für jedes Fahrzeug die dazugehörige Einwirkungsdauer hinterlegt und der Tages-Vibrationsexpositionswert *A*(8) berechnet. Die nachfolgende Ansicht zeigt einen Bildausschnitt nach der zuvor getätigten Fahrzeugauswahl aus der Datenbank der GefVA-WebApp (siehe Abbildung 2).

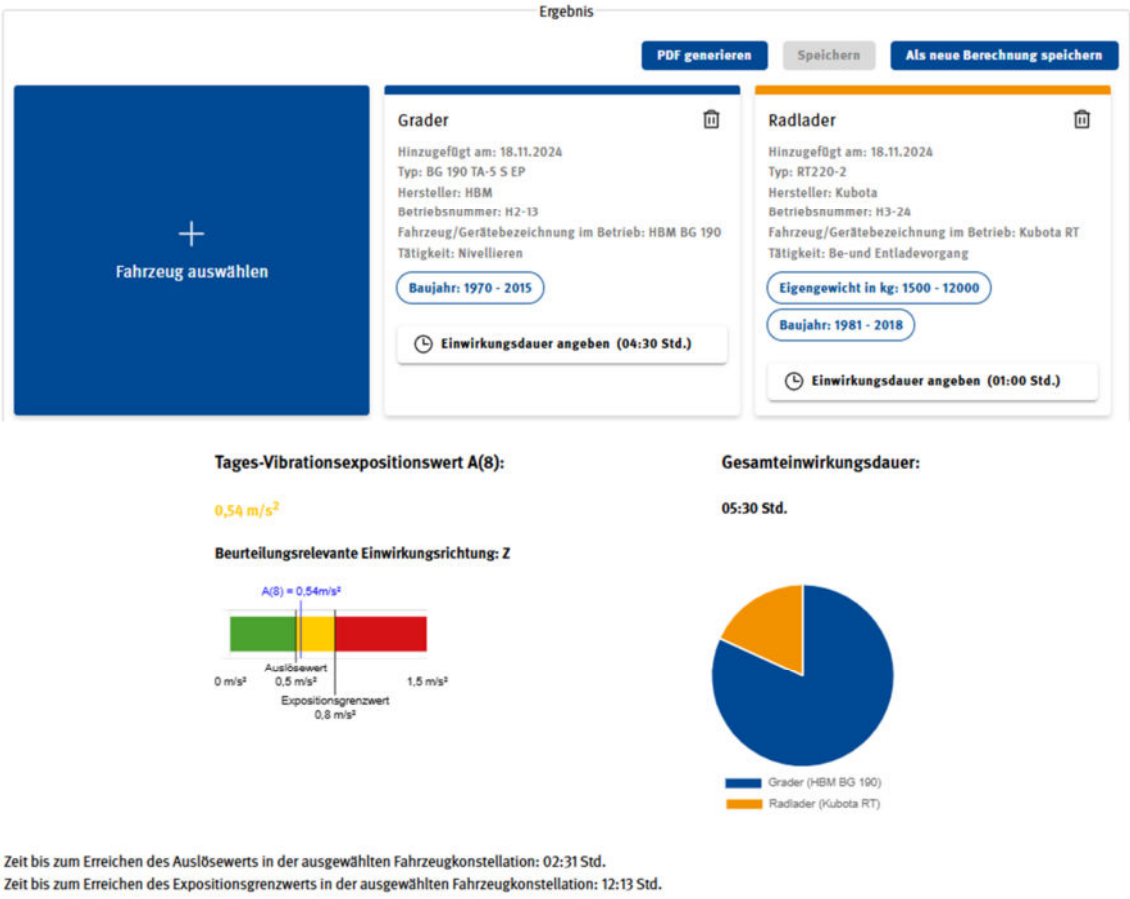


***Abbildung 2**: Darstellung der gewählten Fahrzeuge und Ergebnisansicht der Beurteilung.*

Es ist nicht ungewöhnlich, wenn die Tätigkeit des zu beurteilenden Arbeitsplatzes aus der Nutzung mehrerer Fahrzeuge besteht. Wie in Abbildung 2 ersichtlich werden die aus der Datenbank ausgewählten repräsentativen Vergleichsfahrzeuge (Grader, Radlader) mit den im Betrieb genutzten Fahrzeugen verglichen und die fahrzeugspezifischen Eigenschaften sowie die Tätigkeiten dokumentiert. Die für die Beurteilung relevante Einwirkungsdauer wird ebenfalls eingegeben.

In diesem Beispiel ergibt sich ein Tages-Vibrationsexpositionswert *A*(8)=0,54m/s², welcher oberhalb des Auslösewertes liegt. Folglich besteht Handlungsbedarf und für den Arbeitsplatz ist ein Plan technischer und organisatorischer Maßnahmen nach dem Stand der Technik zu erarbeiten und umzusetzen. Die Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung umfasst die Angabe der zu ergreifenden Schutzmaßnahmen sowie Fristen und Verantwortliche für deren Umsetzung. Die Festlegung konkreter Arbeitsschutzmaßnahmen ist mit der Überprüfung der Wirksamkeit und der regelmäßigen Fortschreibung der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung verbunden (BMAS 2015).

Die aus der Beurteilung resultierenden Handlungshinweise und Maßnahmen zur Vermeidung und Verringerung der Exposition durch Vibrationen nach den Technischen Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (TRLV) sowie der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) selbst, sind in einem Ausgabedokument integriert und bieten dem Nutzenden einen Überblick über die erstellte Gefährdungsbeurteilung.

4. Schlussbetrachtung

Die GefVA-WebApp ist ein intuitives und reaktionsfähiges Werkzeug, welches Arbeitgebern, Vorgesetzen, Betriebsärzten, Arbeitsmedizinern, Sicherheitsfachkräften und der nutzenden Person des Fahrzeugs selbst eine Möglichkeit zur Beurteilung eventueller Gefahren durch Ganzkörpervibrationen bietet. Die GefVA-WebApp erleichtert durch die einfache Menüführung und die hinterlegte Datenbank die Erstellung der Gefährdungsbeurteilung und fasst die aus der Beurteilung resultierenden Handlungshinweise und Maßnahmen generiert in einem Ausgabedokument zusammen.

5. Literatur

Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung vom 6. März 2007 (BGBl. I S. 261), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 21. Juli 2021 (BGBl. I S. 3115) geändert worden ist.

Arbeitsschutzgesetz vom 7. August 1996 (BGBl. I S. 1246), das zuletzt durch Artikel 32 des Gesetzes vom 15. Juli 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 236) geändert worden ist.

BMAS, Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2015) Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Gap-Analyse zur Koordination des Wissenstransfers in globalen Produktionsnetzwerken

Lukas HAUSER[1], Günter SCHUH[1,2], Seth SCHMITZ[1], Alexander SCHOLLEMANN[1]

[1] Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen University, Campus-Boulevard 30, D-52074 Aachen
[2] Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT, Steinbachstraße 17, D-52074 Aachen

Kurzfassung: Der Wissenstransfer (WT) ist ein zentraler Erfolgsfaktor für die Steuerung globaler Produktionsnetzwerke (GPNs), wobei aktuelle Trends neue Herausforderungen an GPNs stellen. Die daraus resultierenden Anforderungen (Anf.) an den WT in GPNs werden im vorliegenden Paper zunächst systematisch hergeleitet. Im Rahmen einer systematischen Literaturrecherche (SLR) werden bestehende Ansätze (Ans.) für den WT in GPNs identifiziert und bewertet, inwieweit die Anf. erfüllt werden. Das Paper schließt mit einer Analyse der Gaps zwischen neuen Anf. und den bestehenden (Ans.) sowie der Ableitung relevanter Forschungsfragen.

Schlüsselwörter: Globale Produktionsnetzwerke, Wissenstransfer, Gap-Analyse

1. Motivation

GPNs repräsentieren geografisch verteilte Produktionsstandorte (PS), die durch Material-, Informations- und Finanzflüsse miteinander verbunden sind (Lanza et al. 2019), wobei der Informationsfluss als wichtigster Fluss im Produktionsnetzwerk bezeichnet wird (Gupta & Govindarajan 1995). Gemäß der Wissenstreppe nach NORTH entsteht durch die Anwendung von Informationen Wissen (North 2021). Eine Hauptaufgabe von GPNs liegt darin, den WT zwischen den PS zu koordinieren (Friedli et al. 2013). Aktuelle Trends, wie beispielsweise die Digitalisierung, bewirken einen Veränderungsbedarf bei der Gestaltung und der Steuerung von GPNs (Lanza et al. 2019).

Das vorliegende Paper leitet systematisch die aus den Trends resultierenden Anf. an den WT in GPNs ab (Kapitel 2). Anschließend werden im Rahmen einer (SLR) bestehende Ans. identifiziert (Kapitel 3) und hinsichtlich der abgeleiteten Anf. Gaps analysiert (Kapitel 4). Abschließend fasst das Paper die Ergebnisse zusammen und leitet den weiteren Forschungsbedarf ab (Kapitel 5).

2. Grundlagen und neue Anforderungen des Wissenstransfers in GPNs

Die von LANZA ET AL. identifizierten Trends beziehen sich auf [a] Harmonisierung der Produktionsstrategie und der Netzwerkkonfiguration, [b] Resilienz des Fußabdrucks und [c] Digitalisierung (Lanza et al. 2019) und sind nach wie vor relevant (Martin et al. 2024). Im folgenden Kapitel werden die durch diese Trends entstehenden Anf. an den WT in GPNs abgeleitet.

Trend [a] bewirkt, dass die immateriellen Ressourcen der einzelnen PS analysiert

und für die Gestaltung der Netzwerkkonfiguration berücksichtigt werden müssen (Lanza et al. 2019). Immaterielle Ressourcen liegen dabei zum Großteil in Form von implizitem Wissen (IW) vor (Hall & Andriani 1998). IW bezeichnet erfahrungsbasiertes Handlungswissen, dessen Transfer schwieriger ist und an die persönlichen Erfahrungen einer Person gebunden ist (Polanyi 1962). In Bezug auf den WT bedeutet dies, dass sowohl die Identifikation als auch der Transfer von IW betrachtet werden müssen.

Trend [b] fordert eine schnelle Anpassungsfähigkeit der GPNs (Lanza et al. 2019). Eine von Unternehmen als notwendig erachtete Anpassung der GPNs betrifft Produktionsverlagerungen (Deloitte 2024) Produktionsverlagerungen beziehen sich auf die Verlagerung der Produktion oder von Produktionsanlagen von einem PS zu einem anderen PS. (Mette Praest Knudsen et al. 2014), wobei der WT erfolgsentscheidend ist (Mogos et al. 2019). Laut einer Umfrage aus 2023 mit 121 Teilnehmenden nannten ein Drittel der befragten Industrieunternehmen die Effizienz und das Kostenmanagement als zweitwichtigstes oder wichtigstes Kriterium für die Anpassung von GPNs (Sandau et al. 2023). Für den WT bedeutet dies, dass die Faktoren, welche die Dauer und die Kosten beeinflussen, klar identifiziert und quantifiziert werden müssen.

Trend [c] führt, bei einer Implementierung im GPN, zu einer effizienten und flexiblen Produktion. Entscheidend für ein erfolgreiches Ausrollen ist die Partizipation aller beteiligten PS. (Lanza et al. 2019) Dies bedeutet, dass die Diversität der PS berücksichtigt werden muss, wobei Generationsunterschiede ebenfalls einen Faktor der Diversität darstellen. So sind ein Viertel der Erwerbspersonen in Deutschland 55 Jahre oder älter und wird somit innerhalb der nächsten 15 Jahre in Rente gehen (Statistisches Bundesamt 2023). Für den WT stellt die Digitalisierung aller PS die Anf., dass die Diversität der PS identifiziert wird und Maßnahmen für den Transfer abgeleitet werden müssen.
Die abgeleiteten Anforderungen an den WT in GPNs und die Unterteilung in Teilkriterien zur Bestimmung des Erfüllungsgrads sind in Abbildung (Abb.) 1 dargestellt.

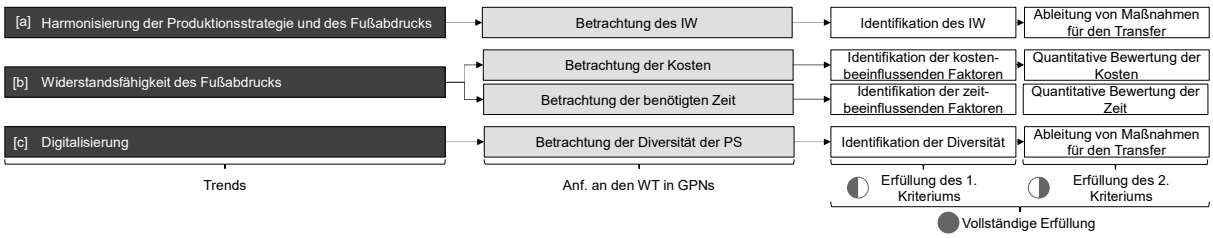


***Abbildung 1**: Anforderungen an den WT in GPNs.*

3. Vorgehen zur Identifikation bestehender Ansätze

Um einen Überblick über die vorhandenen Ans. zum WT in GPNs zu erhalten, wird eine SLR durchgeführt. Der Aufbau der SLR orientiert sich an dem Ans. nach Moher et al., welche den Prozess einer SLR in vier Phasen unterteilen (Abb. 2).

Im Zuge der ersten Phase wurden mit Hilfe des entwickelten Suchstrings alle relevanten Ans. für den WT in GPNs aus den Datenbanken Scopus, Web of Science und Springer Link identifiziert. Diese Datenbanken wurden ausgewählt, da sie zu den größten wissenschaftlichen Datenbanken für deutsch- oder englischsprachige Literatur zählen und mehrere Millionen Artikel enthalten (Martín-Martín et al. 2001). Darauffolgend wurden in der Screeningphase doppelte Einträge entfernt. In der dritten Phase wurde mit Hilfe von Filtern auf den Anwendungsbereich fokussiert, so dass nur Artikel

aus den Fachbereichen Technik und Wirtschaft berücksichtigt wurden. Anschließend wurden in der vierten Phase, der Eignungsprüfung, die verbleibenden Artikel manuell auf ihre Relevanz geprüft. Alle relevanten Artikel wurden abschließend in einem vorgesehenen Lösungsraum dokumentiert. (Moher et al. 2010) Von insgesamt 39.498 Artikeln wurden nach der Durchführung der vier Phasen der SLR 32 Artikel ermittelt, die thematisch zur Fragestellung der Recherche passen.

Sprache	Komponentenbegriff	Suchstring	Boolesche Operatoren
Englisch	Knowledge Transfer	(Knowledge and (Transfer or Management or Coordination))	AND
	Production Network	(Production* or Manufact*) and (Global or International) and (Network* or System*)	AND
	Methods	(Method* or Process* or Strateg* or Approach*)	AND
Deutsch	Wissenstransfer	("Wissenstransfer" OR "Wissensmanagement" OR "Wissenskoordination")	AND
	Produktionsnetzwerk	("Produktionsnetzwerk" OR "Fertigungsnetzwerk" OR "Produktionssysteme")	AND
	Ansätze	(Ansatz or Ansätze or Method*")	AND

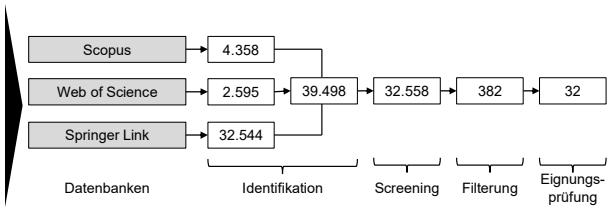


***Abbildung 2**: Suchstring der systematischen Literaturrecherche und identifizierte Literatur.*

4. Gap-Analyse bestehender Ansätze

Die identifizierten Ans. wurden basierend auf den in Kapitel 2 beschriebenen Anf. an den WT in GPNs bewertet. Entscheidend ist, ob geeignete Methoden oder Vorgehensweisen aufgezeigt werden. Die Ergebnisse sind in Abb. 3 dargestellt.

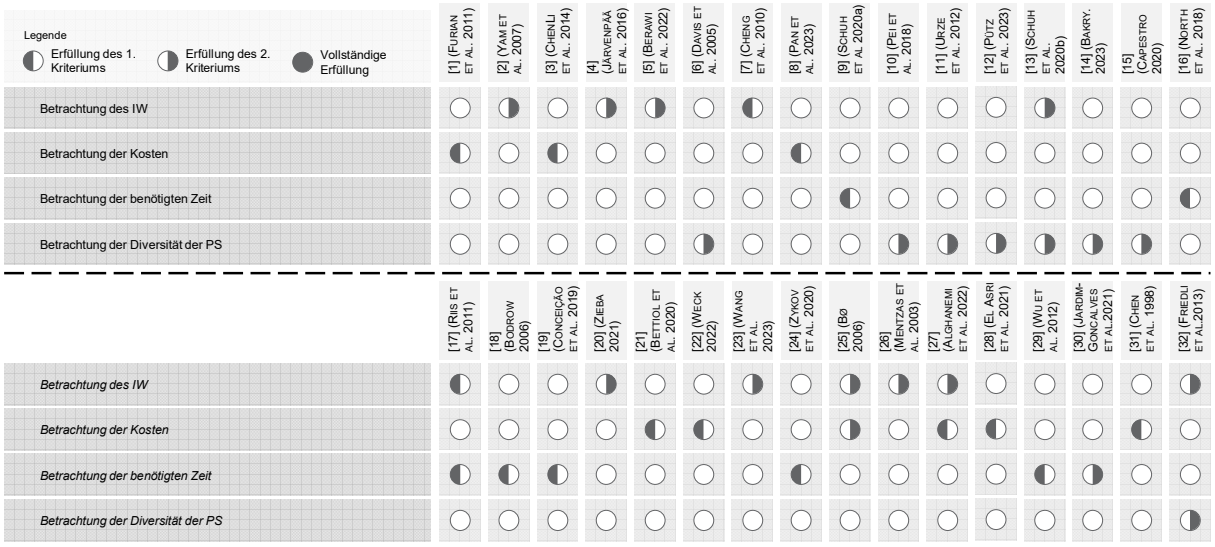


***Abbildung 3:** Bewertung der identifizierten Ansätze.*

Im Hinblick auf die Betrachtung des IW werden in [7] und [17] Methoden zur Identifizierung von IW beschrieben. In anderen Ans. werden Methoden zur Ableitung von geeigneten Maßnahmen für den Transfer von IW vorgestellt [5], [13], [20], [23]. Ein besonderer Fokus der Ans. liegt dabei auf neuen Möglichkeiten der künstlichen Intelligenz (KI) und Lösungen der Informationstechnologie (IT) [2], [25], [26], [27], [31], wobei von [4] angemerkt wird, dass soziotechnische Fragestellungen betrachtet werden müssen. Auch wenn kein Ans. die Anf., das IW im WT zu betrachten, vollständig erfüllt, kann durch eine Kombination der Ans. das IW im WT betrachtet werden, sodass diesbezüglich kein Gap vorhanden ist.

Die kostenbeeinflussenden Faktoren des WT werden in unterschiedlichen Ans. im Hinblick auf Einsparungspotenziale, beispielsweise durch den Einsatz von Lösungen

aus den Bereichen der IT und der KI [1], [3], [21], [23], [25], [27], [28], [31], sowie von Lean Management [8], betrachtet. Ein qualitativer Vergleich des Aufwands unterschiedlicher Medien für den WT wird in [9] vorgenommen. Da jedoch kein Ans. eine Methode zur quantitativen Bewertung der ökonomischen Aspekte des WT in GPNs aufzeigt, stellt dieser Aspekt einen Gap dar.

Für die Identifikation der Faktoren, welche die Dauer des WT beeinflussen, werden von [16] und [19] die Möglichkeiten von Simulationen und Workshops im Vorfeld des eigentlichen WT beschrieben. Zusätzlich liefern weitere Ans. Ablaufpläne als Hilfestellung für die Identifikation der Dauer des WT [17], [18], [24], [29]. Die Übertragung von Methoden aus der agilen Softwareentwicklung wird in [24] beschrieben, jedoch ohne Hinweise auf die genaue Dauer [24]. Die in allen Ans. fehlende quantitative Betrachtung der benötigten Zeit stellt einen Gap dar.

Hinsichtlich der Anf., die Diversität der PS zu betrachten, zeigen [13] und [14] Methoden zur Auswahl des richtigen Mediums in Abhängigkeit von der Beziehung der Akteure oder deren Sprachkenntnissen auf. Mögliche Maßnahmen für einen WT trotz kultureller Unterschiede werden in anderen Ans. aufgeführt [6], [10], [11], [14], [15], [30]. Zusätzlich nennt [12] einzelne Anf. der PS an den WT. Ein Gap der Ans. besteht jedoch in Bezug auf eine Methode zur Identifikation der durch die Diversität der PS resultierenden Anf. an den WT und der anschließenden Ableitung von Maßnahmen.

5. Zusammenfassung

Für die Steuerung von GPNs wird ein effektiver WT benötigt. In diesem Paper wurden neue Anf. hergeleitet, 32 bestehende Ans. identifiziert und deren Erfüllungsgrad bewertet. Abschließend wurden die vorhandenen Gaps analysiert.

Allgemein existieren zwischen den Anf. an den WT und den bestehenden Ans. Sowohl bei der Betrachtung der Kosten als auch bei der Betrachtung der benötigten Zeit Gaps. So werden in keinem Ans. Methoden zur Quantifizierung der Zeit oder der Kosten aufgezeigt. Zur Schließung dieser Gaps sollten zukünftige Forschungsarbeiten untersuchen, welche Methoden zur Berechnung immaterieller Ressourcen in anderen Forschungsgebieten vorhanden sind und in welcher Form diese für den WT im Kontext von GPNs angewendet werden können. Ein weiterer Gap besteht bei der Identifikation der einzelnen Aspekte der Diversität und deren Auswirkungen auf den WT in GPNs. Zukünftige Forschungsarbeiten sollten analysieren, welche Stakeholder am WT in GPNs beteiligt sind und auf welche Weise sich deren Diversität manifestiert. Ausgehend davon sollte deren Einfluss auf den WT bewertet werden.

6. Literatur

Alghanemi, J., Al Mubarak, M. (2022): The Role of Artificial Intelligence in Knowledge Management. In: Hamdan, A., Harraf, A., Arora, P., Alareeni, B., Khamis Hamdan, R. (Hg.): Future of Organizations and Work After the 4th Industrial Revolution: Studies in Computational Intelligence. Band 1037, S. 359–373. Cham: Springer International Publishing.

Bakry, F.M. (2023): Knowledge Management: Theoretical Considerations for High-Technology SMEs in Malaysia. In: Ismail, A., Nur Zulkipli, F., Jaafar, J., Öchsner, A. (Hg.): Industrial Revolution in Knowledge Management and Technology: SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology, S. 9–15. Cham: Springer Nature Switzerland.

Berawi, M.A., Woodhead, R.M. (2005): Application of knowledge management in production management. Hum. Factors Man. 15, 249–257.

Bettiol, M., Di Maria, E., Micelli, S. (2020): Industry 4.0 and Knowledge Management: An Introduction. In: Bettiol, M., Di Maria, E., Micelli, S. (Hg.): Knowledge Management and Industry 4.0: Knowledge Management and Organizational Learning. Band 9, S. 1–18. Cham: Springer International Publishing.

Bø, K. (2006): Knowledge Management for Process Planning. In: Wang, K., Kovacs, G.L., Wozny, M., Fang, M. (Hg.): Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management: IFIP International Federation for Information Processing. Band 207, S. 121–126. Boston, MA: Springer US.

Bodrow, W. (2006): Knowledge Management in Small and Medium-Sized Enterprises. In: Wang, K., Kovacs, G.L., Wozny, M., Fang, M. (Hg.): Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management: IFIP International Federation for Information Processing. Band 207, S. 41–53. Boston, MA: Springer US.

Chen, Y.-M., Liao, C.-C., Prasad, B. (1998): A Systematic Approach of Virtual Enterprising Through Knowledge Management Techniques. Concurrent Engineering 6, 225–244.

Cheng, Y., Skov Madsen, E., Liangsiri, J. (2010): Transferring knowledge in the relocation of manufacturing units. Strat Outs 3, 5–19.

ChenLi, W.L., Xie, S. (2014): Research and development of process knowledge management system in OKP company. Advances in Systems Science and Applications 14, 346–360.

Conceição, C., Broberg, O. (2019): Simulation in Diagnosing and Redesigning Knowledge Transfer Systems in the Offshore Oil Industry. In: Bagnara, S., Tartaglia, R., Albolino, S., Alexander, T., Fujita, Y. (Hg.): Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018): Advances in Intelligent Systems and Computing. Band 821, S. 457–465. Cham: Springer International Publishing.

Deloitte (2024): Lieferketten und Margen unter Druck - Technologie als Hoffnungsträger. Deloitte.

El Asri, H., Benhlima, L., Agnaou, A. (2021): Integrating Artificial Intelligence in Knowledge Management: A Primer. In: Saka, A., Choley, J.-Y., Louati, J., Chalh, Z., Barkallah, M., Alfidi, M., Amar, M.B., Chaari, F., Haddar, M. (Hg.): Advances in Integrated Design and Production: Lecture Notes in Mechanical Engineering, S. 516–526. Cham: Springer International Publishing.

Friedli, T., Thomas, S., Mundt, A. (2013): Management globaler Produktionsnetzwerke. Strategie, Konfiguration, Koordination. München: Hanser.

Furian, R., Lacroix, F. von, Stokic, D., Correia, A., Grama, C., Faltus, S., Maksimovic, M., Grote, K.-H., Beyer, C. (2013): Knowledge Management in Set Based Lean Product Development Process. In: Emmanouilidis, C., Taisch, M., Kiritsis, D. (Hg.): Advances in Production Management Systems. Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services: IFIP Advances in Information and Communication Technology, S. 368–375. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Gupta, A.K., Govindarajan, V. (1995): Organizing for Knowledge Flows within MNCs. International Business Review.

Hall, R., Andriani, P. (1998): Analysing intangible resources and managing knowledge in a supply chain context. European Management Journal 16, 685–697.

Jardim-Goncalves, R., Grilo, A., Popplewell, K. (2016): Novel strategies for global manufacturing systems interoperability. J Intell Manuf 27, 1–9.

Järvenpää, E., Kopra, M.-J., Lanz, M. (2016): Challenges of Knowledge and Information Management during New Product Introduction: Experiences from a Finnish Multinational Company. Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management 11, 285–308.

Lanza, G., Ferdows, K., Kara, S., Mourtzis, D., Schuh, G., Váncza, J., Wang, L., Wiendahl, H.-P. (2019): Global production networks: Design and operation. CIRP Annals - Manufacturing Technology 68, 823–841.

Martin, M., Höß, C.W., Buchholz, J., Steier, G., Benfer, M., Lanza, G. (2024): Standortstrategieentwicklung und Roadmapping in globalen Produktionsnetzwerken. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 119, 878–884.

Martín-Martín, A., Thelwall, M., Orduna-Malea, E., Lòpez-Còzar, E.D. (2001): Google Scholar, Microsoft Academic, Scopus, Dimensions, Web of Science, and OpenCitations' COCI: a multidisciplinary comparison of coverage via citations. Scientometrics.

Mentzas, G., Apostolou, D., Abecker, A., Young, R. (2003): Process and Product Approaches in Knowledge Management. In: Wu, X., Mentzas, G., Apostolou, D., Abecker, A., Young, R. (Hg.): Knowledge Asset Management: Advanced Information and Knowledge Processing, S. 1–18. London: Springer London.

Mette Praest Knudsen, Erik Skov Madsen, Steve Brown, and Steve Brown (2014): The managerial issues related to transferring shop floor knowledge in manufacturing relocation. International Journal of Operations & Production Management.

Mogos, M.F., Fredriksson, A., Alfnes, E. (2019): A production transfer procedure based on risk management principles. JGOSS 12, 103–150.
Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D.G., The PRISMA Groupf (2010): Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement.
North, K. (2021): Wissensorientierte Unternehmensführung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
North, K., Maier, R. (2018): Wissen 4.0 – Wissensmanagement im digitalen Wandel. HMD 55, 665–681.
Pan, J., Liu, S., Tuck, S., Ong, A. (2023): A Lean Knowledge Management Processes Framework for Improving the Performance of Manufacturing Supply Chain Decisions in an Uncertain World. In: Liu, S., Zaraté, P., Kamissoko, D., Linden, I., Papathanasiou, J. (Hg.): Decision Support Systems XIII. Decision Support Systems in An Uncertain World: The Contribution of Digital Twins: Lecture Notes in Business Information Processing. Band 474, S. 111–123. Cham: Springer Nature Switzerland.
Pei, X.-L., Man, X.-L., Tian, Y.-Z. (2018): A Study of Knowledge Management and Organizational Learning under Environmental Education. EURASIA J MATH SCI T 14.
Polanyi, M. (1962): Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy.
Pütz, S., Schollemann, A., Felter, A.L., Hajdari, M., Mertens, A., Schmitz, S., Schuh, G., Nitsch, V. (2023): Towards Human-Centered Best Practice Sharing in Global Production Networks for More Socially Sustainable Production Processes. In: 2023 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC).
Riis, J.O., Waehrens, B.V., Madsen, E.S. (2010): The Knowledge Dimension of Production Transfer. In: Vallespir, B., Alix, T. (Hrsg.): Advances in Production Management Systems. New Challenges, New Approaches: IFIP Advances in Information and Communication Technology. Band 338, S. 441–448. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
Sandau, J., Wächter, Y., Börsch, A., Ploner, F. (2023): Neue Risiken für die Lieferkette und den Standort Deutschland. supply Chain Puls Check.
Schuh, G., Gützlaff, A., Thomas, K., Rodemann, N., Rittstieg, I. (2020a): Choosing the Right Communication Medium for Knowledge Transfer in Global Production Networks. In: 2020 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), S. 59–63.
Schuh, G., Prote, J.-P., Gützlaff, A., Thomas, K., Volk, M.J. (2020b): Data-based identification of knowledge transfer needs in global production networks: Hannover : publish-Ing.
Statistisches Bundesamt (2023): Demografischer Wandel. URL: https://www.destatis.de/DE/Im-Fokus/Fachkraefte/Demografie/_inhalt.html (Aufruf am 23.12.2024).
Urze, P., Abreu, A. (2012): Knowledge Transfer Assessment in a Co-innovation Network. In: Camarinha-Matos, L.M., Xu, L., Afsarmanesh, H. (Hg.): Collaborative Networks in the Internet of Services, S. 605–615. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
Wang, H., Peng, G. (2023): Representation and Modeling of Knowledge for Collaborative Knowledge Management. In: Wang, H., Peng, G. (Hg.): Collaborative Knowledge Management Through Product Lifecycle, S. 65–122. Singapore: Springer Nature Singapore.
Weck, O.L. de (Hg.) (2022): Technology Roadmapping and Development. Cham: Springer International Publishing.
Wu, B., Chen, P. (2012): Learning Research in Knowledge Transfer. In: Hutchison, D., Kanade, T., Kittler, J., Kleinberg, J.M., Mattern, F., Mitchell, J.C., Naor, M., Nierstrasz, O., Pandu Rangan, C., Steffen, B., Sudan, M., Terzopoulos, D., Tygar, D., Vardi, M.Y., Weikum, G., Wang, F.L., Lei, J., Gong, Z., Luo, X. (Hg.): Web Information Systems and Mining: Lecture Notes in Computer Science. Band 7529, S. 67–72. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
Yam, A., Chan, M., Chung, W. (2007): Networked enterprise: A case study of implementing an information network system for global product development. Benchmarking: An International Journal 14, 369–386.
Zieba, M. (2021): Knowledge and Knowledge Management. In: Zieba, M. (Hg.): Understanding Knowledge-Intensive Business Services: Knowledge Management and Organizational Learning. Band 10, S. 1–19. Cham: Springer International Publishing.
Zykov, S.V., Singh, A. (2020): Agile Knowledge Management. In: Zykov, S.V., Singh, A. (Hg.): Agile Enterprise Engineering: Smart Application of Human Factors: Smart Innovation, Systems and Technologies. Band 175, S. 37–53. Cham: Springer International Publishing.

Danksagung: Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Rahmen des Forschungsprojekts „TrendAuto2030plus“.

Resonanz auf Knopfdruck? Resonanzerleben in betrieblichen Bildungssituationen im Zuge der Digitalisierung

Darlin-Laureen WACHSMUTH, Samira TERPOORTEN, Prof. Dr. Michael DICK

Lehrstuhl für Betriebspädagogik, Institut I: Bildung, Beruf und Medien,
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg,
Universitätsplatz 2, D-39106 Magdeburg

Kurzfassung: Dieser Beitrag thematisiert Resonanzerleben in digitalen betrieblichen Bildungssituationen. Basierend auf ethnografischen Studien in neun Organisationen werden im Projekt „ALL:konkret“ aktuell zentrale Faktoren identifiziert, die sowohl subjektive als auch organisationale Lern- und Entwicklungsprozesse durch die Förderung von Resonanzerleben in betrieblichen Bildungssituationen unterstützen. In diesem Rahmen beleuchtet der Beitrag die Rolle der Digitalisierung hinsichtlich des Resonanzerlebens in der Praxis.

Schlüsselwörter: Resonanz, Betriebliche Bildung, situiertes Lernen, Digitalisierung

1. Hinführung und Anlass

Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung verändern sich nicht nur Organisationsstrukturen, sondern auch die Betriebliche Bildung. Im BMBF-Projekt „ALL:konkret: Arbeitswelt als Kontext für lebensbegleitendes Lernen – Ethnografische Studien zu Akteuren, Agenden und Arenen“ werden betriebliche Bildungssituationen zur Analyse von Lern- und Entwicklungsprozessen in Organisationen fokussiert. Zu diesem Zweck werden zwei Verwaltungen und sieben Unternehmen fallübergreifend mithilfe der Grounded Theory untersucht, um die Förderung von Resonanzerleben (Rosa 2018) in betrieblichen Bildungssituationen zu analysieren. In diesem Rahmen diskutiert dieser Beitrag, welche Rolle die Digitalisierung diesbezüglich in der Praxis spielt. Dazu wird zunächst das eigene Verständnis von Resonanz und situiertem Lernen erläutert. Im Anschluss wird aufgezeigt, inwiefern sich die in der Praxis vorgefundenen betrieblichen Bildungssituationen voneinander hinsichtlich ihrer Digitalisierung unterscheiden. Darauf aufbauend wird das Resonanzerleben in digitalen betrieblichen Bildungssituationen anhand eines Fallbeispiels dargestellt, in dem im Erhebungszeitraum ausschließlich digitale Formate angeboten werden. Abschließend werden die Chancen und Risiken der Digitalisierung in diesem Kontext diskutiert.

2. Resonanz in betrieblichen Bildungssituationen

Dieses Kapitel skizziert das theoretische Begriffsverständnis von Resonanz und situiertem Lernen sowie deren Zusammenhang und Relevanz für die Praxis der Betrieblichen Bildung. Resonanzerleben ist entscheidend für gelingende betriebliche Bildungssituationen, da es die emotionale und kognitive Bindung der Beschäftigten an

Lern- und Entwicklungsprozesse fördert. Resonanz, verstanden als reziprokes Verhältnis zwischen Subjekt und Welt, stellt einen Gegenentwurf zur Entfremdung dar, indem sie ein Gefühl von Zugehörigkeit und Sinnhaftigkeit erzeugt (Rosa 2018). Gerade in Bildungskontexten ermöglicht Resonanzerleben den Aufbau eines persönlichen Bezugs zu den Inhalten, der Umgebung und den anderen Teilnehmer*innen. Dies fördert nicht nur die Motivation und die Aufmerksamkeit der Beschäftigten, sondern auch einen nachhaltigen Wissenstransfer in Organisationen.

Wienberg (2022) hat das Konzept von Resonanz für die Erwachsenenbildung anschlussfähig gemacht und den Weg für weitere Forschung zur Betrieblichen Bildung bereitet. Demnach kann die Wahrscheinlichkeit, dass Beschäftigte Resonanz in betrieblichen Bildungssituationen erleben, durch gezielte Gestaltung der Rahmenbedingungen gefördert werden (ebd., S. 238). Diese Möglichkeit der Einflussnahme ist von besonderer Bedeutung für die Betrieblichen Bildung, da sich Lern- und Entwicklungsprozesse in Organisationen vollziehen, die sowohl die Tätigkeit der Beschäftigten als auch die Strukturen der Organisation selbst betreffen. Resonanzerleben in betrieblichen Bildungssituationen unterstützt die Teilnehmer*innen dabei, Wissen aktiv durch soziale Interaktionen und die Reflexion von Erfahrungen zu (re)konstruieren. Darüber hinaus können „‘Störungen‘ in [...] Subjekt-Welt-Antwortbeziehungen“ bearbeitet werden (vgl. Wienberg 2022, S. 239), was nicht nur zur Vermittlung von Lerninhalten beiträgt, sondern auch die persönliche Entwicklung der Beschäftigten fördert.

In Anlehnung an Stein (1998) basiert unsere Auffassung des situierten Lernens auf der Annahme, dass Lernen und Entwicklung in Organisationen in sozialen und praxisorientierten Prozessen stattfinden. Stein unterscheidet dabei vier Elemente des situierten Lernens: „Inhalt“, „Kontext“, „Praxisgemeinschaft“ und „Partizipation“ (übers. ebd., S. 3–4 H.i.O.). Bisherige Analysen im Projekt zeigen, dass die Betriebliche Bildung eine Schlüsselrolle in Organisationen übernehmen kann, indem sie im Idealfall einen Ermöglichungsrahmen in betrieblichen Bildungssituationen schafft, um praktische Erfahrungen zu reflektieren und Veränderungen anzustoßen. Die Elemente des situierten Lernens bieten hierzu eine differenzierte Analyseperspektive. Resonanzerleben wird als Voraussetzung für diese Ermöglichungsräume betrachtet. Die Verbindung dieser beiden Konzepte kann somit Lern- und Entwicklungsprozesse in Organisationen nachhaltig fördern.

3. Einfluss der Digitalisierung auf das Resonanzerleben in betrieblichen Bildungssituationen

3.1 Digitalisierung in betrieblichen Bildungssituationen

Bei der Analyse des Datenmaterials stand zunächst die Frage im Vordergrund, welche konkreten betrieblichen Bildungssituationen wir in den Organisationen vorgefunden haben. Diese manifestieren sich in der Regel in Bildungsangeboten, die durch verschiedene Formate und Settings gestaltet werden. Ein besonders interessanter Aspekt ist der Einfluss der Digitalisierung auf diese Prozesse, insbesondere in Bezug auf das Resonanzerleben. Nachfolgend werden daher erste Analysetendenzen präsentiert, die aufzeigen sollen, welche Rolle die Digitalisierung in den betrieblichen Bildungssituationen der unterschiedlichen Organisationen spielt.

Die bisherige Datenanalyse zeigt, dass die meisten Organisationen aus dem Sample hinsichtlich ihrer Bildungsangebote ähnliche Strukturen aufweisen. Typischerweise

ist eine zentrale Bildungsabteilung vorhanden, die eng mit anderen Abteilungen kooperiert und die Professionalisierung ihrer Angebote anstrebt. Dabei werden digitale Elemente, wie etwa Blended-Learning-Konzepte (Sauter et al. 2004) und Learning Management Systeme, zunehmend in Formate und Settings integriert. Dennoch wird dem Austausch in Präsenz nach wie vor ein hoher Stellenwert beigemessen.

Anders verhält es sich bei zwei der untersuchten Organisationen. Diese Kontrastfälle tragen maßgeblich zur qualitativen Theorieentwicklung bei, indem sie eine differenziertere Betrachtung ermöglichen (vgl. Flick 2018, 83 ff.). So existiert als einziges bei einem Finanzdienstleistungs-Startup keine zentrale betriebliche Bildungsabteilung. Dennoch lassen sich konkrete Austauschformate identifizieren, die sich in den einzelnen Abteilungen etabliert haben (vgl. Dick et al. 2023, S. 468). Obwohl diese Formate zahlreiche digitale Elemente aufweisen, wird den Präsenztreffen nach wie vor eine hohe Bedeutung für den Austausch zugeschrieben, wie auch in den anderen Organisationen.

Ein weiteres Unternehmen aus dem Einzelhandel fokussiert sich hingegen ausschließlich auf digitale Formate, obwohl eine zentral etablierte betriebliche Bildungsabteilung vorhanden ist. Die Realisierung erfolgt mithilfe eines aufwändig konzipierten Learning Management Systems und Online-Meetings. Diese Entwicklung wurde durch die Anforderungen der COVID-19-Pandemie zum Zeitpunkt der Erhebung begünstigt. Zur Integration in die betriebliche Praxis werden standortgebundene Beauftragte eingesetzt, was teilweise auf eine dezentrale Organisationsstruktur zurückzuführen ist. In anderen Unternehmen wird die Praxisintegration beispielsweise durch die Einbindung interner Trainer*innen oder abteilungsinterner Formate realisiert.

Trotz der unterschiedlichen Ansätze zeigt sich, dass alle untersuchten Unternehmen einen hohen Wert auf die enge Verzahnung der Bildungsangebote mit der Praxis legen. Es fällt jedoch auf, dass das Einzelhandelsunternehmen als einzige Organisation ausschließlich auf digitale Formate setzt, obwohl der Grad an zentraler *und* dezentraler Verankerung von uns als hoch eingeschätzt wird. Die Existenz einer eigenständigen betrieblichen Bildungsabteilung scheint demnach hinsichtlich des Grades an Digitalisierung der Angebote keine Rolle zu spielen. Aus diesem Grund wird nachfolgend anhand dieses Fallbeispiels beleuchtet, welche Rolle die Digitalisierung für das Resonanzerleben in betrieblichen Bildungssituationen spielt.

3.2 Resonanzerleben in digitalen betrieblichen Bildungssituationen am Beispiel eines Einzelhandelsunternehmens

Im Einzelhandelsunternehmen zeigt sich der Einfluss der Digitalisierung auf das Resonanzerleben auf vielschichtige Weise. Ein wichtiger Vorteil der digitalen Bildung ist die zeitliche und räumliche Flexibilität, die den Beschäftigten geboten wird. Durch das Learning Management System können die Lernenden ihre Zeit selbstständig einteilen und standortübergreifend auf eine Vielzahl an Ressourcen zugreifen. Diese Flexibilität wird von vielen Mitarbeiter*innen in Umfragen neben einer generell hohen Akzeptanz positiv hervorgehoben. Zudem wird im Unternehmen darauf geachtet, die Ziele und Inhalte der Angebote – mit Unterstützung der standortgebundenen Lernbeauftragten und der dezentralen Abteilung – stets an individuelle Bedürfnisse und organisationale Veränderungen anzupassen. Dabei wird ein hoher Wert auf den aktiven Einbezug der Beschäftigten gelegt. Allerdings gehen damit auch Herausforderungen einher, wie die Einbettung der Nutzung in die Arbeitszeit. Zugleich wird mit einer zunehmenden Individualisierung der Fokus auf den sozialen Aspekt der An-

gebote verringert. Letzterem Aspekt wird im Unternehmen mithilfe von Online-Meetings und verschiedenen Austauschangeboten mit den Beauftragten und Trainer*innen entgegengewirkt.

Eine nähere Betrachtung der Online-Meetings, die zum Austausch gedacht sind, verdeutlicht die Relevanz nonverbaler Kommunikation. In Präsenzveranstaltungen stellen Mimik und Gestik einen zentralen Bestandteil der Interaktion dar und tragen maßgeblich zur sozialen Dynamik bei. Die Beobachtungen im Unternehmen zeigen, dass Online-Meetings häufig von „schwarzen Kacheln“ geprägt sind, wenn die Teilnehmer*innen selbst nicht sprechen. Im Vergleich zu Präsenzformaten in anderen Organisationen begünstigt dies keine lebhafte Interaktion in der Gruppe, sondern konzentriert sich vielmehr auf die einzelnen Sprecher*innen. Dies hemmt wiederum das Aufkommen einer dynamischen Diskussion.

Ähnlich verhält es sich mit der Einbindung praktischer Übungen. Die technische Struktur des Learning Management Systems mit ansprechend gestalteten Lernangeboten und der Möglichkeit, verschiedene digitale Tools einzusetzen, ermöglicht eine abwechslungsreiche und professionelle Informationsvermittlung. Gleichzeitig zeigt sich jedoch, dass die digitale Natur der Lernformate auch Herausforderungen mit sich bringt. So werden technische Hürden bezüglich der Einbindung praktischer Übungen deutlich. Zwar werden Simulationen und interaktive Aufgaben angeboten oder die Trainer*innen regen in den Online-Meetings zur praktischen Reflexion an. Grundsätzlich stellt jedoch die Abwesenheit praxisorientierter Übungen eine Herausforderung für die Gestaltung der Angebote dar.

Zuletzt ist ein Faktor hinsichtlich des Resonanzerlebens zu nennen, der in sämtlichen Organisationen deutlich wurde: Das gemeinsame Essen im Rahmen betrieblicher Bildungssituationen. Es ermöglicht insbesondere informelle Begegnungen, wie etwa vor, während oder nach den offiziellen Zeitslots, insbesondere bei mehrtägigen Aufenthalten. Gerade dieser persönliche Austausch wird auch im Einzelhandelsunternehmen in Präsenzveranstaltungen retrospektiv vor der COVID-19-Pandemie besonders geschätzt. Informelle Gespräche, die vormals bei Kaffeepausen stattfanden, dienten zum Besprechen sozialer Anliegen oder kritischer Themen. In digitalen Formaten besteht schnell die Gefahr, dass der informelle Austausch abhandenkommt. Zwar finden auch im Einzelhandelsunternehmen regelmäßige Gespräche in Online-Meetings statt, die eine gewisse Form des informellen Austauschs ermöglichen, doch der persönliche Kontakt und die spontanen Begegnungen werden erschwert. Dies kann eine Herausforderung für das Resonanzerleben darstellen, weil die Ermöglichung der Nuancen zwischenmenschlicher Begegnungen in digitalen Formaten aufwändiger ist.

4. Diskussion

Im Rahmen des Projekts „ALL:konkret“ wurde in diesem Beitrag die Rolle der Digitalisierung für das Resonanzerleben in betrieblichen Bildungssituationen untersucht. Die fallübergreifende Analyse zeigt, dass das untersuchte Einzelhandelsunternehmen mit seinem vollständig digitalisierten Bildungsangebot eine ergänzende und einzigartige Perspektive liefert. Digitale Settings und Formate bieten in diesem Zusammenhang zahlreiche Chancen, insbesondere durch Flexibilität, professionelle Tools und die Möglichkeit einer individuellen fachlichen Qualifizierung über die Standorte hinweg. Dies setzt jedoch voraus, dass sie von den Beschäftigten in die Arbeitszeit integriert werden kann. Es zeigt sich, dass neben der fachlichen Qualifizierung das

Angebot zur persönlichen Entwicklung einen weiteren Anspruch der Betrieblichen Bildung darstellt. Hier werden Hürden in Bezug auf die Digitalisierung der Angebote deutlich. Obwohl digitale Tools eine Vielzahl von Aspekten nachbilden oder kompensieren können, lassen sich die Möglichkeiten für persönliche Begegnungen, informellen Austausch und praktische Übungen gegenüber Präsenzformaten nicht vollständig ersetzen. Im untersuchten Fallbeispiel des Einzelhandelsunternehmens kann die gelebte Unternehmenskultur, die einen hohen Stellenwert auf Kommunikation legt, dem entgegensteuern. Dennoch stoßen digitale Formate in Bezug auf die Schaffung eines Ermöglichungsrahmens für Resonanzerleben an ihre Grenzen.

Einschränkend ist anzumerken, dass die Erhebung im Einzelhandelsunternehmen während der COVID-19-Pandemie stattfand. Daher bleiben insbesondere die langfristigen Entwicklungen aus heutiger Perspektive offen. Nichtsdestotrotz eröffnet das Datenmaterial wertvolle Einblicke. Insgesamt scheint ein ausgewogenes Verhältnis zwischen digitalen und Präsenzformaten essenziell zu sein, um die Vorteile beider Welten optimal zu nutzen. Zukünftig wird die Einbeziehung der Forschung zu Resonanzerleben bei der Gestaltung technologischer Innovationen empfohlen.

5. Literatur

Dick, M., Kasseck, S., Scholz, C., Modrzynski, D. & Bechstein, J. (2023). Strukturierte Kommunikation als Modus agiler Organisation: Eine Fallstudie zu Gruppenprozessen und Lernen bei einem Finanzdienstleister. Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO), 54(4), 465–472. https://doi.org/10.1007/s11612-023-00720-6

Flick, U. (2018). Doing Grounded Theory (2. Auflage). The SAGE qualitative research kit / edited by Uwe Flick: Bd. 8. SAGE.

Rosa, H. (2018). Resonanz. In Kölbl, C. & Sieben, A. (Hrsg.), Stichwörter zur Kulturpsychologie (S. 347–354). Psychosozial-Verlag. https://doi.org/10.30820/9783837974522-347

Sauter, A. M., Sauter, W. & Bender, H. (2004). Blended Learning: Effiziente Integration von E-Learning und Präsenztraining (2. Auflage). Luchterhand.

Stein, D. (1998). Situated Learning in Adult Education. ERIC Digest, Artikel 195, 1–7.

Wienberg, J. (2022). Relationale Resonanzstrategien (RRS) in der betrieblichen Weiterbildung und der konfessionellen Erwachsenenbildung: Eine qualitative Untersuchung (1. Auflage). Beltz Juventa.

Danksagung: Ein herzlicher Dank geht an alle beteiligten Informant*innen aus den Organisationen und an das Team des Lehrstuhls für Betriebspädagogik für die vertrauensvolle und wertschätzende Zusammenarbeit.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Psychische Gesundheit und Einfacharbeit: Herausforderungen und Gestaltungsansätze in der stationären Langzeitpflege

Jasmin FUNKE[1], Philipp FREUND[2], Guido BECKE[1]

[1] Institut Arbeit und Wirtschaft, Universität Bremen,
Wiener Str. 9, D-28359 Bremen
[2]AWO-Bezirksverband Weser-Ems e.V.,
Klingenbergstr. 73,D- 26133 Oldenburg

Kurzfassung: Der vorliegende Beitrag beleuchtet die Arbeitsbedingungen von Beschäftigten in Einfacharbeit in der stationären Langzeitpflege Deutschlands, insbesondere von Pflegehelfer*innen, Pflegeassistent*innen, Betreuungskräften und Haushaltshilfen. Diese Gruppen, die oft ohne pflegebezogene Berufsausbildung tätig sind, tragen maßgeblich zur pflegerischen Versorgung bei, stehen jedoch vor erheblichen Herausforderungen wie Arbeitsverdichtung, Anerkennungsdefiziten und psychischen Belastungen aufgrund von Interaktionsarbeit mit Bewohner*innen oder Angehörigen. Insbesondere strukturelle Löcher, die durch Personalmangel und unbesetzte Führungspositionen entstehen, haben Auswirkungen auf die Arbeitszufriedenheit und das Wohlbefinden der Beschäftigten. Ein zentrales Anliegen des durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts „RessourcE“ ist es, gesundheitsförderliche Arbeitsstrukturen zu entwickeln, die diese Gruppen unterstützen und ihre Arbeitsbedingungen nachhaltig verbessern. Dabei wurden qualitative Erhebungsmethoden wie teilnehmende Beobachtungen, Gruppendiskussionen und Expert*inneninterviews angewendet, um die Belastungsprofile und Gesundheitsressourcen zu identifizieren. Erste Ergebnisse verdeutlichen einen hohen Qualifizierungsbedarf zur Bewältigung von sich verändernden Tätigkeitsprofilen und die Notwendigkeit, interaktive, psychosoziale Belastungen zu adressieren. Im weiteren Verlauf des Projekts sollen arbeitswissenschaftlich fundierte Interventionen entwickelt werden, die zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen und Arbeitsorganisation in der stationären Langzeitpflege beitragen.

Schlüsselwörter: Einfacharbeit, stationäre Langzeitpflege, strukturelle Löcher, Interaktionsarbeit, psychische Arbeitsbelastungen

1. Einleitung

Die stationäre Langzeitpflege bildet in Deutschland einen Kernbereich gesellschaftlich notwendiger Dienstleistungen. Unter den dort tätigen 509.000 sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten befinden sich 48 % Helfer*innen, die keine dreijährige pflegebezogene Berufsausbildung bzw. eine ein- oder zweijährige Pflegeausbildung absolviert haben (vgl. BfA 2024). Die Versorgungsqualität pflegebedürftiger Bewohner*innen wird daher nicht allein durch Pflegefachkräfte gewährleistet, sondern erfordert eine Kooperation unterschiedlicher Tätigkeitsgruppen. In der Forschung zu den Arbeitsbedingungen in der stationären Langzeitpflege erfuhren Beschäftigtengruppen in Einfacharbeit, d. h. ohne berufsspezifische formale Fachqualifikation, bisher zu

wenig Aufmerksamkeit. Die in den Arbeitsmarktstatistiken ausgewiesene Tätigkeitsgruppe der Helfer*innen spiegelt die Heterogenität ihrer Zusammensetzung nicht hinreichend wider. Sie umfasst neben Reinigungskräften, Haushalts- und Küchenhilfen, Pflegehelfer*innen, Pflegeassistenzkräfte mit einer ein- oder zweijährigen einschlägigen Ausbildung sowie Betreuungskräfte nach § 43C SGB XI. Über die spezifischen Arbeitsanforderungen, Ressourcen und psycho-physischen Belastungen dieser verschiedenen Tätigkeitsgruppen liegen bisher zu wenig arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse vor.

In naher Zukunft ist von einer Bedeutungszunahme dieser Tätigkeitsgruppen im Rahmen der stationären Langzeitpflege auszugehen, für die zumindest drei Faktoren relevant sind: Erstens verdeutlichen Pflegekräftevorausberechnungen der Bundesagentur für Arbeit, die Pflegefachkräfte und -helfer*innen umfassen, dass der Pflegeberuf wohl bis Mitte des 21. Jahrhunderts weiterhin ein „Engpassberuf“ bleiben wird (vgl. Statistisches Bundesamt 2025). Aufgrund der demografischen Entwicklung ist davon auszugehen, dass in den nächsten drei Dekaden vor allem geburtenstarke Jahrgänge verstärkt von Pflegebedürftigkeit betroffen sein werden, zugleich diese Generation der sogenannten Baby Boomer bis etwa 2040 altersbedingt aus dem Arbeitsmarkt ausscheiden wird. Für die stationäre Langzeitpflege bedeutet dies, dass sie voraussichtlich mittelfristig nicht nur mit einem Fachkräfte-, sondern mit einem Arbeitskräftemangel konfrontiert bleibt. Zweitens erfolgt durch das neue Gesetz zur Personalbemessung in der stationären Langzeitpflege (vgl. Rothgang et al. 2020) eine Neuordnung der Arbeitsteilung und Reorganisation von Pflegeeinrichtungen, bei der vor allem Pflegeassistenzen perspektivisch bisherige Aufgaben von Pflegefachkräften eigenverantwortlich wahrnehmen sollen. Schließlich erhöht sich vor diesem Hintergrund der Bedarf, gesundheitsfördernde Strukturen und Prozesse zu schaffen, die diesen Tätigkeitsgruppen in Einfacharbeit ermöglichen, erhöhte Arbeitsanforderungen zu bewältigen und die Sinnhaftigkeit ihrer Arbeit als zentrale Ressource zu erhalten (vgl. Senghaas & Struck 2023; Schmucker 2020; Krupp et al. 2020). An diesen Forschungs- und Entwicklungsbedarf schließen das durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Verbundprojekt RessourcE – Ressourcenentwicklung in Dienstleistungsarbeit und dessen Teilvorhaben GEFA-G zur gesundheitsförderlichen Arbeitsgestaltung in der stationären Langzeitpflege an.

2. Das Teilvorhaben und dessen methodisches Vorgehen

Das Verbundprojekt RessourcE[1] verfolgt das Ziel, ein regionales arbeitswissenschaftliches Kompetenzzentrum aufzubauen, das sich exemplarisch auf die Kompetenzentwicklung von und die gesundheitsförderliche Arbeitsgestaltung für Beschäftigte in Einfacharbeit aus den Dienstleistungsbranchen Logistik und Pflege bezieht. Das Teilprojekt GEFA-G (Gesundheitsförderliche Arbeitsgestaltung in Einfacharbeit) fokussiert die stationäre Langzeitpflege. Hierbei kooperieren das Institut Arbeit und Wirtschaft (Universität Bremen) als Forschungspartner und der AWO Bezirksverband Weser Ems e.V. als freigemeinnütziger Träger in der NordWest-Region. Der AWO Bezirksverband Weser Ems e.V. bietet mit seinen Gesellschaften soziale und gesundheitsbezogene Dienstleistungen an. Durch eine Teilgesellschaft werden 21 stationäre

[1] Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt ressourc**e** wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ (FKZ: 02L22C150–163) in der Fördermaßnahme „Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“ gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

Pflegeeinrichtungen mit insgesamt rund 2000 Mitarbeitenden betrieben. Aufseiten des AWO Bezirksverbands Weser Ems e. V. sind in diesem Teilvorhaben zwei Piloteinrichtungen beteiligt, die sich in Bezug auf die Einrichtungsgröße und die Beschäftigtenanzahl unterscheiden. Die größere Einrichtung umfasst zudem eine gesonderte gerontopsychiatrische Abteilung.

Im Rahmen der Anforderungs- und Bedarfsanalyse zielten die Erhebungen in beiden Piloteinrichtungen darauf, Arbeitsanforderungen, Belastungsprofile und Gesundheitsressourcen der Tätigkeitsgruppen durch ein partizipatives Vorgehen zu erheben. Zudem wurden erste Ansätze für gesundheitsförderliche Konzepte und Interventionen entwickelt. In beiden Einrichtungen wurde dafür ein betrieblicher Steuerkreis eingerichtet, der als zentrales Entscheidungsgremium fungiert. Die Steuerkreise bestehen aus Einrichtungsleitungen, Bereichsleitungen und der betrieblichen Interessenvertretung. Die Erhebungen in den beiden Piloteinrichtungen erfolgten mithilfe folgender qualitativer Methoden:

- *Teilnehmende Beobachtungen*: Hierbei wurden Arbeitsprozesse der Beschäftigten begleitet und durch Beobachtungsinterviews ergänzt. In beiden Einrichtungen fanden insgesamt sieben Beobachtungen statt.
- *Gruppendiskussionen* mit spezifischen Tätigkeitsgruppen (Pflegehelfer*innen, Pflegeassistent*innen, Hauswirtschafts- und Betreuungskräften). In zehn dreistündigen Gruppendiskussionen wurden mit niedrigschwelligen kommunikativen Erhebungsmethoden Kernthemen, wie Belastungen und Gesundheitsressourcen im Arbeitsalltag, Anerkennung, Interaktionsarbeit mit Bewohner*innen und Angehörigen sowie Vorschläge der Teilnehmenden zur Verbesserung ihrer Arbeitssituation erörtert.
- *Leitfadengestützte Interviews mit Fach- und Führungskräften*, die sowohl online als auch in Präsenz durchgeführt wurden.

Die qualitativen Daten wurden inhaltsanalytisch ausgewertet. Die Ergebnisse der Hauptanalyse wurden den betrieblichen Steuerkreisen und der Gesamtheit der Beschäftigten in den Piloteinrichtungen vorgestellt. Die weitere Bearbeitung der priorisierten Handlungsfelder erfolgt in betriebsinternen Arbeitsgruppen, die sich aus Mitgliedern der Steuerungskreise und Mitarbeitenden aus den genannten Tätigkeitsgruppen zusammensetzen.

3. Empirische Kernergebnisse zu Arbeitsbelastungen und Gesundheitsressourcen

Die Kernergebnisse der Hauptanalyse werden im Folgenden mit Blick auf die Arbeitsbedingugnen der Tätigkeitsgruppen in Einfacharbeit einrichtungsübergreifend dargestellt. Die Kernbefunde beziehen sich auf strukturelle Löcher, Anerkennung, Interaktionsarbeit, Qualifizierung, Arbeitsmaterial und Hygiene.

Als Restriktion für eine gute Arbeitsqualität erweisen sich *strukturelle Löcher*, d. h. durch Unterbesetzung in einer Tätigkeitsgruppe oder über längere Zeit nicht (kontinuierlich) besetzte Führungspositionen. Diese strukturellen Löcher sind teils Langzeiterkrankungen, teils einer erhöhten Personalfluktuation geschuldet. Längere Vakanzen auf Führungspositionen bedeuten, dass die Koordination von Arbeitsprozessen, z. B. auf der Wohnbereichsebene, beeinträchtigt bzw. erschwert wird, sodass vor allem aufseiten von Beschäftigten in Einfacharbeit Handlungsunsicherheit entstehen kann. Diese Vakanzen sind zugleich ein Beispiel für die Beeinträchtigung von Gesundheitsressourcen, die Beschäftigte mitunter als besonders belastend erleben (vgl. Hobfoll et

al. 2018), denn direkte Führungskräfte können gerade Beschäftigten mit niedrigem Qualifikationsniveau Struktur und Orientierung, Anerkennung vermitteln und ihnen als Ansprechperson bei arbeitsbezogenen Problemen zur Seite stehen. Arbeitskraftmangel bzw. personelle Unterbesetzungen sind aus Sicht der an den Gruppendiskussionen teilnehmenden Beschäftigten eine wesentliche Quelle der Arbeitsintensivierung. Personelle Unterbesetzungen aufseiten der Pflegefachkräfte haben zur Folge, dass ein Teil dieser fachlich verantwortungsvollen Aufgaben nun in stärkerem Maße von Pflegeassistenzkräften bzw. erfahrenen Pflegehelfer*innen mit einer staatlich nicht anerkannten Ausbildung wahrgenommen werden. Personalmängel oder Unterbesetzungen im Bereich der Hausservices erfordern, dass deren Aufgaben, wie die Vor- und Zubereitung von Essen und das Eindecken von Tischen, in zunehmendem Maße von Pflegehelfer*innen und auch von Betreuungskräften übernommen werden. Für diese beiden Tätigkeitsgruppen induziert die Übernahme dieser Zusatzaufgaben nicht nur eine Arbeitsverdichtung. Vielmehr fördert dies eine Grenzverwischung von Tätigkeitsprofilen, die aufseiten der Pflegehelfer*innen und der Betreuungskräfte Arbeitsunzufriedenheit auslöst, da ihnen zu wenig Zeitressourcen verbleiben, um ihre Primäraufgaben ausüben zu können und eine strukturierte Koordination der aufzufangenden Aufgaben meist ausbleibt.

Die Anerkennung von Tätigkeitsgruppen, die Einfacharbeit wahrnehmen, erweist sich als weiterer möglicher Handlungsbedarf einer gesundheitssensiblen betrieblichen Kulturentwicklung. In den Gruppendiskussionen kommt immer wieder zur Sprache, dass sich die Beschäftigten zu wenig in materieller Hinsicht anerkannt fühlen, insbesondere wenn der Lohn kaum über dem gesetzlichen Mindestlohnniveau liegt, wie etwa im Bereich der Hausservicekräfte. Die materielle Seite der Anerkennung wird überdies von erfahrenen Pflegehilfskräften oder Pflegeassistenzkräften reklamiert, die Sonderaufgaben, z. B. die Bestellung von Inkontinenzmitteln, übernehmen, dafür jedoch im Unterschied zu Fachkräften keine monetäre Gratifikation erhalten. In der materiellen Anerkennungsproblematik spiegelt sich aus Sicht der Beschäftigten ein Ungleichgewicht der Lohn-Leistungs-Relation wider. Wahrgenommene Anerkennungsdefizite korrespondieren hier mit dem Ungerechtigkeitserleben der Beschäftigten.

Anerkennungsproblematiken resultieren schließlich auch aus einer als unzureichend erlebten interpersonalen Anerkennung der Beschäftigten in Einfacharbeit durch einzelne Führungskräfte oder Angehörige pflegebedürftiger Bewohner*innen sowie durch Beschäftigte anderer Tätigkeitsgruppen. Aber auch zwischen einzelnen Wohnbereichen oder Schichten (Nacht, Früh-, Spätschicht) werden Anerkennungsproblematiken geäußert.

Die *Interaktionsarbeit mit den Bewohner*innen* bildet für alle Tätigkeitsgruppen, die in Einfacharbeit tätig sind, eine Ressource und Quelle der Sinnstiftung in der Arbeit. Die Interaktionsarbeit mit Bewohner*innen erscheint eng verwoben zu sein mit einer ausgeprägten, quasi anwaltschaftlichen Bewohner*innenorientierung der Pflegehilfs- und -assistenzkräfte. Dies äußert sich unter anderem in ihrem Bestreben, die Bewohner*innen auch gegenüber externen Dritten, wie Angehörige, in Schutz zu nehmen. Dies ist etwa der Fall, wenn Angehörige die Veränderung des psycho-physischen Zustands ihrer pflegebedürftigen Familienmitglieder verdrängen oder nicht angemessen einzuschätzen vermögen.

Die Interaktionsarbeit mit Bewohner*innen kann sich allerdings auch als eine Belastungsquelle erweisen. Hierfür konnten im Rahmen der Hauptanalyse mehrere Aspekte identifiziert werden:

- Vor allem für Pflegehelfer*innen und Betreuungskräfte, aber teilweise auch für Pflegeassistenzkräfte stellen die Konfrontation mit sich verschlechternden Krankheitsverläufen und Sterbeprozessen der Bewohner*innen sowie die Sterbebegleitung von Bewohner*innen hohe psychisch und emotional beanspruchende Anforderungen an die Interaktionsarbeit dar, für die sie sich tendenziell zu wenig qualifiziert sehen. Zudem erleben die Mitarbeiter*innen den Sterbeprozess oft als moralisches Dilemma, da sie aufgrund der hohen Arbeitsintensität nicht genug Zeit für eine in ihrem Empfinden adäquate Begleitung haben.
- Die Interaktionsarbeit mit Bewohner*innen ist aufseiten der Pflegehilfs- und -assistenzkräfte und mitunter auch bei Betreuungskräften mit Erfahrungen verbaler und physischer Gewalt und teilweise auch mit sexueller Belästigung verbunden. Die Beschäftigten nehmen diese Gewalterfahrungen auf der einen Seite als Normalität ihre Arbeitsalltags wahr, heben auf der anderen Seite aber die damit verbundenen psycho-physischen Belastungen hervor.
- Mit Blick auf die komplexen Interaktionsarbeitsanforderungen sprechen sich die Beschäftigten unter anderem dafür aus, mehr Reflexionsräume zu schaffen, die einen Austausch über bzw. eine Bewältigung psychosozialer Belastungen aufgrund von Interaktionsarbeit ermöglichen (vgl. auch Pöser et al. 2023).
- Teilnehmende an den Gruppendiskussionen dieser Tätigkeitsgruppen berichten davon, dass das psychische Krankheitsgeschehen der Bewohner*innen zunehmend komplexer wird, da Bewohner*innen teilweise unterschiedliche psychische und auch psychiatrische Erkrankungen aufweisen. Während die Beschäftigten tendenziell noch in der Lage sind, mit demenziell erkrankten Bewohner*innen umzugehen, gelingt ihnen dies bei anderen psychischen oder psychiatrischen Erkrankungen nicht mehr, da sie die damit verbundenen Krankheitsbilder und Verhaltensweisen der Bewohner*innen nicht adäquat einzuschätzen vermögen und mit ihren Selbstschutzstrategien an Grenzen geraten. Diese Handlungsunsicherheit empfinden sie als psychische Belastung.

Die Hauptanalyse hat schließlich einen *multiplen Qualifizierungsbedarf* der Tätigkeitsgruppen in Einfacharbeit verdeutlicht:

- Mit Blick auf die Interaktionsarbeitsanforderungen besteht ein Qualifizierungsbedarf darin, die Aufgabe der Sterbebegleitung kompetent wahrnehmen sowie Konflikte mit Bewohner*innen und Angehörigen deeskalieren und konstruktiv bearbeiten zu können, auch im Sinne einer Gewaltprävention am Arbeitsplatz.
- Qualifizierungsbedarf ergibt sich mit Blick auf die Information und Aufklärung der Pflegehelfer*innen, Pflegeassistenz- und Betreuungskräfte über psychische bzw. psychiatrische Krankheitsbilder der Bewohner*innen.
- Für neue Mitarbeitende wären systematische Einarbeitungskonzepte zu entwickeln. In den Gruppendiskussionen wurde deutlich, dass neue Mitarbeitende in der Pflege nun häufiger aus pflegefremden Tätigkeitsfeldern kommen, sodass sich deren Einarbeitung als schwieriger gestaltet, da ihnen den Pflege-Background fehlt und dadurch die Zusammenarbeit erschwert wird.

4. Ausblick und Fazit

Die Ergebnisse beider Piloteinrichtungen verdeutlichen, dass bei Tätigkeitsgruppen in Einfacharbeit ein hoher Handlungsbedarf an gesundheitsförderlicher Arbeits- und Organisationsgestaltung besteht. Zu vermuten ist, dass dieser Handlungsbedarf auch

in anderen stationären Pflegeeinrichtungen besteht, da die strukturellen Rahmenbedingungen, wie Personalmangel und teilweise auch Koordinationsprobleme aufgrund von Vakanzen auf Führungspositionen (vgl. Becke 2025) sowie eine zunehmende Multimorbidität bei hochaltrigen Bewohner*innen, die mit komplexeren Krankheitsbildern einhergeht, keine Einzelfälle bilden. Überdies bestätigen die Studienbefunde Forschungsergebnisse zur Belastungssituation von Pflegekräften aus der stationären Langzeitpflege, etwa zur Belastung durch Arbeitsintensivierung (vgl. Schmucker 2020; Senghaas/Struck 2023). Die hohen emotionalen Arbeitsbelastungen bei Tätigkeitsgruppen in Einfacharbeit, vor allem bei Pflegehelfer*innen, Pflegeassistenzen und Betreuungskräften, werden in den Einrichtungen noch zu wenig beachtet. Zudem fehlen hierzu adäquate Lösungsansätze.

Welche weiteren Projektschritte folgten auf die Anforderungs- und Bedarfsanalyse? Die Analyseresultate wurden den Piloteinrichtungen in Ergebnisworkshops und Informationsveranstaltungen für Mitarbeiter*innen zurückgespiegelt. Beide Piloteinrichtungen haben sich dazu entschlossen, sich zunächst der Problematik struktureller Löcher zu widmen. So kann zum einen eine fluktuative Führung und deren Folgen, zum anderen die kontante Unterbesetzung bei Tätigkeitsgruppen in Zusammenarbeit zwischen Führungskräften und Mitarbeitenden bearbeitet werden. Entsprechende Arbeitsgruppen werden noch im ersten Quartal 2025 starten.

6. Literatur

Becke G (2025) Relationale Handlungskoordination von Führungskräften als Gesundheitsressource von Haushaltshilfen in der häuslichen Pflegehilfe. In: Sozialer Fortschritt,/ German Review of Social Policy 74(1) (im Erscheinen).

Bundesagentur für Arbeit (2024) Arbeitsmarktsituation im Pflegebereich. Nürnberg: Bundesagentur für Arbeit.

Hobfoll S, Halbesleben J, Neveu J-P, Westman, M (2018) Conservation of Resources in the Organizational Context: The Reality of Resources and their Consequences. In: Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior 5: 103-128.

Krupp E, Hielscher V, Kirchen-Peters S (2020) Betriebliche Gesundheitsförderung in der Pflege – Umsetzungsbarrieren und Handlungsansätze. In: Jacobs K, Kuhlmey A, Greß S, Klauber J & Schwinger A (Hrsg) Pflege-Report 2019. Mehr Personal in der Langzeitpflege – aber woher? Berlin: Springer, 113-122.

Pöser S, Becke G, Busse B, Zenz C (2023) “Einfache” soziale Dienstleistungen? – Komplexe Tätigkeitsanforderungen und Gesundheitsressourcen bei haushaltsnahen ambulanten Diensten. In: Becke G (Hrsg) Flexible Dienstleistungsarbeit gesundheitsförderlich gestalten. Wiesbaden: Springer, 91-109.

Rothgang H, Fünfstück M, Kalwitzki T (2020) Personalbemessung in der Langzeitpflege. In: Jacobs K, Kuhlmey A, Greß S, Klauber J & Schwinger A (Hrsg) Pflege-Report 2019. Mehr Personal in der Langzeitpflege – aber woher? Berlin: Springer,147-158.

Schmucker R (2020) Arbeitsbedingungen in Pflegeberufen. In: Jacobs K, Kuhlmey A, Greß S, Klauber J & Schwinger A (Hrsg) Pflege-Report 2019. Mehr Personal in der Langzeitpflege – aber woher? Berlin: Springer, 49-60.

Senghaas, M, Struck O (2023) Arbeits- und Personalsituation in der Alten- und Krankenpflege. Wie beurteilen Beschäftigte und Führungskräfte Belastungsfaktoren, Ressourcen und Handlungsmöglichkeiten? IAB-Forschungsbericht Nr. 08/2023. Nürnberg: Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung.

Statistisches Bundesamt (destatis) (2025) Pflegekräftevorausberechnung. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/Pflegekraeftevorausberechnung.html.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Entwicklung von Führungskräften zu „Enablern“ von Beschäftigten in Einfacharbeit

Melanie PHILIP, Daniela WILHELM

Care Pioneers GmbH,
Marie-Curie Straße 1, D-26129 Oldenburg

Kurzfassung: Die Pflegebranche steht vor großen Herausforderungen, die vor allem durch den Personalmangel verursacht werden. Führungskräfte müssen über den Personalmangel hinaus die Pflege von Patient*innen und Bewohner*innen mit komplexen Erkrankungen organisieren und geeignete Qualifikationsanforderungen definieren. Unsere Analysen im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojekts ressourc**e** zeigen, dass viele Mitarbeitende in der ambulanten und stationären Langzeitpflege Verantwortung tragen, ohne dafür spezifisch ausgebildet zu sein. Daher besteht ein großer Bedarf an gezielter Weiterbildung und Förderung. Im Projekt werden Instrumente entwickelt, um die Planung von Weiterbildung in die Einsatzplanung zu integrieren und Führungskräfte bei der gezielten Förderung ihrer Mitarbeitenden zu unterstützen.

Schlüsselwörter: Pflege, Führung, Weiterbildung, Enabling, Personalmangel, Qualifikation

1. Einleitung

Die Pflegebranche steht vor multiplen Herausforderungen. Neben dem akuten Personalmangel stellt die Organisation der Pflege von Patient*innen und Bewohner*innen mit komplexen Erkrankungen eine besondere Aufgabe dar. Führungskräfte übernehmen dabei die Rolle von „Enablern“, indem sie gezielte Weiterbildungsprozesse für Mitarbeitende in Einfacharbeit initiieren und fördern. Diese Rolle ist essenziell, um langfristig Arbeitsbedingungen und Versorgungsqualität zu sichern.

Vor diesem Hintergrund verfolgt unser Teilvorhaben im vom BMBF geförderten Verbundprojekt ressource (Langtitel: „Ressourcenentwicklung in Dienstleistungsarbeit“) das Ziel, Instrumente zu entwickeln, die die Planung von Weiterbildung gerade von Pflegehilfskräften in die Einsatzplanung in Pflegeeinrichtungen integrieren. Dadurch sollen Führungskräfte unterstützt werden, Mitarbeitende gezielt zu fördern und so die Qualifikationsentwicklung innerhalb der Pflegebranche zu verbessern. Langfristig sollen diese Maßnahmen zur Stabilisierung der Arbeitsbedingungen und zur Steigerung der Versorgungsqualität beitragen.

Darüber hinaus wird untersucht, wie digitale Lösungen bspw. über Lernplattformen oder KI-gestützte Planungsinstrumente eingesetzt werden können, um den Weiterbildungsprozess zu optimieren. Diese Technologien könnten Führungskräften helfen, individuelle Entwicklungspläne für ihre Mitarbeitenden effizient zu erstellen und umzusetzen. Führungskräfte äußerten in Interviews den Wunsch nach spezialisierten Personen, die sich ausschließlich um die Anleitung und Schulung von Quereinsteigern kümmern. Dabei würden Kompetenzzentren oder interne Praxisanleiter*innen (PAL) eine entscheidende Rolle spielen. Sie könnten die Kompetenzerfassung übernehmen

und die Wissensvermittlung gezielt vorbereiten, sodass Führungskräfte nur noch die patientenbezogenen Besonderheiten erläutern müssen. Ein weiterer Vorschlag ist die Einführung von Qualifikationen für Pflegehilfskräfte als Multiplikatoren. Durch eine solche Begleitung wären PHK in die Lage versetzt, neue Kolleg*innen strukturiert und auf einem qualitativ hochwertigen Niveau einzuarbeiten.

2. Methodik

Im Rahmen des Projekts wurde in unserem Teilvorhaben eine Anforderungs- und Bedarfsanalyse im Hinblick auf die Kompetenz- und Qualifikationsentwicklung von Pflegehilfskräften (PHK) durchgeführt. Dabei wurden sowohl die Herausforderungen für Führungskräfte als auch die strukturellen Gegebenheiten in Pflegeunternehmen untersucht. Die Erstanalyse bei den Praxispartnern erfolgte im Mixed-Methods-Ansatz, die spätere Bedarfserhebung qualitativ durch Einzel- und Gruppeninterviews. Zunächst wurde eine Kompetenzmatrix der Pflegehilfskräfte erstellt, die Berufsjahre sowie berufliche und persönliche Kompetenzen erfasste. Anschließend folgte eine Leistungsmatrix, die Soll-Tätigkeiten aus Stellenbeschreibungen mit der tatsächlichen Ist-Situation aus Einsatzplanungen der Pflegedienstleitungen (PDLs) verglich. Schließlich wurde aktuell eine Qualifikationsmatrix erstellt, die den aktuellen Qualifizierungsstand und das Onboarding der PHK untersuchte.

In der qualitativen Erhebung wurden 49 Interviews geführt, darunter 36 Einzelinterviews (30–45 Minuten) mit Einfacharbeitenden in der Pflege (19 aus Gruppe 1, 17 aus Gruppe 2), basierend auf 6 Leitfragen und bis zu 19 Unterfragen. Zudem fanden 5 Gruppeninterviews mit 11 Pflegedienstleitungen (45–60 Minuten) in Gruppe 1 und 8 Einzelinterviews (45–60 Minuten) mit PDLs in Gruppe 2 statt, jeweils mit 5 Leitfragen und bis zu 15 Unterfragen.

Auf Grundlage dieser Analyse werden innovative Instrumente für Führungskräfte und deren Mitarbeitenden entwickelt, die den Transfer von Weiterbildung in die Praxis erleichtern. Besondere Berücksichtigung finden dabei die gesetzlichen und organisatorischen Rahmenbedingungen kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU).

3. Problemstellung

Aktuelle Entwicklungen zeigen, dass viele Mitarbeitende Verantwortung tragen, ohne spezifisch dafür ausgebildet zu sein. Ungelernte Kräfte haben oft keine klaren Karriereperspektiven, und der akute Personalmangel erschwert es, Kapazitäten für Wieterbildung freizustellen. Gleichzeitig fehlt Führungskräften häufig das Wissen über die Entwicklungsmöglichkeiten. Im Rahmen des Deutschen/Europäischen Qualifikationsrahmens (hier im Projekt von Qualifikationsniveau Q1 bis Q4) und die damit verbundenen Einsatzmöglichkeiten. Dies erschwert die Kommunikation und langfristige Planung.

Die Aussagen von Führungskräften aus Interviews verdeutlichen den hohen Druck, die Pflegequalität sicherzustellen. Besonders problematisch wird die Einarbeitung von PHK wahrgenommen. Diese wird als planerische, finanzielle und zeitliche Belastung gesehen, insbesondere wenn die Einarbeitungszeit länger dauert als vorgesehen. Die Einarbeitung von PHK ist meist nur auf ein bis zwei Wochen angesetzt. Durch Ausfälle in der Dienstplanung, beispielsweise durch Krankheit, bleibt häufig nicht genug Zeit für eine strukturierte Einführung. Checklisten zur Strukturierung der Einarbeitung und zur

Kompetenzerfassung werden aufgrund von Zeitmangel selten genutzt. Stattdessen übernehmen oft Helfer*innen ohne Qualifikation oder Konzept die Anleitung neuer PHK während der Touren. Zudem werden Führungsinstrumente wie Pflege- oder Mitarbeitervisiten unregelmäßig eingesetzt, sodass Führungskräften oft der Überblick über die Qualität der erbrachten Pflegeleistungen fehlt.

In diesem Zusammenhang wird deutlich, dass die Förderung von Führungskräften nicht nur auf individueller Ebene, sondern auch auf organisatorischer Ebene betrachtet werden muss. Die Verknüpfung von strategischem Management mit operativen Anforderungen erfordert innovative Ansätze, die bisherige Praktiken hinterfragen.

4. Ergebnisse

Die Analyse zeigt, dass gezielte Weiterbildung und die Integration von Qualifikationsplanung in die Einsatzplanung zentrale Hebel sind, um die beschriebenen Herausforderungen zu bewältigen. Führungskräfte können so befähigt werden, Mitarbeitende nicht nur als Arbeitskräfte, sondern als langfristige Ressource zu betrachten. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass dies zu einer höheren Mitarbeiterzufriedenheit und Qualität der Versorgung führen kann. Die Ergebnisse zeigen auch, dass eine Kombination aus Präsenzworkshops und digitalen Lernmodulen als besonders effektiv wahrgenommen wird, um theoretisches Wissen und praktische Fähigkeiten zu vermitteln. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass Unternehmen, die in Weiterbildung investieren, langfristig eine höhere Mitarbeitendenbindung und geringere Fluktuationsraten aufweisen (Hochholdinger et al. 2021).

5. Diskussion

Die Ergebnisse verdeutlichen die Notwendigkeit eines Paradigmenwechsels bei Führungskräften in der Pflege. Um nachhaltige Verbesserungen zu erzielen, müssen Führungskräfte sowohl als Manager*innen als auch als „Enabler“ agieren. Dabei ist es wichtig, gesetzliche Vorgaben und organisatorische Restriktionen zu berücksichtigen, ohne die individuellen Entwicklungsperspektiven der Mitarbeitenden aus den Augen zu verlieren. Unterschiedliche Führungsansätze unterstützen dieses Vorgehen: Transformational Leadership nach dem Konzept von Buss (1993) und neu interpretiert von Pelz (2016) setzt auf Charisma und Inspiration, um nicht nur das Verhalten, sondern auch die Einstellungen der Mitarbeitenden in ihrer Entwicklung zu unterstützen. Ergänzend betont die Forschung von Kuhlmann und Zeiss (2023) die Bedeutung authentischer Führung, die nach Bill George (2003) auf Transparenz, Selbstbewusstsein, ethischem Verhalten und offener Kommunikation basiert. Beide Ansätze stärken Vertrauen und eine positive Arbeitskultur.

Dies könnte insbesondere in der Pflegebranche zu einem verbesserten Arbeitsklima und einer höheren Versorgungsqualität beitragen.

Die Implementierung digitaler Werkzeuge kann hierbei eine Schlüsselrolle spielen. Sie ermöglicht nicht nur die effizientere Verwaltung von Weiterbildungsmaßnahmen, sondern unterstützt Führungskräfte auch bei der Analyse von Fortschritten und der individuellen Anpassung von Lerninhalten.

6. Fazit

Unser Teilvorhaben im Verbundprojekt RessourcE liefert wertvolle Ansätze, um den Herausforderungen in der Pflegebranche zu begegnen. Durch die Unterstützung von Führungskräften und die Integration von Weiterbildung in die Einsatzplanung können langfristige Lösungen entwickelt werden, die sowohl Mitarbeitende als auch Patient*innen und Bewohner*innen profitieren lassen. Ergänzend zu den Ergebnissen des Projekts zeigt die Literatur, dass der Einsatz von unterschiedlichen Führungskonzepten (authentisch, transformational) entscheidend dazu beitragen kann, die Pflegebranche nachhaltig zu stärken.

Digitale Technologien bieten zusätzliche Möglichkeiten, die Effizienz und Effektivität von Weiterbildungsmaßnahmen zu erhöhen. Die Kombination aus persönlicher Betreuung und technologischer Unterstützung könnte der Schlüssel zu einer nachhaltigen Verbesserung der Arbeitsbedingungen in der Pflege sein.

7. Literatur

Bass B M, Avolio B J (1993) Transformational leadership and organizational culture. Public Administration Quarterly, 17(1):112–121.

George W W G (2003) Authentic Leadership: Rediscovering the Secrets to Creating Lasting Value. San Francisco: Jossey-Bass.

Pelz W (2016) Transformationale Führung – Forschungsstand und Umsetzung in der Praxis. In: Au C v. (Hrsg.) Wirksame und nachhaltige Führungsansätze: System, Beziehung, Haltung und Individualität. Wiesbaden: Springer, 93-112.

Hochholdinger M, Steinmann B, Klein A (2021) Weiterbildungsmanagement in der Pflege. Berlin: Springer.

Kuhlmann T, Zeiss R (2023) Authentische Führung und Mitarbeiterzufriedenheit in der Pflege. Zeitschrift für Pflegewissenschaft 45(1):10-25.

Danksagung: Ein besonderer Dank gilt den Praxispartner*innen des Projekts ressourcE für die wertvolle Zusammenarbeit und Unterstützung bei der Umsetzung und Entwicklung.

Das Verbundprojekt ressource: Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt ressource wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ (FKZ: 02L22C155) in der Fördermaßnahme „Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“ gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Reifegradmodell für organisationale Resilienz in produzierenden KMU durch agile, digitale und menschzentrierte Systeme und Organisationsgestaltung

Viola HELLGE, Dominik KAUS, Stephanie DUPONT

Institut für Technologie und Arbeit e.V.,
Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau,
Trippstadterstraße 113, D-67663 Kaiserslautern

Kurzfassung: Um Unternehmen eine systematische Einschätzung der organisationalen Resilienz zu ermöglichen ist im Rahmen des Projektes „Readi“ ein Reifegradmodell konzipiert und umgesetzt worden. Der theoretische Ansatz des Modells besteht sowohl aus aktuellen Ergebnissen und Ansätzen der Resilienzforschung als auch aus konkreten Ergebnissen aus Erhebungen unter den Unternehmen im Projekt. Durch dieses Modell soll es Unternehmen ermöglicht werden, die eigene organisationale Resilienz besser einzuschätzen und darauf aufbauend erste Maßnahmen zur Förderung der Resilienz anstoßen zu können. Dieses Vorgehen wurde innerhalb des Projektes bereits umgesetzt und soll zukünftig auch weiteren Unternehmen über eine Webpräsenz ermöglicht werden.

Schlüsselwörter: organisationale Resilienz, KMU, Reifegrad, Agilität, Menschzentrierung, Digitalisierung

1. Einleitung und Bedarfslage

In der heutigen sog. VUCA-Welt (**V**olatility, **U**ncertainty, **C**omplexity, **A**mbiguity) werden unerwartete Veränderungen zunehmend zu einem Dauerzustand, mit dem Unternehmen umgehen können müssen (Lenz 2019). Unternehmen sind verstärkt mit unvorhersehbaren Veränderungen konfrontiert, die häufig unmittelbare Auswirkungen auf das organisationale System mit all seinen Beteiligten haben. Zugleich bestehen dauerhafte und langfristige Transformationsanforderungen an Unternehmen, die sich durch demografischen Wandel, Digitalisierung und ökologischen Nachhaltigkeitsanforderungen ergeben, unvermindert fort. Innovationsfähigkeit und Resilienz werden im globalen Wettbewerb für KMU immer wichtiger, um am Markt bestehen zu können.
Das anwendungsorientierte Forschungsprojekt „Gestärkte Resilienz in produzierenden KMU durch agile, menschzentrierte digitale Systeme und Systemgestaltung – Readi“, gefördert durch das BMBF in der Fördermaßnahme „Industrie 4.0 – Wandlungsfähigkeit von Unternehmen in der Wertschöpfung von morgen (InWandel)“, untersucht, wie Unternehmen ihre Resilienz durch menschzentrierte, agile Digitalisierungsmaßnahmen stärken können, um das Potential innovativer Technologien und Geschäftsmodelle auszuschöpfen. Hierzu wurde ein Reifegradmodell und ein Selbsteinschätzungsinventar zur Einordnung der organisationalen Resilienz in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) des produzierenden Sektors entwickelt. Dies basiert auf einer Literaturanalyse, der ISO 22316 und einer Studie zu Wandlungsbefähigern (Bentner & Jung 2022; Brink et al. 2022; Gleich, Heidenreich, & Hamacher 2023; Hänggi, Luban, & Bernard 2022; Röhe 2022). In das Reifegradmodell sind zudem die

Ergebnisse einer Interviewreihe in drei mittelständischen Anwendungsunternehmen und befähigende Resilienzfaktoren aus deren Sicht eingeflossen.

2. Theoretische Grundlagen

Im Folgenden werden die theoretischen Grundlagen, welche zur Entwicklung des Reifegradmodells für organisationale Resilienz im Projekt Readi herangezogen wurden, erläutert. Es wird dazu sowohl auf organisationale Resilienz und weitere Resilienzmodelle eingegangen als auch auf die Themenbereiche Agilität, Menschzentrierung, Digitalisierung und Organisationsgestaltung.

2.1 Organisationale Resilienz und Resilienzmodelle

Neben „VUCA“ wird zunehmend das Akronym „BANI“ (***B**rittle, **A**nxious, **N**on-Linear, **I**ncomprehensible*) zur Charakterisierung neuer Herausforderungen für Unternehmen und Gesellschaft herangezogen (Grabmeier 2020). Um der „Brüchigkeit“ von Handlungsbedingungen zu begegnen, setzen Unternehmen auf die Stärkung organisationaler Resilienz (Kopsch & Stork 2023). Darunter ist die Fähigkeit zu verstehen, sich als Unternehmen bei disruptiven Veränderungen neu orientieren und aufstellen zu können. Maßnahmen zur Sicherung der Zukunftsfähigkeit, die organisationale Resilienz adressieren, müssen frühzeitig ergriffen werden und komplexe Interdependenzen zu anderen Handlungsfeldern, wie z. B. Technologieeinführung, Fachkräftesicherung, Innovationsfähigkeit berücksichtigen (ISO 2017). Organisationale Resilienz kann als ein multidimensionaler Ansatz verstanden werden, der eine ganzheitliche Berücksichtigung der individuellen Person, des Teams und der Organisationsebene gewährleisten muss (ISO 2017; Luban & Hänggi 2022; Tasic et al 2020). Zudem sind externe Umwelteinflüsse und unternehmensinterne Dimensionen, Befähiger-Faktoren und nicht zuletzt (digitale) Technologien und Innovationsmanagement relevant (ISO 2017; Luban & Hänggi 2022; Waßhausen & Meßner 2019). Als Befähiger-Faktoren werden u.a. Dimensionen der Führung und Strategie, der Unternehmenskultur, sowie der Menschzentrierung und Unternehmensstrategie als relevante Faktoren herausgestellt (ISO 22316:2017). Weiter werden auch die Lieferkette, Produkte und Dienstleistungen als wichtige Wandlungsbefähiger identifiziert (Hänggi et al. 2022). Diese Dimensionen finden sich auch im Resilienz-Wandlungsmodell des BMBF-Projekts „Readi“ wieder.
Auf der Mitarbeitenden-Ebene werden v.a. individuelle Resilienz, Flexibilität und Agilität als die Fähigkeiten angesehen, die für zukünftige Arbeitsaufgaben neben fachlichen Kompetenzen relevant sein werden (World Economic Forum 2025). Ebenso wird kontinuierliches bzw. lebenslanges Lernen und organisationale Weiterentwicklung für die Sicherung der Resilienz von Unternehmen zunehmend relevant bleiben (World Economic Forum 2025). Neben diesen Resilienzdimensionen werden Resilienz-Phasenmodelle vorgeschlagen, die u. a. fünf Phasen im Umgang mit unerwarteten Veränderungen oder Krisen für Unternehmen zugrunde legen: von Antizipation bzw. Vorbereitung (Phase 1), über Abmilderung/ Abwenden von Gefahren (Phase 2), Bewältigung und Anpassung (Phase 3), Wiederherstellung (Phase 4) bis hin zu Regeneration und Lernen aus Erfahrungen für die Zukunftsfähigkeit des Unternehmens (Phase 5) (Fraunhofer IPT 2022; Hartwig et al. 2016). V. a. für KMU ist eine derartige Auseinandersetzung sehr anspruchsvoll, da häufig notwendige Ressourcen neben den Haupt-Wertschöpfungsprozessen fehlen (Jahangirkhani et al. 2024; Raschka

2024). Eine Kombination der Resilienzdimensionen und der Phasen für die Operationalisierung der Modelle zur Steigerung der organisationalen Resilienz ist denkbar.

2.2 Agilität

Verschiedene Faktoren (demografischer Wandel, ökonomische Unsicherheit, Nachhaltigkeitsanforderungen Weiterentwicklung im Bereich der Informationstechnik usw.) (World Economic Forum 2025) tragen aktuell dazu bei, dass sich das Umfeld, in dem Unternehmen agieren, rasant verändern kann. Zudem kommt ein wachsendes Potenzial an Krisen dazu, welche sich ebenfalls auf die Unternehmen auswirken. Die Vielseitigkeit dieser Herausforderungen wird auch in Ansätzen wie VUCA berücksichtigt, um Unternehmen Ansatzpunkte zur Veränderung zu geben, um komplexen und teilweise unvorhersehbaren Situationen mit Agilität begegnen zu können. Denn nur so können kurzfristige Anpassungen an der Unternehmensstrategie vorgenommen werden, um weiterhin Chancen und Risiken, dem Umfeld entsprechend, bewerten zu können (Lanzer et al. 2024). Dabei ist es wichtig, dass die Kompetenz der Agilität bei allen Mitgliedern einer Organisation gefördert wird, um Agilität auf der organisationalen Ebene zu erreichen (Ahrendt et al. 2024).

2.3 Menschzentrierung

Der andauernde technologische Fortschritt wird immer stärker mit dem Ansatz der Menschzentrierung vereint (Vogel-Heuser & Bengler 2023). Vor allem die Aspekte der Anforderungsanalyse, des gemeinschaftlichen Entwurfs, der Systemintegration und der Verifizierung und Validierung wurden im Projekt Readi mit den Anwendungsunternehmen umgesetzt. Gerade wenn das Ziel einer Maßnahme die Steigerung der Resilienz im Unternehmen sein soll (auf übergeordneter wie auch individueller Ebene), ist ein partizipativ gestalteter Prozess essenziell, da ein Top-down-Ansatz nicht im Sinne des menschzentrierten Ansatzes ist (Dasbeck & Engel 2021). Aus diesem Grund sind auch neben den technischen Wandlungsbefähigern auch solche auf menschlicher und organisationaler Ebene berücksichtigt worden, da so eine stärkere Menschzentrierung realisiert werden kann (Bielitz et al. 2023).

2.4 Organisationsgestaltung

Um die Prinzipien von Agilität und Menschzentrierung in einem Unternehmen umsetzen zu können, braucht es eine Organisationsgestaltung, welche Stabilität, Flexibilität und Effektivität, bzw. Effizienz fördert, ohne dabei starr zu sein (Spath 2017). Die Notwendigkeit dieser Faktoren ergibt sich aus der Realität, dass Organisationen, welche sich nicht oder zu langsam den Einflüssen aus der Umwelt anpassen ihre Existenzgrundlage verlieren können oder von Wettbewerbern abgehängt werden (Schreyögg & Geiger 2024). Aus diesen Umwelteinflüssen ergibt sich ein Wandlungskonzept, welche die Organisation in einem Wechsel zwischen Phasen der Ruhe und Phasen der Veränderung sieht (Spath 2017). Aus diesem Grund ist Stabilität in Zeiten der Ruhe, wie auch Flexibilität in Zeiten der Veränderung gefordert. Dieses Konzept des Wandels ist ebenfalls die Grundlage des Reifegradmodells, welches im Rahmen des Projektes Readi erstellt wurde.

2.5 Digitalisierung

Die digitale Transformation verändert nach wie vor Unternehmen und Organisationen, wodurch sowohl Chancen als auch Ängste und Risiken entstehen (Mockenhaupt & Schlagenhauf 2020). Eine der Herausforderungen des digitalen Wandels besteht darin, dass mit der digitalen Transformation in einem Unternehmen auch ein Kulturwandel einhergeht (Nitsch 2022). Die Digitalisierung selbst ist daher als ein Wandlungstreiber einzustufen, der Unternehmen herausfordert, aber gleichzeitig Chancen bietet, um resilienter zu werden und bestehende Herausforderungen mit digitalen Lösungen zu meistern, wie bspw. den Fachkräftemangel (Mockenhaupt & Schlagenhauf 2020). Um diese Resilienzförderung zu gewährleisten, wurde im Projekt eine Verknüpfung des Digitalisierungsthemas mit den zuvor genannten vorgenommen, um so einen ganzheitlichen Ansatz zu entwickeln, welcher durch Agilität und Menschzentrierung Einfluss auf die Organisationsgestaltung und damit auch die Gestaltung des digitalen Wandels in den Unternehmen nimmt. Dies ist auch in dem projektspezifischen Wandlungsmodell entsprechend umgesetzt worden.

3. Das Readi Wandlungsmodell für Reifegradmodell für organisationale Resilienz in produzierenden KMU

Diese Faktoren sind u. a. Führungsverhalten, Kommunikation und Wissensmanagement. Insgesamt adressiert das Resilienzmodell drei übergeordnete Resilienzdimensionen, die jeweils mit Unteraspekten konkretisiert sind:

1. Kultur und Verhalten: umfasst Change-Management, Lernkultur, Arbeitsweisen, Partizipation sowie Kooperation und Kollaboration.
2. Vorbereitung und Risikomanagement: thematisiert Digital-Technologie, Infrastruktur, Datensicherheit, Wandlungsfähigkeit der Systeme und Agilität.
3. Strategische Ausrichtung und Führung und Innovationsmanagement: beinhaltet Geschäftsmodelle, systemische Organisationsentwicklung, Kundenorientierung, Mitarbeitendenzentrierung, Führung und Innovationsmanagement.

Die weiterführenden Teilaspekte in den o. g. Dimensionen sind im Detail in Abbildung 1 gezeigt. In der Teildimension Führung sind bspw. die Teilaspekte digitales Mindset und Führung virtueller Teams, die individuelle Resilienz der Führungskräfte, Vertrauensaufbau in der Beziehung zu Mitarbeitenden, Förderung von Innovationsmanagement sowie Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten basierend auf Kundenanalysen adressiert (Brink, Weicht et al. 2022, Hänggi & Luban 2022; Haas et al. 2022).

Für alle Teilaspekte wurden Items zur Selbsteinschätzung entwickelt, die eine Einordnung in ein fünfstufiges Reifegradmodell der organisationalen Resilienz ermöglichen (Reifegradstufen Einsteiger bis Vorreiter). Ausgewählte Items des Selbstbewertungs-Instrumentes in der Dimension Führung und Innovationsmanagement zeigt Tabelle 1. Als Antwortskala wurde eine fünfstufige Likert-Skala gewählt ausgehend von „Trifft voll und ganz zu“ bis hin zu „Trifft überhaupt nicht zu“. Basierend dieser Einordnung werden Handlungsempfehlungen in Form von Umsetzungsmaßnahmen, sog. Wandlungsbausteinen, aus einem Katalog aus insgesamt 75 Maßnahmen vorgeschlagen. Das Reifegradmodell einschließlich des Selbstbewertungsinstruments und der Wandlungsbausteine wurde mit den drei Anwendungsunternehmen des Readi-Projekts erprobt und wird derzeit als Online-Instrument umgesetzt.

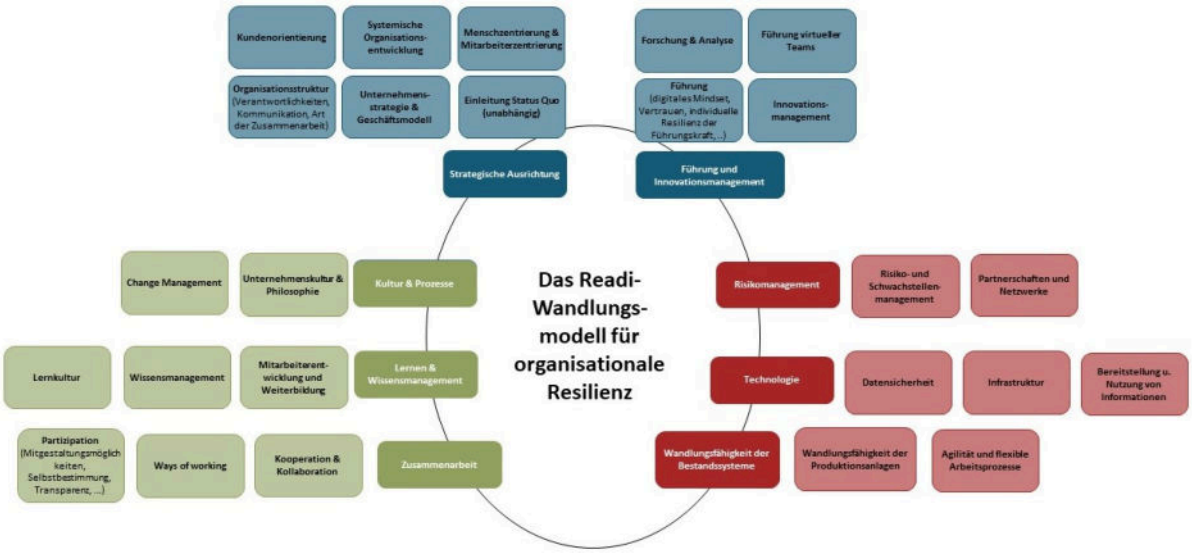


***Abbildung 1**: Dimensionen des Readi-Modells für organisationale Resilienz in produzierenden KMU.*

***Tabelle 1:** Ausgewählte Fragebogen-Items des Readi-Selbstbewertungsinstruments zu organisationaler Resilienz in der Resilienz-Dimension Führung*

Item-Formulierung
Die Führungskräfte stehen Veränderungen, die mit der Einführung neuer Technologien einhergehen, grundsätzlich positiv gegenüber
Es existiert ein Vertrauensverhältnis zwischen Führungskräften und Mitarbeitenden
Mitarbeitende sind bereit, Probleme offen bei Ihren Vorgesetzten anzusprechen
Die individuelle Resilienz der Führungskräfte ist hoch, d.h. sie können gut mit Veränderungen umgehen
Die Führung von Teams wird durch digitale Tools (z.B. Chatsysteme, Systeme zur Personalplanung, etc.) unterstützt.

4. Diskussion und weiterer Forschungsbedarf

Das Readi-Wandlungsmodell für organisationale Resilienz ist auf umfassenden Vergleichen bestehender Resilienzmodelle entwickelt und für die Zielgruppe produzierender mittelständischer Unternehmen zugeschnitten worden. Es erweitert bestehende Modelle um einen ganzheitlichen Fokus auf Themen wie Mitarbeitendenzentrierung, agile Vorgehensweisen und den Einsatz digitaler Technologien sowie der Flexibilität von Produktionssystemen sowie die Bedeutung von Führungsaspekten sowohl auf individueller wie auch auf Organisationsebene. Das Modell erweitert die theoretischen Themenfelder um ein Selbstbewertungsinstrument, eine Reifegradeinordnung sowie darauf aufbauende Umsetzungsmaßnahmen. Das Modell und das Selbstbewertungsinstrument konnten im Rahmen des Forschungsprojektes bereits mit drei Anwendungsunternehmen der Zielgruppe produzierende KMU erprobt und basierend auf den Rückmeldungen weiterentwickelt werden. Eine weitere Diskussion sowie Erprobung mit KMU ist im Projektverlauf angestrebt, um die Validität des Modells sicherstellen zu können. Die Passgenauigkeit der basierend auf den Ergebnissen der Selbsteinschätzung vorgeschlagenen Umsetzungsmaßnahmen für die Steigerung der organisationalen Resilienz wird im Projekt ebenfalls aktuell mit Hilfe der drei Anwendungsunternehmen untersucht.

5. Literatur

Ahrendt, B., Bürklin, N., & Ostberg, P. M. (2024). Wege agiler Führung – mit Sinn: Praktische Grundlagen für lebendige Organisationen. Springer Gabler.

Bentner, A., Jung, J. P. (2022). Resilient durch Krisen – wie Führungskräfte und Teams schwierige Zeiten bewältigen. Carl Auer.

Bielitz, P., Jäpel, N., Heik, D., & Reichelt, D. (2023). Ganzheitliche Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen – der Schlüssel zur Ressourcenwende? HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 60(6), 1222–1236. https://doi.org/10.1365/s40702-023-01008-5.

Brink, S., Weicht, R., Levering, B., Icks, A. (2022). Unternehmertum während der Corona-Pandemie: Individuelle Resilienz. IfM, Bonn.

Dasbeck, J., & Engel, S. (2021). User Experience Design und Organisationsentwicklung: Wie Innovationen entstehen und warum methodisches Vorgehen so wichtig ist. Informatik-Spektrum, 44(3), 161–169. https://doi.org/10.1007/s00287-021-01357-9.

Fraunhofer IPT (2022): Resilienz im strategischen Management produzierender Unternehmen. Konzeptpapier. Aachen.

Gleich, R., Heidenreich, S., Hamacher, K. (2023). Erfolgstreiber der digitalen Transformation. Frankfurt.

Grabmeier, S. (2020): BANI vs. VUCA, https://stephangrabmeier.de/bani-vs-vuca.

Hänggi, R., Luban, K., Bernard, G. (2022). Stärkung der Resilienz in Unternehmen: Das Rapperswiler Resilienzmodell. In Luban & Hänggi, Erfolgreiche Unternehmensführung durch Resilienzmanagement. Springer Gabler.

Hartwig, M.; Kirchhoff, B.; Lafrenz, B.; Barth, A. (2016): Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt - Organisationale Resilienz. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2016.

International Standardization Organization (ISO) (2017): Security and resilience - Organizational resilience - Principles and attributes. ISO 22316. Genf.

Jahangirkhani, T.; Wecken, L.; Wulf, S.; Nyhuis, P. (2024): KI-basierte Maßnahmenempfehlung zur Steigerung der Resilienz und Ressourceneffizienz: Zukunftsfähigkeit von KMU in der VUKA-Welt. In: WT Werkstatttechnik Bd.114 (2024), Nr. 6.

Kopsch, A.; Stork, W. (2023): Resilienz und Neugier als neues Leitbild für das Management in Zeiten der Transformation, ZNWU Discussion Paper, No. 11, Hochschule Darmstadt, Fachbereich Wirtschaft, Zentrum für Nachhaltige Wirtschafts- und Unternehmenspolitik ZNWU, Darmstadt.

Lanzer, F., Sauberschwarz, L., Sertler, T., & Weiß, L. (2024). Strategische Agilität: Dynamische Strategieentwicklung und -anpassung in turbulenten Zeiten. Springer Gabler.

Lenz, U. (2019): VUCA: Ein Rahmenwerk für Veränderungsprozesse. In: Heller, J. (Hrsg.): Resilienz für die VUCA-Welt. Individuelle und organisationale Resilienz entwickeln. 2019, Springer Fachmedien.

Laban, K.; Hänggi, R. (2022): Erfolgreiche Unternehmensführung durch Resilienzmanagement. Branchenübergreifende Praxisstudie am Beispiel der Corona-Krise. Berlin, Heidelberg. Springer Vieweg.

Mockenhaupt, A., & Schlagenhauf, T. (2024). Digitalisierung und Künstliche Intelligenz in der Produktion: Grundlagen und Anwendung (2nd ed.). Springer Vieweg.

Nitsch, V., Brandl, C., Häußling, R., Lemm, J., Gries, T., & Schmenk, B. (Hrsg.). (2022). Digitalisierung der Arbeitswelt im Mittelstand 1: Ergebnisse und Best Practice des BMBF-Forschungsschwerpunkts “Zukunft der Arbeit: Mittelstand - innovativ und sozial” (1st ed.). Springer Vieweg.

Raschka, M. (2024): Resilienz neu denken – Wie KMU auch in Zukunft widerstandsfähig bleiben. In: connect – Wirtschaftsmagazin der IHK Pfalz, Ausgabe 05/06 2024, S. 14-15.

Röhe, A. (2022). Das resiliente Unternehmen – Die Krisen der Zukunft erfolgreich meistern. Springer Gabler.

Schreyögg, G., & Geiger, D. (2024). Organisatorischer Wandel und Lernen. In Organisation (pp. 339–417). Springer Fachmedien Wiesbaden.

Spath, D., Westkämper, E., Bullinger, H.-J., & Warnecke, H.-J. (Hrsg.). (2017). Neue Entwicklungen in der Unternehmensorganisation. Springer.

Tasic, J.; Amir, S.; Tan, J.; Khader, M. (2020) A multilevel framework to enhance organizational resilience, Journal of Risk Research, 23:6, 713-738.

Vogel-Heuser, B., & Bengler, K. (2023). Von Industrie 4.0 zu Industrie 5.0 – Idee, Konzept und Wahrnehmung. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 60(6), 1124–1142. https://doi.org/10.1365/s40702-023-01002-x

Waßhausen, J. & Meßner, J. (2019): Reifegrade organisationaler Resilienz - Impulse für die Weiterentwicklung von Risiko- und Krisenmanagement-Systemen im Zeichen unternehmerischer Zukunftssicherung.

World Economic Forum (Ed.) (2025): Future of Jobs Report 2025. Insight Report. January 2025. Köln, Genf. URL: https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2025.

Untersuchung der muskuloskelettalen Belastungsreduktion durch eine halbautomatische Entladehilfen in der Flughafengepäckabfertigung

Dominik GRÄßLE, Sarah CAMPOS, Kai HEINRICH, Philipp WYNANDS, Ingo HERMANNS-TRIXIUS, Christoph SCHIEFER

Institut für Arbeitsschutz (IFA) der DGUV,
Alte Heerstr. 111, D-53757 Sankt Augustin

Kurzfassung: Die Gepäckabfertigung ist eine zentrale Basisarbeit an Flughäfen und durch die repetitive Handhabung hoher Lasten gekennzeichnet. Zur Reduktion der Muskel-Skelett-Belastung wird am Flughafen München versuchsweise ein halbautomatisches Förderband zwischen Transportwagen und Terminal-Gepäckförderband eingesetzt. Dessen Wirksamkeit wurde im Auftrag der Kommunale Unfallversicherung Bayern im Rahmen einer Feldmessung mit dem CUELA Messsystem untersucht. Das Förderband reduzierte die körperliche Belastung, die sich unter anderem durch eine signifikant reduzierte Rumpfrotation bei 80 % der Mitarbeiter zeigte. Die Ergebnisse deuten auf einen präventiven Effekt hin, welcher durch gezielte Schulungen unterstütz werden sollte.

Schlüsselwörter: Basisarbeit Gepäckabfertigung, Muskel-Skelett-Belastungen, CUELA, Motion Capture, Kraftmessung

1. Einleitung

Die Gepäckabfertigung ist eine systemrelevante Basisarbeit an Flughäfen, die durch die repetitive Handhabung von Gepäckstücken mit einer durchschnittlichen Masse von 18 kg in Kombination mit Zwangshaltungen charakteristisch ist. Dies führt zu Ganzkörperkräften mit einer erhöhten Muskel-Skelett-Belastung (MSB), die insbesondere im Bereich des unteren Rückens (Böser et al. 2011) und an den Schultern wirken.

Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung mittels Leitmerkmalmethode (BAuA 2019) wurde der Arbeitsplatz durch Mitarbeiter des Flughafen München (MUC) als hoch belastend identifiziert und nach technischen Lösungsansätzen gesucht. Technische Assistenzsysteme wie z. B. Vakuumhebehilfen können die MSB am Entladearbeitsplatz um bis zu 90 % reduzieren (Böser et al. 2011). Aufgrund der räumlichen Gegebenheiten am MUC können diese Systeme jedoch nicht installiert werden. Eine vollständige Automatisierung der Tätigkeit, z. B. durch Entladeroboter, ist aufgrund des komplexen Zusammenspiels von Gepäckstückgeometrie, -lage, Sortiervorgaben und Anforderungen der vorhandenen Gepäckförderanlage ebenfalls nicht möglich (vgl. Mayer et al. 2006).

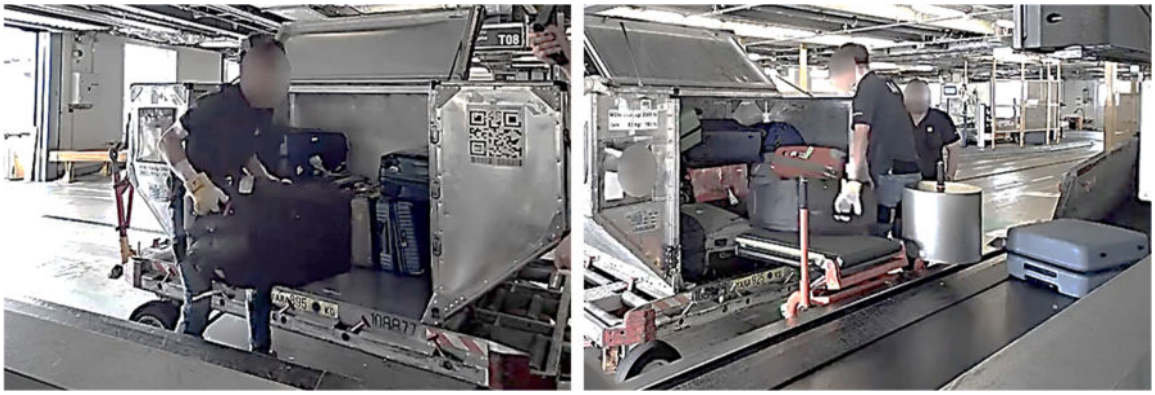


Abbildung 1*: Entladetätigkeit ohne (links) und mit Entladehilfe (rechts) (Bilder: DGUV).*

Aus diesem Grund wurde versuchsweise ein kurzes, halbautomatisches Förderband (FB) zwischen Transportwagen und Terminal-Gepäckförderband installiert. Dieses FB trägt das Gewicht der Gepäckstücke auf ein im Boden montiertes Schienensystem ab. Das Schienensystem ermöglicht eine Verschiebung des FB parallel zur Terminal-Gepäckförderanlage. Über zwei Multifunktionsgriffe kann der Neigungswinkel und der horizontale Abstand des FB zum Frachtcontainer/Gepäckwagen beidseitig eingestellt werden. Bei adäquater Einstellung müssen Gepäckstücke somit nur auf das FB gezogen werden. Im Rahmen der Arbeitsorganisation ist hierbei zu berücksichtigen, dass das FB nach der Positionierung nur von einer Seite beladen werden kann.

Inwieweit das FB tatsächlich zur Reduktion der MSB beiträgt, konnte bisher nicht hinreichend quantifiziert werden. Das Institut für Arbeitsschutz (IFA) der DGUV wurde von der Kommunalen Unfallversicherung Bayern (KUVB) mit einer Feldmessung beauftragt, die die Wirkung dieses FB im Hinblick auf die Prävention arbeitsbedingter MSB untersuchte.

2. Methodik

Fünf freiwillige, männliche Mitarbeiter (Alter: 30 ± 5,7 Jahre; Körpergröße: 181 ± 5 cm; BMI: 23,4 ± 2,7) aus der Gepäckabfertigung nahmen an der Feldmessung teil. Alle Mitarbeiter waren im Umgang mit dem FB geschult und hatten zuvor an mindestens einem Arbeitstag mit dem FB gearbeitet. Die Messungen erfolgten in der Arbeitsschicht der Mitarbeiter im regulären Abfertigungsbetrieb des MUC. Zur Evaluation des intraindividuellen Effekts wurden die Mitarbeiter gebeten die Entladetätigkeit mit und ohne Entladehilfe durchzuführen. Alle Gepäckstücke wurden in drei Containertypen an der Entladestation angeliefert. Containertyp, Beladestaus und Entladefrequenz wurden durch den Flugplan vorgegeben und konnten nicht beeinflusst werden.

Im Rahmen der Feldmessungen wurde das CUELA-Messsystem (Ellegast et al. 2010) eingesetzt. Dieses bestand aus dem mobile Motion-Capture-System Awinda (60 Hz, Fa. Movella). Awinda ist ein telemetrisches Messsystem zur Erfassung der Ganzkörperkinematik unter Verwendung von 17 Inertial Messeinheiten (IMU). Die Messung der vertikalen Bodenreaktionskräfte erfolgte mit den mobilen Loadsol-Einlegesohlen (50 Hz, Größen: 40 – 45, Fa. Novel). Dieses flexible Einlagenförmige System arbeitet mit kapazitiven Sensoren auf Textilbasis und misst die orthogonal zur Sensorfläche eingeleiteten plantaren Kräfte. Die Arbeitstätigkeit wurde mit Videoaufnahmen dokumentiert.

Auf Basis der synchronisierten Videoaufnahmen wurden nachfolgende Zeitintervalle in der CUELA-Software definiert:

1. Entladeintervall: Zeitintervall vom ersten bis zum letzten Gepäckstückkontakt eines Mitarbeiters bei der Entladung eines Frachtcontainers.
2. Transferintervall: Zeitintervall, in dem ein einzelnes Gepäckstück vom Frachtcontainer auf das FB bzw. das Terminal-Gepäckförderband transferiert wird.

In den vorgenannten Intervallen wurden Körperhaltung und -bewegungen ermittelt und analysiert.

Die Handaktionskraft bei der Handhabung der Gepäckstücke konnte nicht direkt gemessen werden. Daher wurde das mittlere dynamische Lastgewicht der Gepäckstücke durch die Differenz der 95. Perzentile der ermittelten vertikalen Bodenreaktionskräfte ohne und mit Gepäckstück im jeweiligen Intervall abgeschätzt (Abbildung 5).

Zur Abschätzung der Bandscheiben-Kompressionskräfte (BKK) im Bereich der Lendenwirbelsäule auf Höhe L5/S1 wurde das in die CUELA-Software integrierte biomechanische Menschmodell "CUELA Dortmunder" (DGUV 2020) genutzt. Für die Berechnung der BKK wurde die vom MUC angegebene mittlere statische Gepäcksstückmasse von 18 kg (vertikale Gewichtskraft = 177 N) für Entladevorgänge ohne FB genutzt. Auf Basis der ermittelten vertikalen Bodenreaktionskräfte (s.o.) konnte eine Reduktion der auf die Hände wirkenden vertikalen Gewichtskräfte mit FB auf 89 N für die Bestimmung der BKK bei Entladevorgänge approximiert werden.

3. Ergebnisse

Die Verteilung der Rumpfflexionswinkel im Winkel-Zeitverlauf des Entladeintervalls wird in Abbildung 2 als Boxplot (P05, P25, P50, P75, P95) dargestellt. Der Median der Datensätze zeigt nur geringfügige Unterschiede. Die Verwendung des FB führt tendenziell zu einem größeren Bewegungsumfang der Rumpfflexion, insbesondere reicht der P75 Wert in den nicht empfohlenen Bereich der Vorneigung.

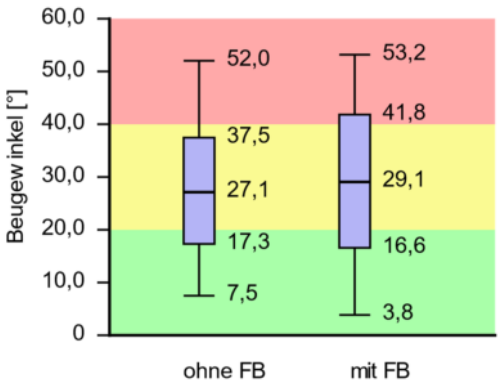


Abbildung 2: Verteilung der Rumpfflexionswinkel im Entladeintervall mit und ohne FB

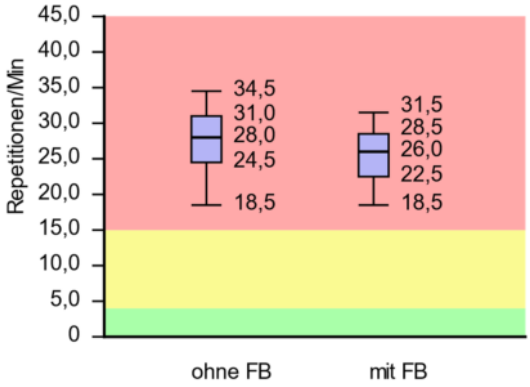


Abbildung 3: Verteilung der Schulter-Repetition des dominanten Arms im Entladeintervall mit und ohne FB

In Abbildung 3 wird die Verteilung der Intensität der Schulter-Repetitionen im Entladeintervall dargestellt. Unabhängig von der Verwendung der Entladehilfe ist die Tä-

tigkeit im Entladeintervall als hoch repetitiv einzustufen. Die Verwendung der Entladehilfe zeigt eine geringfügige Absenkung der Schulter-Repetition.

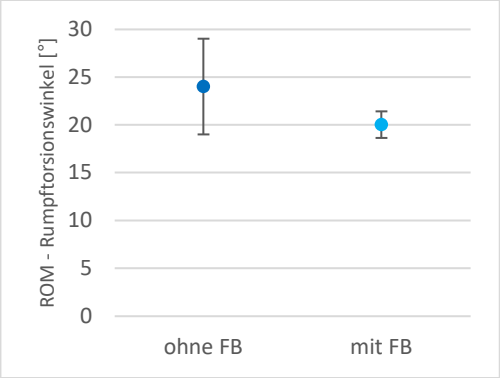


Abbildung 4: ROM-Mittelwert Rumpftorsionswinkel im Transferintervall mit und ohne FB

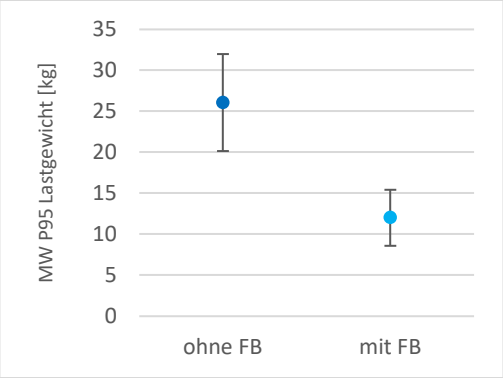


Abbildung 5: P95 Mittelwert dynamischen Lastgewichts im Transferintervall mit und ohne FB

In Abbildung 4 wird der durchschnittliche ROM der Rumpftorsion im Transferintervall dargestellt. Die Rumpftorsion wird durch die Verwendung der Entladehilfe tendenziell reduziert. Die Analyse des intraindividuellen ROM mit und ohne FB zeigt, dass alle Versuchspersonen eine signifikante Änderung aufweisen (Mann-Whitney-U-Test). In 80 % der Fälle führt die Verwendung des FB zu einer Reduktion des ROM.
Der Mittelwert des 95-Perzentils des dynamischen Lastgewichts im Transferintervall ist in Abbildung 5 dargestellt. Die Verwendung der Entladehilfe führt zu einer deutlichen Reduktion des dynamischen Lastgewichts. Bei Intraindividueller Betrachtung zeigt sich ein klarer Zusammenhang zwischen dem dynamischen Lastgewicht und der Arbeitsgeschwindigkeit.

In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ist die mit dem CUELA Dortmunder Modell simulierte Verteilung der BKK ohne und mit Entladehilfe bei standardisierter Anthropometrie dargestellt. Die Simulation mit statischen Lastgewichten zeigt eine reduzierte BKK unter Verwendung der Entladehilfe.

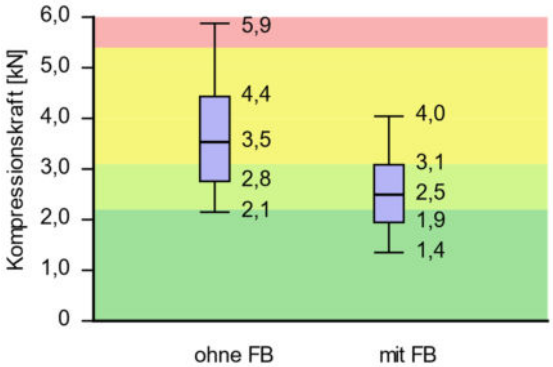


Abbildung 6: Verteilung der Kompressionskraft L5S1 im Transferintervall mit und ohne Entladehilfe

4. Diskussion

Die Analyse der Feldmessungen zeigt, dass das FB einen Effekt auf die Bewegung und Haltung am Entladearbeitsplatz hat. Diese Wirkung muss differenziert betrachtet werden. 80 % der Mitarbeiter zeigten eine Reduktion der Rumpftorsion im Transferin-

tervall, dem Zeitpunkt mit der angenommenen höchsten Lasteinwirkung im Arbeitsablauf. Jedoch wird die Rumpfflexion, trotz höhenverstellbarem FB, nicht reduziert. Ursache hierfür könnte der Platzbedarf der Entladehilfe sein, der Zwangshaltung begünstigt könnte, und oder eine ungünstige Einstellung des FB. Die Repetition der Schulterbewegung wird durch den Einsatz des FB nur geringfügig gesenkt und bleibt hochrepetitiv. Bei der Beobachtung der Tätigkeit entstand der Eindruck, dass die Arbeitsgeschwindigkeit der Mitarbeiter teilweise höher als die Förderleistung des Gepäckförderbandes und damit höher als erforderlich war. Hier besteht durch Sensibilisierung der Mitarbeiter das Potential, die Arbeitsdynamik und damit verbundene Intensität der Repetition der Schulterbewegung zu senken.

Die indirekte Schätzung des mittleren dynamischen Lastgewichts erlaubte eine Plausibilisierung der angenommenen Gepäckstückmasse von 18 kg in der BKK-Simulation. Ergänzend unterstützt sie die Annahme, dass die wirkende Last bedingt durch die Nutzung des FB reduziert wird. Der vereinfachte Ansatz zur Lastgewichtsschätzung erlaubt jedoch keinen Rückschluss auf den tatsächlich wirkenden Kraft-Zeitverlauf der Handaktionskräfte. Eine direkte Messung der Handaktionskräfte und der Gepäckstückemassen wären jedoch ohne massive Störung des Betriebsablauf nicht möglich gewesen. Daher müssen die mit dem „CUELA Dortmunder“ simulierten BKK als plausible Näherung betrachtet werden, auf deren Basis ein Rückschluss auf eine deutliche Belastungsreduktion durch das FB zulässig erscheint.

Der beobachtete entlastende Effekt des FB scheint abhängig von deren Bedienung, sowie den arbeitsorganisatorischen und technischen Rahmenbedingungen zu sein. So kann eine falsche Einstellung des FB zu einem erhöhten Kraftaufwand oder zu einer ungünstigeren Körperhaltung und -bewegung führen. Im Hinblick auf die Arbeitsorganisation ist darauf zu achten, dass es zu keiner einseitigen Bedienung in Verbindung mit einem einseitigen Lasteintrag in den Körper kommt.

Die Nutzung des untersuchten FB (Entladehilfe) ermöglicht vergleichbare Gepäckumsatzraten zwischen Entladevorgängen mit und ohne FB und liegt über der Kapazität des Hauptgepäckförderbandes. Sie hat damit keinen negativen ökonomischen Effekt im Sinne der Leistungsreduktion bei gleichzeitiger Reduktion der Muskel-Skelett-Belastung. Zu einer vergleichbaren Bewertung kommen auch Böser et al. (2011) bei Vakuumhebehilfen. Unter den gegebenen Bedingungen scheint ein langsameres und damit "schonenderes" Arbeiten mit Entladehilfe möglich und empfehlenswert.

5. Literatur

BAuA (2019), „MEGAPHYS – Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz.“ Gemeinsamer Abschlussbericht der BAuA und der DGUV. Band 1. Dortmund, Berlin, Dresden: BAuA.

BMAS (2022), AMR Nr. 13.2 „Tätigkeiten mit wesentlich erhöhten körperlichen Belastungen mit Gesundheitsgefährdungen für das Muskel-Skelett-System“. Bek. des BMAS in: GMBl Nr. 7, 25. Februar 2022, S. 154.

Böser C, Post M, Ellegast RP. (2011) Ermittlung der Belastung des Muskel-Skelett-Systems bei Verladetätigkeiten am Flughafen. IFA-Report 4/2011. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin.

DGUV (2020) „MEGAPHYS – Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz.“ Gemeinsamer Abschlussbericht der BAuA und der DGUV. Band 2. Berlin: DGUV.

Ellegast, R.; Hermanns, I.; Schiefer, C. (2010) Feldmesssystem CUELA zur Langzeiterfassung und -analyse von Bewegungen an Arbeitsplätzen. Z. Arb. Wiss. 64 (2010), S. 101-110.

Danksagung: Ein besonderer Dank gilt allen Mitarbeitern der AeroGround Flughafen München GmbH für die hervorragende Zusammenarbeit und Unterstützung bei den Messungen.

Vorhersage des Wirkungsgrades der Schweißverdunstung zur Beurteilung der Gefährdung im feucht-heißen Klima

Bernhard KAMPMANN[1], Peter BRÖDE[2]

[1] Bergische Universität Wuppertal,
Fakultät für Maschinenbau und Sicherheitstechnik,
Fachgebiet Arbeitswissenschaft,
Gaußstraße 20, D-42097 Wuppertal
[2] Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo),
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund

Kurzfassung: Der als Verhältnis des verdunsteten (nicht-abgetropften) zum produzierten Schweiß berechnete und als Schwitzeffizienz bezeichnete Wirkungsgrad der Schweißverdunstung (η) ist zur Beurteilung von Hitzebeanspruchungen von Bedeutung und kann mit großem Aufwand unter Laborbedingungen explizit bestimmt oder mit Wärmebilanzrechnungen abgeschätzt werden. Unser Beitrag stellt einen alternativen datengetriebenen Ansatz vor: durch Anpassung generalisierter additiver Modelle wurde η über den Erträglichkeitsbereich von Lufttemperatur (T_a) und -feuchte (p_a) für 223 dreistündige Klimaexpositionen indirekt bestimmt. Es zeigte sich eine Abnahme von η mit ansteigenden T_a und p_a, die signifikant vom erforderlichen Hautbenetzungsgrad abhing (R^2=0.64), wobei die Berücksichtigung von T_a die Vorhersage verbesserte (R^2=0.91).

Schlüsselwörter: Klimawandel, Hitze, Luftfeuchte, Gefährdungsbeurteilung, Schwitzeffizienz

1. Einleitung

Der Klimawandel mit häufigeren extremen Wetterbedingungen erfordert Verfahren zur Gefährdungsbeurteilung bei Arbeit in Hitze, insbesondere bei Tätigkeiten im Freien (Gabriel & Bux 2024). Bei Hitze steigt die Schweißproduktion mit zunehmender Lufttemperatur und Luftfeuchte an, wobei in feucht-heißem Klima oft mehr Schweiß produziert wird als verdunsten kann. Der abtropfende Teil des Schweißes trägt nicht zur Verdunstungskühlung bei und verringert so den auch als Schwitzeffizienz bezeichneten Wirkungsgrad der Schweißverdunstung (η) mit zunehmendem Hautbenetzungsgrad (w). Dies ist für Modellrechnungen der Thermoregulation, die zur Beurteilung von Hitzebeanspruchungen den Wirkungsgrad in Abhängigkeit des zur Aufrechterhaltung eines thermischen Gleichgewichts erforderlichen Hautbenetzungsgrades (w_{req}) betrachten, von Bedeutung (DIN EN ISO 7933 2024; Malchaire et al. 2001).

Aufgrund des zur expliziten Bestimmung erforderlichen erheblichen Messaufwands ist die Zahl publizierter Beobachtungen von η gering (Alber-Wallerström & Holmér 1985; Candas et al. 1979a, b; Lei et al. 2021). Kürzlich stellten wir eine datengestützte Methodik zur indirekten Bestimmung von η vor (Kampmann 2000; Kampmann & Bröde 2022a) und verwenden diese nun zur Überprüfung des Einflusses klimatischer Parameter und von w_{req} auf η in weiten Bereichen des psychrometrischen Diagramms.

2. Methoden

2.1 Bestimmung des Wirkungsgrads der Schweißverdunstung

Das prinzipielle Vorgehen zur indirekten Bestimmung von η wurde bereits zuvor beschrieben (Kampmann 2000; Kampmann & Bröde 2022a) und ist in Abbildung 1 für eine Serie von 17 Klimakammerexpositionen eines Probanden illustriert. Die gemessenen Schweißraten (SR) und mittleren Hauttemperaturen (T_{sk}) werden dabei abhängig von Lufttemperatur (T_a) und -feuchte (Wasserdampfdruck p_a) durch Ausgleichskurven beschrieben (Abb. 1A&B). Hieraus ergeben sich Linien gleicher Differenzen von (T_a –T_{sk}) mit konstanten konvektiven Wärmeverlusten (Abbildung 1C). Der Anstieg von SR längs dieser Linien (Abb. 1D) beschreibt die Rate des abgetropften Schweißes, welche η vermindert (Abb. 2A). Eine wichtige Voraussetzung zur Anwendung der Methode ist ein gleichbleibender Energieumsatz (EU, Abb. 2B).

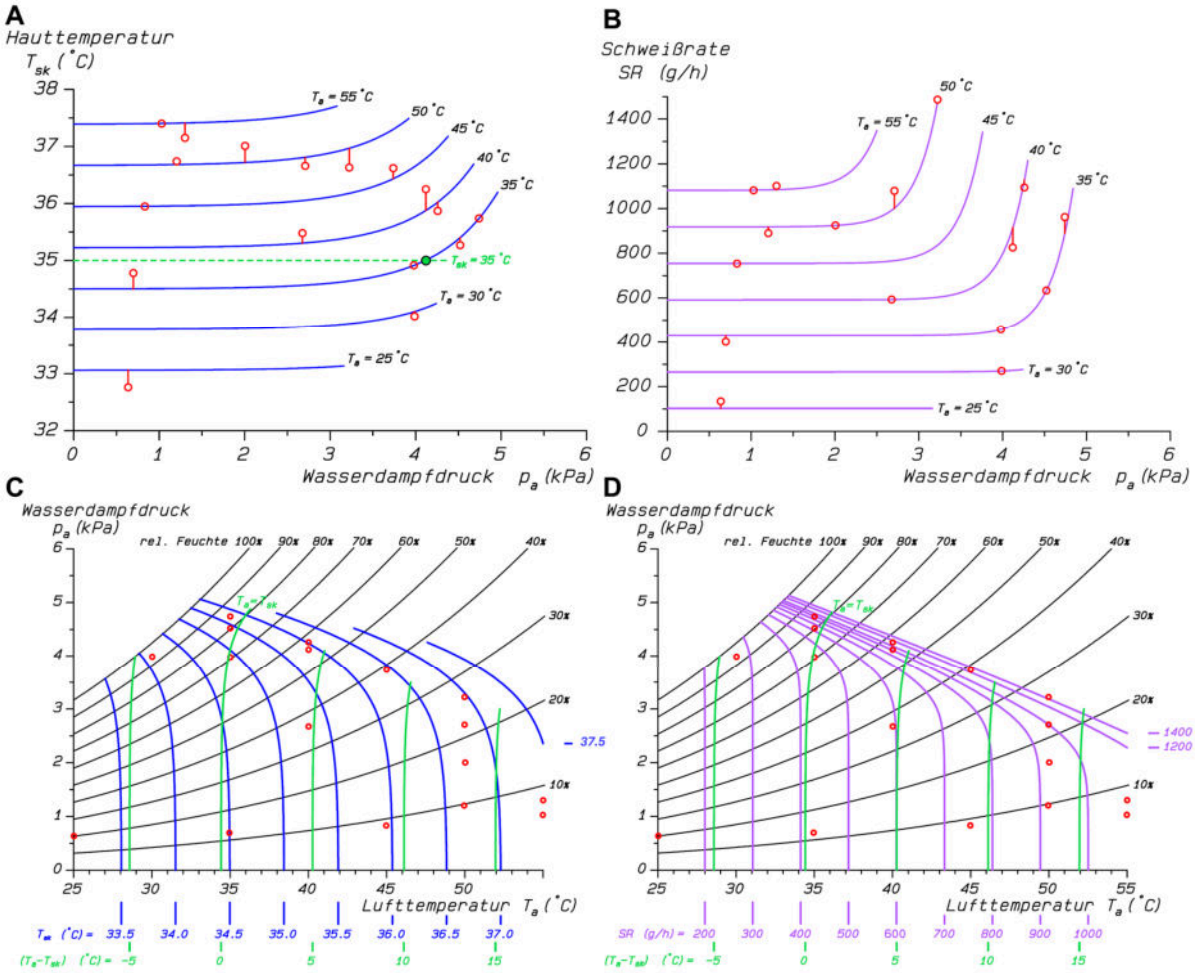


***Abbildung 1**: Individuelle Messwerte aus 17 Klimaexpositionen eines einzelnen Probanden von (**A**) Hauttemperatur (T_{sk}) und (**B**) Schweißrate (SR) mit exponentiellen Ausgleichskurven in Abhängigkeit von Lufttemperatur (T_a) und Wasserdampfdruck (p_a). Darstellung der Werte im psychrometrischen Diagramm abhängig von T_a und p_a mit Äquivalenzlinien für den Gradienten zwischen Luft- und Hauttemperatur (T_a-T_{sk}) zusammen mit den entsprechenden Linien für (**C**) Hauttemperatur (T_{sk}) und (**D**) Schweißrate (SR).*

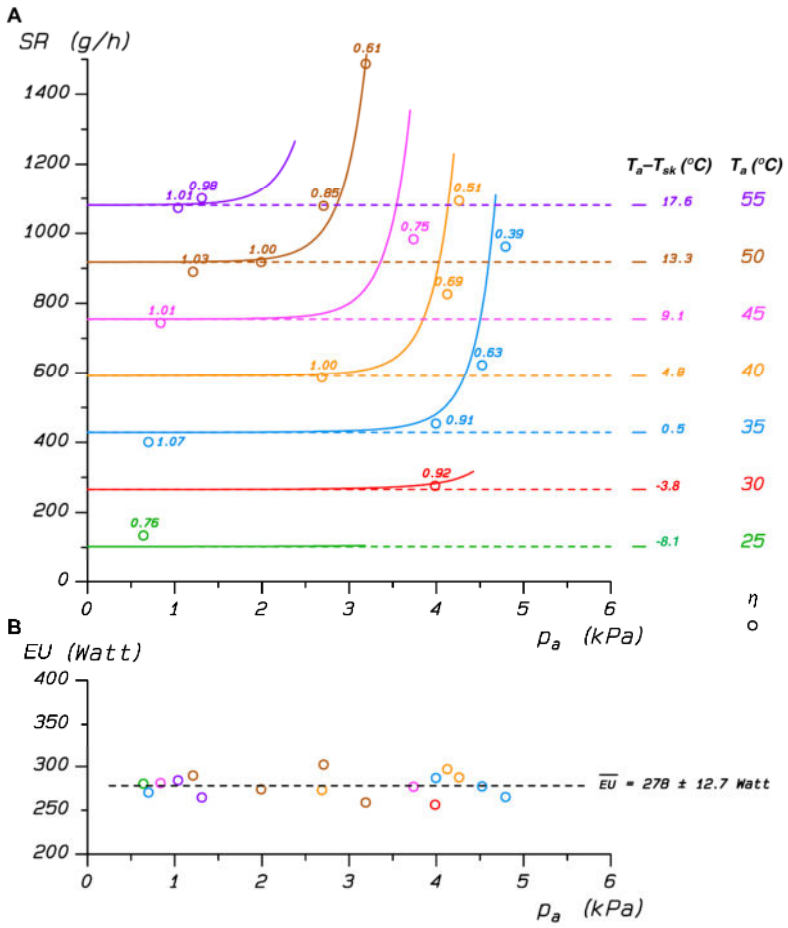


***Abbildung 2**: (**A**) Schweißrate (SR) in Abhängigkeit vom Wasserdampfdruck (p_a) längs einer Linie (T_a-T_{sk}) = const., die für eine vorgegebene Lufttemperatur (T_a) bei p_a=0 beginnt (vgl. Abb. 1D) mit abgeleitetem Wirkungsgrad (η) für die jeweiligen Messpunkte bei T_a, und (**B**) Energieumsatz (EU) abhängig von p_a mit Mittelwert ($\overline{EU}$) ± Standardabweichung für die Daten aus Abb. 1.*

2.2 Einflussfaktoren auf den Wirkungsgrad

Für einen Datenbestand von insgesamt 223 dreistündigen Expositionen mit 14 jungen, mit Shorts bekleideten, akklimatisierten männlichen Probanden, die den Erträglichkeitsbereich von Lufttemperatur (T_a, 25–55 °C) und -feuchte (Wasserdampfdruck p_a, 0,4–5 kPa) bei vorgegebener Arbeitsschwere (Gehen in der Ebene, 4 km/h) und Luftgeschwindigkeit (0,3 m/s) abdecken, wurden die logarithmierten Schweißraten (SR) abhängig von dem Gradienten zwischen Luft- und Hauttemperatur (T_a –T_{sk}) durch Anpassung mehrdimensionaler monotoner Splines mittels generalisierter additiver Modelle beschrieben (Pya & Wood 2015). Aus der Modellanpassung wurde die Abtropfrate bei gegebenem (T_a –T_{sk}) als marginaler Effekt (Arel-Bundock et al. 2024) im Vergleich zur Referenz-Schweißrate bei p_a=0 (angenommene vollständige Schweißverdunstung) ermittelt, woraus sich η ergab.

Der erforderliche Hautbenetzungsgrad w_{req} wurde nach ISO 7933 aus p_a, dem Energieumsatz (EU) und der Bekleidungsisolation (I_{cl}=0.1 clo) berechnet. Wegen fehlender EU-Messungen lag w_{req} nur für 203 Expositionen vor.

Der Einfluss von p_a, T_a und w_{req} auf η wurde durch Anpassung mehrdimensionaler Regressions-Splines mittels additiver Modelle untersucht (Wood 2017).

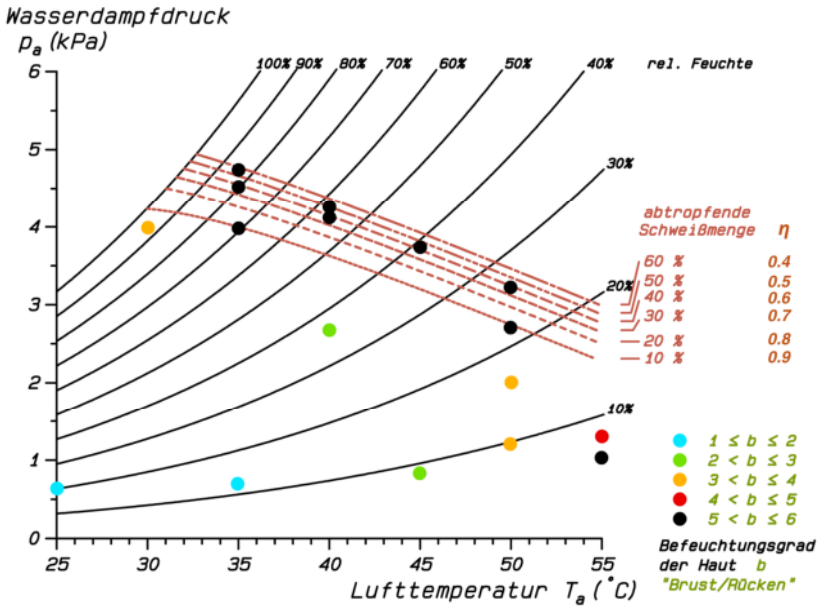


***Abbildung 3**: Psychrometrisches Diagramm mit Linien gleicher Abtropfraten bzw. Wirkungsgrades (η) des Schweißes und Einstufung des Hautzustandes (1: „Fühlt sich trocken an, sieht matt aus";2: „Fühlt sich feucht an, sieht nicht glänzend aus"; 3: „Glänzend, noch keine deutlichen Schweißtropfen"; 4: „Deutlich sichtbare Schweißtropfen"; 5: „Herablaufende Schweißtropfen"; 6: „Abtropfen von Schweiß") an allen Messpunkten eines Probanden. Der Mittelwert der Einstufungen von Brust und Rücken wurde für die Darstellung gewählt, weil Arme und Beine sich beim Gehen schneller bewegen als die Luftgeschwindigkeit und daher geringere Abtropfraten haben.*

3. Ergebnisse

3.1 Bestimmung des Wirkungsgrads der Schweißverdunstung

Bei ausgeglichener Wärmebilanz und T_a=T_{sk} – d. h. in Abwesenheit von konvektiver und radiativer Wärmeabgabe – ergab sich für p_a = 0 kPa in Abb. 1D, dass eine Verdunstungsrate von 410 g/h die metabolische Wärmeproduktion kompensiert. Die Annahme einer Verdunstungswärme von Schweiß von 2426 J/g (Wenger 1972) führt zu einer Verdunstungskühlung von 276 W, was sehr gut mit dem Wert der körpereigenen Wärmeproduktion von $\overline{EU}$ = 278 ± 13 W in Abb. 2B übereinstimmt, der indirekt aus Messungen der Atemgase ermittelt wurde.

Die Annahme, dass für T_a = T_{sk} (≈ 35 °C) bei p_a = 0 kPa noch kein Schweiß abtropft, ist laut Abbildung 3 gut erfüllt und trifft ebenfalls in Abb. 2A bei Werten von |T_a-T_{sk}| > 0 °C für p_a = 0 kPa bis oberhalb T_a ≈ 50 °C zu. Abb. 3 zeigt beispielhaft für einen Probanden, dass oberhalb errechneter Abtropfraten von 20% (η=0.8) der höchste Befeuchtungsgrad gehäuft auftrat, was den Ansatz zusätzlich stützt.

3.2 Einflussfaktoren auf den Wirkungsgrad

Abb. 4A belegt eine sehr gute Vorhersage (R^2=0.94) der Schweißproduktion durch p_a und den Gradienten zwischen Luft- und Hauttemperatur für den gesamten Datensatz in Übereinstimmung mit der Individualbeobachtung in Abb. 2A.

Hinsichtlich der Umgebungsbedingungen nahm η für T_a>30 °C mit zunehmender Feuchte ab und sank für T_a>35 °C bei großer Feuchte vereinzelt auf unter 40 % (Abb. 2A & 4B-D). Regressionsanalysen ergaben eine sehr hohe Abhängigkeit des Wirkungsgrads von T_a und p_a (R^2=0.99) und zusätzlich einen signifikanten Einfluss von w_{req} (R^2=0.64) mit einer Reduktion von η bei steigendem w_{req} (Abb. 4C), wobei sich die Vorhersage durch Berücksichtigung von T_a deutlich verbesserte (R^2=0.91, Abb. 4D).

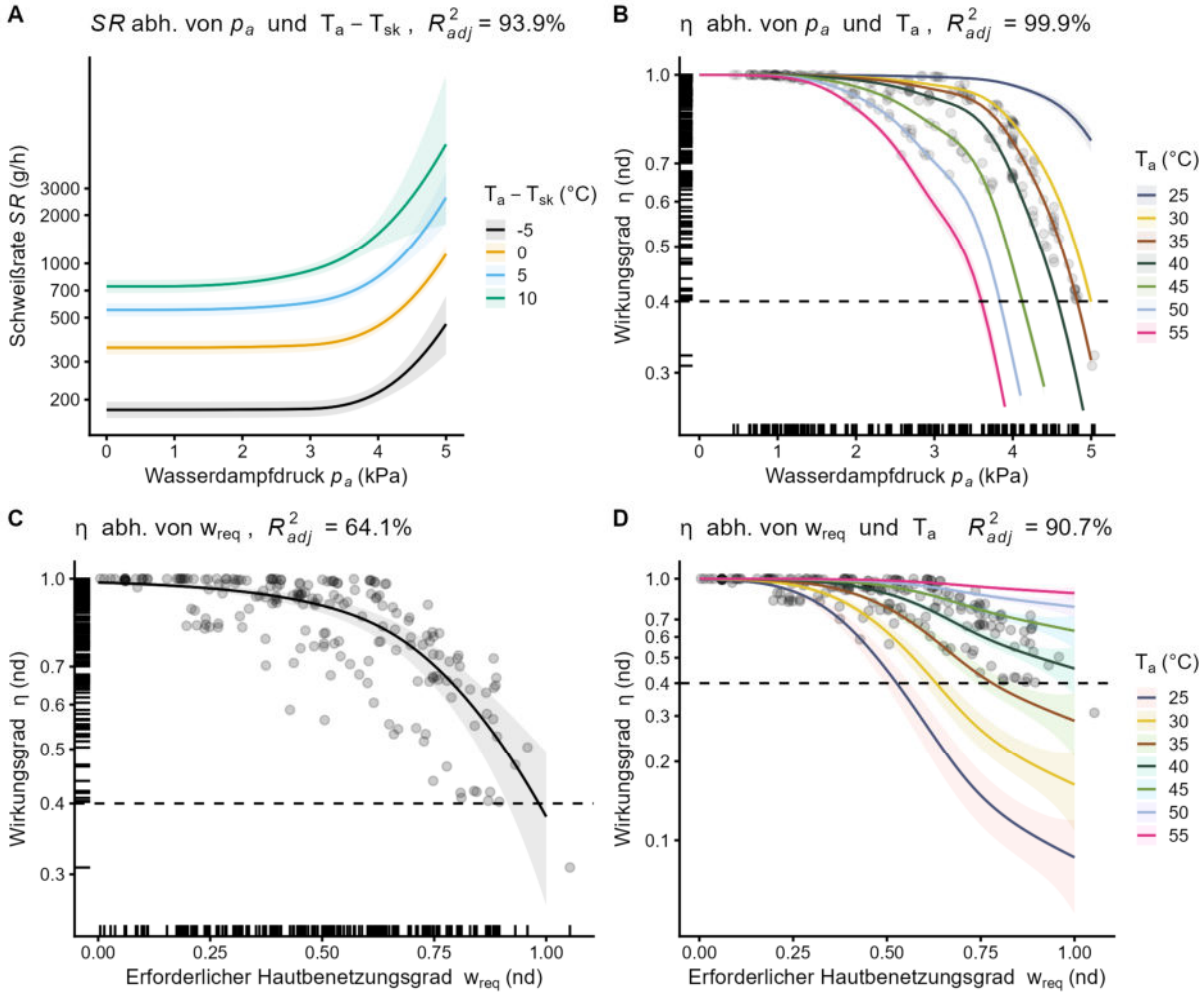


***Abbildung 4**: (**A**) Mittels an den gesamten Datensatz angepasster monotoner Spline-Funktionen durch Wasserdampfdruck (p_a) und den Gradienten zwischen Luft- und Hauttemperatur (T_a-T_{sk}) vorhergesagte, logarithmisch skalierte Schweißraten (SR)mit 95 %-Konfidenzband und nach der Parameteranzahl adjustiertem R^2_{adj} als Maß der Anpassungsgüte; sowie der daraus bestimmte Wirkungsgrad der Schweißverdunstung (η) abhängig von (**B**) p_a und T_a; (**C**) erforderlichem Hautbenetzungsgrad (w_{req}); (**D**) w_{req} und T_a.*

4. Diskussion und Schlussfolgerung

Die aus unserer Bestimmung von η in weiten Bereichen des psychrometrischen Diagramms resultierenden Befunde deuten auf einen moderierenden Einfluss der Lufttemperatur auf den für Modellrechnungen (DIN EN ISO 7933 2024) wichtigen Zusammenhang zwischen dem Wirkungsgrad der Schweißverdunstung η und dem erforderlichem Hautbenetzungsgrad w_{req}.

Diese Ergebnisse sollen in weiteren Auswertungen, z.B. zur Wirkung erhöhter Luftgeschwindigkeit, oder für nicht-akklimatisierte Personen (Kampmann 2000; Kampmann & Bröde 2022a), geprüft werden. Ein relevanter Gesichtspunkt ist hierbei, dass bei feucht-heißer Klimabelastung sich die Schweißrate durch Hidromeiosis nach Überschreitung eines Maximums nach etwa zwei Stunden reduziert (Kampmann & Bröde 2022a), so dass sich η dann entsprechend vergrößert.

Weitere Untersuchungen und ggf. erforderliche Anpassungen der Methodik zur Bestimmung von η für vollständig bekleidete Personen (Kuwabara et al. 2021) sind geplant und erscheinen mit der bestehenden Datenbank (Ilmarinen 1978; Kampmann & Bröde 2022b) auch umsetzbar.

5. Literatur

Alber-Wallerström B, Holmér I (1985) Efficiency of sweat evaporation in unacclimatized man working in a hot humid environment. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology 54:480-487.

Arel-Bundock V, Greifer N, Heiss A (2024) How to Interpret Statistical Models Using marginaleffects for R and Python. Journal of Statistical Software 111:1 - 32.

Candas V, Libert JP, Vogt JJ (1979a) Human skin wettedness and evaporative efficiency of sweating. Journal of Applied Physiology 46:522-528.

Candas V, Libert JP, Vogt JJ (1979b) Influence of air velocity and heat acclimation on human skin wettedness and sweating efficiency. Journal of Applied Physiology 47:1194-1200.

DIN EN ISO 7933 (2024) Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der Wärmebelastung durch Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung (ISO 7933:2023); Deutsche Fassung EN ISO 7933:2023. Berlin: Beuth Verlag.

Gabriel K, Bux K (2024) Hitze als Risiko am Arbeitsplatz. In: Schneider S (Ed) Gesundheitsrisiko Klimawandel. Bern: Hogrefe Verlag, 291-300.

Ilmarinen R (1978) Einflüsse verschiedener Bekleidung auf einige physiologische Größen des Menschen bei Körperarbeit in unterschiedlich erhöhter Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit. Köln: Deutsche Sporthochschule Köln, PhD Thesis.

Kampmann B (2000) Zur Physiologie der Arbeit in warmem Klima. Ergebnisse aus Laboruntersuchungen und aus Feldstudien im Steinkohlenbergbau. Wuppertal: Bergische Universität Wuppertal, Habilitation Thesis, Accessed 2023-01-16, https://d-nb.info/973136863/34.

Kampmann B, Bröde P (2022a) Der Wirkungsgrad der Schweißverdunstung im feucht-heißen Klima – Ergebnisse einer indirekten Bestimmung mithilfe einer umfangreichen Datenbank. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Ed) 68. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft–Technologie und Bildung in hybriden Arbeitswelten. Magdeburg: GfA-Press, Beitrag A.6.2:1-6.

Kampmann B, Bröde P (2022b) Do one-hour exposures provide a valid assessment of physiological heat strain? Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 76:105-117.

Kuwabara K, Hamada Y, Kubota H (2021) Analysis of sweating efficiency and its effects on the heat strain alleviation of clothed subjects. Physiological Reports 9:e14694.

Lei T-H, Fujiwara M, Gerrett N, Amano T, Mündel T, Inoue Y, Okushima D, Nishiyasu T, Kondo N (2021) The effect of seasonal acclimatization on whole body heat loss response during exercise in a hot humid environment with different air velocity. Journal of Applied Physiology 131:520-531.

Malchaire J, Piette A, Kampmann B, Mehnert P, Gebhardt H, Havenith G, den Hartog EA, Holmér I, Parsons K, Alfano G, Griefahn B (2001) Development and validation of the predicted heat strain model. Ann Occup Hyg 45:123-135.

Pya N, Wood SN (2015) Shape constrained additive models. Statistics and Computing 25:543-559.

Wenger CB (1972) Heat of evaporation of sweat: thermodynamic considerations. Journal of Applied Physiology 32:456-459.

Wood SN (2017) Generalized Additive Models: An Introduction with R. Boca Raton, Florida: Chapman & Hall/CRC.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Hybride Arbeit – Herausforderung für die psychosoziale Gesundheit von Beschäftigten und die betriebliche Arbeitsschutzpraxis

Cora ZENZ, Guido BECKE

Institut Arbeit und Wirtschaft, Universität Bremen/Arbeitnehmerkammer Bremen, Domshof 26, D-28195 Bremen

Kurzfassung: Hybride Arbeitskonzepte werden von Beschäftigten seit der Corona-Pandemie bevorzugt und bewirken durch dessen neuen Umfang einen arbeitsorganisatorischen Wandel. Dabei ist bislang nicht ausreichend geklärt, welche gesundheitlichen Auswirkungen und Bedeutungen dies für den Arbeitsschutz hat.
Die qualitative Studie betrachtet die Umsetzungsqualität in zwei Unternehmen. Vorläufige Ergebnisse zeigen ein unterschiedliches Vorgehen der einzelnen Arbeitsbereiche. Beschäftigte des öffentlichen Dienstes berichten von Belastungen durch beharrliche Vorbehalte einiger Führungskräfte. Die Verantwortung der Mitarbeitenden für ihren Arbeits- und Gesundheitsschutz ist gestiegen. Weitere Erkenntnisse im Projektverlauf sind zu erwarten.

Schlüsselwörter: hybride Arbeit, Homeoffice, Gestaltung, Gesundheit, Arbeitsschutz

1. Hintergrund

Homeoffice und Telearbeit wurden vor der Pandemie hinsichtlich ihrer gesundheitlichen Auswirkungen bereits untersucht. Neben gesundheitsförderlichen Faktoren des Homeoffice, wie erweiterte Handlungs- und Gestaltungsspielräumen, gab es bei Beschäftigten im Homeoffice während der Pandemie mitunter eine individuelle Belastungen, etwa durch soziale Isolation und eine Entgrenzung von Arbeitszeiten (vgl. Lengen et al. 2021, 63). Bekannt ist u. a. ein „Homeoffice-Paradox“ (Gajendran & Harisson 2007 zit. n. Widuckel & Bellmann 2023, S. 52). Dieser besagt, dass Homeoffice neben der zunehmenden Flexibilisierung, die auch die Vereinbarkeit mit dem Privatleben erleichtern kann, mitunter zu Herausforderungen im Kontext der Beziehung zu Kolleg*innen führen kann. Weiterhin wird die Zusammenarbeit bzw. Führung und Kontrolle durch hybride Arbeit erschwert (Breisig 2020, zit. n. Widuckel & Bellmann 2023, S. 52).

Neu ist jedoch nach der Ausnahmesituation während der Pandemie, die anhaltend hohe Verbreitung der Homeoffice-Nutzung, die mitunter einen organisatorischen Wandel auslöst. Seit der Coronapandemie ist der Anteil derjenigen Beschäftigten gestiegen, die im Homeoffice arbeiten (Deutscher Gewerkschaftsbund 2022). Die gesundheitlichen Auswirkungen müssen daraufhin erneut untersucht werden.

Laut DGB Index „Gute Arbeit“ von 2021 wird stärker entgrenzt gearbeitet, da die vorige klare, räumliche Trennung aufgeweicht wurde (vgl. Deutscher Gewerkschaftsbund 2022; Widuckel & Bellmann 2023, S. 52). Hybride Arbeitskonzepte, die einen „Wechsel zwischen Präsenzarbeit im Büro und der Arbeit von zu Hause“ (Entgelmeier et al. 2023, S. 112) ermöglichen, werden von Beschäftigten mehrheitlich präferiert

(Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung zit. n. Widuckel & Bellmann 2023, S. 54). Dieser neue Anspruch führt zu neuen Gestaltungsaufgaben (Widuckel & Bellmann 2023, S. 54) wie der Ausgestaltung der „‘Führung auf Distanz’“ (Widuckel & Bellmann 2023, S. 53), der Arbeitsorganisation im Team und neue (etablierte) Regelungen und (Beteiligungs)Rechte (ebd.), die auch hinsichtlich der gesundheitlichen Auswirkungen und Bedeutungen für den betrieblichen Arbeits- und Gesundheitsschutz untersucht werden müssen.

2. Studienaufbau

Diesem Beitrag liegen erste Ergebnisse eines einjährigen Forschungsprojekts (August 2024 bis Juli 2025) zu hybriden Arbeitskonzepten des Instituts Arbeit und Wirtschaft der Universität Bremen zugrunde. Das Projekt wird von der Arbeitnehmerkammer Bremen finanziert. Die zentrale Fragestellung des Projektes ist, welche gesundheitlichen Auswirkungen hybride Arbeitskonzepte haben. Der Fokus liegt auf psychosoziale Gesundheitsrisiken und Arbeitsschutzpraktiken mit dem Ziel gesundheitsförderliche Gestaltungshinweise daraus ableiten zu können und die Bedeutung betrieblicher Regelungen hybrider Arbeit zu untersuchen.

Konzentriert wurde die Erhebung auf ein Unternehmen der IT-Dienstleistung und eine Dienststelle des Öffentlichen Dienstes, als Beispiele für zwei Branchen mit Unterschieden in den dessen Regelungen.

Das methodische Vorgehen der zugrundeliegenden Studie sah folgende Datenerhebung vor:

Tabelle 1: *Übersicht über die geplante Datenerhebung*

Datenerhebung	
übergeordnete Expert*innen	Ein/e Arbeitmediziner*in und Gruppendiskussion mit drei Gesamtpersonalratsmitgliedern
Betriebsfallstudien á 3 bis max. 5 Interviews	
IT- Dienstleistungsunternehmen	
1 Interview á 1 Std bis 1,5 Std. 1 Interview 3 Zweipersoneninterviews bzw. Gruppendiskussion mit je 3 Personen á 1,5 Std bis 2 Std	mit der Geschäftsführung mit einem Mitglied des Betriebsrats oder BGM mit Mitarbeitenden unterteilt in drei Gruppen nach - hauptsächlich im Homeoffice - im Wechselmodell - hauptsächlich im Büro
Dienststelle öffentliche Verwaltung	
1 Interview 1 Interview 3 Zweipersoneninterviews bzw. Gruppendiskussion mit je 3 Personen á 1,5 Std bis 2 Std	auf Führungsebene mit einem Mitglied des Personalrats oder BGM mit Mitarbeitenden unterteilt in drei Gruppen nach - hauptsächlich im Homeoffice - im Wechselmodell - hauptsächlich im Büro

Es wurden leitfadengestützte Expert*innengespräche geführt, die mit ihrer Einwilligung aufgenommen wurden und anschließend transkribiert wurden.

Die Analyse erfolgt in Anlehnung an Mayring (2015).

Diese vorläufigen Ergebnisse basieren auf der Sichtung aus den zwei übergeordneten Expert*inneninterviews (vier Personen) und zwei Interviews mit insgesamt fünf Mitarbeitenden des öffentlichen Dienstes.

3. Ausgewählte vorläufige Ergebnisse

In der Zwischenzeit sind bereits Empfehlungen zur Gestaltung hybrider Arbeitskonzepte diskutiert worden (z. B. neues handeln AG 2024).

Weiterhin nicht untersucht worden, ist die Umsetzungsqualität dieser Empfehlungen bzw. der neu etablierten Regelungen und deren Auswirkungen auf den betrieblichen Arbeits- und Gesundheitsschutz und psychosozialen Risiken für die Mitarbeitenden. Diese Aspekte werden im Rahmen der Studie untersucht.

3.1 Umsetzungsqualität der hybriden Arbeitskonzepte

Wenngleich in der Öffentlichen Verwaltung und im Unternehmen eines betriebsärztlichen Dienstes inzwischen Homeoffice mit bis zu Einhundertprozent möglich ist, arbeiten kaum Mitarbeitende ausschließlich im Homeoffice. Die Mitarbeitenden, die hauptsächlich im Homeoffice tätig sind, arbeiten weiterhin an einem Tag in der Woche im Büro. Begründet wird es mit dem Wunsch der Führungskräfte, zum Teil mit der eigenen Arbeitsvorstellung, da die Präsenzarbeit eine andere Qualität des kollegialen Austausches biete.

Grundsätzlich wird von einer sehr guten technischen Ausstattung der Büros und des Homeoffices berichtet. Die Ausstattung wurde meist an Erwartungen an die Mitarbeitenden gekoppelt, die Ausstattung zu nutzen und ergonomisch angepasst sowie digital vernetzt (Videokonferenzen, digitale Kalender) zu arbeiten. Interviewte Personen erklären sich damit grundsätzlich zufrieden.

Zur Zusammenarbeit mit Kolleg*innen und Vorgesetzten werden jedoch unterschiedliche Kommunikationswege genutzt. Zum Teil werden, wie in Präsenzarbeit, E-Mails und das Telefon in Anspruch genommen, zum anderen Teil auch Videokonferenztools als neuer Standard akzeptiert oder neue Chatfunktionen in Telefonen angewandt. Die jeweilige Anwendung ist abhängig von bisherigen Erfahrungen, eigenen Kompetenzen und Vorlieben der Zusammenarbeitenden, sowie den auszutauschenden Inhalten. So werden wichtige inhaltliche Anliegen mit Führungskräften tendenziell zeitnah per Telefon besprochen. Grundlegender zwischenmenschlicher Austausch und der Aufbau von Nähe zu den Kolleg*innen und Mitarbeitenden wird weiterhin vor allem in der ein- bis zweitägigen Präsenzzeit pro Woche im Büro gelegt, z. B. werden informelle Gespräche und weniger dringende Absprachen an dem Präsenztag geplant.

Die hybride Zusammenarbeit mit Mitarbeitenden im Homeoffice geht mit einem Vertrauensvorschuss einher, der den Mitarbeitenden seitens einiger Führungskräfte gewährt wird. Dieser Vorschuss wird mitunter als Empowerment gewertet, sich die Arbeit selbst strukturieren, organisieren und gestalten zu können. Demgegenüber sehen sich Beschäftigten bei anderen Führungskräften noch immer mit einem relativ beständigen Vorurteil konfrontiert, im Homeoffice würde nicht gearbeitet, sondern es würde Haushaltstätigkeiten nachgegangen oder sich ausgeruht. Arbeiten Mitarbeitende im Homeoffice dann länger als im Büro, wird dies kritisch als unglaubwürdig kommentiert. Gleichzeitig berichten die Interviewten aus ihrer Erfahrung von konzentrations- und produktivitätsfördernden Arbeitsbedingungen und dem verbesserten Wohlbefinden im Homeoffice.

Im Homeoffice wird die Verantwortung für die Arbeitsorganisation und die Umsetzung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes weitgehend den Mitarbeitenden übertragen. Themen wie Arbeitszeiten und Erreichbarkeit sind zentral in den Gesprächen. Hier wird einerseits von einer Flexibilisierung aufgrund der erweiterten zeitlichen und räumlichen Autonomiespielräume berichtet, gleichzeitig auch von empfundener Erwartung, zu ähnlichen Zeiten wie im Büro zu arbeiten und durchgehend erreichbar zu sein. Der Umgang mit dieser Erwartung ist sehr individuell und mitunter abhängig von der Erreichbarkeit im Büro, der Arbeitstätigkeit sowie abhängig von der Einstellung der eigenen Vorgesetzten. Die telefonische Erreichbarkeit während der Arbeitszeit wird unterschiedlich interpretiert. Mitarbeitende zeigen Unsicherheit in Bezug auf fehlende Klarheit von Reglungen zu Arbeitszeit und Erreichbarkeit im Homeoffice. Sie zeigen individuelle Umgangsweisen in Bezug auf die Erreichbarkeit. Zum einen werden Telefonate – ähnlich wie eine Erreichbarkeit im Büro – nicht unbedingt direkt angenommen und Rückrufe gelten als ‚normal'. Es scheint vor allem bei Personen, die schon vor Corona Telearbeit in Anspruch genommen zu haben, eine gewisse Gelassenheit, bzgl. der Erwartung einen Anruf direkt anzunehmen, zu herrschen. Zum anderen räumen Mitarbeitende die Erreichbarkeit rund um die Uhr ein. Andere Mitarbeitende des öffentlichen Dienstes nehmen unangekündigte Telefonate von Vorgesetzten tendenziell direkt – auch in eingetragenen Pausenzeiten – an. Dabei prüfen Vorgesetzte und Kolleg*innen selten vor dem Anruf die Erreichbarkeit im digital einsehbaren Kalender.

Die Interviewten erleben die individuellere Gestaltbarkeit der Arbeit durch das ortsflexible Arbeiten einerseits als Freiheit, z. T. fühlen sie sich jedoch durch die Voreingenommenheit einzelner Führungskräfte sowie im Umgang mit den implizit gestellten Erwartungen an die Erreichbarkeit oder Arbeitszeiten im Homeoffice belastet.

Problematisch wird das Vorurteil einiger Führungskräfte gesehen, dass Arbeit nur in Präsenz stattfindet. Damit einhergehende Vorbehalten gegenüber dem Homeoffice stehen für die Beschäftigten im Widerspruch zum eigenen Erleben des Homeoffice als Produktivitätsbooster und dem stärkeren kollegialen Austausch in Präsenz, d. h. im Büro. Der Wunsch diese Vorbehalte zu überwinden wird von verschiedensten Personen geäußert.

Die Kenntnisse der Interviewten bezüglich Umfangs und konkreter Angebote an Fortbildungen im Sinne einer Kompetenzentwicklung für hybrides Arbeiten (digitale Fähigkeiten sowie Selbstorganisation und -struktur oder Grenzmanagement) sind bei den Interviewten gering.

4. Diskussion

Herausforderungen der betrieblichen Arbeitsschutzpraxis ergeben sich insbesondere in der Prävention psychischer Gesundheitsrisiken bei fehlenden Einblicken in die häuslichen Arbeitsplätze der Mitarbeitenden. Somit wird den Mitarbeitenden die Verantwortung für die Umsetzung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes übertragen. Die zunehmende Verantwortung der Mitarbeitenden für eine sichere und gesundheitsbewusste Gestaltung des Arbeitsplatzes, der Arbeitsorganisation und der Zusammenarbeit sollte mit Kompetenzentwicklung bzw. -erweiterung begegnet werden (vgl. BMAS 2024). Fortbildungsangebote werden jedoch wenig genutzt und beworben. Hier wird aktuell in der Umsetzung Verbesserungsbedarf gesehen.

Gleichzeitig sollte den Mitarbeitenden ihre Verantwortung zur Selbstgestaltung bewusst sein und sie selbst ein Interesse an der Umsetzung der geforderten Maßnahmen und Vorgaben haben.

Problematisch ist weiterhin die Einstellung bzw. Haltung der Führungskräfte gegenüber hybriden Arbeitskonzepten. Führungskräfte gelten als Vorbilder für gesundheitsrelevantes Verhalten. Entsprechende Vorbehalte in Bezug auf die Arbeit im Homeoffice, könnten sich auf den Erfolg und die gesundheitsförderliche Gestaltung hybrider Arbeitskonzepte auswirken. Größere Widerstände gilt es abzubauen und Erwartungen an Mitarbeitende deutlich zu kommunizieren.

Weiterhin scheinen Kommunikation, Vertrauen und Transparenz zentral für eine gelungene hybride Zusammenarbeit. Um Kommunikation und Vertrauen zu fördern, werden aktuell Präsenztreffen vorgesehen. Transparenz wird überwiegend durch digitale Kalender und Leistungsübermittlung gewährt.

5. Ausblick

Die bisher dargelegten qualitativen Befunde stellen vorläufige Zwischenergebnisse des Projekts dar. Weitere Ergebnisse zu psychosozialen Risiken hybrider Arbeit und ihrer Implikationen für die Praxis des Arbeits- und Gesundheitsschutzes sind im Rahmen der weiteren Erhebungen und qualitativen Datenanalysen zu erwarten.

Es bleibt genau zu betrachten, woran sich die Umsetzungsqualität der hybriden Arbeitskonzepte zeigt und wo Herausforderungen bestehen, bisherige gesundheitsförderliche Regelungen umzusetzen bzw. zu evaluieren.

6. Literatur

Deutscher Gewerkschaftsbund. (2022) Sonderauswertung: Arbeit der Zukunft im „Neuen Normal“? DGB-Index Gute Arbeit. Accessed Jan 28, 2025. https://www.arbeit-sicher-und-gesund.de/fileadmin/PDFs/ASUG_Mobile-Arbeit_Ergebnisbericht.pdf.

Entgelmeier, I., Meyer, S.-C., Tisch, A. & Backhaus, N. (2023) Das Büro als sozialer Ort. Arbeit 32(2): 111–132.

Lengen, J. C., Kordsmeyer, A.-C., Rohwer, E., Harth, V. & Mache, S. (2021) Soziale Isolation im Homeoffice im Kontext der COVID-19-Pandemie: Hinweise für die Gestaltung von Homeoffice im Hinblick auf soziale Bedürfnisse. Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie. 71(2): 63–68.

Mayring, P. (2015) Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken - Mayring, Philipp (12., überarbeitete Auflage). Beltz.

neues handeln AG. (2024). Themen – Argumente – Perspektiven: Politikwerkstatt „Mobile Arbeit“ Zusammenfassung der Debatte von September 2022 bis Oktober 2023.Accessed Jan 28, 2025. https://www.arbeit-sicher-und-gesund.de/fileadmin/PDFs/ASUG_Mobile-Arbeit_Ergebnisbericht.pdf.

Widuckel, W. & Bellmann, L. (2023). 49 Homeoffice: Perspektiven, Herausforderungen, Lösungsansätze. In I. Knappertsbusch & G. Wisskirchen (Hrsg.), Die Zukunft der Arbeit: New Work mit Flexibilität und Rechtssicherheit gestalten (S. 49–55). Springer Gabler

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Digital-gestützte Teamarbeit in der Bauplanung: Eine Studie zur Qualität der Kooperation aus Sicht von Beteiligten

Eric BUNSE, Fabian WILLEMSEN, Christina MAYER,
Susanne MÜTZE-NIEWÖHNER

Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen,
Eilfschornsteinstraße 18, D-52062 Aachen

Kurzfassung: Bauplanungsprojekte erfordern eine interdisziplinäre, meist interorganisationale Zusammenarbeit, die die Beteiligten vor Herausforderungen stellt. Diesen und weiteren Herausforderungen soll durch den Einsatz von Building Information Modeling (BIM) und entsprechenden Softwaresystemen begegnet werden. Im Beitrag wird eine Befragung von Beteiligten an Bauplanungsprojekten (n = 24) zur Qualität der Kooperation und der eingesetzten BIM-Werkzeuge vorgestellt. Obwohl die positiven Beurteilungen überwiegen, deuten die Ergebnisse durchaus auf bestehenden Gestaltungs- und Forschungsbedarf hin.

Schlüsselwörter: Kooperation, Bauplanung, BIM

1. Motivation

Bauplanungsprojekte erfordern häufig die Expertise verschiedener Fachdisziplinen und damit die Beteiligung mehrerer Unternehmen. Sowohl auf organisatorischer als auch auf zeitlicher Ebene stellt die Zusammenarbeit hohe Anforderungen an den Informationsaustausch und die Kommunikation zwischen den Projektmitarbeitenden (Dainty et al. 2005). Verschiedene Studien in der Bauindustrie weisen auf Probleme und Herausforderungen in der interorganisationalen und interdisziplinären Kooperation hin (z. B. Austin et al. 1996; Dainty et al. 2005; Rothenbusch & Kauffeld 2020). Rothenbusch und Kauffeld (2020) stellen hinsichtlich des Informationsaustausches Probleme bezüglich der Qualität, Verfügbarkeit, Eindeutigkeit und Verständlichkeit von Informationen fest. Schwierigkeiten in Bezug auf die Kommunikation wurden vor allem bei der Koordination von Verantwortlichkeiten und Aufgaben identifiziert. Auch Dossick et al. (2009) stellen Schwierigkeiten bei der Bereitstellung von Informationen für verschiedene Projektbeteiligte fest und sehen eine Herausforderung in der gegenseitigen Abhängigkeit bei der Entwicklung von Gestaltungslösungen. Eine Unterstützung durch den Einsatz von BIM können sie in den betrachteten Fallbeispielen nicht bestätigen.

Kommunikation und Informationsaustausch werden auch in kontextübergreifenden Studien zur kollaborativen Gestaltung und Entwicklung als wesentliche Faktoren der Zusammenarbeit bezeichnet (s. z. B. Högl & Gemünden 1999; Ostergaard & Summers 2009). Högl & Gemünden (1999) heben in Bezug auf die Aufgabenkoordination hervor, dass die Zusammenarbeit maßgeblich von einem gemeinsamen Informationsstand der Projektbeteiligten abhängt. Dies gilt nicht nur für die inhaltlichen Informationen (Informationsverfügbarkeit), sondern auch für Informationen über den Projektablauf und anstehende Aufgaben.

Auch im Rahmen des Forschungsprojekts „*novaBIM*“ (FKZ: 02L22B061) wurden in Workshops mit Expert*innen aus dem Projektkonsortium Probleme und Herausforderungen bei der Zusammenarbeit in Bauplanungsprojekten identifiziert und zu sechs Kategorien verdichtet: *Komplexität der Projektorganisation*, *Transparenz des Projektablaufes*, *Informationsverfügbarkeit*, *Informationsaustausch*, *interdisziplinäre Kommunikation* und *Verfügbarkeit von Informationen zu Kundenanforderungen*.

Mit dem Einsatz von BIM respektive der Nutzung entsprechender Softwaresysteme werden neben Qualitäts- und Produktivitätsvorteilen auch Potenziale zur Überwindung dieser Herausforderungen verbunden, indem der Austausch fachspezifischer Informationen über ein gemeinsames digitales Modell stattfindet und so die Zusammenarbeit unterstützt wird (Miettinen & Paavola 2014). Trotz der potenziellen Vorteile wird BIM in der Praxis bisher nur begrenzt eingesetzt (BAK 2023). Als Barrieren für die erfolgreiche Nutzung von BIM werden neben technologischen und ökonomischen Faktoren insbesondere Defizite im Bereich der Qualifizierung sowie interessanterweise auch die unzureichende Zusammenarbeit der Projektbeteiligten identifiziert (Ahankoob et al. 2020; Oraee et al. 2019).

Vor dem Hintergrund der Literaturanalysen und der projektinternen Workshops stellen sich zwei Fragen: (1.) Wie beurteilen Beteiligte die Herausforderungen in Bauplanungsprojekten und die Qualität der Zusammenarbeit? (2.) Wie beurteilen Beteiligte die Qualität der eingesetzten Softwaresysteme und ihren Beitrag zur Unterstützung der Zusammenarbeit? Im Folgenden werden Ergebnisse einer Befragung von Bauplanungsbeteiligten präsentiert.

2. Methodik und Stichprobe

Die Studie wurde als Online-Befragung konzipiert. Die Teilnehmenden wurden über das Projektkonsortium akquiriert. Im entwickelten Fragebogen werden zunächst demografische Daten erhoben. Im Anschluss werden die Teilnehmenden gebeten, an ein Projekt zu denken, an dem sie beteiligt waren und Fragen zur Charakterisierung des Projektes zu beantworten. Danach folgen Items zu den identifizierten Problemfeldern, der digitalen Unterstützung, der Qualität der Zusammenarbeit und der Unterstützung durch BIM (bei vorhandener BIM-Erfahrung). Diese Items wurden basierend auf den identifizierten Problemfeldern (Expertenworkshops, Literatur) von den Autor*innen formuliert oder aus bestehenden Fragebögen entnommen (s. Hinweise in Tabelle 1 und 2). Darüber hinaus werden Vor- und Nachteile von BIM-Werkzeugen über ein Freitextfeld erfasst. Für die Bewertung der Items wurde eine sechsstufige Likert-Skala genutzt (von 1 = „stimme überhaupt nicht zu“ bis 6 = „stimme voll und ganz zu“). Für die Auswertung wurden die Antworten der Teilnehmenden in drei Kategorien zusammengefasst: *Ablehnung* (Beantwortung mit 1 oder 2), *verhaltene Ablehnung oder Zustimmung* (3 oder 4) sowie *Zustimmung* (5 oder 6). Weiterführende statistische Analysen waren aufgrund der Stichprobengröße nicht möglich. Bei der Datenbereinigung musste ein Datensatz entfernt werden.

Der Fragebogen wurde von 24 Personen vollständig beantwortet (17 männlich, 7 weiblich, 0 divers; Alter: *MW* = 39,71 Jahre, *SD* = 11,51 Jahre). Die meisten der Teilnehmenden hatten bereits umfangreiche Projekterfahrung (mehr als 10 Projekte *n* = 17, 5 – 9 Projekte *n* = 4, weniger als 3 Projekte *n* = 3). Die Befragten waren zum Zeitpunkt der Befragung in verschiedenen Disziplinen der Baubranche tätig (Architektur *n* = 10, verschiedene Fachplanungen *n* = 7, technische Zeichnung *n* = 3, andere *n* = 4). Bei den ausgewählten Beispielprojekten handelt es sich in 20 Fällen um

Industrie- oder Bürogebäude, in drei Fällen um Laden- oder Wohngebäude und in einem Fall um ein Infrastrukturprojekt. An den Beispielprojekten waren zwischen zwei und 15 Organisationen (*Mdn* = 8) beteiligt, innerhalb der Organisationen waren eine bis 50 Personen (*Mdn* = 7) beteiligt. Häufig genannte digitale Werkzeuge sind CAD-Systeme, Kollaborationstools und verschiedene BIM-Software.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die übergreifenden Items zur Qualität der Zusammenarbeit wurden mehrheitlich positiv bewertet (Zustimmungswerte von 54,17%, *n* = 13, bis 79,17%, n = 19, s. Tabelle 1). Dies weist darauf hin, dass die Mehrheit der Beteiligten trotz bestehender Herausforderungen in Bauplanungsprojekten mit der Zusammenarbeit tendenziell zufrieden ist. 70,83% der Befragten (*n* = 17 für PK1 und IA1) stimmen zu, dass ein hoher Grad an Interdisziplinarität und Abstimmungsbedarf besteht, welcher sich in mehreren der o. g. Quellen wiederfinden lässt. Obwohl Rothenbusch und Kauffeld (2020) verschiedene Schwierigkeiten beim Informationsaustausch aufzeigen, wird dieser von 66,67% der Befragten (*n* = 16 für G2) positiv bewertet. Eine fehlende Klärung von Verantwortlichkeiten kann ebenfalls nicht festgestellt werden, da 83,33% der Befragten zustimmen (*n* = 20 für PK6), dass ihnen die Verantwortlichkeiten bekannt sind. Zudem geben die Befragten an, dass ihnen bekannt ist, von wem sie notwendige Informationen bekommen (83,33% Zustimmung, *n* = 20, für IA4) und an wen Informationen weitergegeben werden (91,67% Zustimmung, *n* = 22 für IA3). Nur 12,5% der Befragten (*n* = 3 für IA2) stimmen zu, widersprüchliche Informationen zu erhalten, allerdings geben 37,5% (*n* = 9 für KO4) an, sich genauere Informationen von den Projektbeteiligten zu wünschen. Hinsichtlich der Unterstützung durch digitale Tools lassen die Ergebnisse mit einer Zustimmungsrate von 50% (*n* =12) bis 79,17% (*n* = 19) auf eine positive Tendenz schließen, die Unterstützung der interdisziplinären Arbeit sticht dabei besonders positiv hervor.

Tabelle 1: *Auszug aus den Ergebnissen der Befragung (n = 24).*

ID	Item	Ablehnung	Verhaltene Zst./Abl.	Zustimmung
Komplexität der Projektorganisation				
PK1	In unserem Projektteam treffen Personen mit unterschiedlichsten fachlichen Hintergründen aufeinander.	0%	29,17%	70,83%
PK2	Die personelle Zusammensetzung unseres Projektteams ändert sich häufig.	54,17%	37,50%	8,33%
PK3	Der Qualifizierungsstand in unserem Projektteam ist sehr unterschiedlich.	25,00%	50,00%	25,00%
PK4	Der Stand der Digitalisierung ist bei allen Akteur*innen im Projekt gleich.	33,33%	62,50%	4,17%
PK5	Der Informationsaustausch im Projekt findet vorwiegend asynchron statt (schriftlicher Austausch via E-Mail oder Chat).	4,17%	29,17%	66,67%
PK6	Ich weiß genau, wer wofür im Projekt verantwortlich ist.	0%	16,67%	83,33%
Transparenz des Projektablaufes				
PA1	Mir ist bekannt, welche Aufgaben im Projekt bearbeitet werden.	4,17%	16,67%	79,17%
PA2	Der Planungsprozess ist transparent einsehbar.	0%	50,00%	50,00%
PA3	Änderungen im Planungsprozess werden transparent kommuniziert.	12,50%	37,50%	50,00%
PA4	Änderungen im Planungsprozess werden transparent dokumentiert.	8,33%	58,33%	33,33%
PA5	Der aktuelle Stand des Projekts ist mir zu jedem Zeitpunkt bekannt.	16,67%	37,50%	45,83%
PA6	Die Projektziele sind mir bekannt.	4,17%	8,33%	87,50%
PA7	Den anderen Akteur*innen im Projekt ist bekannt, welche Aufgaben ich im Projekt erfülle.	8,33%	29,17%	62,50%
Informationsverfügbarkeit				
IV1	Ich habe immer Zugriff auf alle Informationen, die ich für meine Aufgaben im Projekt benötige.	8,33%	41,67%	50,00%
IV2	Für mich relevante Projektinformationsstände kann ich problemlos zurückverfolgen.	12,50%	33,33%	54,17%
IV3	Ich muss selten Nachfragen stellen, um Informationen zu erhalten.	25,00%	50,00%	25,00%
Informationsaustausch				
IA1	Meine Arbeit erfordert, dass ich mich häufig mit anderen Akteur*innen im Projekt abspreche.	4,17%	25,00%	70,83%
IA2	Ich erhalte häufig widersprüchliche Informationen.	29,17%	58,33%	12,50%
IA3	Ich weiß, an wen meine Arbeitsergebnisse weitergegeben werden.	0%	8,33%	91,67%
IA4	Ich weiß, von wem ich die von mir benötigten Informationen bekomme.	4,17%	12,50%	83,33%
IA5	Ich bekomme erst spät mit, wenn sich für mich relevante Informationen ändern oder neu hinzukommen.	37,50%	58,33%	4,17%

ID	Item	Ablehnung	Verhaltene Zst./Abl.	Zustimmung
Interdisziplinäre Kommunikation (Hinweis: [1] Items aus dem Kommino-Fragebogen Sperka & Rósza, 2007)				
KO1	Von den Projektakteur*innen außerhalb meiner Organisation erhalte ich genügend Rückmeldungen auf das Ergebnis meiner Arbeit.	8,33%	41,67%	50,00%
KO2	Es wäre manchmal nützlicher, wenn ich von den Akteur*innen im Projekt weniger und nur die wichtigen Informationen erhalten würde.	20,83%	54,17%	25,00%
KO3	Die Akteur*innen im Projekt geben auf Anfrage nur zögernd Informationen an mich weiter.	54,17%	37,50%	8,33%
KO4	Die Informationen, die ich von den Akteur*innen im Projekt erhalte, sollten genauer sein.	33,33%	29,17%	37,50%
KO5	Mit den Akteur*innen im Projekt wünsche ich mir eine bessere Kommunikation.	29,17%	50,00%	20,83%
KO6	Die Informationen, welche ich von anderen Akteur*innen im Projekt erhalte, sind für mich immer leicht verständlich.	12,50%	37,50%	50,00%
Informationen zu den Kundenanforderungen				
AI1	Die Informationen von Seiten der Nutzer*innen und des Bauherrn sind für alle Akteur*innen im Projekt verständlich aufbereitet.	12,50%	50,00%	37,50%
AI2	Es fällt leicht, die relevanten Informationen für den Planungsprozess aus den Nutzeranforderungen zu abzuleiten.	25,00%	54,17%	20,83%
AI3	Es fällt leicht, im Laufe des Planungsprozesses zu prüfen, ob die Bedürfnisse der Nutzer*innen berücksichtigt werden.	25,00%	50,00%	25,00%
Digitale Unterstützung der Zusammenarbeit				
DS1	Die eingesetzten digitalen Werkzeuge unterstützen eine transparente Darstellung der Projektzusammensetzung.	16,67%	33,33%	50,00%
DS2	Die eingesetzten digitalen Werkzeuge unterstützen eine transparente Darstellung des Projektablaufs.	25,00%	25,00%	50,00%
DS3	Die eingesetzten digitalen Werkzeuge unterstützen die Bereitstellung von Informationen.	12,50%	25,00%	62,50%
DS4	Die eingesetzten digitalen Werkzeuge unterstützen die Sicherstellung eines transparenten Informationsprozesses.	12,50%	37,50%	50,00%
DS5	Die eingesetzten digitalen Werkzeuge unterstützen die interdisziplinäre Zusammenarbeit.	12,50%	8,33%	79,17%
DS6	Die eingesetzten digitalen Werkzeuge unterstützen die Zusammenarbeit mit den Nutzer*innen.	16,67%	29,17%	54,17%
DS7	Die eingesetzten digitalen Werkzeuge unterstützen die Zusammenarbeit mit dem Bauherrn.	20,83%	29,17%	50,00%
Übergreifende Items zur Qualität der Zusammenarbeit				
G1	Alles in allem funktioniert die Zusammenarbeit im Projekt gut.	0%	25,00%	75,00%
G2	Alles in allem funktioniert der Informationsaustausch im Projekt gut.	8,33%	25,00%	66,67%
G3	Alles in allem können wir gut mit den Herausforderungen, die wir aufgrund der interdisziplinären Zusammensetzung erleben, umgehen.	8,33%	25,00%	66,67%
G4	Alles in allem funktioniert die Zusammenarbeit mit den Nutzer*innen gut.	12,50%	33,33%	54,17%
G5	Alles in allem funktioniert die Zusammenarbeit mit dem Bauherrn gut.	0%	20,83%	79,17%
G6	Alles in allem funktioniert die Zusammenarbeit mit den anderen Fachdisziplinen gut.	8,33%	29,17%	62,50%

Tabelle 2: *Auswertung von Items zur Qualität der eingesetzten BIM-Werkzeuge (n = 19; [1] Items aus dem ISONORM-Fragebogen von Prümper und Anft 1993).*

ID	Item	Ablehnung	Verhaltene Zst./Abl.	Zustimmung
Digitale Unterstützung durch BIM-Werkzeuge				
BIM1	Die eingesetzten BIM-Werkzeuge bieten alle Funktionen, um die anfallenden Aufgaben effizient zu erledigen.[1]	0%	42,11%	57,89%
BIM2	Die eingesetzten BIM-Werkzeuge sind gut auf die Anforderungen meiner Arbeitsaufgabe zugeschnitten.[1]	0%	42,11%	57,89%
BIM3	Die eingesetzten BIM-Werkzeuge lassen sich gut an meine persönliche, individuelle Art der Arbeitserledigung anpassen.[1]	10,53%	36,84%	52,63%
BIM4	Die eingesetzten BIM-Werkzeuge erfordern viel Zeit zum Erlernen.	0%	31,58%	68,42%
BIM5	Die BIM-basierte Zusammenarbeit mit den anderen Projektakteur*innen funktioniert gut.	21,05%	21,05%	57,89%

Insgesamt gaben 19 Befragte an, BIM bereits in Projekten eingesetzt zu haben, womit der Anteil an BIM-Nutzenden in der Stichprobe im Vergleich zu anderen Befragungen als hoch einzustufen ist (vgl. 24 % in BAK 2023). Die folgenden Ergebnisse (s. Tabellen 2 und 3) beziehen sich auf diese Stichprobe. Die drei Items zur Usability (BIM1 – BIM3) der BIM-Werkzeuge werden positiv bewertet (Zustimmungswerte von 52,63 %, *n* = 10, bis 68,42%, *n* = 13). Es fällt jedoch auf, dass die Zustimmung bezüglich der notwendigen Zeit zum Erlernen der BIM-Werkzeuge höher ist. Dieses Ergebnis korrespondiert mit den Ergebnissen anderer Studien, in denen u. a. erhöhte Schulungskosten und ein Mangel an qualifiziertem Personal als Gründe gegen die Nutzung von BIM genannt werden (BAK 2023, Oraee et al. 2019). Die BIM-basierte Zusammenarbeit wird von 57,89 % der Befragten (*n* = 11) positiv bewertet, allerdings von 21,05 % (*n* = 4) negativ. Weitere Aussagen der Befragten zu den Vor- und Nachteilen der Nutzung von BIM finden sich in Tabelle 3. Die Bundesarchitektenkammer (BAK 2023) weist auf einen erhöhten Arbeitsaufwand in den frühen Leistungsphasen hin. Diese Beobachtung deckt sich mit den Nachteilen, die von den Teilnehmern in dieser Befragung genannt wurden.

Tabelle 3: *Auszug aus Freitextantworten der Teilnehmenden zu Vor- und Nachteilen von BIM-Werkzeugen für ihre persönliche Arbeitsaufgabe*

Vorteile	Nachteile
"[...] - transparente, schnelle Zusammenarbeit - einfache Kommunikation [...]„	*"[...] sehr viele Informationen, oft wiederholend oder immer wieder ändernd, transparente Kommunikation erfordert Filterfähigkeit sonst wird man überrannt [...]"*
"[...] Informationspflege /-verfolgung [...]"	*"Teilweise wird durch die Tools die verbale Kommunikation ersetzt. Hierdurch sind Missverständnisse vorprogrammiert, da etwas anderes gemeint ist, als das was digital übertragen wurde."*
"Visualisierungen erleichtern Entscheidungsprozesse und Kollisionsabstimmungen.„	*"[...] BIM-Rollen erhalten teilweise zu viel Entscheidungsbefugnisse, der Planungsprozess wird aufgrund von Freigaben am Modell träge [...]"*
"[...] bessere Koordination Zusammenarbeit am 3D-Modell [...]"	*"Höherer Zeit- und Arbeitsaufwand bei Projekteinrichtung und Anwendung der Tools. Und nicht weniger, sondern mehr Kommunikationsaufwand, da auf allen Seiten entweder (noch) zu wenig Vertrauen in die Arbeitsergebnisse der digitalen Werkzeuge besteht oder zu wenig kritisch alles geglaubt wird, was als Ergebnis ausgespuckt wird."*
"Zeitersparnis Gleichzeitige, Fachdisziplin-übergreifende Projektbearbeitung [...]"	

4. Fazit

Die Ergebnisse der vorgestellten Untersuchung legen nahe, dass bestehende Herausforderungen in der interorganisationalen und interdisziplinären Zusammenarbeit von den Beteiligten in Bauplanungsprojekten überwiegend bewältigt werden und die Zusammenarbeit gut funktioniert. Die eingesetzten digitalen Werkzeuge scheinen einen Beitrag zur Bewältigung der Herausforderungen zu leisten. Hinsichtlich der Qualität der BIM-basierten Zusammenarbeiten lassen die Ergebnisse jedoch mögliche Verbesserungspotenziale erkennen, die sowohl von Systementwicklern als auch von den für die Einführung und Umsetzung von BIM Verantwortlichen adressiert werden sollten. Der Einsatz von BIM bietet potenziell vielversprechende Möglichkeiten zur Verbesserung des Informationsaustausches und der Informationsqualität, es scheint jedoch, dass der Bedarf an Kommunikation und Informationsaustausch und somit auch der Arbeitsaufwand steigen (vgl. BAK 2023). Es sollte daher beachtet werden, dass für Mitarbeitende ausreichende zeitliche Ressourcen eingeplant werden, insbesondere auch für die notwendigen Qualifizierungsmaßnahmen. Der Einsatz von BIM scheint den Anteil der analogen, persönlichen Kommunikation weiter zu reduzieren. Eine rein digitale Kommunikation von Informationen könnte jedoch der Qualität der Zusammenarbeit abträglich sein (vgl. Högl & Gemünden 1999). Gleichzeitig wird davon ausgegangen, dass sich der Informationsaustausch in Bauprojekten außerhalb der BIM-Systemlandschaft negativ auf die Informationsqualität in den entsprechenden IT-Systemen auswirkt (Oraee et al. 2019). Bei der Suche nach geeigneten Gestaltungslösungen sollte auch berücksichtigt werden, dass häufige Wechsel zwischen digitalen und analogen Tätigkeiten oder auch zwischen isolierter und vernetzter Arbeit zu besonderen Anforderungen und Belastungen für die Beschäftigten führen können (Heinlein et al. 2023).

Die Ergebnisse der vorgestellten Studie sind limitiert durch die Größe und die Zusammensetzung der Stichprobe. Zukünftige Studien sollten eine größere Stichprobe betrachten, um durch Anwendung inferenzstatistischer Methoden Rückschlüsse auf Zusammenhänge zwischen der Qualität der Zusammenarbeit und den betrachteten sowie ggf. auch weiteren Einflussfaktoren zu ermöglichen. So werden Variablen aus bestehenden Teammodelle, wie z. B. Führung und gegenseitige Unterstützung noch nicht ausreichend in Untersuchungen zu den Auswirkungen von BIM auf die Zusammenarbeit berücksichtigt. Die Ergebnisse dieser Studie können als Grundlage dazu verwendet werden.

5. Literatur

Ahankoob, A., Abbasnejad, B. & Wong, P. S. P. (2020) The Support of Continuous Information Flow Through Building Information Modeling (BIM). In K. Panuwatwanich & C.-H. Ko (Hrsg.), Lecture Notes in Mechanical Engineering. The 10th International Conference on Engineering, Project, and Production Management (S. 125–137). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1910-9_11.

Austin, S., Baldwin, A. & Newton, A. (1996) A Data Flow Model to Plan and Manage the Building Design Process. Journal of Engineering Design, 7(1), 3–25. https://doi.org/10.1080/09544829608907924

Bundesarchitektenkammer (BAK) (Hrsg.). (2023, 13. September) Berufspolitische Befragung 2023: TEIL 7: BIM. https://bak.de/wp-content/uploads/2023/10/2023_BAK_Berufspolitische-Befragung_Bericht-07_BIM_FINAL.pdf.

Dainty, A., Moore, D. & Murray, M. (2005) Communication in construction: Theory and practice. Taylor & Francis. https://doi.org/10.4324/9780203358641.

Dossick, C. S., Neff, G. & Homayouni, H. (2009) The Realities of Building Information Modeling for Collaboration in the AEC Industry. In S. T. Ariaratnam & E. M. Rojas (Hrsg.), Building a sustainable future: Proceedings of the 2009 Construction Research Congress [CRC) ; April 5 - 7, 2009, Seattle, Washington (S. 396–405). American Soc. of Civil Engineers. https://doi.org/10.1061/41020(339)41.

Heinlein, M., Neumer, J. & Ritter, T. (2023) Digital vernetzte Arbeit: Dimensionen und Anforderungen einer neuen Arbeitsform. In Digital vernetzte Arbeit (S. 29–72). Springer VS, Wiesbaden.

Högl, M. & Gemünden, H. G. (1999) Determinanten und Wirkungen der Teamarbeit in innovativen Projekten: Eine theoretische und empirische Analyse. In H. Albach (Hrsg.), Zeitschrift für Betriebswirtschaft / Ergänzungsheft: Bd. 1999,2. Innovation und Absatz (S. 35–62). Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-322-89809-8_3.

Miettinen, R. & Paavola, S. (2014) Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. Automation in Construction, 43, 84–91. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009.

Oraee, M., Hosseini, M. R., Edwards, D. J., Li, H., Papadonikolaki, E. & Cao, D. (2019) Collaboration barriers in BIM-based construction networks: A conceptual model. International Journal of Project Management, 37(6), 839–854. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2019.05.004.

Ostergaard, K. J. & Summers, J. D. (2009) Development of a systematic classification and taxonomy of collaborative design activities. Journal of Engineering Design, 20(1), 57–81. https://doi.org/10.1080/09544820701499654.

Prümper, Jochen; Anft, Michael (1993) Die Evaluation von Software auf Grundlage des Entwurfs zur internationalen Ergonomie-Norm ISO 9241 Teil 10 als Beitrag zur partizipativen Systemgestaltung – ein Fallbeispiel. In: Karl-Heinz Rödiger (Hg.): Software-Ergonomie '93. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag (Berichte des German Chapter of the ACM), S. 145–156.

Rothenbusch, S. & Kauffeld, S. (2020) Potential for change through the digitalization of the cross-trade cooperation of small and medium sized organizations in the construction industry toward Building Information Modeling (BIM)—a case report. Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO), 51(3), 299–317. https://doi.org/10.1007/s11612-020-00526-w.

Sperka, M. & Rósza, J. (2007) KOMMINO: Fragebogen zur Erfassung der Kommunikation in Organisationen.

Danksagung: Wir danken den Projektpartnern des Projektkonsortiums „novaBIM“ für die Unterstützung bei der Akquisition der Teilnehmenden.

Förderhinweis: Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt novaBIM wird im Rahmen des Programms „Innovative Arbeitswelten im Mittelstand“ (FKZ: 02L22B061) vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Gestaltung und Evaluation eines Haptic Shared Control Konzepts in der automatisierten Fahrzeugführung im Kontext Stadt

Lisa ZEITLER

Institut für Arbeitswissenschaft, TU Darmstadt,
Otto-Berndt-Straße 2, D-64287 Darmstadt

Kurzfassung: Der Einsatz von Haptic Shared Control kann zur Unterstützung der Einführung hochautomatisierter Fahrfunktionen oder als Alternative zu diesen genutzt werden. Hierbei handelt es sich um ein Interaktionskonzept, bei dem sowohl Mensch als auch Maschine die Kontrolle besitzen, gleichzeitig dieselbe Fahraufgabe ausführen und über haptische Schnittstellen kommunizieren. Der Beitrag stellt die auf Basis der identifizierten Forschungslücken formulierten Forschungsfragen zur Untersuchung von Haptic Shared Control Konzepten vor. Anschließend werden vorhandene Arbeitsmodelle diskutiert und ein Ausblick auf die Methodik des Promotionsvorhabens in Form eines Versuchskonzepts gegeben.

Schlüsselwörter: Haptic Shared Control, Cooperative Control, ADAS, Automated Driving

1. Motivation und Problemstellung

Bisher existieren wenige hochautomatisierte Fahrzeuge im Straßenverkehr, die Tendenz nimmt jedoch zu. Beispielsweise wurden mit dem Mercedes Drive Pilot und dem BMW Personal Pilot zwei automatisierte Fahrzeuge zugelassen, welche nach SAE J3016_202104 Standard als Level 3 Systeme eingestuft werden (Mercedes-Benz 2025), (BMW 2025). Der Einsatz solcher Systeme ist mit Vorteilen wie etwa erhöhter Verkehrssicherheit und Fahrkomfort verknüpft, allerdings auch mit weiteren Herausforderungen, z. B. einer stark schwankenden mentalen Belastung sowie das Verlernen von weniger häufig genutzter Fertigkeiten der Nutzenden (Winter et al. 2022). Eine mögliche Lösung hierfür stellt der Shared Control Ansatz dar, welcher abseits des SAE Standards eine gemeinsame und zeitgleiche Steuerung durch Mensch und Maschine in einem Wahrnehmungs-Handlungs-Zyklus anstrebt (Abbink et al. 2018). In der Haptic Shared Control ergänzen sich Mensch und Automatisierung, indem sie über eine haptische Schnittstelle, d. h. motorisierte bzw. mit der Fahrdynamik verknüpfte Pedalerie und Lenkrad miteinander kommunizieren. Im Vergleich zu Level 2 Systemen konnte eine erhöhte Sicherheit und Akzeptanz festgestellt werden (Marcano 2022). Abbink (2006) untersuchte Fahrerverhalten und Muskelreaktionen von Nutzenden. Hierbei zeigte das passive Shared Control Konzept einen positiven Effekt auf den Kontrollaufwand und die Leistung, gemessen an Fahrmetadaten wie z. B. Time Headway. Shared Control ist daher eine vielversprechende Alternative zu den klassischen Interaktionskonzepten.

Weitere abgedeckte Themenfelder der Shared Control betrachten Konflikte zwischen Mensch und Automatisierung (Boink et al. 2013) und Shared Control als Übergangslösung für Take-over-Requests (van Dintel et al. 2020). Zunehmend werden

auch adaptive Ansätze untersucht, welche den automatisierten bzw. menschlichen Anteil der Kontrolle in der Fahraufgabe dynamisch anpassen (Izadi & Ghasemi 2022). Basierend auf der Literatur wurden Forschungslücken identifiziert, welche im Folgenden erläutert werden.

2. Forschungslücken und Forschungsfragen

In experimentellen Studien werden laterale und longitudinale Unterstützung durch Shared Control häufig getrennt beobachtet, d.h. haptisches Feedback wird entweder auf dem Lenkrad (z. B. Marcano et al. (2022), Muslim und Itoh (2017)) oder der Pedalerie (z. B. Abbink (2006), Mulder et al. (2011)) angebracht. Die zeitgleiche Untersuchung beider Bewegungsrichtungen findet nur in begrenztem Rahmen statt, so vergleichen zum Beispiel Illgner et al. (2024) verschiedene Shared Control Konzepte, jedoch ohne den Vergleich zum manuellen Fahren zu ziehen.

Die in Shared Control Studien untersuchten Szenarien umschließen Fahrstreifenwechsel, Hindernisvermeidung oder Überholmanöver in vergleichsweise simplen Aufbauten. In komplexen Szenarien ist der Shared Control Ansatz jedoch besonders vielversprechend, da das Fahrzeug regelmäßig die Grenzen der spezifizierten Operational Design Domain erreicht, Take-over-Requests provoziert und so die Herausforderung einer kurzzeitig erhöhten mentalen Belastung der fahrenden Person überwinden muss.

Des Weiteren existieren nur wenige konkrete Empfehlungen zur Dimensionierung des haptischen Feedbacks, zum Beispiel begrenzen Saito et al. (2016) ihr laterales haptisches Feedback auf 2 Nm, ohne eine Begründung hierfür anzugeben. Daher ist eine systematische Herangehensweise zur Dimensionierung haptischen Feedbacks erforderlich, welche auch von Marcano (2022) gefordert wird.

Basierend auf diesen identifizierten Forschungslücken werden aufeinander aufbauende Forschungsfragen formuliert:

- FF1: Wie wirkt sich die Höhe der Kraft bzw. des Drehmoments haptischen Feedbacks auf die subjektive Nutzerzufriedenheit, Sicherheit und mentale Beanspruchung von Nutzenden aus?
- FF2: Wie beeinflusst die Kombination verschiedener Shared Control Steuerkonzepte [longitudinal, lateral, longitudinal und lateral] Sicherheit, Vertrauen, Akzeptanz und mentale Beanspruchung der Nutzenden?
- FF3: Wie beeinflussen automatisierte Fahrfunktionen [Level 2, Shared Control im Vergleich zu manueller Fahrt] im Kontext Stadt die Sicherheit, das Sicherheitsgefühl sowie Vertrauen und Akzeptanz der Nutzenden?

Erste Ergebnisse aus einer Vorstudie bilden den Startpunkt für weitere Untersuchungen, zur Beantwortung von FF1 um ein Maß für die Dimensionierung von haptischem Feedback auf Lenkrad und Pedale zu erhalten. Dieses Maß wird genutzt, um im nächsten Schritt das Interaktionskonzept aufzustellen und zu evaluieren (siehe FF2). Aufbauend hierauf wird das Interaktionskonzept in einer Iteration detaillierter herausgearbeitet, um es schlussendlich in FF3 den herkömmlichen Interaktionskonzepten, d. h. SAE Level 2 sowie der manuellen Fahrt gegenüber zu stellen.

Die Forschungslücke bzgl. Komplexität von Shared Control Szenarien wird adressiert, indem die hochdynamische Umgebung des innerstädtischen Verkehrs gewählt wird. In dieser Umgebung werden konkrete Szenarien simuliert, in denen Mensch und Automatisierung gemeinsam das Fahrzeug steuern. Sie umfassen das Durchfahren

eines Kreisverkehrs, haptisches Feedback aufgrund von kritischen Situationen, bspw. an Baustellen oder beim Abbiegen mit Fahrradfahrenden sowie kooperative Situationen, z. B. beim einscheren lassen. Das Untersuchungskonzept wird für einen Fahrsimulator mit motorisiertem Lenkrad und aktiven Pedalen geplant, um die Sicherheit der Testpersonen und vergleichbare Ergebnisse zu gewährleisten.

3. Arbeitsmodell

In der Literatur existieren diverse Modelle, welche die Interaktion zwischen Mensch und Fahrzeug mittels Shared Control beschreiben. Diese findet in den zwei ausführlichen, konzeptionellen Modellen von Abbink et al. (2018) und Pacaux-Lemoine und Itoh (2015) über ein geteiltes Interface und auf den verschiedenen Ebenen der Fahrzeugführung (operational, taktisch, strategisch) statt. Allerdings eignen sich diese Modelle nur bedingt zur Überprüfung der vorgestellten Forschungsfragen, da die abhängigen Variablen Sicherheit, Sicherheitsgefühl, Akzeptanz, Vertrauen, mentale Beanspruchung und subjektive Nutzendenzufriedenheit lediglich ein Ergebnis der Interaktion sind. Als solche zeigen sie in diesen Modellen nicht die Zusammenhänge, sondern den Output einer Blackbox auf. Weitere Shared Control Modelle, beispielsweise von Abbink (2006) fokussieren sich auf die technischen Aspekte der Shared Control, indem Kräfte und biomechanische Prozesse modelliert werden. Klassische Akzeptanzmodelle der Psychologie wie zum Beispiel von Liu et al. (2019) oder die theory of planned behavior (Ajzen 1991) beschreiben die abhängigen Variablen, betrachten allerdings nur diese Komponenten ohne konkret auf die Interaktion einzugehen. Diese wird jedoch für die Untersuchung benötigt, wenn etwa in FF 1 die unabhängige Variable in Form unterschiedlicher Pedalprofile und Steifigkeiten des Lenkrads eingebracht werden. Allgemein gefasstere Modelle aus dem Bereich automatisierter Assistenzfunktionen wie das Fahrer-Fahrzeug-Umgebungsmodell (Abendroth und Joisten 2024) beschreiben die Interaktion nicht zu genüge, da die Shared Control – charakteristische, kontinuierliche Feedback Loop fehlt. Daher wird derzeit ein Modell aufgestellt, das sich zur Überprüfung von Shared Control Konzepten in der Arbeitswissenschaft eignet.

4. Versuchskonzept und Ausblick

Ziel des Experiments ist es, ein Haptic Shared Control Interaktionskonzept im Kontext des Stadtverkehrs methodisch zu erarbeiten und zu evaluieren, um die Forschungslücken bzgl. haptischer Dimensionierung, Bewegungsrichtung sowie Komplexität der Szenarien zu schließen.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden jeweils drei Profile der haptischen Komponenten bzw. Interaktionskonzepte vorgegeben und in einer randomisierten within-subjects Fahrsimulationsstudie miteinander verglichen. Eine einzelne Betrachtung der Kräfte bzw. Momente ist hierbei nicht vorteilhaft, da die Verarbeitung solcher haptischen Signale unterbewusst geschieht (Lee 2018). Die Sicherheit kann über Metadaten aus der Fahrsimulation direkt abgelesen bzw. berechnet werden, indem Längsabstände zu weiteren Fahrzeugen und laterale Fahrspurabweichungen gemittelt werden. Für die Erfassung der mentalen Beanspruchung stehen mehrere Werkzeuge zur Verfügung, beispielsweise eine subjektive Befragung mittels NasaTLX (Hart und

Staveland 1988), der Einsatz einer Nebenaufgabe wie der Detection Response Task oder Messmethoden zu physiologischen Werten, etwa der Herzrate oder dem Hautleitwiderstand. Akzeptanz, subjektive Nutzendenzufriedenheit und Sicherheitsgefühl werden im Anschluss an die Simulation mit Fragebögen erfasst.

5. Literatur

Abbink, David A. (2006): Neuromuscular analysis of haptic gas pedal feedback during car following. Dissertation. TU Delft. Online verfügbar unter https://research.tudelft.nl/en/publications/neuromuscular-analysis-of-haptic-gas-pedal-feedback-during-car-fo.

Abbink, David A.; Carlson, Tom; Mulder, Mark; Winter, Joost de; Aminravan, Farzad; Gibo, Tricia L.; Boer, Erwin R. (2018): A Topology of Shared Control Systems—Finding Common Ground in Diversity. In: IEEE Transactions on Human-Machine Systems 48 (5), S. 509–525. DOI: 10.1109/THMS.2018.2791570.

Abendroth, Bettina; Joisten, Philip (2024): Menschliche Leistung bei der Fahrzeugführung. In: Handbuch Assistiertes und Automatisiertes Fahren, S. 3–24. DOI: 10.1007/978-3-658-38486-9_1.

Ajzen, Icek (1991): The theory of planned behavior. In: Organizational Behavior and Human Decision Processes 50 (2), S. 179–211. DOI: 10.1016/0749-5978(91)90020-T.

BMW (2025): BMW Personal Pilot L3. Online verfügbar unter https://www.bmw.de/de/shop/ls/dp/BMW_Personal_Pilot_de, zuletzt aktualisiert am 31.01.2025, zuletzt geprüft am 31.01.2025.

Boink, Rolf; van Paassen, Marinus M.; Mulder, Mark; Abbink, David A. (2013): Understanding and reducing conflicts between driver and haptic shared control. In: 2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. 2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, S. 1510–1515.

Hart, Sandra G.; Staveland, Lowell E. (1988): Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In: Peter A. Hancock und Najmedin Meshkati (Hrsg.): Advances in Psychology: Human Mental Workload, Bd. 52: North-Holland, S. 139–183. Online verfügbar unter https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166411508623869.

Illgner, Johannes; Milicic, Natasa; Biebl, Bianca; Baumann, Martin (2024): Improving Driver Engagement with Level 2 Automated Systems: The Impact of Fully Shared Longitudinal Control. In: Proceedings of the 16th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. AutomotiveUI '24: 16th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. Stanford CA USA, 22 09 2024 25 09 2024: Association for Computing Machinery (ACM Digital Library), S. 43–52.

Lee, Alfred T. (2018): Vehicle simulation. Perceptual fidelity in the design of virtual environments. 1st ed. Boca Raton, FL: CRC Press. Online verfügbar unter https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/b22297/vehicle-simulation-alfred-lee.

Liu, Peng; Yang, Run; Xu, Zhigang (2019): Public Acceptance of Fully Automated Driving: Effects of Social Trust and Risk/Benefit Perceptions. In: Risk Analysis 39 (2), S. 326–341. DOI: 10.1111/risa.13143.

Marcano, Mauricio (2022): Shared Control Strategies for Automated Vehicles. Dissertation. Universidad del País Vasco, Spain.

Marcano, Mauricio; Tango, Fabio; Sarabia, Joseba; Chiesa, Silvia; Pérez, Joshué; Díaz, Sergio (2022): Can Shared Control Improve Overtaking Performance? Combining Human and Automation Strengths for a Safer Maneuver. In: Sensors 22 (23), S. 9093. DOI: 10.3390/s22239093.

Mercedes-Benz (2025): Drive Pilot | Mercedes-Benz. Online verfügbar unter https://www.mercedes-benz.de/passengercars/technology/drive-pilot.html, zuletzt aktualisiert am 31.01.2025, zuletzt geprüft am 31.01.2025.

Mulder, Mark; Abbink, David A.; van Paassen, Marinus M.; Mulder, Max (2011): Design of a Haptic Gas Pedal for Active Car-Following Support. In: IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 12 (1), S. 268–279. DOI: 10.1109/TITS.2010.2091407.

Muslim, Husam; Itoh, Makoto (2017): Haptic Shared Guidance and Automatic Cooperative Control Assistance System: Performance Evaluation for Collision Avoidance during Hazardous Lane Changes. In: SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration 10 (5), S. 460–467. DOI: 10.9746/jcmsi.10.460.

Pacaux-Lemoine, Marie-Pierre; Itoh, Makoto (2015): Towards Vertical and Horizontal Extension of Shared Control Concept. In: 2015 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. 2015 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, S. 3086–3091.

Saito, Yuichi; Mitsumoto, Takayuki; Raksincharoensak, Pongsathorn (2016): Effectiveness of a Risk Predictive Shared Steering Control Based on Potential Risk Prediction of Collision with Vulnerable Road Users. In: IFAC-PapersOnLine 49 (19), S. 84–89. DOI: 10.1016/j.ifacol.2016.10.466.

J3016_202104, 30.04.2021: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles, zuletzt geprüft am 17.05.2021.

van Dintel, K. M.; Petermeijer, S. M.; Vries, E. J.H. de; Abbink, D. A. (2020): Transitioning back from sae-l3 autonomy comparing traded and shared control. In: Proceedings of the Driving Simulation Conference 2020, DSC 2020 Europe: Driving Simulation Association (DSA) (Actes (IFSTTAR)), S. 75–82.

Winter, Joost de; Petermeijer, Sebastiaan M.; Abbink, David A. (2022): Shared control versus traded control in driving: a debate around automation pitfalls. In: Ergonomics, S. 1–27. DOI: 10.1080/00140139.2022.2153175.

Acknowledgement: Die vorliegende Arbeit ist ein Ergebnis des Verbundforschungsprojektes STADT:up. Das Forschungsvorhaben wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung trägt allein der Verfasser.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Sense of Agency (SoA) in der Mensch-KI-Zusammenarbeit – Ergebnisse einer systematischen Literaturanalyse mit Implikationen für das Human-Agent Teaming

Lisa MOHRMANN, Bernd-Friedrich VOIGT

Professur für Arbeits- & Ingenieurpsychologie,
Fachbereich Ingenieur- & Wirtschaftswissenschaften, Fachhochschule Südwestfalen,
Lindenstraße 53, D-59872 Meschede

Kurzfassung: Die Integration von Künstlicher Intelligenz (KI) in Arbeitskontexte verändert die Wahrnehmung menschlicher Kontrolle und Verantwortung grundlegend. Diese Studie untersucht den Stand der Forschung, wie verschiedene Automatisierungsgrade im Kontext von Human-Agent Teaming das Sense of Agency (SoA) beeinflussen. Anhand einer systematischen Literaturanalyse werden sowohl positive als auch negative Auswirkungen von Automatisierung auf das SoA analysiert. Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung von Transparenz, Vorhersehbarkeit und partizipativer Kontrolle für eine erfolgreiche Mensch-KI-Zusammenarbeit. Abschließend werden praxisorientierte Gestaltungs-empfehlungen vorgestellt, die dazu beitragen können, effektive und verantwortungsvolle Interaktionen zwischen Mensch und KI zu fördern.

Schlüsselwörter: Sense of Agency, Human-Agent Teaming, Automatisierung, Entscheidungsautonomie, Kontrollwahrnehmung

1. Einleitung

Die Integration von Künstlicher Intelligenz (KI) in Arbeitskontexte verändert Arbeitsprozesse tiefgreifend und wirft zentrale Fragen zu Kontrolle, Verantwortung und menschlicher Autonomie auf. Insbesondere das SoA – das subjektive Empfinden, eigene Handlungen und deren Auswirkungen zu kontrollieren (Berberian et al. 2012) – spielt eine Schlüsselrolle in der Mensch-KI-Interaktion. KI-integrierende Agentensysteme können das SoA stärken, indem sie Entscheidungsprozesse unterstützen (Nakashima & Kumada 2020; Ueda et al. 2021), oder es einschränken, wenn die wahrgenommene Kontrolle des Menschen abnimmt (Ciardo et al. 2020). Theoretische Anleihen nimmt die Fachliteratur dazu insbesondere bezogen auf die Konzepte Self-Determination (Deci & Ryan 1985), Technologieakzeptanz (Davis 1989), Planned Behavior (Ajzen 1991) sowie Social Identity (Tajfel 1978) und Self-Identity (Horowitz 2012). Die gegenwärtige Literatur zum SoA in der Mensch-KI Zusammenarbeit expliziert sowohl ausgesuchte Nutzer-seitige (Ciardo et al. 2020; Legaspi et al. 2021; Pagliari et al. 2022) als auch Technologie-bezogene Einflussfaktoren auf die SoA. Seltener werden auch interaktionale Effekte oder Interaktionsverläufe thematisiert (Legaspi et al. 2024; Pan et al. 2024). Bisher finden sich jedoch kaum systematisierende Literaturauswertungen, die sich mit den SoA-Effekten unterschiedlicher Automatisierungsgrade in der Mensch-KI Zusammenarbeit befassen.

Diese Arbeit thematisiert daher das Konzept des SoA im Kontext von Human-Agent Teaming, einer Form der Mensch-KI-Zusammenarbeit, in der Automatisierung und

menschliche Entscheidungsfindung kombiniert werden (Chen & Barnes 2014). Durch eine systematische Literaturanalyse wird der derzeitige Erkenntnisstand verdichtet, wie verschiedene (wahrgenommene) Automatisierungsgrade des Agentensystems das SoA beeinflussen und welche psychologischen und technologischen Faktoren eine positive Zusammenarbeit fördern können. Ziel ist es, praxisnahe Gestaltungsempfehlungen abzuleiten, die sowohl die Effizienz der Mensch-KI-Interaktionen steigern als auch das SoA des Menschen erhalten.

KI ist ein Sammelbegriff für Systeme, die durch Algorithmen und Machine Learning-Techniken eigenständige Entscheidungen treffen können (Russell & Norvig 1995). Diese Arbeit fokussiert sich auf den Einsatz schwacher KI (Searle 1980) im Arbeitskontext, die oft in klar definierten Anwendungsbereichen wie Entscheidungs-unterstützung oder Aufgabenautomatisierung eingesetzt wird, und grenzt sich von der starken KI (Searle 1980) ab, die hypothetisch menschenähnliche Intelligenz erreichen könnte.

2. Methodik

Die Untersuchung basiert auf einer systematischen Literaturanalyse (Moher et al. 2009) mit dem Ziel, die einschlägigen Befunde zum Einfluss verschiedener Automatisierungsgrade auf das SoA zusammenzutragen und zu systematisieren. Für die Literatursuche mit Enddatum 18. Januar 2025 wurden Schlagwörter wie "Sense of Agency", "Human-Agent Teaming" und "Automatisierung" genutzt. In Anlehnung an die PRISMA Analysestrategie wurden die Suchergebnisse systematisch dokumentiert, einschließlich Suchdatum, verwendeter Schlagwortkombinationen, Trefferanzahl und Dubletten (Moher et al. 2009). Um in die finale Auswahl aufgenommen zu werden, mussten die Studien zudem die folgenden Kriterien erfüllen: peer-reviewed; eindeutiger Theoriebezug zu Mensch-KI-Kollaboration oder Automatisierung – von manueller Steuerung bis hin zu vollständiger Automatisierung –; mindestens empirisches, wenn möglich experimentelles Vorgehen.

3. Ergebnisse

Die Literaturanalyse zeigt, dass der Automatisierungsgrad eine entscheidende Rolle für das Erleben von SoA spielt. Während moderate Automatisierungsgrade die menschliche Entscheidungsfindung unterstützen und das SoA steigern können (Ueda et al. 2021), kann eine zu hohe Automatisierung zu einer Reduktion des SoA führen, insbesondere wenn die wahrgenommene Kontrolle durch den Menschen eingeschränkt wird (Ciardo et al. 2020; Dubynin et al. 2021). Ein zentraler Faktor für die Reduktion des SoA ist der empfundene Kontrollverlust. Wenn Menschen das Gefühl haben, dass eine KI dominant agiert, kann dies dazu führen, dass sie sich weniger für die Ergebnisse verantwortlich fühlen (Legaspi et al. 2024). Es wird argumentiert, dass insbesondere Situationen davon betroffen sind, in denen die KI nicht erkennt, wann das SoA sinkt, und keine Mechanismen zur Rückübertragung der Kontrolle implementiert sind.

Zusätzlich können Verzögerungen zwischen einer menschlichen Eingabe und der Systemreaktion das Vertrauen in die Automatisierung verringern. Nakashima & Kumada (2020) zeigen, dass solche Verzögerungen Zweifel an der eigenen Verantwortung und Kontrolle hervorrufen können, was langfristig die Akzeptanz automatisierter Systeme beeinträchtigen kann. Daher sollten adaptive KI-Systeme fähig sein,

das menschliche SoA in Echtzeit zu erkennen und durch gezielte Maßnahmen, wie eine rechtzeitige Übergabe der Kontrolle oder verstärkte Rückmeldungen, zu stabilisieren (Legaspi et al. 2024).

Trotz potenzieller Risiken kann Automatisierung in kooperativen Szenarien auch positive Effekte auf das SoA haben. Ueda et al. (2021) fanden heraus, dass ein Automatisierungsgrad von bis zu 33 % das SoA steigern kann, insbesondere wenn die Systemleistung dadurch verbessert wird. Die Studie zeigt jedoch, dass sich dieser Effekt bei einem Automatisierungsgrad über 80 % umkehrt, da die wahrgenommene Kontrolle des Menschen abnimmt. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine erfolgreiche Integration von KI nicht nur von deren Effizienz abhängt, sondern auch von der Wahrnehmung menschlicher Kontrolle (Legaspi et al. 2024).

Um negative Auswirkungen hoher Automatisierung zu vermeiden, scheint die Erklärbarkeit der KI eine zentrale Rolle zu spielen. Wenn Nutzer nachvollziehen können, wie Entscheidungen zustande kommen, bleibt ihr Gefühl des SoA tendenziell erhalten (Pan et al. 2024). Auch Cornelio et al. (2022) argumentieren, dass eine KI das SoA stärken kann, wenn sie die Zielsetzungen des Menschen unterstützt und damit eine Leistungssteigerung ermöglicht. Dieses Phänomen, als „Illusionary Agency“ bezeichnet (Wen et al. 2021), kann das Erleben von Kontrolle positiv beeinflussen.

4. Diskussion

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Gestaltung automatisierter Systeme nicht nur aus technischer Perspektive betrachtet werden sollte. Vielmehr erfordert eine erfolgreiche Mensch-KI-Interaktion eine Berücksichtigung psychologischer Faktoren, um das SoA zu stabilisieren und gleichzeitig die Vorteile der Automatisierung bestmöglich zu nutzen (Pan et al. 2024).

Eine zentrale Herausforderung besteht darin, eine Balance zwischen Effizienzsteigerung durch Automatisierung und der Erhaltung menschlicher Kontrolle zu finden. Während eine moderate Automatisierung das SoA fördern kann (Ueda et al. 2021), birgt eine zu starke Automatisierung das Risiko, Nutzer zu entmündigen, insbesondere wenn die wahrgenommene Kontrolle verloren geht (Ciardo et al. 2020; Dubynin et al. 2021). Dies unterstreicht die Notwendigkeit, adaptive Mechanismen in KI-Systeme zu integrieren, die das individuelle SoA dynamisch berücksichtigen (Legaspi et al. 2024).

Ein besonders kritischer Aspekt ist die Wahrnehmung einer KI-Dominanz. Die Literaturauswertung deutet darauf hin, dass nicht nur der tatsächliche Kontrollverlust, sondern auch die subjektive Wahrnehmung einer autonomen KI das SoA verringern kann (Legaspi et al. 2024). Dies legt nahe, dass KI-Systeme nicht nur auf funktionaler Ebene reguliert werden müssen, sondern dass auch ihre Kommunikationsweise eine Rolle spielt. Li et al. (2025) zeigen, dass eine KI, die mit hoher Sicherheit auftritt, ungewollt das Selbstvertrauen der Nutzer schwächen kann, indem sie deren Urteilsfähigkeit untergräbt.

Ein offener Forschungsaspekt ist, inwiefern Verzögerungen in der Mensch-KI-Interaktion tatsächlich das SoA beeinflussen. Nakashima & Kumada (2020) zeigen, dass Verzögerungen Zweifel an der eigenen Verantwortung hervorrufen können, was langfristig die Akzeptanz von KI-Systemen beeinträchtigt. Dennoch bleibt unklar, inwieweit dieser Effekt in unterschiedlichen Anwendungskontexten variiert. Besonders in sicherheitskritischen Bereichen könnte eine zu hohe Verzögerung schwerwiegende Folgen haben, während in weniger zeitkritischen Domänen eine gewisse Latenz tolerierbar

wäre. Zudem wird in der vorliegenden Arbeit die menschliche Komponente als Konstante betrachtet. Zukünftige Forschungsarbeiten sollten verstärkt die Wechselwirkungen mit anderen Einflussfaktoren der Persönlichkeit untersuchen, um ein umfassenderes Verständnis der zugrunde liegenden Dynamiken zu ermöglichen.

5. Limitationen

Ein Schwachpunkt in der Literatur ist die synonyme Verwendung der Begriffe Automatisierung und Künstliche Intelligenz. Eine Unterscheidung wird oft nicht klar dargestellt, was zu einer mangelnden Differenzierung und damit zu Unklarheiten in der wissenschaftlichen Diskussion führt. Die methodologischen Einschränkungen der betrachteten Studien begrenzen die Generalisierbarkeit der Ergebnisse. Viele der untersuchten Experimente konzentrieren sich auf junge, akademisch gebildete Probanden mit einem Durchschnittsalter von etwa 24 Jahren, wodurch die Übertragbarkeit auf ältere oder weniger technikaffine Zielgruppen eingeschränkt ist. Zudem wurde ausschließlich auf quantitative Methoden zurückgegriffen, die das SoA über numerische Bewertungen messen. Qualitative Ansätze könnten hingegen wertvolle Erkenntnisse zur subjektiven Wahrnehmung des SoA und zu den spezifischen Faktoren, die das Erleben von Kontrolle beeinflussen, liefern.

Des Weiteren weisen die Studien häufig eine hohe Homogenität der Stichproben sowie fehlende Kontrollgruppen auf, was die interne Validität und die Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse einschränkt. Darüber hinaus wurden Moderations- und Mediationseffekte sowie Pre-Post-Test-Designs kaum berücksichtigt. Langfristige Effekte und Prozessverläufe, insbesondere durch Längsschnittstudien, sind bislang kaum erforscht. Zudem bleibt der Early-Contact-Effekt in den bisherigen Studien unberücksichtigt. Zukünftige Forschungsansätze sollten daher diversere Stichproben, variierte methodische Designs sowie längsschnittliche Untersuchungen einbeziehen, um umfassendere und validere Erkenntnisse zu gewinnen.

6. Gestaltungsempfehlungen

Der Einsatz von KI in Arbeitsprozessen kann sowohl die Effizienz steigern als auch die Qualität verbessern, hat jedoch auch Auswirkungen auf das SoA des Menschen. Um die Vorteile von Human-Agent Teaming optimal zu nutzen, müssen neben technologischen auch psychologische und organisatorische Faktoren berücksichtigt werden. Dazu sind gezielte Maßnahmen erforderlich, die Kontrollverluste verhindern und eine stabile Mensch-KI-Interaktion gewährleisten. Um die notwendige Transparenz zu gewährleisten, sollten KI-Entscheidungen für den Nutzer nachvollziehbar sein. Dies kann durch erklärbare Modelle unterstützt werden, die Entscheidungsprozesse strukturiert kommunizieren (Pagliari et al. 2022). Neben textbasierten Erklärungen können auch visuelle Darstellungen oder interaktive Systeme genutzt werden, um ein intuitives Verständnis zu fördern (Pan et al. 2024). Dadurch kann das Gefühl der Kontrolle erhalten bleiben, selbst wenn Entscheidungsprozesse zunehmend automatisiert werden.

Damit der Mensch Vertrauen in die KI-gestützte Zusammenarbeit entwickeln kann, sollte das System durch konsistentes Verhalten die Vorhersehbarkeit seiner Entscheidungen erhöhen (Nakashima & Kumada 2020). Dies erfordert nicht nur eine klare Kommunikation über Systemintentionen, sondern auch Mechanismen zur Minimierung

unerwarteter oder verzögerter Reaktionen, da Verzögerungen Zweifel an der eigenen Handlungsfähigkeit hervorrufen können. Adaptive KI-Systeme sollten daher nicht nur auf den Nutzer reagieren, sondern gezielt Unsicherheiten reduzieren, um eine verlässliche Interaktion zu ermöglichen.

Um ein Gefühl der Eigenverantwortung zu erhalten, sollte der Mensch aktiv in den Entscheidungsprozess eingebunden werden (Legaspi et al. 2024). Dies bedeutet, dass ihm nicht nur Eingriffsmöglichkeiten zur Verfügung stehen, sondern auch eine transparente Aufgabenverteilung vorliegt, die seine Rolle klar definiert. Gleichzeitig sollte vermieden werden, dass die KI durch ein zu dominantes Auftreten das Selbstvertrauen des Nutzers untergräbt (Li et al. 2025). Besonders in hoch-automatisierten Systemen kann dies dazu führen, dass Menschen sich weniger für Entscheidungen verantwortlich fühlen, was langfristig das SoA schwächen kann.

Damit Nutzer sich mit den Ergebnissen einer KI-gestützten Zusammenarbeit identifizieren, sollte die Zielsetzung der KI mit ihren Erwartungen übereinstimmen (Cornelio et al. 2022). Das Konzept der „Illusionary Agency“ zeigt, dass eine KI den Menschen unterstützen sollte, anstatt autonom zu agieren. Allerdings muss vermieden werden, dass diese Unterstützung als manipulative Beeinflussung wahrgenommen wird. Stattdessen sollte die KI dem Menschen gezielt Rückmeldungen über seine Einflussmöglichkeiten geben, um die Wahrnehmung von Kontrolle zu stabilisieren. Darüber hinaus ist es wichtig, dass adaptive Systeme nicht nur auf SoA-Verluste reagieren, sondern diese idealerweise präventiv vermeiden. Eine Möglichkeit wäre, Nutzern gezielte Rückmeldungen über ihre Einflussmöglichkeiten zu geben, anstatt nur auf deren Interaktion zu reagieren. Allerdings bleibt offen, inwiefern diese Illusion aufrechterhalten werden kann, ohne dass sie als Manipulation wahrgenommen wird.

Um eine effektive Interaktion zwischen Mensch und KI zu ermöglichen, sollte Vertrauen gezielt aufgebaut werden, ohne dass dies zu einer unkritischen Abgabe von Verantwortung führt (Legaspi et al. 2024). Dies setzt eine realistische Kommunikation über die Fähigkeiten und Grenzen der KI voraus, sodass Nutzer ihr eigenes Urteilsvermögen beibehalten und informierte Entscheidungen treffen können. Eine übermäßig selbstbewusst auftretende KI kann unbeabsichtigt die Kompetenzwahrnehmung des Nutzers verringern (Li et al. 2025), was eine kritische Reflexion der KI-Entscheidungen erschwert.

Da das SoA situativ schwanken kann, sollten adaptive Systeme kontinuierlich analysieren, wann unterstützende Maßnahmen erforderlich sind (Legaspi et al. 2024). Dies bedeutet nicht nur eine reaktive Anpassung, sondern auch präventive Strategien, um SoA-Verluste frühzeitig zu vermeiden und die Wahrnehmung von Kontrolle langfristig zu erhalten. Systeme, die in Echtzeit erkennen, wann Nutzer das Gefühl der Kontrolle verlieren, können durch gezielte Rückmeldungen oder die Rückgabe von Entscheidungskompetenzen dazu beitragen, eine stabile Zusammenarbeit zu gewährleisten.

7. Literatur

Ajzen, I. (1991). The Theory of planned behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50(2): 179-211.

Berberian, B., Sarrazin, J., Blaye, P. L., & Haggard, P. (2012). Automation Technology and Sense of Control: A window on Human agency. PLoS ONE, 7(3), e34075. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034075.

Chen, J. Y. C., & Barnes, M. J. (2014). Human-Agent Teaming for Multirobot Control: A Review of Human Factors Issues. IEEE transactions on human-machine systems, 44(1), 13–29. https://doi.org/

10.1109/THMS.2013.2293535.
Ciardo, F., et al. (2020). Attribution of intentional agency towards robots reduces one's own sense of agency. Cognition, 194, 104109.
Cornelio, P., Haggard, P., Hornbaek, K., Georgiou, O., Bergström, J., Subramanian, S., & Obrist, M. (2022). The sense of agency in emerging technologies for human–computer integration: A review. Frontiers in neuroscience, 16, 949138–949138. https://doi.org/10.3389/fnins.2022.949138.
Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, 13(3), 319. https://doi.org/10.2307/249008.
Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). The general causality orientations scale: Self-determination in personality. Journal of research in personality, 19(2), 109-134.
Dubynin, I. A., Yashin, A. S., Velichkovsky, B. M., & Shishkin, S. L. (2021). An experimental paradigm for studying sense of agency in joint human–machine motor actions. Experimental Brain Research, 239(6), 1951–1961. https://doi.org/10.1007/s00221-021-06105-9.
Horowitz, M. J. (2012). Self-identity theory and research methods. Journal of Research Practice, 8(2), M14.
Legaspi, R., Xu, W., Konishi, T., & Wada, S. (2021). Positing a Sense of Agency-Aware Persuasive AI: Its Theoretical and Computational Frameworks. Springer Proceedings in Advanced Robotics, 3–18. https://doi.org/10.1007/978-3-030-79460-6_1.
Legaspi, R., Xu, W., Konishi, T., Wada, S., Kobayashi, N., Naruse, Y. & Ishikawa, Y. (2024). The sense of agency in human–AI interactions. Knowledge-Based Systems, 286, 111298. https://doi.org/10.1016/j.knosys.2023.111298.
Li, J., Yang, Y., Liao, Q. V., Zhang, J. & Lee, Y. (2025). As Confidence Aligns: Exploring the Effect of AI Confidence on Human Self-confidence in Human-AI Decision Making. arXiv (Cornell University). https://doi.org/10.48550/arxiv.2501.12868.
Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: the PRISMA statement. PLoS Medicine, 6(7), e1000097. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097.
Nakashima, R., & Kumada, T. (2020). Explicit Sense of Agency in an Automatic Control Situation: Effects of Goal-Directed Action and the Gradual Emergence of Outcome. Frontiers in Psychology, 11, 2062–2062. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.02062.
Pagliari, M., Chambon, V., & Berberian, B. (2022). What is new with Artificial Intelligence? Human–agent interactions through the lens of social agency. Frontiers in Psychology, 13, 954444–954444. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.954444.
Pan, W., Liu, D., Meng, J. & Liu, H. (2024). Human–AI communication in initial encounters: How AI agency affects trust, liking, and chat quality evaluation. New Media & Society. https://doi.org/10.1177/14614448241259149.
Russell, S. J., & Norvig, P. (1995). Artificial intelligence: a modern approach. Choice Reviews Online, 33(03), 33–1577. https://doi.org/10.5860/choice.33-1577.
Searle, J.R. (1980). Minds, brains, and programs. Behavioral and Brain Sciences 3 (3): 417-457.
Tajfel, H. E. (1978). Differentiation between social groups: Studies in the social psychology of intergroup relations. Academic Press.
Ueda, S., et al. (2021). Influence of levels of automation on the sense of agency during continuous action. Scientific reports, 11(1), 2436.
Wen, W., Yun, S., Yamashita, A., Northcutt, B. D., & Asama, H. (2021). Deceleration Assistance Mitigated the Trade-off Between Sense of Agency and Driving Performance. Frontiers in psychology, 12, 643516–643516. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.643516.

On the way to C-3PO – a challenging track. Ein problematisierendes Literature Review zur Forschung an Social Robots und deren Fähigkeit, Social Support zu leisten

Erik BARSUHN, Bernd-Friedrich VOIGT

Professur für Arbeits- & Ingenieurpsychologie,
Fachbereich Ingenieur- & Wirtschaftswissenschaften, Fachhochschule Südwestfalen,
Lindenstraße 53, D-59872 Meschede

Kurzfassung: Menschen können soziale Unterstützung ausgehend von Interaktionen mit sozialer Robotik erleben (Leite et al 2013; Nichol et al. 2024). Unser problematisierendes 3-Level Literatur Review nach dem Vorbild von Alvesson & Sandberg (2020) zum Stand der Forschung verdeutlicht jedoch, dass diese generalisierende Annahme vornehmlich auf Fokussierungen spezifischer vulnerabler Personengruppen, kultureller Anwendungskontexte sowie ausgesuchter Morphologien und Designs der untersuchten Robotik basiert. Davon ausgehend definiert der Beitrag theoretische und methodische Implikationen für eine erweiterte Ergebnisgeneralisierbarkeit im Forschungsfeld social support durch soziale Robotik.

Schlüsselwörter: Social robots, Soziale Unterstützung, Literature review

1. Einleitung

Moderne Robotik wird zunehmend in soziale Räume integriert (Duffy 2003). Der potenzielle Nutzen sozialer Roboter als mögliche Geber von sozialer Unterstützung wurde früh erkannt und in einschlägigen Studien untersucht (z. B. Wada & Shibata 2006). Effekte konnten u. a. zur Stressreduktion oder zum mildernden Einfluss auf Einsamkeitsempfinden im Kontext sozialer Unterstützung durch soziale Roboter erforscht (Nichol et al. 2024). Trotz wachsendem Interesse befindet sich die Forschung jedoch noch in einer frühen Phase (Lambert et al. 2020). Dieses problematisierende Literature Review untersucht daher die Herausforderungen bei der Generalisierbarkeit der Forschung und identifiziert Maßnahmen, welche diese steigern könnten.

2. Theoretischer Hintergrund

In der Forschung zu sozialer Unterstützung werden zwei Ansätze hervorgehoben: Die Direkteffekt-Hypothese und die Pufferhypotese, von denen beide durch Studien untermauert wurden (Cohen & Wills, 1985). Die Direkteffekt-Hypothese besagt, dass soziale Unterstützung die Gesundheit unabhängig konkreter Stresssituationen fördert, während die Pufferhypothese davon ausgeht, dass soziale Unterstützung lediglich in stressigen Zeiten als Ressource mobilisiert wird (Taylor 2012). In diesem Beitrag wird eine modifizierte Definition von Wills (1991, zitiert nach Taylor 2012, S. 189) verwendet, welche dem Kontext der Mensch-Roboter Interaktion angepasst wurde: „Soziale Unterstützung ist die Wahrnehmung oder Erfahrung, dass man von anderen geliebt und umsorgt wird, wertgeschätzt wird und Teil eines sozialen Netzwerks ist, [welches Unterstützung gewährleistet und Wechselseitigkeit ermöglicht]“.

Weiterhin wird in diesem Beitrag die Definition sozialer Roboter von Bartneck und Forlizzi (2005, S.592) verwendet. Nach dieser ist ein sozialer Roboter „ein autonomer oder semi-autonomer Roboter, der mit Menschen interagiert und kommuniziert und dabei die Verhaltensnormen befolgt, welche die Personen mit denen er interagieren soll erwarten“. Soziale Roboter gibt es in unterschiedlichen Modellen, von humanoid über mechanisch hin zu zoomorph.

3. Methode

Für ein problematisierendes Literature Review auf Grundlage des Ansatzes nach Alvesson und Sandberg (2020) wurden insgesamt 112 Veröffentlichungen aus den Datenbanken IEEE Xplore, PubMed, SageJournals, Frontiers und ResearchGate, die über den Suchzeitraum September 2024 verfügbar waren, identifiziert. Davon wurden 58 in den 3-Level Auswertungsprozess integriert.

4. Ergebnisse

Die Generalisierbarkeit von Ergebnissen einer Studie wird unter anderem von Stichprobengröße (Backhaus et al. 2023), Forschungsdesign, sowie der Rekrutierung von Probanden (Sauro & Lewis 2016) beeinflusst. Forschungsdesigns ermöglichen häufig nur unidirektionale soziale Unterstützung, wodurch der Einfluss von Gegenseitigkeit auf die wahrgenommenen Vorteile sozialer Unterstützung nach Jung (1990) nicht untersucht werden kann. Die Zusammenschau der hier ausgewerteten Studien legt die Schlussfolgerung nahe, dass häufig Effekte nur isoliert für spezifische Subgruppen einer Population untersucht wurden, der natürliche Suchprozess nach sozialer Unterstützung nicht repräsentiert wird sowie meist nur unidirektionale soziale Unterstützungseffekte untersucht wurden (Tabelle 1).

Tabelle 1: *Einschränkungen der Generalisierbarkeit der Befundlage zu sozialer Unterstützung durch Roboter aufgrund von Stichproben und Untersuchungsdesigns; Beispiele.*

Artikel	Stichprobengröße und Forschungsdesign	Befunde
Nakagawa et al. (2011)	n = 30 freiwillige Anmeldung unidirektional	Die aktive Berührung eines Roboters erhöhte die Anzahl der Handlungen zu einer Aufgabe und insgesamt damit verbrachte Zeit
Sefidgar et al. (2015)	n = 38 freiwillige Anmeldung -	Teilnehmer erfuhren reduzierte Herz- und Atmungsrate, wenn sie einen atmenden animalischen Roboter streichelten
Abendschein et al. (2021)	n = 161 - unidirektional	Die Teilnehmer bewerteten drei unterschiedliche Agenten (Mensch, Pepper, Alexa) in ihrer Fähigkeit soziale Unterstützung zu leisten, wobei alle für fähig bewertet wurden
Akiyoshi et al. (2021)	n = 31 - unidirektional	Ein Roboter reduzierte Wutstimmungen und steigerte das Offenbarungsverhalten mit Konversationsstrategien
Lopes et al. (2023)	n = 56 freiwillige Anmeldung unidirektional	Gesundheitsfördernde Interventionen im Arbeitskontext durch Roboter erzielten bessere Ergebnisse als durch Menschen geführte

Morphologie und geschlechterspezifische Auslösereize des Roboters nehmen Einfluss auf die Erwartungen (Złotowski et al. 2014), Reaktionen (Gong 2007) und hervorgerufene Geschlechterstereotype der Nutzer (Nass et al., 1997). Dementsprechend können die Ergebnisse einer Studie in Abhängigkeit der Wahl des Robotermodells unterschiedlich ausfallen (z. B. Bernotat et al. 2019). Die Zusammenschau der hier ausgewerteten Studien legt die Schlussfolgerung nahe, dass die Morphologie der verwendeten Roboter bisher lediglich in Form isolierter Effekte untersucht wurde (Tabelle 2).

Tabelle 2: *Einschränkungen der Generalisierbarkeit der Befundlage zu sozialer Unterstützung durch Roboter aufgrund der gewählten Morphologie; Beispiele.*

Artikel	Rolle der Morphologie	Befunde
Nakagawa et al. (2011)	Humanoid ohne Geschlechtsspezifik	Die aktive Berührung eines Roboters erhöhte die Anzahl der Handlungen zu einer Aufgabe und insgesamt damit verbrachte Zeit
Leite et al. (2014)	Zoomorph ohne Geschlechtsspezifik	Kinder wurden von Robotern ähnlich gut unterstützt wie durch andere Gleichaltrige und es konnte gezeigt werden, dass die soziale Präsenz des Roboters langfristig gleichermaßen wahrgenommen wird
Abendschein et al. (2021)	Humanoid weiblich	Die Teilnehmer bewerteten drei unterschiedliche Agenten (Mensch, Pepper, Alexa) in ihrer Fähigkeit soziale Unterstützung zu leisten, wobei alle für fähig bewertet wurden

Langzeitstudien werden benötigt, um Effektverläufe untersuchen zu können, da sie den gesamten bzw. einen längeren Verlauf der Beziehung zwischen Menschen und Robotern beobachten (Caruana et al. 2015). Während es einige Kurzzeitstudien gibt, steht nur eine unzureichende Menge an Langzeitstudien zur Verfügung (Leite et al. 2013; Lambert et al. 2020). Neuartigkeitseffekte wurden in diesen Studien bislang in der Regel als Störfaktor angesehen. Diese Perspektive sollte nach Smedegaard (2019) jedoch überdacht werden, da sie ein Element der Beziehungsbildung darstellt. Die Zusammenschau der hier ausgewerteten Studien legt die Schlussfolgerung nahe, dass Neuartigkeitseffekte bislang nicht als Teil der Beziehungsbildung untersucht wurden und Langzeiteffekte lediglich unzureichend ergründet wurden (Tabelle 3).

Nutzer wenden bei Robotern, wie auch bei Menschen, einen Kategorisierungsprozess an, welcher eine soziale Robotik in out- oder in-group einteilt (Eyssel & Kuchenbrandt 2011). Diese Kategorisierung kann die wahrgenommenen Vorteile der sozialen Unterstützung durch den Roboter beeinflussen (Haslam et al. 2005). Weiterhin unterscheiden sich Akzeptanz, Vertrauenswürdigkeit und Sympathie gegenüber Robotern in Abhängigkeit des jeweiligen Kulturkreises (Rau et al. 2009). Die Zusammenschau der hier ausgewerteten Studien legt die Schlussfolgerung nahe, dass der Einfluss der Kultur in der Mensch-Roboter Interaktion lediglich in Form isolierter Effekte, unabhängig der geleisteten und wahrgenommenen sozialen Unterstützung untersucht wurde (Tabelle 4).

Tabelle 3: *Einschränkungen der Generalisierbarkeit der Befundlage zu sozialer Unterstützung durch Roboter aufgrund der betrachteten Effektverläufe und Neuartigkeitseffekte; Beispiele.*

Artikel	Effektverläufe & Neuartigkeitseffekt	Befunde
Kanda et al. (2004)	Langzeitstudie Neuartigkeitseffekt als Störfaktor	Die Studie zeigte, dass ein Roboter Kinder beim Lernen unterstützen kann und weiterhin, dass er geteilte Attribute und Wissen mit den Nutzern haben sollte
Fernaeus et al. (2010)	Langzeitstudie Neuartigkeitseffekt als Störfaktor	Zeigte Auswirkungen von Erwartungsbrüchen
Leite et al. (2014)	Langzeitstudie Neuartigkeitseffekt als Störfaktor	Kinder wurden von Robotern ähnlich gut unterstützt wie durch andere Gleichaltrige und es konnte gezeigt werden, dass die soziale Präsenz des Roboters langfristig gleichermaßen wahrgenommen wird
Abendschein et al. (2022)	Langzeitstudie Neuartigkeitseffekt als Untersuchungsobjekt	Neuartigkeitseffekt wurde in Gesprächen über den Roboter erneut entfacht
Irfan et al. (2022)	Langzeitstudie Neuartigkeitseffekt als Störfaktor	Durch Roboter unterstützte Patienten eines Herzrehabilitationsprogramms erzielten bessere Ergebnisse

Tabelle 4: *Einschränkungen der Generalisierbarkeit der Befundlage zu sozialer Unterstützung durch Roboter aufgrund der Berücksichtigung kultureller Einflussfaktoren; Beispiele.*

Artikel	Kulturelle Hintergründe	Befunde
Gong (2007)	n.a.	Ergebnisse zeigen einen positiven linearen Zusammenhang zwischen Anthropomorphismus und sozialen Reaktionen
De Graaf et al. (2015)	n.a.	Essenzielle Merkmale sozialer Roboter für werden basierend auf Nutzererfahrungen nahegelegt
Akiyoshi et al. (2021)	Japanisch	Ein Roboter reduzierte Wutstimmungen und steigerte das Offenbarungsverhalten mit Konversationsstrategien
Abendschein et al. (2021)	71.60% Weiß/Kaukasisch	Die Teilnehmer bewerteten drei unterschiedliche Agenten (Mensch, Pepper, Alexa) in ihrer Fähigkeit soziale Unterstützung zu leisten, wobei alle für fähig bewertet wurden
Lopes et al. (2023)	Portugiesisch	Gesundheitsfördernde Interventionen im Arbeitskontext durch Roboter erzielten bessere Ergebnisse als durch Menschen geführte

5. Diskussion

Ziel dieses problematisierenden Literature Reviews war es, mögliche Einschränkungen der Generalisierbarkeit im Forschungsfeld der Fähigkeiten sozialer Roboter, Menschen sozial zu unterstützen, zu identifizieren. Neben methodischen Aspekten, wie bspw. im Rahmen des Forschungsdesigns, wurden auch theoretische Aspekte, wie das Erwartungsmanagement und kulturelle Unterschiede aufgeführt. Einschränkungen dieser Arbeit ergeben sich aus der subjektiven Natur des Reviews nach

Alvesson und Sandberg (2020). Zudem befasst sich diese Arbeit nur mit einem ausgewählten Teil der Aspekte zur Generalisierbarkeit der aktuellen Forschung.

6. Implikationen

Die Ergebnisse dieser Arbeit legen für zukünftige Studien nahe, 1. das Design der verwendeten Robotik unter Berücksichtigung der entstehenden Erwartungen auszuwählen, sowie hervorgerufene Geschlechter-Stereotype zu beachten, 2. Stichproben randomisiert auszuwählen um den Self-Selection Bias zu vermeiden und verschiedene Demographien zu inkludieren oder komplementäre Studien durchführen, 3. weitere Langzeit-Studien durchzuführen und Neuartigkeitseffekte als Bestandteil des Beziehungsaufbaus zu untersuchen, statt als Störfaktor zu eliminieren, 4. die Forschung zu kulturellen Unterschieden zu erweitern, transparenter mit den kulturellen Hintergründen der Stichproben umzugehen und komplementäre Studien zur Validierung der Ergebnisse für andere Kulturgruppen durchzuführen. Eine Generalisierung des aktuellen Forschungsstandes auf erweiterte Arbeitskontexte erscheint derzeit nicht angebracht.

7. Literatur

Abendschein, B., Edwards, A. & Edwards, C. (2022). Novelty Experience in Prolonged Interaction: A Qualitative Study of Socially-Isolated College Students' In-Home Use of a Robot Companion Animal. Frontiers in Robotics And AI, 9. https://doi.org/10.3389/frobt.2022.733078.

Abendschein, B., Edwards, C. & Edwards, A. (2021). The influence of agent and message type on perceptions of social support in human-machine communication. Communication Research Reports, 38(5), 304–314. https://doi.org/10.1080/08824096.2021.1966405.

Akiyoshi, T., Nakanishi, J., Ishiguro, H., Sumioka, H. & Shiomi, M. (2021). A Robot That Encourages Self-Disclosure to Reduce Anger Mood. IEEE Robotics And Automation Letters, 6(4), 7925–7932. https://doi.org/10.1109/lra.2021.3102326.

Alvesson, M. & Sandberg, J. (2020). The Problematizing Review: A Counterpoint to Elsbach and Van Knippenberg's Argument for Integrative Reviews. Journal Of Management Studies, 57(6), 1290–1304. https://doi.org/10.1111/joms.12582.

Backhaus, K., Erichson, B., Gensler, S., Weiber, R. & Weiber, T. (2023). 1.3 Grundlagen des statistischen Testens. In Multivariate Analysemethoden (S. 30–44). https://doi.org/10.1007/978-3-658-40465-9.

Bartneck, C. & Forlizzi, J. (2005, 17. Januar). A design-centred framework for social huma robot interaction. In RO-MAN 2004. 13th IEEE International Workshop On Robot And Hu man Interactive Communication (IEEE Catalog No.04TH8759). https://doi.org/10.1109/roman.2004.1374827.

Bernotat, J., Eyssel, F. & Sachse, J. (2019). The (Fe)male Robot: How Robot Body Shape Impacts First Impressions and Trust Towards Robots. International Journal Of Social Robo tics, 13(3), 477–489. https://doi.org/10.1007/s12369-019-00562-7.

Caruana, E. J., Roman, M., Hernández-Sánchez, J. & Solli, P. (2015). Longitudinal studies. PubMed, 7(11), E537-40. https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2015.10.63

Cohen, S. & Wills, T. A. (1985). Stress, social support, and the bufferin.g hypothesis. Psych ological Bulletin, 98(2), 310–357. https://doi.org/10.1037/0033-2909.98.2.310.

Duffy, B. R. (2003). Anthropomorphism and the social robot. Robotics And Autonomous Sy stems, 42(3–4), 177–190. https://doi.org/10.1016/s0921-8890(02)00374-3.

Eyssel, F. & Kuchenbrandt, D. (2011). Social categorization of social robots: Anthropomorphism as a function of robot group membership. British Journal Of Social Psychology, 51(4), 724–731. https://doi.org/10.1111/j.2044-8309.2011.02082.x.

Fernaeus, Y., Håkansson, M., Jacobsson, M. & Ljungblad, S. (2010). How do you play with a robotic toy animal? IDC '10: Proceedings Of The 9th International Conference On Intera ction Design And Children. https://doi.org/10.1145/1810543.1810549.

Gockley, R., Bruce, A., Forlizzi, J., Michalowski, M., Mundell, A., Rosenthal, S., Sellner, B., Simmons, R., Snipes, K., Schultz, A. & Wang, N. J. (2005). Designing robots for long-term social interaction. IEEE Xplore. https://doi.org/10.1109/iros.2005.1545303.

Gong, L. (2007). How social is social responses to computers? The function of the degree of anthropomorphism in computer representations. Computers in Human Behavior, 24(4), 1494 -1509. https://doi.org/10.1016/j.chb.2007.05.007.

Haslam, S. A., O'Brien, A., Jetten, J., Vormedal, K. & Penna, S. (2005). Taking the strain: Social identity, social support, and the experience of stress. British Journal Of Social Ps ychology, 44(3), 355–370. https://doi.org/10.1348/014466605x37468.

Irfan, B., Céspedes, N., Casas, J., Senft, E., Gutiérrez, L. F., Rincon-Roncancio, M., Cifuentes, C. A., Belpaeme, T. & Múnera, M. (2022). Personalised socially assistive robot for cardiac rehabilitation: Critical reflections on long-term interactions in the real world. User Modeling And User-Adapted Interaction, 33(2), 497–544. https://doi.org/10.1007/s11257-022-09323-0.

Jung, J. (1990). The Role of Reciprocity in Social Support. Basic And Applied Social Ps ychology, 11(3), 243–253. https://doi.org/10.1207/s15324834basp1103_2.

Kanda, T., Hirano, T., Eaton, D. & Ishiguro, H. (2004). Interactive robots as social partners and peer tutors for children: a field trial. IEEE Xplore, 19(1), 61–84.

Lambert, A., Norouzi, N., Bruder, G. & Welch, G. (2020). A Systematic Review of Ten Years of Research on Human Interaction with Social Robots. International Journal Of Human -Computer Interaction, 36(19), 1804–1817. https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1801172.

Leite, I., Castellano, G., Pereira, A., Martinho, C. & Paiva, A. (2014). Empathic Robots for Long-term Interaction. International Journal Of Social Robotics, 6(3), 329–341. https://doi.org/10.1007/s12369-014-0227-1.

Leite, I., Martinho, C. & Paiva, A. (2013). Social Robots for Long-Term Interaction: A Su rvey. International Journal Of Social Robotics, 5(2), 291–308. https://doi.org/10.1007/s12369-013-0178-y.

Lopes, S. L., Ferreira, A. I. & Prada, R. (2023). The Use of Robots in the Workplace: Conclusions from a Health Promoting Intervention Using Social Robots. International Jou rnal Of Social Robotics, 15(6), 893–905. https://doi.org/10.1007/s12369-023-01000-5.

Nakagawa, K., Shiomi, M., Shinozawa, K., Matsumura, R., Ishiguro, H. & Hagita, N. (2011). Effect of robot's active touch on people's motivation. IEEE Xplore, 465–472. https://doi.org/10.1145/1957656.1957819.

Nass, C., Moon, Y. & Green, N. (1997). Are Machines Gender Neutral? Gender-Stereotypic Responses to Computers With Voices. Journal Of Applied Social Psychology, 27(10), 864 -876. https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.1997.tb00.

Nichol, B., McCready, J., Erfani, G., Comparcini, D., Simonetti, V., Cicolini, G., Mikkonen, K., Yamakawa, M. & Tomietto, M. (2024). Exploring the impact of socially assistive robots on health and wellbeing across the lifespan: An umbrella review and meta-analysis. Intern ational Journal Of Nursing Studies, 153, 104730. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2024.104730.

Rau, P. P., Li, Y. & Li, D. (2009). Effects of communication style and culture on ability to accept recommendations from robots. Computers in Human Behavior, 25(2), 587–595. https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.025.

Sauro, J. & Lewis, J. R. (2016). Quantifying user research. In Quantifying the User Exper ience (S. 9–18). https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802308-2.00002-3.

Sefidgar, Y. S., MacLean, K. E., Yohanan, S., Van der Loos, H. M., Croft, E. A. & Garland, E. J. (2015). Design and Evaluation of a Touch-Centered Calming Interaction with a Social Robot. IEEE Transactions On Affective Computing, 7(2), 108–121. https://doi.org/10.1109/taffc.2015.2457893.

Smedegaard, C. V. (2019). Reframing the Role of Novelty within Social HRI: from Noise to Information. IEEE Xplore, 411–420. https://doi.org/10.1109/hri.2019.8673219.

Taylor, S. E. (2012). Social Support: a review. The Oxford Handbook Of Health Psychology, 189–214. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195342819.013.0009.

Wada, K. & Shibata, T. (2006). Robot therapy in a care house - its sociopsychological and physiological effects on the residents. IEEE Xplore. https://doi.org/10.1109/robot.2006.1642310.

Zamani, N., Moolchandani, P., Fitter, N. T. & Culbertson, H. (2020). Effects of Motion Parameters on Acceptability of Human-Robot Patting Touch. IEEE Xplore. https://doi.org/10.1109/haptics45997.2020.ras.hap20.36.d8bb0c58.

Złotowski, J., Proudfoot, D., Yogeeswaran, K. & Bartneck, C. (2014). Anthropomorphism: Opportunities and Challenges in Human–Robot Interaction. International Journal Of Social Robotics, 7(3), 347–360. https://doi.org/10.1007/s12369-014-0267-6.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Umrisse des Wiener Ansatzes zur Soziotechnischen Systemgestaltung

Michael WICHTL[1], Norbert WINKER[2], Harald KVIECIEN[3]

[1] Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Ergonomie (ÖAE), A-1100 Wien
[2] Wiener Akademie für Arbeitsmedizin (WIAP), A-1080 Wien
[3] KOHS, A-1020 Wien

Kurzfassung: Der Beitrag beschreibt in Umrissen einen Ansatz zur Soziotechnischen Systemgestaltung, wie er im Zusammenspiel neuer Interventionsmethoden im Arbeits- und Gesundheitsschutz, der ergonomischen Arbeitsgestaltung, des Lernens bei der Arbeit, sowie des integrierten Entwicklungsprozesses dieses Ansatzes (im Laufe zweier Jahrzehnte) entstanden ist. Diese in diesem Beitrag vorgestellten Zusammenhänge werden erstmals als Wiener Ansatz bezeichnet, welcher den Versuch unternimmt, verschiedene Modelle der Prävention aus unterschiedlichen Herkunftssystemen zusammenzuführen und auf operativer Ebene nutzbar zu machen. Darüber hinaus wird die Eignung dieses Ansatzes zur menschzentrierten Gestaltung von Arbeit in einer wissensbasierten und vernetzten Welt erörtert.

Schlüsselwörter: Soziotechnische Systemgestaltung (STS), Intervention, PIMEX, integriertes Management, arbeitsintegriertes Lernen

1. Einleitung

Der Ansatz zur Soziotechnischen Systemgestaltung (STS) wie er in diesem Beitrag beschrieben und erstmals als Wiener Ansatz bezeichnet wird, ist von folgenden Konzepten wesentlich beeinflusst: (1) der „PIMEX Methode“ (Rosén 1999; Wichtl & Novak 2001) – von der Intervention über die Implementierung bis zum Lernen bei der Arbeit, (2) dem Modell der partizipativen Arbeitssystemgestaltung (mit besonderer Berücksichtigung des Belastungs- Beanspruchungskonzepts), (3) dem Ansatz der Gesundheitsförderung (bzw. New Public Health und hier insbesondere die Punkte: Zugang zu gesundheitsrelevanter Information, Ressourcen-, sowie Ergebnisorientierung), (4) Ansätze der Unternehmensgestaltung im Kontext des Wandels (Wojda 2004), des integrierten Managements (Hackl-Gruber 2001) sowie der Gestaltung von Kooperationen (Wojda et al 2006), (5) dem Konzept „Mensch, Technik, Organisation (MTO)“ (Strohm & Ulich 1997), sowie (6) verschiedene bildungswissenschaftliche Ansätze, insbesondere im Spannungsfeld zwischen formalem und informellem Lernen (z. B. Dehnbostel 2001).

Den Kern des hier vorgestellten Ansatzes bilden die Intervention in eine Organisation zum Zweck der Prävention (Erhaltung und Förderung von Gesundheit) bzw. der ergonomischen Arbeitssystemgestaltung (Synthese von Produktivität und Gesundheit), sowie die Schnittstellen zu Prozessen der Gestaltung von Technik, der Gestaltung von Arbeit sowie der Gestaltung von (integrierten) Managementsystemen.

Die Entstehung des Wiener Ansatzes kann als (andauernde) Suche nach einem geeigneten Vorgehensmodell betrachtet werden, um Organisationen zur prospektiven Arbeitsgestaltung zu befähigen.

Dieser Ansatz versucht Brücken zu schlagen: zwischen den Bereichen in der Gesellschaft welche den Arbeits- und Gesundheitsschutz systematisch und aus der Tradition der Arbeitswissenschaft betrachten und den Bereichen, welche man im weiteren Sinne zur „new public health“ zählen kann. Sowie zu den Entwicklern von Technik und den Akteuren, welche in den unterschiedlichen Sektoren (Industrie, Pflege und Sozialwesen, IKT, Landwirtschaft) mit neuen Herausforderungen zur Gestaltung von Arbeit konfrontiert sind (Digitalisierung).

2. Der Wiener Ansatz zur Soziotechnischen Systemgestaltung

Die Intervention einerseits und andererseits die Schnittstellen zwischen der Intervention, den langfristigen Dimensionen von Arbeitsgestaltung und dem Management und der Entwicklung von Organisationen (aus der Innensicht) sind wesentlich für den Wiener Ansatzes (und auch Gegenstände der Untersuchung bei dessen Entwicklung). Früh wurde erkannt (berücksichtigt), dass Bildung in unterschiedlicher Weise zu den Schlüsselfragen zu zählen ist.

Zum einen ist durch den Wandel, welcher unter zunehmender Geschwindigkeit abläuft (vgl. Wojda 2004) auch ein höherer Bedarf an Kompetenzen innerhalb einer Organisation gegeben, um mit diesen „essentiellen Veränderungen“ (ebd.) umgehen zu können. Das Konzept der lernenden Organisation bietet sich hier als Orientierung auf dieser Gestaltungsdimension an. Eine orientierende Gliederung in konkret zu steuernde Transitionen für das Gesundheitswesen (insbesondere Pflegeorganisationen) hat Kviecien (2023 1) vorgenommen.

Zentral für den Wiener Ansatz ist auch Bildung im Rahmen der Intervention (Lernen bei der Arbeit). Zusammen mit dem Ansatz des virtuellen Lernens (vgl. Morscher et al. 2007, Kviecien 2023 1) ergeben sich weitere Möglichkeiten, um Kompetenzsteigerung auf verschiedenen Ebenen zu erreichen. Auch der Bedarf an Kompetenzen im AGS (Arbeits- und Gesundheitsschutz) und die Schwierigkeit der Implementierung neuer Ansätze (vgl. Kviecien 2019) soll an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben.

Ein bedeutender Punkt, sowohl für die Entwicklung einer Organisation, für die Gestaltung von Arbeit als auch für die Intervention ist das Erfahrungswissen.

Hackl-Gruber (2007) meint in diesem Zusammenhang: „Erfahrungswissen führt zu effizienteren Handlungs- und Entscheidungsstrategien“, und fordert ein Umdenken hin zu generationengerechter Arbeitsgestaltung. Dazu zählt seiner Ansicht nach: (1) Grund- und Erfahrungswissen besser nutzen, (2) Langzeitproblemen im Arbeitsschutz gleiche Bedeutung beimessen wie akuten Ereignissen, (3) Neue Bewertung der Arbeitsaufgaben (Qualität versus Quantität) und (4) differenzierter Umgang mit der Zeit (Tages-, Jahres-, Lebensarbeitszeit). Darüber hinaus fordert er arbeitsbegleitende Qualifizierungskonzepte (ebd.). Diese Forderungen sind weiterhin mehr als aktuell.

2.2 Elemente bzw. Charakteristiken von STS

Folgende Elemente bzw. Charakteristiken von STS haben sich im Laufe der Zeit als relevant gezeigt. In etlichen Punkten gibt es Überschneidungen zu anderen STS

Ansätzen bzw. Traditionen (vgl. Bendel & Latniak 2023), manchen Punkten wird beim Wiener Ansatz eine besondere methodische Bedeutung zugemessen:

- Unterteilung in Teilsysteme und deren Verbindungen
- Integrierte Optimierung (= wechselseitige Anpassung der Teilsysteme)
- Zentrales Element der Gestaltung: die Aufgabe
- Normative Werte-orientierung (= Produktivität und menschengerechte, gesundheitsförderliche Arbeit gleichzeitig anstreben)
- Beteiligungsorientiert / partizipatives Vorgehen
- Iteratives Vorgehen
- Reflektiertes Vorgehen
- Hinwirkung auf / Orientierung an: „Lernende Organisation“
- Daten
- Die Intervention als operativer Hebel
- Anspruch / Orientierung: vollständige Aufgabe
- teilautonome Arbeitsgruppe → Die Beschäftigten werden selbst zu Arbeitsgestaltern
- Virtualisierung (insbesondere: virtuelles Lernen und virtuelle Kooperation)

Die Intervention stellt den operativer Hebel dar, um einerseits Daten zu erheben, zu analysieren, Maßnahmen zu setzen und andererseits an den Schnittstellen den Austausch von Information in Gang zu setzen, bzw. Beziehungen herzustellen. In einer Organisation finden in der Regel eine Vielzahl an Interventionen statt, welche arbeitsgestaltend wirken, doch selten sind diese miteinander koordiniert.

Der hier vorgestellte Ansatz betont insbesondere den institutionellen Präventionsprozess, welcher sich aus einer Summe an untergeordneten, einzelnen Interventionen zusammensetzt.

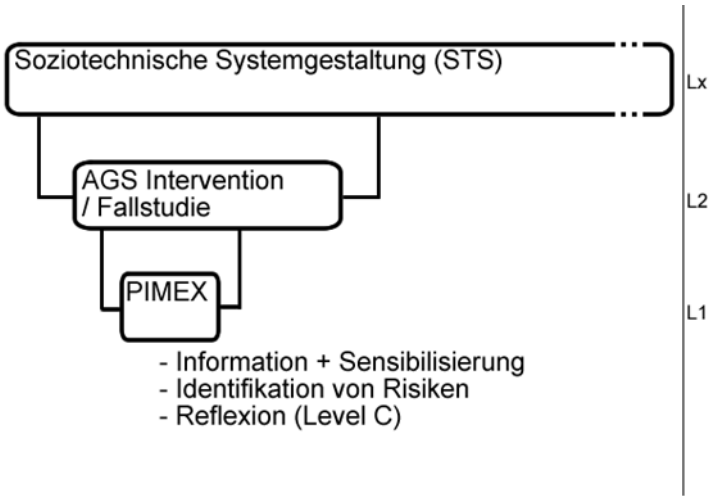


***Abbildung 1**: Die Soziotechnische Systemgestaltung (STS), die Intervention im Arbeits- und Gesundheitsschutz (AGS) sowie die PIMEX-Intervention in hierarchisch-schematischer Darstellung (Adaptiert nach Kviecien 2023 1).*

Aus der Entstehung des Wiener Ansatzes begründet sich für einen Typ dieser untergeordneten Intervention die Bezeichnung: „PIMEX-Intervention“, da hier in der konkreten Umsetzung den folgenden Merkmalen besondere methodische Bedeutung zugemessen wird: direkte Interaktion mit den Beschäftigten, objektive (Mess-)Daten, Unterteilung in Teilsysteme, Fokus auf die Arbeitstätigkeit sowie der Initiierung von Lernprozessen am Lernort Arbeitsplatz (vgl. Kviecien 2023 1).

Weitere methodische Elemente können hier nur angedeutet werden: die Fallstudie und die teilnehmende Beobachtung (beide u. U. hilfreich um sich den Punkten „vollständige“ Aufgabe, der subjektiven Gesundheitskenntnis oder dem Veränderungsinteresse und der Veränderungsfähigkeit anzunähern).

Die Unterteilung in Teilsysteme ist elementar für die Organisation und Gestaltung von Arbeit. Für eine Intervention ist die Fokussierung auf Teilsysteme nicht nur operativ bedeutsam, sondern kann auch durch ihre Struktur darauf hinwirken, dass an den Schnittstellen der Bedarf an integrierter Optimierung erkennbar wird. Für diese Strukturierung der Intervention hat sich der Begriff „umfassende Arbeitssystemgestaltung“ angeboten (vgl. Kviecien & Wichtl 2006) da im Rahmen einer Intervention immer nur Teile untersucht werden können, das Vorgehen aber ausreichend „umfassend“ sein soll, um Zusammenhänge erkennen und aufzeigen zu können und Interesse an weiterer Gestaltung zu wecken.

Um eine wechselseitige Anpassung der Teilsysteme erreichen zu können ist iteratives Vorgehen unerlässlich. Dies gilt sowohl für das Vorgehen innerhalb einer Organisation, für die Technikentwicklung ist dies ohnehin Normalität, aber auch bei der institutionellen Intervention ist dies im Grunde verankert. Schrittweises Vorgehen ist z. B. bei der Wirksamkeitsanalyse von Interesse (vgl. Kviecien & Wichtl 2014).

3. Die Verbindung Arbeitsgestaltung, Gestaltung von Technik und organisationales Lernen im Kontext von Arbeit 5.0

Der Wiener Ansatz zur STS mit der Intervention als zentralem Steuerelement zielt weiteres auf die Verbindung von Praxis (die Organisation), (Arbeits-)forschung und Entwicklung von Technik und damit auf Nachhaltigkeit, Mensch-zentrierung und lernende (mit anderem Wort: resiliente) Organisationen ab – Zielsetzungen, welche aktuell unter dem Schlagwort Industrie 5.0 zusammengefasst werden. Zu dieser Verbindung sind weitere Elemente, wie das Ebenenmodell (siehe Abbildung 2) nötig (welche hier nicht ausführlich erörtert werden können).

Interventionen, welche seitens der Institution AGS in Organisationen hinein erfolgen, können auch eine Funktion einer STS bzw. eines Innovationsprozesses (in Bezug auf ein Produkt, das als Arbeitsmittel Verwendung findet) erfüllen – sozusagen „der letzte Meter“ aus Sicht einer (ergonomischen) Produktgestaltung am Weg zum gesellschaftlich akzeptierten Einsatz von Technik.

Mit dem Interesse seitens AGS-Instituten und Herstellern von Industrieprodukten, PIMEX nicht nur zur Gestaltung von Arbeitsplätzen einzusetzen, sondern für die Gestaltung von Arbeitsmitteln hat sich die Notwendigkeit ergeben, PIMEX basierte Methode auch theoretisch einzuordnen (vgl. Kviecien 2023 1). Mit der Erkenntnis, dass auch die ergonomische Gestaltung von Arbeitsmitteln dort ihre Grenzen hat, wo der individuelle Einsatz auch zu individueller Belastung und Beanspruchung führt und daher stets die Einführung eines Arbeitsmittels in ein Arbeitssystem begleitet werden sollte, damit von ergonomischer Gestaltung gesprochen werden kann. Und zwar ist bei der STS nicht nur die optimale Nutzung in einem Arbeitssystem von Bedeutung. Auch der (Rück-)fluss der Information an alle am Prozess der Herstellung (bzw. der Innovation) von Technik (als Arbeitsmittel oder Verfahren) Beteiligten – aus dem Prozess der STS ist von Interesse. Eine konkrete Umsetzung ist das Programm „Staubarme Maschinen“ der BG BAU (vgl. Kviecien 2023 1).

Nicht zuletzt ist der Entstehungsprozess des Wiener Ansatzes selbst ein Prozess der technischen und sozialen Innovation, welcher zusätzlich weitere technische Ent-

wicklungen angestoßen und damit neue Anwendungsmöglichkeiten für den AGS erschlossen hat. Unter anderem: virtuelles Lernen (vgl. Morscher et al. 2007).

Das Merkmal „Daten“ ist elementar in den Ausprägungen: objektive Erhebung von Belastungen, „Vom Messen zum Managen“ und wird in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen (z. B. zur Generierung von Trainingsdaten für die KI (künstliche Intelligenz). Ansätze zur Strukturierung von Daten für die unterschiedlichen Anwendungen wurden eingeführt (vgl. Kauer et al. 2006, Kviecien 2019).

Der Wiener Ansatz wird derzeit dahingehend weiter entwickelt, Konzepte wie „Joint Cognitive Systems (JCS)“ auf methodischer und technischer Ebene zu integrieren (vgl. Kviecien 2023 2) um hier in weitere Folge auch neu kombinierte Anwendungen zu ermöglichen. Beispielsweise erscheint das „Resilience Assessment Grid“ (RAG) (vgl. Alders et al. 2022) vielversprechend für den operativen Einsatz.

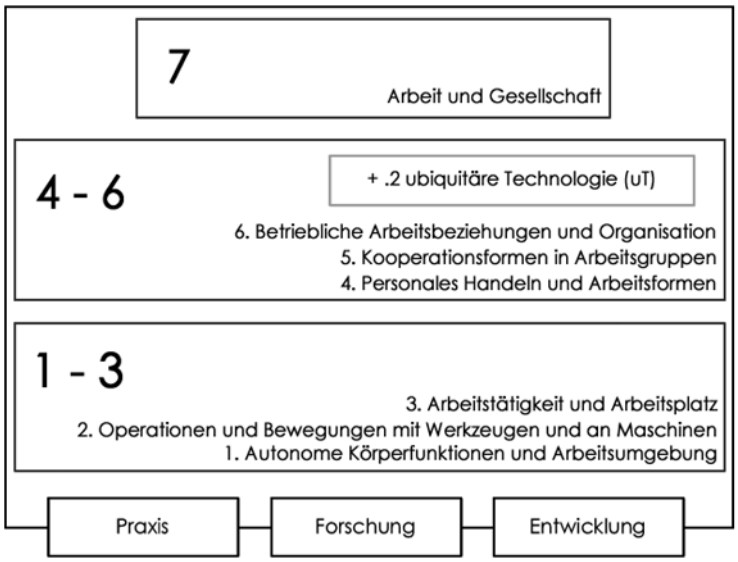


***Abbildung 2**: Ebenenmodell nach Luczak et al 1987 (vgl. Brüggmann et al 2003), erweitert um: ubiquitäre Technologie (uT) sowie dreier Zugänge (Praxis, Forschung, Entwicklung).*

4. Diskussion

Der aktuelle Höhepunkt des digitalen Wandels, erfordert eine zusätzliche Betrachtungsebene, die der Mitgestaltung von KI, damit diese den Menschen in Zukunft bei der Gestaltung von Arbeit unterstützen kann – für: den Sinn von Arbeit und Fortschritt.

Der hier vorgestellte Ansatz erscheint geeignet, um die Arbeitsforschung, die Entwicklung von Technik sowie die praktische Organisation untereinander abzustimmen. Neben der weiteren Systematisierung der institutionellen Intervention und der Erprobung des erweiterten Ebenenmodells sind noch andere Aspekte zu berücksichtigen, wie z. B. der Ansatz der integrierten Arbeitsforschung (vgl. Kviecien 2019), wofür jedoch erst eine Verbesserung der akademischen Ausbildung für die Ergonomie (in Österreich) notwendig erscheint (vgl. Quendler & Schaffernicht 2019). Auch ist eine bessere Abstimmung von Normen anzustreben, welche in den unterschiedlichen Herkunftssystemen entstanden sind (unter anderem die Bereiche ISO/TC 159 und ISO/TC 283).

Mit der Weiterentwicklung unter Einbeziehung von Ansätzen, wie JCS sowie wieterer Konzepte (das „integrierte Lernen“ ergänzt den vorgestellten Ansatz wesentlich

(vgl. Kviecien 2023 1)) bieten sich mitunter auch Anknüpfungspunkte zur Systematisierung der Arbeitsgestaltung.

6. Literatur

Alders M, Rafferty AM Anderson JE (2022) Using the Resilience Assessment Grid to Analyse and Improve Organisational Resilience of a Hospital Ward. In: Advancing Resilient Performance. Nemeth CP, Hollnagel E (eds.)

Bendel A, Latniak E (2023) Weiter so mit MTO? Konzeptionelle Entwicklungsbedarfe soziotechnischer Arbeits- und Systemgestaltung. Gr Interakt Org 54, 9–26.

Brüggmann M, Luczak H, Schweres M (2003) Der Beitrag der Arbeitswissenschaft zur Weiterentwicklung von Arbeitsschutz und Gesundheitsförderung, In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, Band: 57, Heft: 3/4, S. 73-83.

Dehnbostel P, Erbe, H, Novak, H (Hrsg.) (2001) Berufliche Bildung im lernenden Unternehmen. Zum Zusammenhang von betrieblicher Reorganisation, neuen Lernkonzepten und Persönlichkeitsentwicklung. 2. Aufl. Ed. Sigma, Berlin.

Hackl-Gruber W (2000) Occupational health and safety management as an element of integrated management systems in small and medium sized enterprises, Proceedings of the IEA 2000/HFES 2000 Congress.

Hackl-Gruber W (2007) Vortrag auf der Tagung “Innovationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit” am 15.2.2007, Wien (KOHS Archiv, nicht publiziert).

Kauer R, Kviecien H, Wichtl M (2006) Visualizing work-related strains and exposures as a basis for participative working-system analysis, 16th World Congress on Ergonomics - IEA 2006.

Kviecien H, Wichtl M (2006) Visualisierung von Belastungen und Beanspruchungen als Basis einer partizipativen Arbeitssystemanalyse, 52. Arbeitswissenschaftlicher Kongress der GfA, GfA-Press, Dortmund.

Kviecien H, Wichtl M (2014) Analyse und Beurteilung von Belastung und Beanspruchung – PIMEX, In: Ausbildung zur Sicherheitsfachkraft, Band 4, 6. Auflage. Wien, Bohmann-Verlag S. 569-584.

Kviecien H (2019) Integrierte Arbeitsforschung in der agilen Entwicklung neuer Technologien zur verteilten Wissensarbeit im Arbeits- und Gesundheitsschutz. In: Dokumentation des 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongresses GfA-Press, Dortmund.

Kviecien H (2023) Integriertes Lernen zur Implementierung neuer Modelle der Nachhaltigkeit im Gesundheits- und Sozialwesen. In: Tagungsband des 69. Kongresses der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, GfA-Press, Dortmund.

Kviecien H (2023) Integrated and Virtual Learning as Element of Coping with Multiple Transitions in Health Care. In: Auer ME, Pachatz W, Rüütmann T (eds.) Learning in the Age of Digital and Green Transition. ICL 2022. LNNS, vol. 634, pp. 87–98. Springer, Cham.

Morscher M, Kauer R, Kviecien H (2007) Visualisierung von Risiken und Gefahren als Wissensquelle einer virtuellen Wissens- und Lernumgebung für Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz, 53. Arbeitswissenschaftlichen Kongress der GfA.

Quendler E, Schaffernicht S (2019) Scientific Courses on Ergonomics in Austria, Proceedings of 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018).

Rosén G (1999) WISP. Workplace Improvement Strategy by PIMEX. Final report to the European Commission; SAFE project no. 97 202356 05F05.

Strohm O, Ulich E (1997), Unternehmen arbeitspsychologisch bewerten. Ein MehrEbenen-Ansatz unter besonderer Berücksichtigung von Mensch, Technik, Organisation. In: Schriftenreihe Mensch-Technik-Organisation. Ulich E (Hrsg.), Band 10 (vdf Hochschulverlag, Zürich).

Wichtl M, Novak H (2001) PIMEXplus - Einsatz und praktische Anwendung des PIMEXplus Systems, Vortrag gehalten anlässlich des 16. Weltkongresses für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit, 26. – 31. Mai 2002 Wien.

Wojda F (2004) Beschreibung des Wandels vom Produktionsbetrieb zum "dienstleistenden" Problemlöser an Hand eines ganzheitlichen Modells zur Unternehmensgestaltung. In: Betriebliche Tertiarisierung, Luczak H (Hrsg.), HAB-Forschungsbericht 15.

Wojda F, Herfort I, Barth A (2006) Ansatz zur ganzheitlichen Gestaltung von Kooperationen und Kooperationsnetzwerken und die Bedeutung sozialer und personeller Einflüsse. In: Innovative Kooperationsnetzwerke, Wojda F, Barth A (Hrsg.), Deutscher Universitäts-Verlag.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Enterprise-wide Knowledge Management through Reinforcement Learning

Oluwatomiwa ONI-ORISAN

Institut für Wirtschaftsinformatik, Universität Leipzig,
Grimmaische Straße 12, D-04109 Leipzig.

Abstract: Small and medium-sized enterprises face significant challenges in leveraging unstructured data for systematic knowledge capture and dissemination. This paper presents a novel AI-driven knowledge representtation framework that integrates reinforcement learning**,** LLMs**,** and graph learning technologies. By leveraging mechanistic interpretability**,** shared representation learning**,** and dynamic knowledge graphs, the system enables an adaptive and context-aware exploration of domain knowledge. Instead of relying on static knowledge graphs, the proposed agent-based strategy learns an autonomous graph optimization process. This results in a scalable, self-improving system that integrates the entire corpus of domain knowledge and dynamically visualizes its structure when needed. The approach is evaluated within a domain-driven data mining *framework*, to ensure practical applicability and theoretical rigor.

Keywords: Knowledge Graphs, Reinforcement Learning, Mechanistic Interpretability, Joint Representation Learning, Knowledge Management, Domain-Driven Data Mining

1. Introduction

Small and medium-sized enterprises (SMEs) operate in an increasingly complex digital landscape, where the ability to harness knowledge effectively is a decisive factor for competitiveness and innovation. While large corporations have the resources to implement sophisticated knowledge management systems, SMEs often struggle with unstructured data, fragmented documentation, and an absence of systematic methodologies for knowledge extraction and utilization. *As a result, valuable tacit knowledge remains inaccessible, limiting its integration into decision-making processes.*

This paper presents a novel AI-driven approach to knowledge representation and management, designed to bridge this gap by leveraging Reinforcement Learning (RL), Large Language Models (LLMs), and Graph Learning technologies (Murphy 2022 & 2023). Unlike conventional knowledge retrieval systems, which depend on predefined structures or static repositories, the proposed system dynamically learns and optimizes knowledge graphs based on evolving domain knowledge. By integrating mechanistic interpretability techniques, the framework ensures that the extracted knowledge is both structured and comprehensible, addressing a critical limitation in black-box AI systems.

The motivation for this research is twofold. First, SMEs face a fundamental challenge in achieving data-mindedness, that is, the ability to systematically derive value from their growing volume of data. Second, the lack of an integrated, scalable knowledge management strategy impedes not only operational efficiency but also the capacity to innovate and adapt to changing market conditions. These challenges highlight

the need for an autonomous and continuously learning system that can extract, structure, and refine domain knowledge in alignment with organizational objectives.

To address these shortfalls, this paper explores a reinforcement learning framework that enables an agentic knowledge optimization process. By incorporating shared representation learning, the system aligns textual embeddings with graph structures, facilitating joint embedding spaces that enhance contextual understanding and retrieval precision (Olah 2014). The proposed approach is evaluated within a Domain-Driven Data Mining (DDDM) framework, ensuring that it aligns with the following four categories of knowledge management practices (KMPs): knowledge creation/acquisition, storage, transfer, and application. Hence forth, the solution proposal will be referred to as dynamic knowledge repository (DKR).

2. Research Method and Development Strategy

Method Engineering for Design Science (ME-DS) is a structured approach to developing information systems that balance theoretical rigor with practical applicability (Goldkuhl & Karlsson 2020). The design process follows a recursive cycle of concept refinement and empirical validation, ensuring that the DKR remains adaptable to diverse SME requirements.

Stakeholder engagement played a crucial role in shaping system requirements. Through interviews and workshops, SME practitioners provided qualitative insights into the barriers to effective knowledge utilization, particularly the difficulty of structuring unstructured data and the lack of transparency in AI-driven decision support systems. This feedback was complemented by an extensive literature review, which mapped key advancements in mechanistic interpretability, reinforcement learning, and graph-based knowledge extraction to the identified practical challenges. The synthesis of empirical findings and theoretical insights informed the design of the DKR, ensuring that the system is both; of sufficient technological sophistication and aligned with user needs.

To assess the system's effectiveness, a Human Feedback Reinforced Learning (HFRL) approach will be employed (Christiano et al. 2017). Rather than evaluating the system on traditional AI performance metrics alone, the primary criterion for success is the extent to which the repository assists domain experts in structuring and retrieving relevant knowledge. HFRL enables an iterative fine-tuning process, where expert interaction with the system informs policy adjustments, allowing the AI-agent to align with human expectations dynamically. This ensures that the system remains responsive to evolving knowledge structures and industry-specific requirements.

3. Discussion – Addressing SME Knowledge Management Challenges

The DKR addresses the lack of data-mindedness and unsystematic knowledge organization, often encountered in SMEs, through AI-driven knowledge structuring that goes beyond traditional, static KMPs. By guiding users toward a more data-centric perspective, the DKR encourages SMEs to leverage unstructured data sources more effectively and to reduce reliance on isolated, tacit knowledge.

3.1 Implementing the DDDM framework with RL elements

A key pillar in overcoming these obstacles is the RL framework at the heart of the DKR. This framework ensures alignment with the four essential categories of knowledge management, mentioned in chapter 1, within a DDDM paradigm. In practice, every component of the RL pipeline corresponds to a specific KMP category, thereby addressing the full lifecycle of organizational knowledge:

1. *Environment (World Model and Data Module)*
   The environment is provided by an LLM modified with a Sparse Autoencoder (SAE) for dictionary learning, split into an internal environment (used for training) and an external environment (used for real-life operation). This design supports knowledge creation and acquisition by continually integrating new textual data into the system. The SAE enriches incoming text with latent semantic features (Anthropic 2023), providing the agent with structured representations from otherwise unstructured inputs.
2. *Agent, Actions, and Rewards*
   The RL agent learns to construct and refine knowledge graphs by performing specific actions (e.g., creating nodes, linking entities, pruning redundant edges). The reward signal is derived from comparing an initial, automatically generated graph (via methods like Infinite Relational Models, IRM) with an optimized version (via graph embedding techniques such as Graph Attention Networks, GATs). By maximizing the improvement in graph quality, the agent effectively handles knowledge storage; the curated graph-representation becomes the repository of domain knowledge, while also setting the foundation for knowledge application, since well-structured knowledge can be easily retrieved and acted upon.
3. *Policy (or Strategy) Development*
   The RL agent iteratively refines its policy for graph construction, relying on metrics that capture the relevance, coherence, and interpretability of the resulting knowledge graph. As the agent's manifold (i.e., learned embedding space) stabilizes, it forms a persistent, enterprise-wide neural representation of the domain. This representation addresses knowledge sharing by allowing both textual and graphical interactions:
   - Textual mode: Users query or add data via natural language, leveraging the LLM's interpretability.
   - Visual (Graph) mode: The system dynamically renders a "knowledge horizon," showing relationships among concepts and fostering a Socratic dialogue with the user.

By weaving these steps into a single pipeline, the DKR tackles SMEs' unstructured data challenges head-on. New knowledge is continuously created and acquired from textual input, stored in an internal evolving knowledge graph representation, shared via intuitive interfaces, and ultimately applied in data-driven decisions. This holistic loop not only boosts organizational data-mindedness but also mitigates the risk of knowledge silos. Through its capacity to visualize relationships, the framework fosters deeper user engagement, encouraging participants to refine the system further with domain expertise.

In essence, the reinforcement learning paradigm ensures the DKR is always "on the move" toward better, more contextually relevant knowledge structures. Through this human-AI collaborative approach, SMEs can transition from fragmented documentation and ad-hoc decision-making to a scalable, transparent, and continuously improving KM ecosystem.

3.2 Comparative Analysis of Knowledge Management Approaches

From experience, conventional knowledge management in SMEs often relies on outdated systems; relational databases, local file shares, or purely rule-based approaches, that cannot handle the dynamic nature of unstructured data. More advanced AI-based methods, such as Retrieval-Augmented Generation (RAG), enhance LLM outputs by retrieving relevant passages from external sources (Lewis et al. 2020). While RAG can improve the factual grounding of LLM responses, it still treats domain knowledge superficially. Retrieved information remains an external add-on, preventing the deep contextualization that comes from an integrated knowledge map.

In contrast, the DKR's RL-based approach actively constructs and refines a joint embedding space; a comprehensive knowledge map where textual and structured information merge. Below are key contributions that illustrate the DKR's unique advantages relative to RAG and other static graph-based solutions:

- Bridging Unstructured and Structured Knowledge
  The DKR applies mechanistic interpretability and graph learning techniques to transform raw text into a dynamically evolving knowledge map. This surpasses conventional knowledge retrieval by embedding new data within the enterprise's collective knowledge model, rather than simply appending it as an external reference.
- Optimizing Knowledge Representation through RL
  Unlike static statistical methods (e.g., IRM) that generate a single best-fit graph, the DKR's optimization-driven reinforcement learning policy continually refines its knowledge structures. The agent iterates over possible graph configurations and learns to maximize domain relevance, coherence, and long-term utility; something static approaches cannot replicate.
- Enhancing Explainability and Domain-Specific Discovery
  By aligning word embeddings with graph structures in a shared space, the DKR ensures that knowledge retrieval is both accurate and transparent. Its explainable AI ethos, built on mechanistic interpretability techniques like SAEs, addresses SMEs' need for trust and understandable AI outputs.
- Promoting Data-Mindedness in SMEs
  The self-improving graph continually incorporates domain feedback, encouraging SMEs to embrace data-driven strategies. The transparent knowledge map demystifies AI processes and mitigates resistance to AI adoption. Over time, organizations evolve toward a culture where evidence-based, data-centric decision-making becomes the norm.

Ultimately, the DKR's RL foundation surpasses both retrieval-augmented LLM workflows and static graph-based models. By fusing the interpretability of mechanistic AI techniques with the adaptability of reinforcement learning, it delivers a scalable, self-optimizing platform tailored to SMEs' evolving knowledge landscapes.

3.3 Challenges and Future Research Directions

While the proposed system offers significant advantages, several technical and methodological challenges remain that warrant further research and refinement.

A primary challenge is the development of a fully embedded learning pipeline, where the reinforcement learning agent optimizes its knowledge graph construction policy without reliance on predefined statistical heuristics. Traditional approaches, such as IRM, follow static statistical clustering processes, which may bias graph construction

toward memorization rather than optimization. The RL agent must therefore develop an independent knowledge representation policy that generalizes beyond training data, rather than imitating static baseline models (Nanda et al. 2023).

A related challenge concerns the scalability of graph optimization strategies. The agent must be trained to identify, modify, and optimize graph structures dynamically, without introducing redundant edges or overfitting to historical data patterns. This requires careful design of reward mechanisms, ensuring that the agent learns contextually appropriate graph refinement policies rather than applying arbitrary structural modifications.

Furthermore, the real-time rendering of the knowledge horizon introduces computational complexity. Since the DKR dynamically adjusts knowledge representations based on ongoing discourse and user interactions, it must efficiently manage continuous updates to ensure that real-time knowledge visualization remains responsive. The ability to generate, update, and optimize the knowledge map in real-time without introducing latency or computational bottlenecks is critical for practical deployment.

Lastly, the DKR must balance interpretability and automation, ensuring that its AI-driven outputs remain intelligible to human users. The integration of mechanistic interpretability techniques, such as SAEs, helps disentangle complex feature representations, but further research is needed to refine how these insights are translated into human-readable formats (Räuker et al. 2023; Hubinger et al. 2019).

By addressing these challenges, the DKR can evolve into a robust and scalable AI-driven knowledge management framework, paving the way for broader adoption in SMEs.

4. Conclusion and Outlook

The proposed DKR aligns naturally with the human-centric vision of Industry 5.0, emphasizing a collaboration between AI systems and domain experts that nurtures resilience, sustainability, and continuous innovation in SMEs. By integrating mechanistic interpretability, graph-based approaches, and reinforcement learning, the DKR illustrates how cutting-edge AI can remain transparent and adaptable while dynamically structuring unstructured data. This transparency and adaptability help foster user trust, essential for SMEs that often hesitate to adopt black-box AI solutions.

Through an iterative process of domain-informed feedback, the DKR's knowledge graphs evolve into a living knowledge ecosystem, bridging the gap between scattered information sources and actionable insights. This adaptability promotes both organizational learning and future scalability: as markets and technologies shift, the DKR keeps pace by refining how it creates, stores, shares, and applies domain knowledge. In doing so, it pushes SMEs toward data-mindedness, encouraging them to embrace AI-driven insights without sacrificing contextual understanding or human oversight.

Looking ahead, further refinements may focus on making the DKR's real-time visualizations more computationally efficient, enhancing the depth of its mechanistic interpretability, and streamlining integrations with existing SME infrastructures. As Industry 5.0 continues to shape the conversation around human-centric AI, the DKR stands as a promising avenue for SMEs to leverage their unstructured data assets, foster continuous innovation, and maintain a competitive edge in a rapidly changing digital landscape.

5. References

Anthropic (2023) Scaling monosemanticity: Extracting interpretable features from Claude 3 Sonnet. Accessed: 15 January 2024. https://transformer-circuits.pub/2024/scaling-monosemanticity/.

Christiano, P. F., Leike, J., Brown, T., Martic, M., Legg, S. & Amodei, D. (2017) Deep reinforcement learning from human preferences. Advances in Neural Information Processing Systems, 30.

Goldkuhl, G. & Karlsson, F. (2020) Method engineering as design science. Journal of the Association for Information Systems, 21(5). DOI: 10.17705/1jais.00636.

Hubinger, E., van Merwijk, C., Mikulik, V., Skalse, J. & Garrabrant, S. (2019) Risks from learned optimization in advanced machine learning systems. arXiv preprint arXiv:1906.01820.

Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N. et al. (2020) Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP tasks. Advances in Neural Information Processing Systems, 33.

Murphy, K. P. (2022) Probabilistic machine learning: An introduction. MIT Press.

Murphy, K. P. (2023) Probabilistic machine learning: Advanced topics. MIT Press.

Nanda, N., Lindner, A. & Dupont, C. (2023) A mechanistic interpretability analysis of grokking. arXiv preprint arXiv:2301.05217.

Olah, C. (2014a) Deep learning, NLP, and representations. Accessed: 7 July 2024. https://colah.github.io/posts/2014-07-NLP-RNNs-Representations/.

Olah, C. (2014b) Neural networks, manifolds, and topology. Accessed: 6 April 2024. http://colah.github.io/posts/2014-03-NN-Manifolds-Topology/.

Räuker, T., Bardsley, N., Lambert, N., Shanahan, M. & Crosby, M. (2023) Sparse autoencoders find highly interpretable features in language models. arXiv preprint arXiv:2309.08600.

Acknowledgement: This research was conducted as part of the Künstlich Menschlich Intelligent project, funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) under grant number 02L19C500. The author extends special thanks to all research partners and participating SMEs for their invaluable insights and collaborative efforts.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Psychologische und leistungsbezogene Effekte von AR- und VR-basiertem Training in der manuellen Montage

Lea M. DALING[1], Sabine J. SCHLITTMEIER[2], Ingrid ISENHARDT[1]

[1] Lehrstuhl für Informations-, Qualitäts- und Sensorsysteme (WZL IQS), RWTH Aachen University, Campus-Boulevard 30, D-52074 Aachen
[2] Lehr- und Forschungsgebiet Arbeits- und Ingenieurpsychologie, RWTH Aachen University, Jaegerstr. 17-19, D-52056 Aachen

Kurzfassung: Augmented (AR) und Virtual Reality (VR) werden zunehmend in der manuellen Montage eingesetzt, um Menschen sicher, flexibel und effektiv auf ihre Aufgaben vorzubereiten. Die vorliegende Arbeit fasst Kernergebnisse eines Scoping Reviews vorliegender empirischer Befunde und einer experimentellen Studie zu kurz- und längerfristigen Effekten von AR- und VR- basiertem Training auf die subjektiven Bewertungen der Nutzenden und ihre Montageleistung zusammen. Die Ergebnisse zeigen, dass AR- und VR-basiertes Training vergleichbare Effekte wie traditionelles video-basiertes Training erzielen, dabei aber AR-basiertes Training insbesondere subjektiv besser bewertet wird. Auf Basis der empirisch gewonnenen Erkenntnisse werden Anknüpfungspunkte für weitere Forschung diskutiert und Implikationen für die Praxis abgeleitet.

Schlüsselwörter: Augmented Reality, Virtual Reality, Training, Effektivität, Usability, Task Load

1. Einleitung

Technologien wie Augmented und Virtual Reality (AR und VR), zusammengefasst als Mixed Reality (MR; Skarbez et al. 2021), gelten aufgrund ihres enormen technologischen Potenzials als vielversprechende Medien für das Training manueller Montagetätigkeiten (Oestreich et al. 2020). Bei der Erforschung ihrer Effektivität lag der Fokus in den vergangenen Jahren vor allem auf objektiven Leistungsmaßen – also inwiefern MR-basierte Trainings dazu beitragen, dass WerkerInnen ihre Aufgaben möglichst schnell und fehlerfrei erledigen können (Blattgerste et al. 2017; Doolani, Wessels, et al. 2020; Gavish et al. 2013). Hier zeigt die aktuelle Literatur jedoch teils widersprüchliche Ergebnisse, sodass bisher keine klare Aussage zur Wirksamkeit der Trainings abgeleitet werden kann. Die inkonsistenten empirischen Befunde lassen sich unter anderem auf eine enorme Vielfalt an verwendeter Hardware, Technologien und betrachteter Montageaufgaben sowie durch die verschiedenen methodischen Ansätze zur Untersuchung der Effekte von MR-basiertem Training zurückführen (Daling 2024).

Im Gegensatz dazu wurden die psychologischen Effekte von AR- und VR-basierten Trainings auf die Nutzenden und ihre Wahrnehmung der Technologien bisher nur wenig berücksichtigt (Neumann et al. 2021), sodass erste Anwendungen in der Industrie oft an Akzeptanz- und Nutzungsproblemen scheitern (Langer 2020).

Der vorliegende Beitrag hat zum Ziel, eine ganzheitliche Betrachtung sowohl leis-

tungsbezogener wie auch psychologischer Effekte AR- und VR-basierter Trainings vorzunehmen. Hierfür werden im Folgenden zentrale Erkenntnisse eines Scoping Review (Daling & Schlittmeier 2024) aktueller wissenschaftlichen Literatur synthetisiert. Diese werden um die Ergebnisse einer umfassenden experimentellen Studie (Daling et al. 2023) ergänzt, um schließlich Implikationen für die Praxis zur Effektivität AR- und VR-basierter Trainings in manuellen Montageaufgaben abzuleiten.

2. Literaturbasierte Erkenntnisse zu den Effekten von AR und VR Trainings

Der von Daling und Schlittmeier (2024) durchgeführte literaturbasierte Scoping Review untersucht die Effekte von AR- und VR-basiertem Training auf Leistung und subjektive Bewertungen bei manuellen Montagetätigkeiten im Vergleich zu traditionellen Trainingsmethoden. Ziel war es, das heterogene Forschungsfeld und vorliegende empirische Befunde zu analysieren und wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse für Forschung und Industrie abzuleiten. Im Fokus steht die Forschungsfrage, inwiefern sich diese Trainingsformate von traditionellen Trainingsmethoden in Bezug auf subjektive und objektive Leistungsparameter unterscheiden.

2.1 Methodisches Vorgehen

Auf den Plattformen ProQuest, Web of Science und Ebcso Host wurden nach dem fünfstufigen iterativen Ansatz von Peters et al. (2020) insgesamt 2043 Artikel identifiziert. Anhand vordefinierter Ein- und Ausschlusskriterien zu Stichprobencharakteristika, dem zu betrachtenden Konzept, Kontext des Forschungsfeldes sowie Artikelmerkmale wurden 24 Artikel ausgewählt und bezüglich definierter Reviewfragen analysiert. Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse beziehen sich insbesondere die Effekte von MR-basierten Training auf objektive Leistungsmaße und subjektive Evaluationen im Vergleich zu traditionellen Trainingsmethoden. Weitere Informationen finden sich im Originalartikel (Daling & Schlittmeier 2024).

2.2 Zentrale Ergebnisse

Zunächst wurden die verwendeten Technologien, relevante Faktoren und Messinstrumente zur Erfassung der Zielvariablen klassifiziert. Dabei wurden sowohl die Effekte für AR-basiertes Training (Projektoren, Handhelds, Head Mounted Displays; HMDs) sowie für VR Training (bildschirm- und HMD-basiert) untersucht. Als objektive Leistungsmaße wurden v. a. die *Aufgabenbearbeitungszeit* und die *Fehleranzahl* während der Montage betrachtet. Die subjektiven Evaluationen umfassten in erster Linie die *wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit* (z. B. System Usability Scale; Brooke 1996) und die *wahrgenommene Aufgabenlast* (NASA Task Load Index; Hart 2006).

Bezüglich der Effekte auf objektive Leistungsmaße zeigten sich vor allem AR-basierte Trainings vergleichbare oder bessere Ergebnisse als papier- und videobasiertes Training. Dagegen erzielten VR-basierte Trainings überwiegend vergleichbare, aber weniger konsistente Effekte wie traditionelle Trainingsformate.

Hinsichtlich der subjektiven Evaluationen zeigte sich, dass AR-basierte Trainings als benutzerfreundlich wahrgenommen wurden und die empfundene mentale Beanspruchung und Aufgabenbelastung reduzierten. VR-basierte Trainings erzielten meist

vergleichbare oder bessere Bewertungen als papier- oder videobasiertem Training, zeigten jedoch Schwächen im Vergleich zu Trainings mit real-physischen Objekten.

2.3 Diskussion

Die Ergebnisse des Scoping Review zeigen, dass MR-basierte Trainings bislang nicht konsistent bessere, jedoch mindestens vergleichbare Effekte wie papier- oder videobasierte Trainings auf die Montageleistung sowie auf die subjektiven Evaluationen durch die Nutzenden haben. Im Rahmen des Reviews wurde allerdings deutlich, dass in den 24 selektierten Artikeln fast ausschließlich die unmittelbaren Effekte von MR-basierten Trainings auf die Leistung untersucht wurden. Einzelne Studien zeigten jedoch bereits vielversprechende Ergebnisse von z. B. VR-basierten Trainings auf den langfristigen Trainingserfolg, weshalb weitere Forschung auch die längerfristigen Effekte in den Fokus rücken sollte. In den analysierten Studien wurden nur vereinzelt sowohl subjektive Evaluationen und objektive Leistungsmaße erhoben. Auch ein direkter Vergleich zwischen AR- und VR-basierten Trainings wurde bisher nicht durchgeführt. Dabei können umfassende und industrierelevante Aussagen zur Wirksamkeit MR-basierter Trainings nur durch eine ganzheitliche Betrachtung sowohl subjektiver Evaluationen wie auch objektiver Leistungsmaße abgeleitet werden. Insgesamt waren die empirischen Befunde durch fehlende einheitliche Standards, Definitionen und Forschungsmethoden nur auf qualitativer Ebene vergleichbar. Zukünftige experimentelle Studien können durch die Verwendung eindeutig klassifizierter Technologien und standardisierter Methoden und Messinstrumente erheblich dazu beitragen, die Güte und Vergleichbarkeit wissenschaftlicher Forschung zu MR-basierten Trainings zu verbessern. Die im Rahmen des Scoping Reviews identifizierten Bedarfe für Anschlussforschung wurden im Rahmen einer experimentellen Studie adressiert, die im Folgenden vorgestellt wird.

3. Erkenntnisse einer experimentellen Studie zu den Effekten von AR und VR Trainings

Die im Folgenden vorgestellte experimentelle Studie zielt darauf ab, die im Scoping Review identifizierten Forschungslücken zu schließen. Daher wurde im Rahmen von zwei Forschungsfragen (FF) untersucht, inwiefern sich AR-, VR- und videobasierte Trainings in ihrer Wirkung auf die kurz- und langfristigen objektiven Leistungsmaße unterscheiden (FF1) und inwiefern sich Unterschiede in der subjektiven Bewertung dieser Trainings durch die Nutzenden zeigen (FF2).

3.1 Methodisches Vorgehen

Die kurz- und langfristigen Effekte von AR-, VR- und videobasiertem Training auf Montageleistung und subjektive Evaluationen wurden in einem 3x2 Design mit Messwiederholungen untersucht. Für alle drei Trainingsmethoden (AR HMD, VR HMD und Video) wurde eine vergleichbare Trainingsumgebung entwickelt, in der der Zusammenbau eines LEGO MINDSTORMS EV3 Roboters mit mehreren verschiedenen Komponenten erklärt wurde. Der Zusammenbau des Roboters umfasste zehn übergeordnete Schritte und beinhaltete alle Aspekte einer realistischen Montage

(Fügen, Handhaben, Prüfen, Einstellen) (Lotter 2006). Die Studie wurde in einer kontrollierten Laborumgebung an einer realen Montagezelle durchgeführt.

96 Probanden (18-73 Jahre, 51 männlich, 45 weiblich) absolvierten erfolgreich das Training mit einer der Technologien und wurden gebeten, die Montageaufgabe sowohl unmittelbar danach als auch zwei Wochen später aus der Erinnerung durchzuführen. Trainingserfolg wurde anhand der objektiven Leistungsmaße (a) *Fehleranzahl* bei der Montage und (b) *Bearbeitungszeit der Montageaufgabe* operationalisiert, als subjektive Maße wurden (c) die *wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit* des Systems (SUS; Brooke 1996) sowie (d) die *wahrgenommene Aufgabenlast* (NASA TLX; Hart 2006) erfasst. Für Details sei auf den Originalartikel (Daling et al. 2023) verwiesen.

3.2 Zentrale Ergebnisse

Hinsichtlich der objektiven Leistungsmaße (FF1, siehe Abb.1) zeigte eine 3x2 ANOVA (Zwischensubjektfaktor *Trainingsmethode*, Innersubjektfaktor *Messzeitpunkt*) statistisch signifikante Effekte des Messzeitpunkt für die *Aufgabenbearbeitungszeit*, $F(1, 90) = 262.99$, $p \leq .001$, $\eta_p^2 = .75$, wie auch für die *Fehleranzahl*, $F(1, 91) = 144.95$, $p \leq .001$, $\eta_p^2 = .61$. Zwischen den Trainingsmethoden AR, VR und Video gab es keine signifikanten Unterschiede bezüglich der *Aufgabenbearbeitungszeit, $F(2, 90) = 2.52$, $p = .964$*, oder der *Fehleranzahl*, $F(2, 91) = 1.975$, $p = .145$. Die Probanden brauchten unabhängig von der Trainingsmethode 14 Tage nach dem Training (T2) länger und machten mehr Fehler während der Montage als unmittelbar nach dem Training (T1).

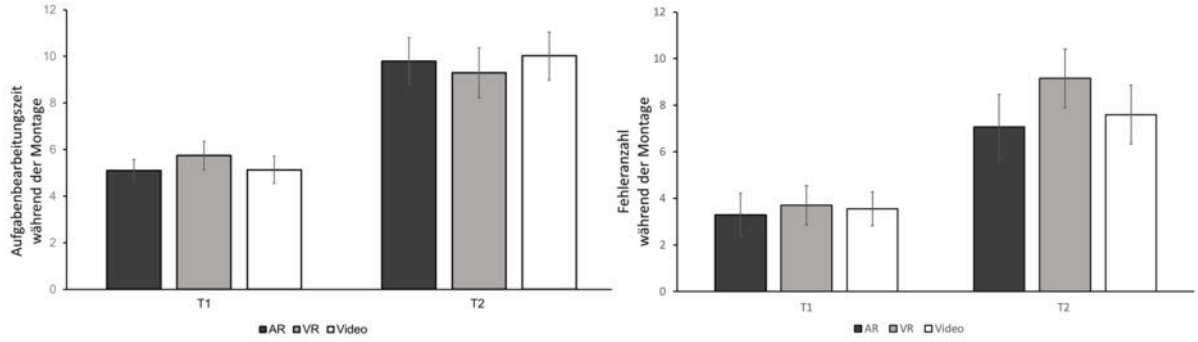


***Abbildung 1**: Effekte von AR-, VR- und videobasiertem Training auf die Aufgabenbearbeitungszeit (links) und die Fehlerzahl (rechts) während der Montage zum Zeitpunkt unmittelbar nach dem Training (T1) und 14 Tage später (T2). Dargestellt sind Mittelwerte mit 95%-Konfidenzintervall. (Abbildung verändert nach Abbildung 3 und 4 in Daling et al. 2023).*

Bezüglich der subjektiven Evaluationen *wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit* und *wahrgenommene Aufgabenlast* (FF2, siehe Abb. 2) unterschieden sich die Trainingsmethoden signifikant sowohl hinsichtlich der *wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit*, Welch's $F(2, 55.7) = 24.17$, $p \leq .001$, $\eta_p^2 = .43$ wie auch in Bezug auf die *wahrgenommene Aufgabenlast*, $F(2, 93) = 17.06$, $p \leq .001$, $\eta_p^2 = .27$. Post Hoc Analysen zeigten, dass VR-basiertes Training statistisch signifikant mit einer geringeren Benutzerfreundlichkeit und einer höheren wahrgenommenen Aufgabenlast bewertet wurde als AR- und videobasiertes Training.

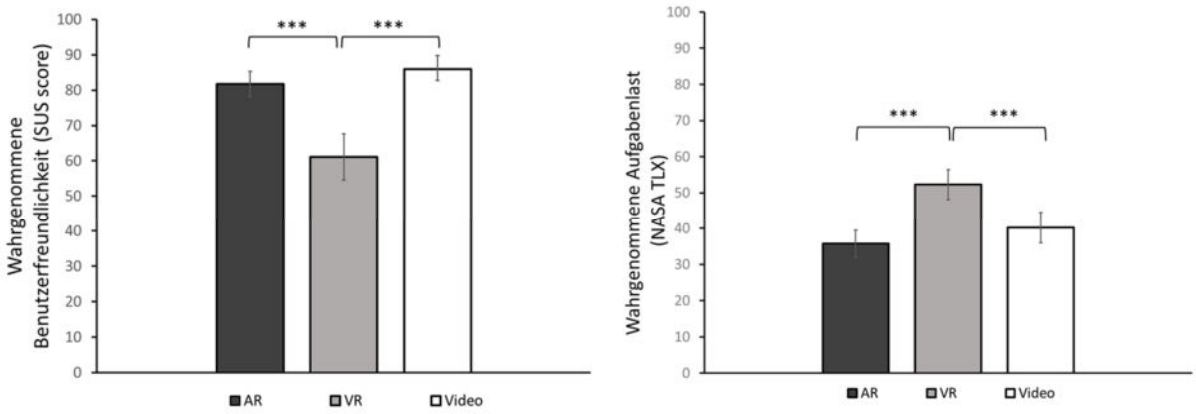


***Abbildung 2**: Wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit (SUS; Brooke 1996) (links) und die wahrgenommene Aufgabenlast (NASA TLX; Hart 2006) (rechts) von AR-, VR- und videobasiertem Training. Dargestellt sind Mittelwerte mit 95%-Konfidenzintervall. ***p < .001. (Abbildung verändert nach Abbildung 5 und 6 in Daling et al. 2023).*

Eine explorative Post-hoc-Analyse zeigte, dass AR-Training nach der Kontrolle der Daten für die Variable *Alter* teilweise bessere Ergebnisse als VR erzielte. Insbesondere hatte die AR-Gruppe kürzere Bearbeitungszeiten zu T1 und geringere Fehlerquoten zu T2. Zudem korrelierte die *Vorerfahrung* mit der Trainingsmethode positiv mit besseren kurzfristigen Leistungen über alle Gruppen (vgl. Daling et al. 2023).

3.3 Diskussion

Die experimentelle Studie zeigt, dass insbesondere im Hinblick auf die subjektiven Bewertungen der Nutzenden AR- und videobasiertes Training bessere Ergebnisse im Vergleich zu VR-basiertem Training erzielen. Alle drei Trainingsmethoden zeigten jedoch vergleichbare Ergebnisse in Bezug auf die Montageleistung, sowohl unmittelbar nach dem Training wie auch nach einer zweiwöchigen Pause. Die explorative Analyse zeigte zudem für das AR- und das videobasiertes Training Vorteile gegenüber VR-basiertem Training nach Bereinigung der Daten um das Alter der Probanden. Die Studie bestätigt damit die Ergebnisse aus dem Scoping Review, dass AR- und VR-basierte Trainings mindestens vergleichbare Effekte wie traditionelle Trainings erzielen. Darüber hinaus unterstreichen sie die große Bedeutung einer ganzheitlichen Betrachtung auch subjektiver Evaluationen für Anwendende in der Industrie. So sollte die Zufriedenheit der Mitarbeitenden für die Auswahl einer Trainingstechnologie ebenso berücksichtigt werden wie die Sicherstellung objektiv messbarer Performanz. Die Studie zeigt zudem, dass nutzerbezogene Variablen wie Alter oder Vorerfahrung einen Einfluss auf die Effektivität verschiedener Trainingstechnologien haben könnten.

5. Anknüpfungspunkte für weitere Forschung und Implikationen für die Praxis

Scoping Review und experimentelle Studie zeigen, dass MR-basierte Trainings großes Potenzial für das Training manueller Montageaufgaben bieten. Sowohl kurz- wie längerfristig haben VR-, aber insbesondere AR-basierte Trainings, mindestens vergleichbare und zum Teil sogar bessere subjektive wie leistungsbasierte Effekte verglichen mit traditionellen papier- oder videobasierten Trainings.

Zukünftige Forschung sollte aufklären, inwiefern AR- und videobasierte Trainingsmethoden Vorteile gegenüber VR bieten können, insbesondere in Abhängigkeit von Alter und technologischen Vorerfahrungen der Lernenden. Die Berücksichtigung dieser Variablen könnte dazu beitragen, die Vorteile von MR-gestützten Schulungen weiter zu untermauern und ihre Akzeptanz in der industriellen Anwendung zu fördern. Ein gelungener Übertrag der vorgestellten Erkenntnisse in die Praxis erfordert jedoch auch die Berücksichtigung weiterer Kontextfaktoren. Hierzu gehört nicht nur, dass die Auswahl einer Trainingstechnologie erst nach einer tiefgehenden Analyse der Aufgabenspezifika erfolgen sollte, um z.B. die Dauer und Abfolge der Tätigkeiten oder die Notwendigkeit der Verwendung physisch-realer Objekten im Training abzuklären. Vielmehr sind auch Faktoren der Zeit- und Orts(un)abhängigkeit des Trainings sowie sicherheitsrelevante Fragen zu beachten. So kann eine gefährliche Trainingsumgebung trotz der Vorteile von AR-basierten Trainings für den Einsatz von VR sprechen. In jedem Fall gilt es, die Bedürfnisse der Nutzenden in künftigen Entwicklungs- und Entscheidungsprozessen stärker einzubeziehen, um die Akzeptanz und Nutzungswahrscheinlichkeit von technologischen Innovationen zu erhöhen.

6. Literatur

Blattgerste J, Strenge B, Renner P, Pfeiffer T, Essig K (2017) Comparing conventional and augmented reality instructions for manual assembly tasks. Proceedings of the 10th Intern. Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environ., 75-82.

Brooke J (1996) SUS: A quick and dirty usability scale. In: Jordan PW, Thomas B, Weerdmeester BA, McClelland IL (Eds) Usability evaluation in industry. London: Taylor & Francis, 189-194.

Daling LM, Schlittmeier SJ (2024) Effects of augmented reality-, virtual reality-, and mixed reality–based training on objective performance measures and subjective evaluations in manual assembly tasks: a scoping review. Human Factors 66:589-626.

Daling LM (2024) Gear it up! Human potential in manual assembly - subjective evaluations and performance effects of augmented and virtual reality in industrial training. RWTHpublications. doi: 10.18154/RWTH-2024-07521.

Daling LM, Tenbrock M, Isenhardt I, Schlittmeier SJ (2023) Assemble it like this! – Is AR- or VR-based training an effective alternative to video-based training in manual assembly? Applied Ergonomics 110:104021.

Doolani S, Wessels C, Kanal V, Sevastopoulos C, Jaiswal A, Nambiappan H, Makedon FA (2020) A review of extended reality (XR) technologies for manufacturing training. Technologies 8(4):77.

Gavish N, Gutierrez T, Webel S, Rodriguez J, Peveri M, Bockholt U, Tecchia F (2013) Evaluating virtual reality and augmented reality training for industrial maintenance and assembly tasks. Interact Learn Environ 23(6):778–798.

Hart SG (2006) NASA-task load index (NASA-TLX); 20 years later. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. Los Angeles, CA: Sage Publications 50(9):904-908.

Langer E (2020) Medieninnovationen AR und VR. Springer Vieweg.

Lotter B (2006) Einführung. In: Lotter B, Wiendahl HP (Hrsg.) Montage in der industriellen Produktion: Ein Handbuch für die Praxis. Berlin Heidelberg: Springer, 1-8.

Neumann P, Winkelhaus S, Grosse EH, Glock CH (2021) Industry 4.0 and the Human Factor–A systems framework and analysis methodology for successful development. Int J Prod Econ 233:107992.

Oestreich H, Wrede S, Wrede B (2020) Learning and performing assembly processes. Proceedings of the 13th ACM Intern. Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environ., 1–8.

Peters MDJ, Godfrey C, McInerney P, Munn Z, Tricco AC, Khalil H (2020) Chapter 11: Scoping Reviews. In Aromataris E, Munn Z (Eds.), JBI Manual for Evidence Synthesis. JBI, 167-473.

Skarbez R, Smith M, Whitton MC (2021) Revisiting Milgram and Kishino's reality-virtuality continuum. Frontiers in Virtual Reality 2:647997.

Danksagung: Ein besonderer Dank gilt dem Elsevier Journal Applied Ergonomics für die Erlaubnis, die Abbildungen der Originalpublikation hier darzustellen.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Praxisorientierte (Abschluss-) Arbeiten beauftragen, unterstützen und bewerten

Thilo GAMBER, Ruth MELZER-RIDINGER

Duale Hochschule Baden-Württemberg,
Coblitzallee 1-9, D-68163 Mannheim

Kurzfassung: Praxisorientierte Abschlussarbeiten bieten vielerlei Potenziale. Eine gute fachliche und persönliche Betreuung der Studierenden und die Integration der Studierenden ins Team leisten einen wichtigen Beitrag, die Studierenden für offene Stellen in der Abteilung zu gewinnen.
Die Qualität praxisorientierter Abschlussarbeiten wird durch betriebliche Praktiker (betriebliche Betreuer), die Themen anbieten und die Studierenden mit-betreuen, erheblich beeinflusst. Häufig fühlen sich betriebliche Betreuer jedoch orientierungslos und überfordert. Das Konzept zur Unterstützung und Professionalisierung der betrieblichen Betreuer wird im Beitrag näher betrachtet.

Schlüsselwörter: Abschlussarbeiten, Betreuung, Praxis, Praxisorientierung, Dualität, Studium

1. „Stellenbeschreibung“ eines fachlichen Betreuers

In einer Stellenbeschreibung werden Aufgaben, Befugnisse, Verantwortlichkeiten, Kompetenzen, Pflichten und Ziele der Position schriftlich festgehalten (Ulmer 2001). Die betriebliche Betreuung von Praktikanten und Dual Studierenden in den Abteilungen wird von Personen übernommen, die diese Funktion zusätzlich und neben ihrer eigentlichen Aufgabe übernehmen. Für diese Aufgabe gibt es meist keine offizielle Beschreibung der Anforderungen, die zu erfüllen sind.

Mit der Übernahme der Rolle betriebliche Betreuung von Praktikanten und Dual Studierenden stellt sich daher die Frage: Welche Erwartungen soll ich, kann und will ich erfüllen (Abb. 1)? Die betriebliche Betreuung ist aus der Sicht des Teams gelungen, wenn es gelingt, die Studierenden in das Team zu integrieren und sie nach dem Examen als Nachwuchskraft zu gewinnen. Das Praxissemester soll auch dazu beitragen, dass die Studierenden sich in die Aufgaben und Prozesse des Teams einarbeiten, wenn ihre Übernahme nach dem Examen geplant ist. Nicht zuletzt soll die Abschlussarbeit des Studierenden einen Wert für das Team haben und nicht nur eine „akademische Fingerübung“ sein.

Die Praxisphasen und die Praxisprojekte sind für die Entwicklung der studentischen überfachlichen Kompetenzen von herausragender Bedeutung. Um beruflich handlungskompetent zu werden und Ideen erfolgreich in Resultate umzusetzen, wird Umsetzungs- und Selbstkompetenz benötigt: Studierende lernen dabei Hindernisse zu überwinden, Rückschläge und Niederlagen zu verkraften (Durchhaltevermögen). Sie lernen eigene und fremde Fehler zu tolerieren, sie lernen selbstverantwortlich Entscheidungen zu treffen und für die Konsequenzen der eigenen Handlungen einzustehen (Pelz 2017).

Nicht zuletzt hat die betriebliche Betreuung die Anforderungen der Hochschule im Blick zu behalten. Die dem Studierenden übertragenen Projekte sollen die Entwicklung der akademischen Schlüsselkompetenzen und der Fach- und Methodenkompetenzen fördern. Die betriebliche Betreuung hat die Aufgabe sicherzustellen, dass die Studierenden eine eigenständige Leistung erbringen.



***Abbildung 1**: Stakeholder und ihre Erwartungen an den fachlichen Betreuer.*

2. Unterstützungsbedarf der Studierenden

Praxisorientierte wissenschaftliche Arbeiten fordern den Studierenden ein (im Vergleich zu Klausuren) höheres Maß an Selbständigkeit, Selbstverantwortung, Mut und Frustrationstoleranz ab: In ergebnisoffenen Themenstellungen ist das Projektziel und eine Forschungsfrage zu finden, eine Gliederung zu entwickeln, die passende Theorie zu finden, die Forschungsmethode auszuwählen, die Dokumentation wissenschaftlich zu gestalten, mit eigenen und fremden Fehlern umzugehen und Rückschläge zu verkraften.

Fachliche Unterstützung kann der Betreuer leisten durch einen Projektauftrag, der die fachlich-methodischen Kompetenzen des Studierenden fordert, jedoch nicht überfordert. In der Startphase der Arbeit erläutert der Betreuer Anlass und Bedeutung des Projektauftrags sowie Ergebnisse aus vorangegangenen Projekten und gibt Hinweise

auf die theoretische Fundierung. Er gibt Feedback zu Entwürfen der Problemstellung, Gliederung und Abgrenzung der Untersuchung.

Methodische Unterstützung benötigen die Studierenden insbesondere beim Zeitmanagement, bei der wissenschaftlichen Arbeitsweise und der wissenschaftlichen Dokumentation. Die Nutzung von Theorie für die praktische Untersuchung muss eingefordert werden. Sprachstil, Quellenarbeit und Zitation sollten kontrolliert werden, um den Anforderungen der Prüfungsordnung zu entsprechen. Ursache für eine unzureichende Dokumentation ist häufig Zeitdruck am Ende der Bearbeitungszeit. Daher ist Unterstützung beim Zeitmanagement von großer Bedeutung für den erfolgreichen Abschluss der Abschlussarbeit.

In der konkreten Betreuungssituation wird sich die fachliche Betreuung immer wieder mit einer psychologischen Unterstützung überschneiden. Persönliche, psychologische Unterstützung wird benötigt, wenn Studierenden eine (noch) geringe Selbstwirksamkeitsüberzeugung haben: sie wählen leichte Ziele, lassen sich schnell entmutigen, machen Andere (die Betreuer) für Misserfolge verantwortlich, verhalten sich passiv bei Hindernissen und schwierigen Rahmenbedingungen. Selbstwirksamkeit ist der Glaube einer Person, dass sie fähig ist, eine bestimmte Aufgabe in einem bestimmten Kontext erfolgreich zu erledigen (Bandura 1977). Eine Themenstellung in der Lernzone des Studierenden, häufiges und konstruktives Feedback und ein Führungsstil, der die Balance zwischen Freiheit und Struktur einerseits und zwischen Nähe und Distanz andererseits hält, stärken die Studierenden, ohne sie aus ihrer Selbstverantwortung zu entlassen.

3. Einen adäquaten Führungsstil als Betreuer entwickeln

Der Führungsstil eines Betreuers gegenüber den Studierenden äußert sich auf zwei Ebenen (vgl. Abb. 2): Das Verhalten auf der persönlichen Ebene beschreibt das Interesse an der Person des Studierenden und die Neigung, eher beziehungs- oder aufgabenorientiert zu führen. Es bewegt sich zwischen den Polen Nähe und Distanz. Das Verhalten auf der fachlichen Ebene äußert sich als die Neigung, Studierende inhaltlich zu steuern. Es bewegt sich zwischen den Polen Freiheit und Struktur.

Betreuer mit einem hohen Wert „Nähe“ führen auf der persönlichen Ebene beziehungsorientiert. Sie loben und ermuntern viel, zeigen persönliches Interesse an der Person des Studierenden, binden Studierende ins Team ein, stehen als Bezugsperson zur Verfügung. Betreuer mit einem hohen Wert „Distanz“ praktizieren einen aufgabenorientierten Führungsstil. Sie zeichnen sich aus durch eine sachliche Kommunikation, sie bestehen auf einer klaren Aufgabentrennung und muten den Studierenden Selbstständigkeit und Selbstverantwortung zu.

Betreuer mit einem hohen Wert „Struktur“ praktizieren eine fachlich-inhaltlich enge Führung. Sie führen durch ihre (Fach)Autorität, sie geben Orientierung, setzen Ziele, machen Vorgaben, formulieren Regeln, leiten an.

Betreuer mit einem hohen Wert „Freiheit“ gewähren den Studierenden fachlich-inhaltlich großen Gestaltungsspielraum. Sie halten sich zurück, sind offen für kreative Lösungen und Improvisation (Trost 2022). Jede Tugend kann durch Übertreibung zur Untugend werden. So führt eine übertriebene Nähe zur mangelnder Rollenklarheit, eine übertriebene Distanz zu Kälte und Unnahbarkeit. Eine übertriebene Struktur führt zu Bevormundung und zu viel Freiheit führt zu konzeptlosem Laufenlassen.

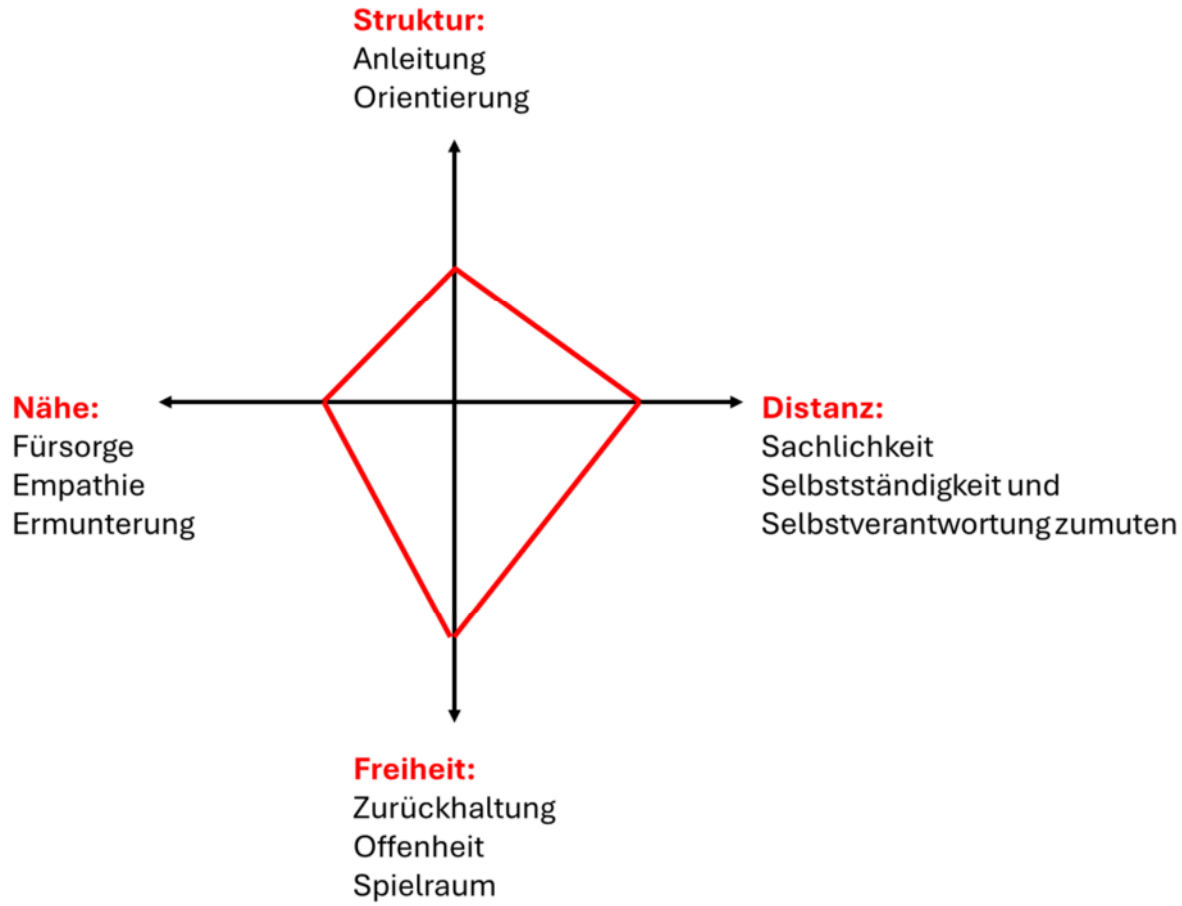


***Abbildung 2**: Führungsstil zwischen den Werten „Nähe und Distanz“ und den Werten „Struktur und Freiheit“ (eigene Darstellung, i.A.a. Trost 2022).*

4. Geeignete Themenstellungen finden

Die Formulierung eines geeigneten Themas bzw. Projekts ist die herausforderndste und wichtigste Aufgabe des fachlichen Betreuers (vgl. Abb. 3). Im Idealfall erfüllt das Thema mehrere Anforderungen: (1) Die Themenstellung formuliert eine spezifische Aufgabe, einen Projektauftrag mit einem angestrebten Projektergebnis. (2) Das angestrebte Ergebnis kann in der Bearbeitungszeit der Arbeit erreicht werden. (3) Die Themenstellung bietet fachliches und persönliches Entwicklungspotenzial, ohne den Studierenden zu überfordern. (4) Die Verzahnung von Theorie und Praxis wird explizit gefordert. (5) Das angestrebte Ergebnis ist für den Auftraggeber von Nutzen. Jeder Anschein von „Beschäftigungstherapie“ wird vermieden.

5. Erfolgsfaktor Fokussierung

Die Betreuer können den Fortschritt und die Ergebnisqualität des Projekts erheblich unterstützen, indem sie frühzeitig darauf drängen, dass der Studierende eine schriftlich formulierte Einleitung vorlegt!

Die Einleitung sollte die folgenden Fragen auf 1-3 Seiten beantworten: (1) Anlass der Untersuchung? (2) Wer ist der Auftraggeber und wer sind die Stakeholder der

Untersuchung? (3) Wie ist der Projektauftrag theoretisch einzuordnen? (4) Wie knüpft das Projekt an andere Projekte an? (5) Worin besteht genau der Projektauftrag, welches Ergebnis wird erwartet (Forschungsfrage)? (6) Abgrenzung der Untersuchung: Welche Rahmenbedingungen, Beschränkungen, Prämissen sind zu beachten und werden in der Untersuchung nicht in Frage gestellt?



***Abbildung 3**: Anforderungen an eine „gute“ Themenstellung.*

6. Projektverlauf, Projektergebnis und Dokumentation würdigen

Das Erstellen eines Gutachtens mit einer Benotung der vorgelegten Arbeit ist in vielen Studien- und Prüfungsordnungen ausschließlich Aufgabe der akademischen Betreuung der Hochschule. Alternativ oder ergänzend werden die Betreuer der Unternehmen um einen Notenvorschlag gebeten.

Unabhängig von der Regelung in der Prüfungsordnung können Betreuer mit einer individuellen Würdigung den persönlichen und fachlichen Reifeprozess der Studierenden unterstützen. In einer Retrospektive kann deutlich gemacht werden, wo der

Studierende fachlich, methodisch und persönlich stand, als er die Arbeit gestartet hat, welchen Weg er zurückgelegt hat, welche Herausforderungen er gemeistert hat. Das Feedback wird zum „Feedforward“ mit Hinweisen, was der Studierende in den folgenden Arbeiten beibehalten und weiterentwickeln sollte (Rittershaus 2020).

7. Feedback zur Dokumentation

(1) Die Gliederung zeigt eine sichtbare Logik und Folgerichtigkeit. (2) Theorie und Praxisteil der Dokumentation sind inhaltlich aufeinander abgestimmt. (3) Der Theorieteil ist verständlich für einen Leser, der einen ähnlichen fachlichen Hintergrund hat wie der Autor der Arbeit. Wichtige Begriffe, Konzepte werden erläutert. Die Problemstellung der Arbeit wird fachlich eingeordnet. (4) Der Praxisteil ist nachvollziehbar für einen Leser, der (die im Rahmen der Arbeit) relevanten Spezifika der Branche, des Geschäftsbereichs, die Produkte und Prozesse des Unternehmens nicht kennt. (5) Prägnante, präzise Formulierungen sind ein Zeichen klaren Denkens.

Die Kompetenzentwicklung in den Praxisphasen ist kein „Selbstläufer“! In den Praxisphasen entwickeln die Studierenden ihre Kompetenzen, wenn die Studierenden bereit und fähig sind, aus Erfahrung (aus Erfolgen und Fehlern) und herausfordernden Situationen zu lernen. Für die Gestaltung der Betreuung heißt das, dass die Studierenden immer wieder in neuen Projekten gefordert werden, denn die Kompetenzentwicklung beginnt außerhalb der Komfortzone. Eine weitere Voraussetzung, die durch den Betreuer geschaffen werden muss, ist regelmäßiges und häufiges Feedback bezogen auf das (Arbeits- und Sozial-)Verhalten im Projekt und bezogen auf das Projektergebnis. Erfolgreiche Betreuer finden die Balance zwischen Nähe vs. Distanz und Struktur vs. Freiheit. Sie bieten Unterstützung, ohne die Studierenden von ihrer Selbstverantwortung für den Erfolg ihrer Arbeit zu entbinden. Das Maß der Unterstützung passen sie auf die fachliche und persönliche Reife des Studierenden an.

8. Literatur

Bandura A (1977) Self-Efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. Psychological Review 84:191-215.

Pelz W (2017) Umsetzungskompetenz als Schlüsselkompetenz für Unternehmerpersönlichkeiten. In: von Au C (Hrsg) Führung im Zeitalter von Veränderung und Diversity, Leadership und Angewandte Psychologie. Wiesbaden: Springer, 103-123.

Rittershaus A (2020) Führungspraxis für Ingenieure und IT-Experten. Wiesbaden: Springer.

Trost A (2022) Das richtige Führungsverständnis. Berlin, Heidelberg: Springer.

Ulmer G (2001) Stellenbeschreibung als Führungsinstrument. Wien, Frankfurt: Carl Ueberreuter.

Eine systematische Literaturrecherche zum Einsatz von KI-Technologien in der Arbeitsgestaltung

Edgar SCHERSTJANOI, Martin SCHMAUDER

Professur für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Dresden, Marschnerstraße 39, D-01307 Dresden

Kurzfassung: Die rasante Weiterentwicklung von Technologien der Künstlichen Intelligenz, insbesondere Methoden des maschinellen Lernens führt zu einer großen Auswahl an industriellen Einsatzmöglichkeiten. Auch die Arbeitsgestaltung kann aus diesem enormen Potenzial schöpfen. In diesem Beitrag soll mit Ergebnissen einer systematischen Literaturrecherche gezeigt werden, wie maschinelles Lernen aktuell einen bedeutenden Beitrag bei der Mensch-zentrierten Gestaltung von Arbeit leistet. Es wurden sowohl deutsch- als auch englischsprachige Quellen berücksichtigt. Der Fokus lag darin, eine transparente und skalierbare Methodik anzuwenden sowie gezielte Einblicke in die interdisziplinäre Forschungslandschaft zu ermöglichen. Die Ergebnisse wurden den Gestaltungsfeldern zugeordnet, die sich aus dem Modell des Arbeitssystems ableiten lassen.

Schlüsselwörter: Literaturrecherche, maschinelles Lernen, künstliche Intelligenz, Arbeitsgestaltung, Einsatzmöglichkeiten

1. Einleitung

1.1 Maschinelles Lernen

Im maschinellen Lernen kann zurzeit die bedeutendste Teildisziplin der künstlichen Intelligenz gesehen werden. Es ist damit möglich, Zusammenhänge zu modellieren, die zu komplex sind, um formal vollständig beschrieben zu werden (Döbel et al. 2018). Üblicherweise wird für maschinelles Lernen eine umfangreiche Sammlung von Trainingsdaten benötigt, aus denen die Fähigkeit zur Generalisierung modelliert wird. Für den industriellen Einsatz ist somit die Aufnahme von geeigneten Daten die wichtigste Voraussetzung für die Nutzung von maschinellem Lernen. Die Erkenntnisse der Datenwissenschaft haben dazu geführt, dass eine große Auswahl erprobter Methoden zur Verfügung steht, die durch geeignete Adaption potenziell auch für die Arbeitsgestaltung eingesetzt werden können.

1.2 Strukturschema menschlicher Arbeit

Der Prozess der „Arbeit“ kann als „[…] jedes ziel- und zweckgerichtete Handeln zur Erzeugung von Gütern und Denkleistung“ (Schmauder & Spanner-Ulmer 2022) verstanden werden. Zur Verdeutlichung der Wechselwirkung der einzelnen Elemente eines Arbeitssystems ist das Strukturschema menschlicher Arbeit dienlich, wie in Abbildung 1 dargestellt.

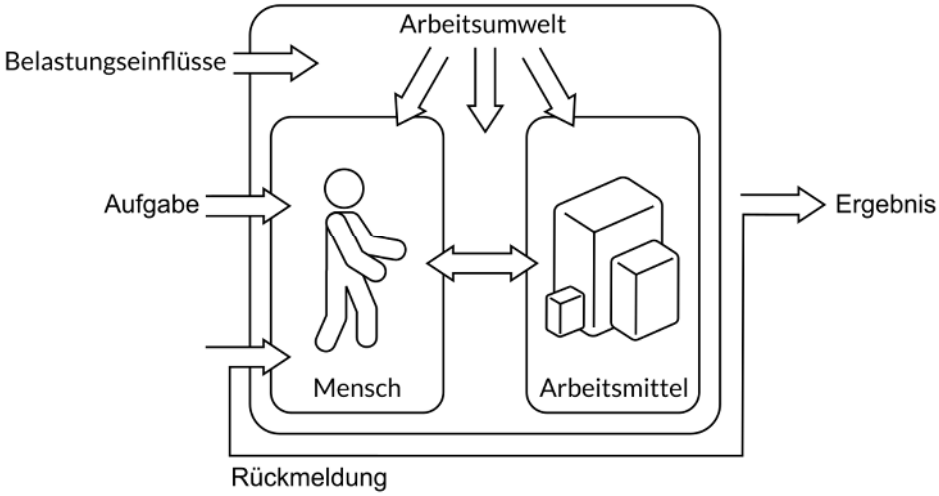


***Abbildung 1**: Strukturschema menschliche Arbeit nach Schmauder & Spanner-Ulmer (2022).*

Basierend auf dem Zusammenwirken der Elemente im skizzierten Arbeitssystem lassen sich 6 Gestaltungsfelder kategorisieren. Die Belastung einer Arbeitsaufgabe beinhaltet die Anforderungen, denen der Mensch während der Arbeit ausgesetzt ist. Das Ziel bei der Gestaltung der Arbeitsaufgabe ist es, die Belastungen zu optimieren und so die Beanspruchung zu reduzieren. Eine gute Gestaltung der Interaktion zwischen dem Menschen und einem Arbeitsmittel ermöglicht einen fehlerarmen Informationsfluss, sowie die Reduktion von Störungen, Unfällen und Fehlbeanspruchungen. Der Fokus bei der anthropometrischen und biomechanischen Gestaltung einer Mensch-Maschine-Schnittstelle liegt auf dem Einbezug von Körpermaßen und biomechanischen Zusammenhängen in die Gestaltung der Arbeitsmittel. Umgebungsbedingungen können den menschlichen Körper am Arbeitsplatz beeinflussen. In der Arbeitsumweltgestaltung werden äußere Faktoren wie Lärm, Temperatur, Vibration, Gefahrstoffe, Farbe oder Strahlung analysiert, bewertet und gegebenenfalls optimiert. Wird der Zusammenschluss mehrerer Arbeitssysteme betrachtet, entsteht auf Makroebene ein Verbund von hohem Komplexitätsgrad – das Gestaltungsfeld der Arbeitsorganisation. Mit Arbeitsschutz wird allgemein der umfassende Schutz vor arbeitsbedingten Gefahren und schädlichen Belastungen verstanden, wobei das Ziel der Gestaltung die Arbeitssicherheit und der gefahrenfreie Arbeitsbetrieb ist.

2. Fragestellung

Die Gestaltung von Arbeitsprozessen ist essenzieller Bestandteil der Arbeitswissenschaft, wobei das übergeordnete Ziel üblicherweise darin besteht, die Erwerbsarbeit und privatwirtschaftliche Arbeit zu verbessern. Es existieren dahingehend viele verschiedene Anknüpfungspunkte für den Einsatz von innovativen Technologien. Dieser Beitrag geht der Frage nach, inwieweit Methoden des maschinellen Lernens aktuell in der Arbeitswissenschaft eingesetzt werden. Es wurde eine systematische Literaturrecherche durchgeführt und die Ergebnisse den unterschiedlichen Gestaltungsfeldern des Arbeitssystems zugeordnet.

3. Methodik der Literaturrecherche

Systematischen Literaturrecherchen wird eine wachsende Bedeutung zugeschrieben (vgl. Smela et al. 2023). Aufgrund der transparenten und somit reproduzierbaren Methodik kann die Notwendigkeit von Forschungsaktivität evidenzbasiert diskutiert werden. Der Ausgangspunkt besteht aus einer klar definierten Forschungsfrage und der daraus folgenden Suchanfrage an eine Auswahl von Forschungsdatenbanken. Die Suchanfrage umfasst dabei üblicherweise einerseits die Domäne und andererseits die Problematik der Forschungsfrage.

Aufgrund der sehr stark ausgeprägten Interdisziplinarität der Arbeitswissenschaft, aber auch der sprachlich ambivalenten Verwendung relevanter Begriffe zur Definition der Anwendungsdomäne, wird in diesem Beitrag statt der Verschlagwortung die Suche auf Beiträge in den Zeitschriften „Applied Ergonomics“ (AE) und „Zeitschrift für Arbeitswissenschaft“ (ZfA), sowie Konferenzbeiträge der „Gesellschaft für Arbeitswissenschaft“ (GfA) beschränkt. Für die Suchanfrage wurden inhaltlich korrelierende Schlagworte bzw. deren Wortstamm und ggf. die Übersetzung verwendet. Die konkatenierte (englischsprachige) Suchanfrage lautete:

```
"machine learning" OR "deep learning" OR "supervised" OR "training data" OR "neural network"
```

Der Suchzeitraum wurde auf die vergangenen fünf Jahre (2019 – 2024) festgelegt. Zur Suche wurde der Dienst von „Google Scholar“ verwendet, da dort die Beiträge von ZfA und AE indexiert sind. Aus den Dokumenten der GfA-Beiträge wurde unter Verwendung der Pyhton-Bibliothek „PDFPlumber“ der Textanteil extrahiert und anhand der Schlagwörter entsprechende Beiträge gefiltert.

4. Ergebnisse

Die systematische Literaturrecherche ergab insgesamt 409 Einträge, davon 238 AE-Artikel, 31 Artikel in der ZfA und 140 Konferenzbeiträge der GfA.

Diese Ergebnisse der Suche wurden anschließend manuell gesichtet. Es wurden die Beiträge als relevant gekennzeichnet, die gezielt die Gestaltung von Arbeit unter Verwendung von Methoden des maschinellen Lernens technisch optimieren. Ausgeschlossen wurden Beiträge, die maschinelles Lernen im Ausblick erwähnen, zur statistischen Analyse von großen Datenmengen verwenden oder ethische, sozialwissenschaftliche oder regulative Aspekte bei der Nutzung von künstlicher Intelligenz diskutieren.

Im Ergebnis fanden sich 48 Artikel bzw. Beiträge. Die folgenden Abschnitte liefern einen Einblick, wie sich eine Auswahl der recherchierten Beiträge den Gestaltungsfeldern zuordnen lassen kann. Die vollständige Übersicht der identifizierten Artikel ist unter https://wwwpub.zih.tu-dresden.de/~edscher/scherstjanoi_gfa25_list.html zu finden.

4.1 Gestaltung der Arbeitsaufgabe

Die Recherche zeigte, dass maschinelles Lernen eingesetzt werden kann, um die Gefährdungsbeurteilung der physischen Belastung durch RULA-basierte Bewertung von Körperhaltungen mittels Tiefenbildkameras (Abobakr et al. 2019) oder Risikoanalysen durch inertiale Bewegungserfassung (Snell et al. 2023) durchzuführen. Walocha et al. (2024) nutzen maschinelles Lernen wiederum zur Modellierung der

mentalen Belastung anhand physischer Merkmale, wie bspw. Bewegung und Öffnung der Pupillen, Herzratenfrequenz oder Hautreaktion.

4.2 Interaktionsergonomische Gestaltung

Bei der Gestaltung klassischer Interaktionsmethoden kann maschinelles Lernen bspw. zur Layoutoptimierung von Steuerungspanelen auf 2-D-Oberflächen (Diego-Mas et al. 2019) oder zur Bewertung des Komforts beim Ein- und Aussteigen aus Fahrzeugen (Kim & Lee 2019) eingesetzt werden. Selbstverständlich kommen auch bei modernen Interaktionsformen Methoden des maschinellen Lernens zum Einsatz, wie bspw. das Nutzen von Handtracking bei der Analyse der Handhabung von Objekten zwischen Mensch und Roboter (Käppler et al. 2021)

4.3 Anthropometrische und biomechanische Gestaltung

Mit Methoden des maschinellen Lernens wird es ermöglicht, mit dem großen Spektrum der Verschiedenartigkeit des Menschen effektiv umzugehen. Savin et al., (2021) zeigen, wie die Variabilität der arbeitsbedingten Körperbewegung generiert werden kann und somit die Validität digitaler Menschmodelle verbessert wird. Ein Konzept, wie Arbeitsplätze sich unterschiedlichen Körpergrößen anpassen und somit keine unnötige Beanspruchung erzeugen, wird in Haas et al. (2023) vorgestellt. Auch für Arbeitskleidung muss die anthropometrische Varianz betrachtet werden. Kolose et al. (2021) untersuchen, wie eine Clusteranalyse dazu beiträgt, die passende Arbeitskleidung auszuwählen.

4.4 Gestaltung der Arbeitsorganisation

Für eine zeitwirtschaftliche Organisation von manuellen Bewegungsabläufen werden im industriellen Kontext oft „Systeme vorbestimmter Zeiten“ verwendet. Das MTM-System (Methods Time Management) bietet zur Planung einen Katalog mit spezifischen Prozessbausteinen. Kortenbruck et al. (2020) zeigen, dass sich unterschiedliche Deep-Learning-Ansätze dazu eignen, aus Videodaten Körperhaltungen zu extrahieren und diese der MTM-Taxonomie zuzuordnen. Spitzhirn et al. (2022) implementieren diese Herangehensweise in einem digitalen Menschmodell zur effizienten Prozessplanung im Arbeitssystem.

Außerdem sei noch der Ansatz von Salehi et al. (2020) zu erwähnen. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Abschätzung und Verbesserung der Anpassungsfähigkeit von Unternehmen unter Verwendung von Methoden des maschinellen Lernens.

4.5 Gestaltung der Arbeitsumwelt

Im Rahmen der Literaturrecherche konnten zwei Arbeiten identifiziert werden, die die durch Methoden des maschinellen Lernens in diesem Gestaltungsfeld wirken: Einerseits die Arbeit von Katić et al. (2020) zur Prognose des Komfortempfindens bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen mittels Analyse von Luftfeuchtigkeit, Lufttemperatur und Hauttemperatur, andererseits Hu et al. (2021) zur Detektion der Bodenbeschaffenheit anhand der Körperbewegung, wodurch bspw. auch unter erschwerten Lichtbedingungen Verletzungen durch Stürze vorgebeugt werden können.

4.6 Gestaltung des Arbeitsschutzes

Die Gewährleistung des Arbeitsschutzes kann durch automatisierte (ggf. auch anonyme) Überwachung gestaltet werden. Die Erfassung der arbeitsbedingten Körperbewegung und gezielte Extraktion geeigneter Merkmale kann zur Prävention von Stürzen (Schneider et al. 2024) oder Planung von Fahrrouten mit reduziertem Kollisionsrisiko verwendet werden (Scherstjanoi et al. 2021). Auch die Analyse von geeigneter Schutzkleidung kann durch Methoden des maschinellen Lernen verbessert werden, wie bspw. die automatisierte Klassifikation von Schuhsohlen anhand deren Rutschfestigkeit (Lau et al. 2024).

5. Diskussion

Die durchgeführte Literaturrecherche zeigt, dass in allen Feldern der Arbeitsgestaltung gezielt Methoden des maschinellen Lernens eingesetzt werden und dadurch innovative Technologien in der Arbeitsgestaltung effektive Optimierungen ermöglichen. Durch die gewählte Beschränkung der Beitragsquellen lässt sich zwar das Spektrum der Anwendungsmöglichkeiten abschätzen, dennoch ist es offensichtlich, dass damit nur ein Bruchteil der aktuellen internationalen Forschung widergespiegelt wird. Gleichzeitig ist die gewählte Methodik der systematischen Literaturrecherche auf eine größere Auswahl von Fachzeitschriften anwendbar.

Auffällig ist die hohe Ausschussquote der initialen Suchergebnisse. Ein Großteil der Beiträge beschäftigt sich mit ethisch oder sozialwissenschaftlich motivierten Fragen zum Einsatz von KI-Technologien oder der statistischen Auswertung von großen Datensätzen mittels maschinellen Lernens.

6. Ausblick

Zur Vervollständigung der Recherchequellen ist die Erweiterung der verwendeten Fachzeitschriften vorgesehen, bspw. um das „Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie“ oder die „Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie“ bzw. das „International Journal of Industrial Ergonomics“ oder „Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service“.

Aufgrund der Interdisziplinarität der Arbeitswissenschaft ist davon auszugehen, dass dennoch viele Beiträge außerhalb dieser Quellen publiziert werden. Es muss eine dahingehend uneingeschränkte Recherche stattfinden. Eine hilfreiche Klammer bieten wiederum die einzelnen Gestaltungsfelder an sich, wofür entsprechende Schlagwörter gewählt werden müssen. In diesem Zusammenhang soll auch überprüft werden, wie andere Hilfsmittel, wie die Visualisierung verwandter Arbeiten oder die Methode des „Backward Citation Search“, das Ergebnis der durchgeführten Recherche vervollständigen können.

7. Literatur

Abobakr A, Nahavandi D, Hossny M, Iskander J, Attia M, Nahavandi S, Smets M (2019) RGB-D ergonomic assessment system of adopted working postures. Applied Ergonomics 80:75–88. Elsevier.

Diego-Mas JA, Garzon-Leal D, Poveda-Bautista R, Alcaide-Marzal J (2019) User-interfaces layout optimization using eye-tracking, mouse movements and genetic algorithms. Applied Ergonomics 78: 197–209 https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.03.004

Döbel I, Leis M, Molina Vogelsang M, Neustroev D, Petzka H, Riemer A, Rüping S, Voss A, Wegele M, Welz J (2018) Maschinelles Lernen. Eine Analyse zu Kompetenzen, Forschung und Anwendung. Fraunhofer-Gesellschaft.

Haas PH, Margies L, Müller R (2023) Konzeption eines adaptionsfähigen menschzentrierten Montagesystems auf der Basis markerloser sensorischer Mitarbeitererfassung. Nachhaltig Arbeiten und Lernen – Analyse und Gestaltung lernförderlicher und nachhaltiger Arbeitssysteme und Arbeits- und Lernprozesse. GfA Frühjahrskongress, Hannover.

Hu B, Li S, Chen Y, Kavi R, Coppola S (2021) Applying deep neural networks and inertial measurement unit in recognizing irregular walking differences in the real world. Applied Ergonomics 96:103414. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103414.

Käppler M, Deml B, Mamaev I (2021) Objektübergaben in der Mensch-Roboter-Kollaboration. Arbeit HUMAINE gestalten. GfA Frühjahrskongress, Bochum.

Katić K, Li R, Zeiler W (2020) Machine learning algorithms applied to a prediction of personal overall thermal comfort using skin temperatures and occupants' heating behavior. Applied Ergonomics 85:103078. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103078.

Kim Y, Lee K (2019) A novel approach to predict ingress/egress discomfort based on human motion and biomechanical analysis. Applied Ergonomics 75:263–271 https://doi.org/10.1016/j.apergo. 2018.11.003.

Kolose S, Stewart T, Hume P, Tomkinson GR (2021) Prediction of military combat clothing size using decision trees and 3D body scan data. Applied Ergonomics 95:103435 https://doi.org/10.1016/ j.apergo.2021.103435.

Kortenbruck G, Jakubczyk L, Roloff D (2020) Digitale Menschliche Zwillinge (DiMenZ). Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch? GfA Frühjahrskongress, Berlin.

Lau K, Yamaguchi T, Shibata K, Nishi T, Fernie G, Fekr AR (2024) Machine learning prediction of footwear slip resistance on glycerol-contaminated surfaces: A pilot study. Applied Ergonomics 117:104249. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2024.104249.

Salehi V, Veitch B, Musharraf M (2020) Measuring and improving adaptive capacity in resilient systems by means of an integrated DEA-Machine learning approach. Applied Ergonomics 82:102975 https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.102975.

Savin J, Gaudez C, Gilles MA, Padois V, Bidaud P (2021) Evidence of movement variability patterns during a repetitive pointing task until exhaustion. Applied Ergonomics 96:103464 https://doi.org/ 10.1016/j.apergo.2021.103464.

Scherstjanoi E, Schmidt M, Schmauder M (2021) Vorhersage von menschlichen Arbeitsbewegungen zur Verringerung des Kollisionsrisikos bei kollaborativer Arbeit mit mobilen Robotern. Arbeit HUMAINE gestalten. GfA Frühjahrskongress, Bochum.

Schmauder M, Spanner-Ulmer B (2022) Ergonomie: Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation (2., überarbeitete Auflage). Hanser. https://doi.org/10.3139/9783446473584.

Schneider M, Weber A, Reich K, Kaufmann M, Hartmann U, Hermanns I, Schiefer C, Karamanidis K, Kluge A, Ellegast R (2024) Maschinelles Lernen in der Sturzprävention: Aufbau einer kinematischen Datenbasis zum Einsatz maschinellen Lernens zur Erkennung von Stolper-, Rutsch- und Sturzunfällen. Arbeitswissenschaft in-the-loop: Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung. GfA Frühjahrskongress, Stuttgart.

Smela B, Toumi M, Świerk K, Gawlik K, Clay E, Boyer L (2023) Systematic literature reviews over the years. Journal of Market Access & Health Policy 11(1):2244305 https://doi.org/10.1080/20016689. 2023.2244305.

Snell M, Dehghani A, Günzkofer F, Schreyer K (2023) Digital workplace stress management: A system for digital ergonomics assessment in the BMW group. Zeitschrift Für Arbeitswissenschaft 77(2):162–169 https://doi.org/10.1007/s41449-023-00367-5.

Spitzhirn M, Benter M, Heindl C, Scheder N, Reisinger G, Strohmeier F, Behrendt W (2022) Hybrid work systems – Platform-based work planning—Designing productive and human-centered work processes. Zeitschrift Für Arbeitswissenschaft 76(4):489–509 https://doi.org/10.1007/s41449-022-00342-6.

Walocha, F, Schrank A, Nguyen HP, Ihme K (2024) Modellierung der Ausprägung und Auswirkungen mentaler Belastungszustände von Fernassistenten für hochautomatisierte Fahrzeuge. Arbeitswissenschaft in-the-loop: Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung. GfA Frühjahrskongress, Stuttgart.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

New Work-Lernkultur: Ein Analysetool für Teams und Abteilungen

Anna HOBERG, Adriana LAURENZANO, Janina WEBER

Fraunhofer-Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation (IAO), Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart

Kurzfassung: Die New Work-Lernkultur gewinnt als Schlüsselkomponente moderner Organisationsentwicklung an Bedeutung. Angesichts disruptiver Innovationen und Fachkräftemangels muss betriebliches Lernen neu gedacht werden. Teams und Abteilungen entwickeln sich dabei als zentrale Lernorte. Im Rahmen eines Verbundprojekts wurde auf Basis eines etablierten Instruments zur Bewertung von lernenden Organisationen ein Online-Check entwickelt, der die Lernkultur systematisch analysiert. Ergänzend wurden Unternehmensvertreter*innen und Expert*innen in die Entwicklung einbezogen. Erste Ergebnisse zeigen, wie Gestaltungsfelder wie selbstgesteuertes Lernen und Teamzusammenarbeit gezielt gestärkt werden können. Diese Analyse liefert praxisnahe Ansätze zur Förderung effektiver Lernkulturen und erweitert das New Work-Verständnis.

Schlüsselwörter: New Work-Lernkultur, Organisationsentwicklung, kollaboratives Lernen, kontinuierliches Lernen, kulturelle Transformation, lernförderliche Arbeitsgestaltung

1. Einleitung: Lernen neu denken als Antwort auf den Wandel

Die digitale Transformation, disruptive Innovationen und der Fachkräftemangel stellen Unternehmen vor die Herausforderung, betriebliche Lernprozesse grundlegend neu zu gestalten. Formale Weiterbildungsangebote und das „Gießkannenprinzip“ verlieren zunehmend an Bedeutung, während selbstorganisiertes und kollaboratives Lernen an Relevanz gewinnen (eLearning BENCHMARKING Studie 2023).

Teams und Abteilungen etablieren sich als zentrale Lernorte, in denen die Anforderungen einer modernen Arbeitswelt unmittelbar aufgegriffen werden können. Die entscheidende Frage ist: Wie kann eine Lernkultur geschaffen werden, die den Prinzipien von New Work entspricht und gleichzeitig die Entwicklung von Mitarbeitenden fördert?

Das vorliegende Paper untersucht, wie Lernen in einem modernen New Work-Arbeitsverständnis systematisch in Teams und Abteilungen gefördert werden kann. Hierzu wurde ein Online-Check entwickelt, der die Lernkultur analysiert und praxisnahe Ansätze zur Stärkung zentraler Gestaltungsfelder (GF) aufzeigt.

Der Artikel stellt den theoretischen Rahmen der Lernkultur vor, beschreibt die Methodik der Tool-Entwicklung und ergänzt zentrale Ergebnisse um praxisnahe Ansätze zur Förderung effektiver Lernkulturen.

2. Theoretischer Rahmen: Lernkultur als Transformationsmotor von New Work

Die Lernkultur wird zunehmend ein entscheidender Ansatzpunkt in moderner Organisationsentwicklung und bildet die Grundlage für nachhaltige Veränderungs-prozesse

in Organisationen. Sie vereint laut Kortsch und Kauffeld (2019, S. 17, nach Marsick & Watkins 2003) individuelles sowie organisationales Lernen, wodurch dauerhafte Veränderungen in Routinen und Praktiken angestoßen werden.

Eine starke Lernkultur ermöglicht es Organisationen, nicht nur Anpassungen an neue Bedingungen vorzunehmen, sondern auch grundlegende Arbeitsweisen zu transformieren. In diesem Kontext spielen Teams eine Schlüsselrolle: Sie dienen als unmittelbare Lernorte, in denen Mitarbeitende neue Kompetenzen erwerben, sich gegenseitig unterstützen und innovative Ansätze ausprobieren können.

Das Konzept von New Work, geprägt durch Frithjof Bergmann, zielt in einem modernen Verständnis darauf ab, Arbeitsformen zu schaffen, die attraktiv, sinnstiftend und produktiv sind. Dabei stehen Selbstorganisation, Zusammenarbeit und Sinnstiftung im Mittelpunkt (Hofmann et al. 2019). Diese Prinzipien erfordern eine offene, anpassungsfähige Arbeitskultur, die durch eine systematisch entwickelte Lernkultur erst möglich wird.

New Work und Lernkultur stehen in einer engen Wechselbeziehung: Während New Work eine offene und adaptive Arbeitsweise voraussetzt, schafft eine starke Lernkultur die Grundlage, um diese Prinzipien in die Praxis zu übertragen. Selbstorganisiertes und kollaboratives Lernen im Arbeitsalltag wird zum Motor der Veränderung. Um diese theoretischen Grundlagen in die Praxis zu übertragen, wurde ein Online-Check entwickelt. Dieser analysiert die Lernkultur in Teams und Abteilungen entlang zentraler Gestaltungsfelder und bietet Ansatzpunkte zur gezielten Förderung.

3. Methodik: Entwicklung des Analysetools zur New Work-Lernkultur

Das Analysetool zur Erfassung der New Work-Lernkultur wurde im Rahmen des Verbundprojekts "Connected Work Innovation Hub" am Fraunhofer IAO in enger Zusammenarbeit mit den 11 im Projekt beteiligten Organisationen entwickelt. Im Rahmen von vier Terminen arbeiteten insgesamt 25 Unternehmensvertreter*innen aus der Personal- und Organisationsentwicklung sowie wissenschaftliche Expert*innen aus dem Bereich „New Work“ kontinuierlich an der Entwicklung des Tools. Ziel war es, die Perspektiven aus unterschiedlichen Branchen einzubinden, praxisnahe Anforderungen an die Lernkultur abzuleiten und die Validität des Instruments sicherzustellen.

Die Entwicklung des Online-Checks erfolgte auf Grundlage einer umfassenden Literaturrecherche sowie einem etablierten Instrument zur Bewertung von lernenden Organisationen, dem Dimensions of the Learning Organization Questionnaire (DLOQ) (Marsick & Watkins 2003). Die deutschsprachige Version von Kortsch und Kauffeld (2019) wurde verwendet, um die etablierten Dimensionen der Lernkultur anzupassen und weiterzuentwickeln. Für die Erweiterung wurde eine interaktive Erhebung mit den Unternehmensvertreter*innen durchgeführt. Dies geschah durch die Kopfstand-Methode, bei der eine Frage beantwortet werden soll, die bewusst das Gegenteil der angestrebten Zielsetzung formuliert. So wurden die Teilnehmenden gefragt, „Was müssen wir tun, damit unsere Lernkultur richtig schlecht wird?“ Dieser Perspektivwechsel ermöglicht es, unbewusste Hindernisse aus einem neuen Blickwinkel zu identifizieren. Durch die Erfassung der Faktoren, die zu einer schlechten Lernkultur führen, konnten neue kritische Aspekte der Lernkultur identifiziert werden. Diese Ergebnisse wurden dann mit dem DLOQ abgeglichen und zusammengeführt, um mit zentralen Gestaltungsfelder die Lernkultur in Teams und Abteilungen systematisch beschreiben und bewerten zu können. In einer Resümee-Phase wurden anschließend noch praxisnahe Lösungsansätze abgeleitet. Abschließend wurde das Tool in einem Pretest mit

den Unternehmensvertreter*innen auf Benutzerfreundlichkeit und Praxisrelevanz geprüft. Ergänzend erfolgte eine quantitative Auswertung der Ergebnisse und Feedback wurde in die finale Version des Tools eingearbeitet.

4. Ergebnisse: Analyse und Visualisierung der New Work-Lernkultur

4.1 Gestaltungsfelder der New Work-Lernkultur

Die systematische Untersuchung der New Work-Lernkultur in Teams und Abteilungen bietet wertvolle Einblicke, wie moderne Arbeitskulturen gestaltet werden können, um Lernen und Entwicklung nachhaltig zu fördern. Die folgenden acht zentralen Gestaltungsfelder wurden identifiziert und ermöglichen eine systematische Beschreibung und Bewertung der Lernkultur:

1. Kontinuierliches und umfassendes Lernen: Lernen ist integraler Bestandteil der Arbeit, sodass Beschäftigte bei der Arbeit lernen können. Es gibt vielfältige Angebote und Möglichkeiten zur Weiterentwicklung, und Erfolge im Lernprozess werden belohnt. Beschäftigte unterstützen sich gegenseitig und nutzen konsequent Lernchancen, um sich kontinuierlich weiterzuentwickeln.
2. Austausch zum individuellen und kollektiven Lernen: Beschäftigte können ihren Standpunkt darlegen, es gibt Möglichkeiten zum Austausch von Standpunkten. Fragen, offenes und ehrliches Feedback, Ausprobieren sowie das Aufbauen von Vertrauen sind Bestandteil der Kultur.
3. Zusammenarbeit und Lernen im Team: Die Arbeit ist so gestaltet, dass man in Gruppen/Teams arbeitet und so andere Denkweisen kennenlernt. Es wird gemeinsam gearbeitet und gelernt, Zusammenarbeit wird belohnt.
4. Lernförderliche Führung: Führungskräfte gehen als Beispiele voran, unterstützen das Lernen, und setzen Lernen strategisch für bessere Unternehmensergebnisse ein.
5. Erfassung und Sichtbarmachen des Lernens: Es gibt Systeme, die Lernfortschritte erfassen und sichtbar machen. Sie sind Bestandteil der Arbeit, sind leicht zugänglich und werden gepflegt.
6. Befähigung der Beschäftigten: Beschäftigte werden in die Entwicklung einer gemeinsamen Vision eingebunden. Verantwortlichkeiten werden verteilt, alle werden ermutigt und motiviert, entsprechend eigener Lernziele zu lernen.
7. Vernetzung des Unternehmens: Beschäftigte werden unterstützt, den Nutzen ihrer Arbeit zu sehen, die Umgebung wird als Informationsquelle zur Verbesserung der eigenen Arbeit genutzt, und das Unternehmen steht mit der Außenwelt im Austausch.
8. Experimentierfreude, Methodenoffenheit und Smartness: Es herrscht Offenheit und Experimentierfreude gegenüber neuen Technologien, wie zum Beispiel KI. Beschäftigte nutzen smarte Technologien, um Lerninhalte effizient auszuwählen, zu buchen und zu bewerten.

4.2 Aufbau des Online-Checks

Der Online-Check umfasst insgesamt 25 Fragen (Q1-Q25) entlang der acht Gestaltungsfelder. Je Gestaltungsfeld sind zwischen 2-6 Aussagen auf einer 5-stufigen Likert-Skala - von „Stimme überhaupt nicht zu“ (1) bis „Stimme vollkommen zu“ (5) –

zu bewerten, inklusive der Option „keine Antwort“ (0) (siehe Abbildung 1). Die Durchführung dauert ca. 15 Minuten.

Kontinuierliches und umfassendes Lernen						
	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme eher nicht zu	Teils/ teils	Stimme eher zu	Stimme vollkommen zu	Keine Antwort
1. In meinem Team/ meiner Abteilung hilft man einander zu lernen.	O	O	O	O	O	O
2. In meinem Team/ meiner Abteilung wird das Lernen unterstützt, indem Zeit zur Verfügung gestellt wird.	O	O	O	O	O	O
3. In meinem Team/ meiner Abteilung wird man fürs Lernen belohnt.	O	O	O	O	O	O

***Abbildung 1**: Beispielhafter Ausschnitt aus dem Online-Check zu dem GF „Kontinuierliches und umfassendes Lernen“.*

4.3 Auswertung und Visualisierung der Ergebnisse

Für die adhoc-Auswertung der Ergebnisse des Online-Checks werden Mittelwerte gebildet, wobei Antworten mit „Keine Antwort“ (0) ausgeschlossen werden, um Verfälschungen zu vermeiden. Anschließend werden die Ergebnisse in Form eines Kiviatdiagramm aufbereitet, welcher die Stärken und Schwächen innerhalb der acht Gestaltungsfelder anschaulich darstellt und eine intuitive Interpretation der Daten ermöglicht (siehe Abbildung 2).

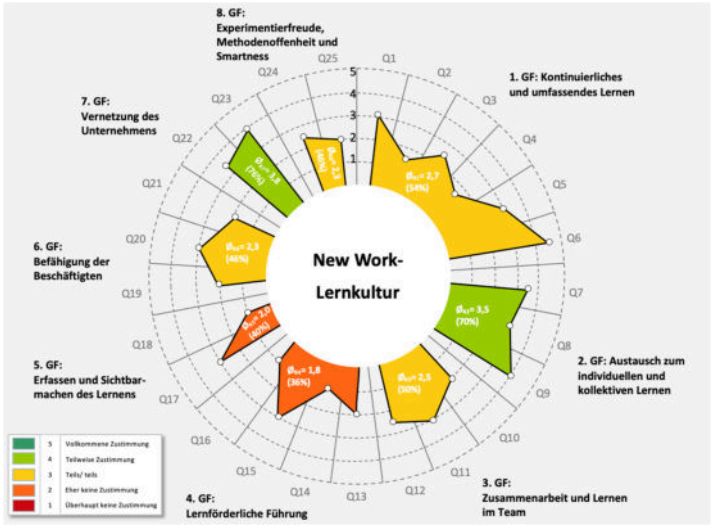


***Abbildung 2**: Beispielhafte Darstellung der adhoc-Auswertung in Form eines Kiviatdiagramm.*

Die Visualisierung der Kultur kann einen Perspektivenabgleich im Team unterstützen, indem zunächst ein Austausch zwischen den Teammitgliedern stattfindet. Dieser ermöglicht es, Unterschiede in der Selbst- und Fremdwahrnehmung zu erkennen und besser zu verstehen. So können auch die Führungskräfte ihre gegebenenfalls abweichende Wahrnehmung teilen, um die Unterschiede zwischen der Sichtweise des Teams und der Führungsebenen transparent zu machen.

Neben der grafischen Darstellung ergänzt eine Top- und Flop-Liste die Ergebnisse, um zentrale Potenziale und Schwachstellen klar zu identifizieren (siehe Tabelle 1). Diese Listen basieren auf den aggregierten Durchschnittswerten der Einzelaussagen und bieten eine gezielte Orientierung für die Ableitung von Handlungsfeldern.

Tabelle 1: *Liste der 5 Top- und Flop- Analysefelder.*

TOP 5	FLOP 5
1. Zielgruppengerechte Lernangebote [Q06; Ø=4,5]	1. Messung von Investment in Weiterbildung [Q18; Ø=1]
2. Lerngelegenheiten in übergreifenden Communities und Plattformen suchen und nutzen [Q23; Ø=4]	2. Messung Bemühung FK für kontinuierliches Lernen der MA [Q16; Ø=1]
3. Organisationsweite Problemlösung [Q22; Ø=3,5]	3. Führungskraft sucht nach Lerngelegenheiten für Mitarbeitende [Q14; Ø=1]
4. Offenes, ehrliches Feedback [Q07; Ø =3,5]	4. Entwicklungsmöglichkeiten für alle Alters-/Qualifikationsstufen [Q04; Ø =1,5]
5. Einander beim Lernen helfen [Q01; Ø=3]	5. Zeit zum Lernen [Q02; Ø=1,5]

Das Sichtbarmachen der besten und schlechtesten Durchschnittswerte ermöglicht es, bisherige Schwachstellen (Flops) und Potenziale (Tops) spezifischer Aspekte zu erkennen. Auf dieser Basis kann eine gemeinsame Bewertung von Entwicklungspotenzialen vorgenommen werden.

5. Synthese: Praktische Implikationen für Führungskräfte und Personalentwickler

Die Weiterentwicklung der New Work-Lernkultur erfordert gezielte Maßnahmen auf Team- und Organisationsebene. Auf Teamebene hilft das entwickelte Analysetool der Zielgruppe der Führungskräfte, Entwicklungspotenziale im Team zu erkennen und gezielt zu fördern. Lernkultur-Workshops bieten Raum, die Analyseergebnisse zu reflektieren, Prioritäten zu setzen und anhand identifizierter Entwicklungspotenziale konkrete Maßnahmen abzuleiten. Zentral ist, den Mitarbeitenden Zeit für gemeinsames Lernen zu schaffen und so ihre Selbstwirksamkeit zu stärken. Dies setzt voraus, dass Führungskräfte Lernprozesse aktiv unterstützen und Vorbilder für eine lernförderliche Haltung sind.

Auf der Organisationsebene stellt das Analysetool für Personal-/Organisationsentwickler eine wertvolle Grundlage dar, um für die Organisation strategische Impulse zu setzen. Dabei geht es nicht nur um die Auswahl der Teams, die sich mit ihrer Lernkultur auseinandersetzen sollen, sondern auch um die Frage, wie die gewonnenen Erkenntnisse nachhaltig genutzt werden können. Eine reflektierte Nachhaltung der Ergebnisse – beispielsweise durch erneute Analyse mit dem Online-Check nach einem Jahr – schafft Transparenz über Fortschritte und gibt Aufschluss über den Erfolg der Maßnahmen. Ebenso ist es entscheidend, Rückschlüsse für die Gesamtorganisation zu ziehen, um langfristige Verbesserungen zu erzielen. Um die Organisation umfassend weiterzuentwickeln, lohnt es sich, Feedback aus den Teams zu notwendigen, organisatorischen Rahmenbedingungen einzuholen. Dies kann sowohl zur Optimierung bestehender Prozesse als auch zur strategischen Verankerung von Lernkultur beitragen. Der Ansatz des Online-Checks, Themen zu adressieren, die von den Teams selbst gestaltbar sind, fördert nicht nur die Eigenverantwortung, sondern zeigt auch, welche strukturellen Veränderungen notwendig sind, um eine lernförderliche Umgebung zu schaffen.

Diese Maßnahmen unterstreichen, dass eine starke Lernkultur nicht nur die Adaptionsfähigkeit von Teams fördert, sondern auch die Transformation der gesamten Organisation vorantreibt. Teams agieren als Lernorte, die durch strategische Rahmung

auf Organisationsebene unterstützt werden. Durch die Kombination aus Teamebene und koordinierter Organisation lassen sich nachhaltige Entwicklungen anstoßen und Lernkultur als Erfolgsfaktor etablieren.

6. Fazit und Ausblick: Lernen als strategischer Erfolgsfaktor

Die Ergebnisse zeigen, dass eine dynamische und strategisch verankerte Lernkultur entscheidend ist, um den Herausforderungen einer sich wandelnden Arbeitswelt erfolgreich zu begegnen. Die Personal-/Organisationsentwicklung sollte sich dabei nicht länger nur als Anbieter formaler Weiterbildungsmaßnahmen verstehen, sondern Lernen als treibende Kraft für Transformation und Agilität innerhalb der Organisation agieren.

Die Sicherung der Überlebensfähigkeit von Unternehmen in einem sich ständig verändernden Marktumfeld erfordert eine Lernkultur, die dynamisch, technologieoffen und strategisch verankert ist. Dies bedeutet, dass die Personal- und Organisationsentwicklung ihre eigene strategische Relevanz schärfen muss. Dazu gehören: Wichtige Aspekte für den Erfolg von Lernprozessen sind die strategische Ausrichtung, bei der Lernprozesse mit den langfristigen Zielen der Organisation verknüpft werden. Zudem sollten innovative Lernformate genutzt werden, die individuelle Lernpfade fördern und sowohl Selbstorganisation als auch Kollaboration unterstützen. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Neupositionierung der Lernprozesse, indem eine strategische Rolle als Partner für Veränderung und Innovation entwickelt wird. Mit diesen Anpassungen kann Lernen nicht nur ein interner Prozess bleiben, sondern ein strategischer Erfolgsfaktor, der die Wettbewerbsfähigkeit langfristig sichert. Der Online-Check bietet hierfür eine praxisnahe Grundlage, um Lernkultur gezielt zu analysieren, während darauf aufsetzende Workshop-Konzepte konkrete Handlungsoptionen aufzeigen. Mit einer strategischen Lernkultur, die Innovation und Kollaboration fördert, legen Organisationen den Grundstein für nachhaltigen Erfolg und Anpassungsfähigkeit in einer dynamischen Arbeitswelt.

7. Literatur

eLearning BENCHMARKING Studie (2023) Teilstudie L&D Trendradar. Hagen im Bremischen: Siepmann Media (Hrsg.). Accessed January 14, 2025. https://www.elearning-journal.com/wp-content/uploads/2023/09/eLJ_BMS2023_Trendradar.pdf.

Hofmann J, Piele A, Piele C (2019) New Work. Best Practices und Zukunftsmodelle. Stuttgart: Fraunhofer IAO. doi: 10.24406/PUBLICA-FHG-299651.

Kortsch T, Kauffeld S (2019a) Dimensions of the Learning Organization Questionnaire. German Version [Datensatz]. In PsycTESTS Dataset. doi: 10.1037/t72974-000.

Kortsch T, Kauffeld S (2019b) Validation of a German Version of the Dimensions of the Learning Organization Questionnaire (DLOQ) in German Craft Companies. Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie A&O 63:15–31. doi: 10.1026/0932-4089/a000282.

Marsick V J, Watkins K E (2003) Demonstrating the Value of an Organization's Learning Culture: The Dimensions of the Learning Organization Questionnaire. Advances in Developing Human Resources 5:132–151. doi: 10.1177/1523422303005002002.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt Dr. Josephine Hofmann und den Teilnehmenden des Connected Work-Projektes für die unterstützende Zuarbeit bei der Entwicklung des Online-Checks.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Die Reduktion der physiologischen Belastung durch die Nutzung von E-Bikes bei Schnelllieferdienstleistenden

Omar EL-EDRISSI, Nastaran RAFFLER, Mark PRISMAK, Thomas WILZOPOLSKI, Kai HEINRICH

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

Kurzfassung: Fahrradgestützte Schnelllieferdienste haben sich als feste Struktur in der Waren- und Essensauslieferung etabliert. Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Erstellung eines physiologischen Belastungsprofils dieser wachsenden Berufsgruppe und die Gegenüberstellung einer möglichen Entlastungsmaßnahme durch E-Bikes. An der noch laufenden Studie haben bisher 12 Versuchsteilnehmende teilgenommen. Unter der Annahme eines menschlichen Wirkungsgrades beim Radfahren von mindestens 18% reduzierte der Einsatz von E-Bikes den Arbeitsenergieumsatz um 65 % (-4377 kJ/Schicht). Dies resultiert in einer reduzierten Einstufung der Arbeitsschwere nach Lehmann (1962) von mittelschwer zu leicht. Bereits für ebene Topografien scheinen E-Bikes somit eine deutliche Reduktion des Arbeitsenergieumsatzes zu zeigen.

Schlüsselwörter: Arbeitsenergieumsatz, Radfahren, E-Bike, Lieferdienste, Basisarbeit, Arbeitsphysiologie

1. Einleitung

Fahrradgestützte Schnelllieferdienste haben sich als feste Struktur in der Waren- und Essensauslieferung etabliert und bilden im urbanen Raum eine wachsende Alternative zur Auslieferung mit konventionellen Fahrzeugen wie Automobilen oder Motorrollern. Der aus klimatischer Sicht zu begrüßende Trend könnte jedoch mit einer physiologischen Mehrbelastung der Ausliefernden einhergehen, welche zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht hinreichend erfasst wurde. Zwar existieren Studien zu verwandten Berufsgruppen wie Fahrradkurieren und Briefzustellern (Bernmark et al. 2006, Wakula & Helbig 1999), jedoch beschränken diese sich meist auf Belastungsparameter wie Herzfrequenz (HF), indirekt ermittelte metabolische Äquivalente (MET) oder geschätzte Energieumsätze. Demgegenüber sind aus der Literatur etablierte und detaillierte Messverfahren sowie Belastungsparameter bekannt, welche sich ohne Einschränkungen auch auf diese Berufsgruppe anwenden lassen. So sind physiologische Parameter wie beispielsweise die Leistung und die daraus abgeleitete mechanische Arbeit direkt und durchgängig beim Fahrradfahren erfassbar. Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Erstellung eines physiologischen Belastungsprofils dieser wachsenden Berufsgruppe und die Gegenüberstellung einer möglichen Entlastungsmaßnahme durch den Einsatz von E-Bikes.

2. Methoden

Das Studiendesign wurde im Sinne einer Feldstudie ohne Intervention konzipiert, bei der die Versuchsteilnehmenden ihrer gewohnten Arbeitsaufgaben mit ihrem präferierten Arbeitsgerät, Fahrrad oder E-Bike, möglichst ohne Einschränkung nachgehen konnten. Sie wurden dabei von einer Referenzperson auf einem Fahrrad, ohne motorische Unterstützung, begleitet. Diese Begleitung war nötig, um einerseits den möglichen Entlastungseffekt durch E-Bikes präzise und auf Basis gleicher Voraussetzungen, im Sinne eines A/B-Vergleichs bei gleichen Routen- und Umgebungsvariablen, bestimmen zu können. Andererseits ermöglicht die zusätzliche Referenz eine konstante Überprüfung der erhobenen Daten, um ggf. Messfehler oder -ausreißer identifizieren zu können.

Im bisherigen Verlauf der Studie wurden 12 Versuchsteilnehmende für rund zwei Arbeitsstunden ihrer täglichen Arbeit begleitet. Die anthropometrischen Maße der Versuchsteilnehmenden sind in Tabelle 1 gruppiert nach ihrem genutzten Fahrradtyp (Fahrrad oder E-Bike) aufgeführt.

Tabelle 1: *Anthropometrische Maße der Versuchsteilnehmenden unter Angabe der Mittelwerte ± Standardabweichungen.*

	Fahrrad	**E-Bike**
Geschlecht	2 ♀ / 3 ♂	0 ♀ / 7 ♂
Alter	36,2 ± 9,1 Jahre	37,5 ± 11,9 Jahre
Körpergröße	169,0 ± 7,7 cm	178,1 ± 5,9 cm
Gewicht	65,9 ± 8,3 kg	87,8 ± 16,2 kg
Body-Mass-Index	23,0 ± 2,0 kg/m^2	27,6 ± 4,2 kg/m^2
Körperfettanteil	22,1 ± 9,4%	22,0 ± 7,2%

Zur Erstellung des physiologischen Belastungsprofils wurden alle Versuchsteilnehmenden mit einem Herzfrequenzgurt auf Brusthöhe (Garmin, HRM-Pro, FW: 8.8) sowie ihr alltägliches Arbeitsmittel (Fahrrad oder E-Bike) mit einem pedalbasierten Leistungsmesssystem (Garmin, Rally XC200, FW: 4.10) ausgestattet. Alle Sensoren wurden über das ANT+ Protokoll mit einer Aufnahmefrequenz von 1 Hz auf einer Multisportuhr (Garmin, Forerunner 255, FW: 13.23) synchron zu den Bewegungsdaten (Multi-GNSS) und barometrischen Höhendaten aufgezeichnet. Die begleitende Referenzperson wurde mit ähnlicher Sensorkonfiguration ausgestattet.

Der Körperfettanteil der Versuchsteilnehmenden wurde auf Basis der gemessenen Hautfaltendicke (Harpenden, Skinfold Caliper) berechnet.

Nach der Einrichtung, Kalibration und Prüfung der Sensoren an den Versuchsteilnehmenden sowie ihren Arbeitsgeräten wurde die Aufzeichnung gestartet. Die Teilnehmenden wurden gebeten sich in das Bestellvergabesystem einzuloggen. Fortan fuhren sie ihre Auslieferungen gemäß der Auftragslage und wurden durch die Referenzperson begleitet.

Die erhobenen Daten wurden von den Aufzeichnungsgeräten im FIT-Format exportiert und in der Open-Source-Software GoldenCheetah (V: DEV 3.7) zur Datenverarbeitung importiert. Mit Hilfe von Videoaufzeichnungen und den Bewegungsdaten wurde die Messung in Fahrt- und Wartezeitenintervalle segmentiert.

Für die Fahrtintervalle wurde unter Annahme eines Wirkungsgrades (η) von mindestens 18 % (Coyle 1992) der Arbeitsenergieumsatz [kJ] bestimmt. Die Untersuchung von Coyle et al. (1992) zeigte für das Radfahren eine Variabilität des menschlichen Wirkungsgrades zwischen 18 % bis 23 %. Aus präventiver Sicht wurde in dieser Studie der geringste Wirkungsgrad als Berechnungsgröße herangezogen. Basis für den Arbeitsenergieumsatz war die durch das pedalbasierte Leistungsmesssystem direkt gemessene Leistung [W] bzw. die daraus resultierende mechanischen Arbeit [kJ]. Um den ermittelten Arbeitsenergieumsatz mit der Arbeitsschwereeinteilung für dynamische Ganzkörperarbeit nach Lehmann (1962) bewerten und mit anderen Arbeiten vergleichen zu können, wurden die Daten ausgehend von der erfassten Arbeitszeit auf eine normierte Schichtlänge von 8 Arbeitsstunden extrapoliert. Die stichprobenartige Befragung der Versuchsteilnehmenden ergab hingegen eine Schichtlänge von ca. 6 Arbeitsstunden. Eine genaue Angabe der realen Arbeitsstunden gestaltet sich als schwierig, da vereinzelte Versuchsteilnehmende auch für mehrere Dienstleister tätig sind. Zudem wird die Arbeitszeit nicht kontinuierlich geleistet, da sich die Auftragslage meist auf die Mittags- und Abendzeit beschränkt.

Zu den energetischen Betrachtungen wurden aus den Fahrtintervallen noch allgemeine Tätigkeitsfaktoren wie Geschwindigkeiten, positive Höhenmeter und Distanzen ermittelt. Auch die durchschnittlichen Herzfrequenzen wurden auf Basis der Fahrtintervalle ermittelt und exkludieren somit Pausen- und Wartezeiten.

3. Ergebnisse

Bezogen auf die allgemeinen Tätigkeitsfaktoren (Tabelle 2) zeigt der Gruppenvergleich sich ähnelnde Ergebnisse. Die Fahrradfahrenden, ohne motorische Unterstützung, hatten in der Stichprobe etwas längere Bewegungsdauern, was unter anderem durch die etwas längeren Distanzen pro Auslieferung zu erklären ist. Im Mittel erreichten die E-Bike Fahrten in der durchschnittlichen und maximalen Geschwindigkeit zudem höhere Werte. In den resultierenden Auslieferungen pro Stunde liegen beide dennoch gleich auf.

In den physiologischen Belastungsprofilen beider Gruppen (Tabelle 3) sind alle physiologischen Parameter in der E-Bike Gruppe im unabhängigen Vergleich zur Gruppe der Fahrradfahrenden reduziert. Dieser Effekt setzt sich im abhängigen Vergleich (Tabelle 4) fort, so mussten die E-Bike-Fahrenden im direkten Vergleich zur Referenzperson, ohne motorische Unterstützung, bei gleichen Routen- und Umgebungsvariablen rund 43 W weniger leisten.

Tabelle 2: *Allgemeine Tätigkeitsfaktoren gruppiert anhand des genutzten Fahrradtyps unter Angabe der Mittelwerte ± Standardabweichungen. Zeitangaben erfolgen in Format Stunden:Minuten:Sekunden.*

	Fahrrad	**E-Bike**
Beobachtungsdauer	02:04:38 ± 00:37:54	01:55:30 ± 00:34:10
Bewegungsdauer	01:13:16 ± 00:17:42	01:00:27 ± 00:22:26
Geschwindigkeit	15,1 ± 1,4 km/h	18,2 ± 2,4 km/h
Maximale Geschwindigkeit	27,5 ± 3,2 km/h	31,9 ± 4,4 km/h
Auslieferungen / Stunde	1,9 ± 1,1	2,1 ± 0,5
Distanz/Auslieferung	5,8 ± 2,2 km	4,7 ± 1,4 km
Höhenmeter/Auslieferung	13,1 ± 9,5 m	13,7 ± 6,4 m

Tabelle 3: *Physiologisches Belastungsprofil der 12 Versuchsteilnehmenden gruppiert anhand des genutzten Fahrradtyps unter Angabe der Mittelwerte ± Standardabweichungen. Wirkungsgrad beim Radfahren abgekürzt mit η. Eine Schicht wurde auf 8 Arbeitsstunden normiert. Die Zeitbasis für die Arbeitsenergieumsatzangaben ist die Arbeitszeit, die Zeitbasis für die übrigen vier Parameter ist die Zeit in Bewegung.*

	Fahrrad	**E-Bike**
Arbeitsenergieumsatz η = 18% [kJ/Schicht]	6230,5 ± 3273,7 kJ	2371,3 ± 2712,7 kJ
Arbeitsenergieumsatz η = 18% [kJ/min]	13,0 ± 6,8 kJ/min	4,9 ± 5,7 kJ/min
Leistung	53,3 ± 27,5 W	23,6 ± 29,0 W
Relative Leistung	0,8 ± 0,3 W/kg	0,2 ± 0,2 W/kg
Herzfrequenz	133,0 ± 15,2 S/min	118,9 ± 20,3 S/min
Trittfrequenz	59,9 ± 5,4 U/min	53,0 ± 6,5 U/min

Tabelle 4: *Differenzen zu den abhängigen Referenzmessungen für beide Gruppen. Gruppierung anhand des Fahrradtyps unter Angabe der Mittelwerte ± Standardabweichungen. Wirkungsgrad beim Radfahren abgekürzt mit η. Eine Schicht wurde auf 8 Arbeitsstunden normiert. Die Zeitbasis für die Arbeitsenergieumsatzangabe ist die Arbeitszeit, die Zeitbasis für die relative und absolute Leistung ist die Zeit in Bewegung.*

	Fahrrad (Differenz zur Referenz)	**E-Bike (Differenz zur Referenz)**
Arbeitsenergieumsatz η = 18% [kJ/Schicht]	+1296,0 ± 2519,9 kJ	-4376,7 ± 2709,7 kJ
Leistung	+10,7 ± 20,1 W	-42,9 ± 19,2 W
Relative Leistung	+0,2 ± 0,2 W/kg	-0,7 ± 0,1 W/kg

4. Diskussion

4.1 Allgemeine Tätigkeitsfaktoren

Aus einer rein deskriptiven Betrachtung fällt in Tabelle 2 zunächst auf, dass es hinsichtlich der Auslieferungen pro Stunde keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen (Fahrrad/ E-Bike) gibt. Auch wenn die durchschnittlichen und maximalen Geschwindigkeiten bei den Versuchsteilnehmenden mit E-Bike höher sind, resultiert dies nicht in einem höheren Durchsatz an Auslieferungen. Dies ist primär durch die hohen Standzeiten zu erklären (Wartezeiten an den Lieferpunkten und ungünstige Verkehrssituationen). Die Art des Fortbewegungsmittels hatte darauf keinen Einfluss. Zudem ist das automatisierte Bestellvergabesystem dahingehend optimiert, die Distanzen möglichst kurz zu halten. Topografisch sind die bisher erfassten Städte Bonn, Berlin und Köln mit 13 Höhenmetern auf 5 km pro Auslieferung als durchweg flach zu bezeichnen. Mit zunehmend welliger bis bergiger Topografie könnten hingegen die Fahrzeiten bei gleicher Leistungsabgabe deutlich zunehmen und E-Bikes in einer Reduzierung dieser an Bedeutung gewinnen.

4.2 Physiologisches Belastungsprofil

Der auf eine 8-Stunden-Arbeitsschicht extrapolierte mittlere Arbeitsenergieumsatz (Tabelle 3) ist für die Gruppe der Fahrradfahrenden, unter Annahme eines niedrigen Wirkungsgrades von 18%, mit einer mittelschweren Arbeitsschwere zu beurteilen. Somit fällt die Tätigkeit in eine zumutbare Belastung, aus der langfristig keine Schädigungen zu erwarten sind (Lehmann 1962). Die Versuchsteilnehmenden mit E-Bikes hingegen fallen im Mittel in die Kategorie einer leichten Arbeitsschwere.

Wakula & Helbig (1999) geben in ihrer Arbeit für Fahrgeschwindigkeiten von 14 km/h ohne Zuladung Arbeitsenergieumsätze von 18,1 kJ/min an. Verglichen mit ihrer Arbeit sind die Umsätze für Fahrradfahrende ohne Unterstützung in der vorliegenden Studie mit 13 kJ/min niedriger. Wakula & Helbig (1999) betonen jedoch, dass ihr Arbeitsenergieumsatz für Geschwindigkeiten über 10 km/h nicht direkt im Labor ermittelt wurde, sondern auf Tabelleninterpolation basiert. Auch im Vergleich zu den von Bernmark et al. (2006) untersuchten Fahrradkurieren (12 MJ/8 Arbeitsstunden, 25 kJ/min) fallen die in dieser Studie ermittelten Arbeitsenergieumsätze somit geringer aus, jedoch bestimmten Bernmark und Kollegen ihren Arbeitsenergieumsatz im Feld

nicht direkt, sondern leiteten dies aus Herzfrequenzmessungen ab. Herzfrequenzmessungen unterliegen jedoch erheblichen Schwankungen und können je nach Hydrationszustand, Umgebungstemperatur und weiterer Faktoren stark variieren.

4.3 Differenzen zu den abhängigen Referenzmessung

Mit Blick auf die Differenzen zur jeweiligen Referenzmessungen lässt sich der Entlastungseffekt durch den Einsatz von E-Bikes gut nachvollziehen. So konnten die Fahrten mit den E-Bikes gegenüber der Referenzperson im Mittel 43 W einsparen. Dies resultiert auf 8 Arbeitsstunden gerechnet in einer Reduktion des Arbeitsenergieumsatzes um 65% (-4377 kJ).

Im Vergleich zur Referenzmessung mussten die Versuchsteilnehmenden auf den Fahrrädern hingegen 10 W (0,2 W/kg) mehr leisten. Dies lässt sich unter anderem durch ihr verwendetes Fahrrad und dessen technischen Zustand erklären. So wurden von den Versuchsteilnehmenden meist Räder in schlechtem Wartungszustand mit teilweise für den Stadtverkehr unpassender Bereifung verwendet. Die daraus resultierenden höheren Verluste am Antriebsstrang und gesteigerten Rollwiderstände können eine Erklärung für die höheren Leistungswerte sein.

4.4 Methodenkritik

In dieser Studie wurde auf Basis der bestehenden Literatur der niedrigste menschliche Wirkungsgrad für das Radfahren angenommen. Eine Messung des individuellen Wirkungsgrades wäre durch eine spiroergometrische Untersuchung möglich, ist jedoch im Rahmen einer bundesweiten Feldstudie schwer zu realisieren. Die starke Varianz innerhalb der E-Bike Daten ist unter anderem durch die unterschiedlichen Unterstützungsstufen der Steuerung zu erklären. Die Auswahl der Stufe oblag jedem Versuchsteilnehmenden selbst, wurde jedoch nicht systematisch in dieser Studie erfasst.

5. Praxistransfer

Im direkten Vergleich zu den Referenzmessungen kann durch den Einsatz von E-Bikes eine deutliche Reduktion des Arbeitsenergieumsatzes erzielt werden. Auf Grund der langen Wartezeiten an den Lieferpunkten ist jedoch keine Steigerung der Auslieferungen pro Stunde zu erwarten. In welligen bis bergigen Topografien kann der Einsatz von E-Bikes sich jedoch möglicherweise noch positiver auf die Reduktion der physiologischen Belastung und die Steigerung der Auslieferungen auswirken. Durch Materialwartung kann die physiologische Arbeitsbelastung ebenfalls gesenkt werden.

6. Literatur

Bernmark, E., Wiktorin, C., Svartengren, M., Lewné, M., & Åberg, S. (2006). Bicycle messengers: energy expenditure and exposure to air pollution. Ergonomics, 49(14), 1486-1495.

Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Horowitz, J. F., & Beltz, J. D. (1992). Cycling efficiency is related to the percentage of Type I muscle fibers. Medicine & Science in Sports & Exercise, 24(7), 782-788.

Lehmann, G. (1962). Praktische Arbeitsphysiologie (2., überarb. und erw. Aufl. ed.). Thieme.

Wakula, J., & Helbig, R. (1999). Arbeitswissenschaftliche Analyse der Tätigkeit des Briefzustelldienstes mit dem Fahrrad.

Menschenzentrierter KI-Chatbot zur individuellen Bereitstellung vertrauenswürdiger Lerninhalte

Maximilian DOMMERMUTH[1], Lukas RIESCH[1], Mohamed Amine GUEDRIA[1]

[1] Bosch Rexroth Academy, Bosch Rexroth AG,
Lise-Meitner-Straße 2, D-89081 Ulm

Kurzfassung: Die Komplexität der Arbeitswelt und der auch demografisch getriebene Fachkräftemangel erfordern nicht nur innovative Lösungen für die Aus- und Weiterbildung, sondern einen zielführenden Wissensübertrag. Künstliche Intelligenz (KI) bietet dabei Chancen für die menschengerechte Gestaltung von anwendungsbezogenem Lernen, um optimale Lerninhalte für die individuelle Ausgangslage von Lernenden auszuwählen (Relevanz und Vertrauenswürdigkeit). In diesem Beitrag wird ein neuer KI-gestützter Lernbegleiter vorgestellt, der Nutzer bei der Navigation durch komplexe Aufgabenstellungen und bei der Problemlösung in ihrer Arbeitsrealität unterstützt und bereits in der Praxis erprobt wird. Der Ansatz zeigt wie durch die Kombination verschiedener KI-Modelle individuell aufbereitetes Wissen Nutzern hilft, dieses in die berufliche Anwendung zu bringen.

Schlüsselwörter: Künstliche Intelligenz, Anwendungsbezogenes Lernen, Personalisierter Lernbegleiter, Digitalisierung, Large-Language Models

1. Hohe Veränderungsgeschwindigkeit erfordert adaptive Lösungen

Die Arbeitswelt und Unternehmen stehen vor enormen Herausforderungen, die durch steigende Komplexität, unvorhersehbare Veränderungen (z.B. BANI), disruptive Technologien und einem exponentiell wachsenden Fachkräftemangel geprägt sind (Zornek 2024). Hinzu kommt der demografische Wandel, der in den kommenden Jahren zu einem massiven Verlust von implizitem Wissen führen wird, da erfahrene Fachkräfte in den Ruhestand treten und ihr Wissen nicht gut dokumentiert bzw. für den Wissensübertrag aufbereitet wurde (Pundt 2023; Dommermuth 2024).

Mitarbeitende kämpfen mit einer zunehmenden Informationsüberflutung, womit die gezielte Auswahl relevanter und vertrauenswürdiger Wissensquellen zu einer immer größeren Hürde wird. Volatile Rahmenbedingungen und neue disruptive Technologien wie generative KI bringen schlagartig Möglichkeiten und Risiken in die Arbeitsrealität der Menschen, welche eine immer schnellere Anpassungsfähigkeit der Nutzenden und Unternehmen erfordert. Heutige Kompetenzmanagementsysteme halten mit dieser hohen Veränderungsgeschwindigkeit kaum Schritt und es erfordert zur Sicherstellung der Wettbewerbs- und Zukunftsfähigkeit eher agile, adaptive und aufgabenbezogene Ansätze im Skill-Management. Der Industriesektor muss sich in einem globalisierten und hochdynamischen Markt behaupten. Dabei sind insbesondere indirekte Bereiche betroffen, welche von tiefgreifenden Veränderungen wie informationslogistischem Optimierungsbedarf betroffen sind. Effektive und adaptive Lernmaßnahmen und hochqualifizierte Fachkräfte und deren Fähigkeiten werden für Industrieunternehmen zu einem zentralen Differenzierungsmerkmal, um innovativ und produktiv zu bleiben (Dommermuth 2024a).

Laut dem Future of Jobs Report 2025 erwarten 86 % der befragten Unternehmen, dass Informationsverarbeitungstechnologien und KI bis 2030 ihre Geschäftsmodelle grundlegend verändern werden (World Economic Forum 2025). Während KI-Systeme erhebliche Potenziale zur Effizienzsteigerung bieten, zeigt der Bericht, dass rein KI-gesteuerte Systeme nicht ausreichen, um komplexen Anforderungen der Arbeitswelt gerecht zu werden. Entscheidend bleiben weiterhin "Human-Only Skills" wie kritisches Denken, Kreativität, Problemlösungsfähigkeit und soziale Interaktion.

Unternehmen stehen daher vor der Herausforderung, KI-gestützte Prozesse mit menschlicher Expertise zu kombinieren, um eine nachhaltige und anpassungsfähige Kompetenzentwicklung zu ermöglichen. Der Mehrwert von generativer KI liegt nicht in der vollständigen Automatisierung von Aufgaben, sondern in der gezielten und adaptiven Unterstützung von Mitarbeitenden. Besonders in einer volatilen Arbeitswelt, in der klassische Kompetenzmanagementsysteme an ihre Grenzen stoßen, bietet der neu entwickelte Ansatz einen agilen und adaptiven Lernprozess, der generative KI gezielt einsetzt, um Fachkräfte in ihrer beruflichen Realität optimal zu unterstützen.

Ziel des Beitrags ist es, diesen Ansatz zu beschreiben und die Erkenntnisse aus der Praxisanwendung zu zeigen. Es wird dazu ein KI-gestütztes Lernsystem vorgestellt (Abschnitt 3), das in der Praxisanwendung individuelle und adaptive Antworten und Lehrinhalte zur Verfügung stellen kann (Abschnitt 4).

2. Rahmenbedingungen und Ziele der Anwendung

2.1 Ziele der Anwendung

Ziel des KI-gestützten Lernassistenten ist es, Lerninhalte kontextabhängig und individuell auf den Wissensstand der Nutzer zugeschnitten bereitzustellen. Dies geschieht durch multimodale Datenverarbeitung, automatisierte Empfehlungssysteme und interaktive Konversationsführung. Ein wesentlicher Vorteil der Lösung ist ihre Fähigkeit, eine Vielzahl verschiedener Datenformate zu verarbeiten, darunter Text-, Bild-, Audio- und Videodaten. Diese werden automatisiert analysiert, indexiert und in Echtzeit in die Chatinteraktionen integriert. Dadurch sollen Nutzer problemspezifische Antworten und Lehrmaterial erhalten, die auf individuelle Bedürfnisse und ihre aktuelle Arbeitsrealität zugeschnitten sind (Menschzentrierung). Darüber hinaus muss die Anwendung den Wissensstand automatisiert erfassen (aktueller Kenntnisstand). Diese gezielte Analyse erlaubt eine präzisere und individuellere Auswahl der Inhalte die deutlich effizienter ist als herkömmliche Ansätze (Ninaus & Sailer 2022).

2.2 Rahmenbedingungen

Die zunehmende Komplexität der Arbeitswelt erfordert flexible und effiziente Lernlösungen, die sich nahtlos in den Arbeitsalltag integrieren lassen. Traditionelle Lernplattformen und klassische Schulungsprogramme bieten meist standardisierte Inhalte, die nicht auf die individuellen Anforderungen der Lernenden abgestimmt sind. Dies führt dazu, dass entweder zu allgemeine oder für den jeweiligen Wissensstand ungeeignete Inhalte vermittelt werden. Das 70/20/10-Prinzip verdeutlicht, dass 70 % des Wissens durch praktische Erfahrungen am Arbeitsplatz erworben werden, während lediglich 10 % aus formalen Trainings stammen und die restlichen 20 % durch soziale Interaktionen und Austausch entstehen (McCall et al. 1988).

Die Realität verlangt nach arbeitsgebundenem und arbeitsintegriertem Lernen und Lösungen. In einer zunehmend digitalisierten Arbeitswelt stehen Lernende vor einer Überflutung von Informationen, deren Qualität und Relevanz oft schwer einzuschätzen ist. Häufig fehlt der Fokus auf konkrete, anwendungsorientierte Problemstellungen. Der hohe Aufwand, passende Informationen zu finden und die heterogenen Wissensstände der Lernenden erschweren diesen Prozess (Dommermuth 2024b).

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, wurde das KI-gestützte Lernsystem „AVAILABLE“ entwickelt. Es ermöglicht die gezielte Bereitstellung von vertrauens-würdigen und aufgabenspezifischen Lerninhalten, indem es verschiedene Datenquellen analysiert und adaptive Empfehlungen basierend auf dem individuellen Wissensstand generiert. Durch den Einsatz von Retrieval-Augmented Generation (RAG) und multimodaler Inhaltsverarbeitung unterstützt das System Lernende dabei, relevante Informationen schneller zu finden und effizienter in ihre Arbeit zu integrieren.

2.3 Anwendung des KI-gestützten Lernsystems

AVAILABLE bietet zwei Hauptfunktionen. Im Frage-Antwort-Modus können Nutzende direkt Fragen an den Chatbot stellen, der prägnante Antworten sowie Verweise und Links auf Ursprungsquellen liefert. Diese Quellen erhalten auf Basis heuristischer Kriterien eine Einschätzung zur Vertrauenswürdigkeit. Dabei handelt es sich um eine initiale, algorithmisch generierte Bewertung, die nicht als abschließend validiert betrachtet werden kann, aber von Experten im Unternehmen bestätigt werden könnte. Im Ersten Schritt wurde AVAILABLE deshalb nur mit vertrauenswürdigen Quellen befüllt. Die Weiterentwicklung eines robusten Vertrauensbewertungssystems stellt eine zukünftige Forschungsaufgabe dar, um korrekte Inhalte zu liefern.

Ein zweiter Modus (siehe Abbildung 1) erweitert diesen Ansatz, indem vor der Antwort durch didaktische Rückfragen der Wissensstand und die Absichten der Lernenden identifiziert werden. Untersuchungen zeigen, dass Large Language Models (LLMs) sich implizit an das Wissensniveau von Nutzern anzupassen (Gobara et al. 2024). Durch eine explizite Erkennung dieses Niveaus kann dieses Verhalten weiter verstärkt werden, um passgenauere Lerninhalte bereitzustellen.

Durch diese Ansätze bietet das System die anpassbare Unterstützung für das Lernen „on the job“. Wie in Abbildung 1 erkennbar wird, können sie den Aufwand für die Informationssuche reduzieren und durch gezielte Rückfragen gleichzeitig die Effektivität und Relevanz der bereitgestellten Inhalte erhöhen.

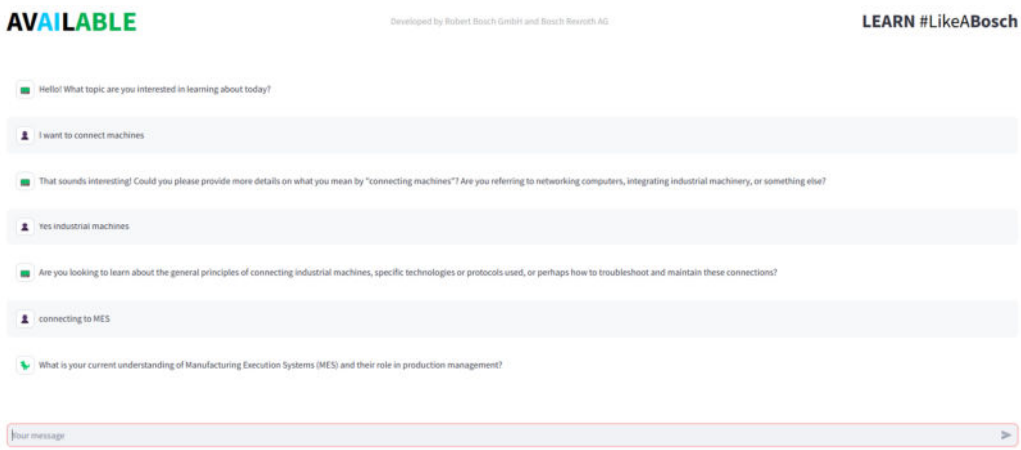


***Abbildung 1**: AVAILABLE Chatverlauf zur Identifikation des Wissenslevels und der Problemstellung*

3. Lösungsansatz und technische Umsetzung

3.1 Systemübersicht und Kernkomponenten

Das Agentensystem für Schulungsempfehlungen implementiert eine Multi-Agenten-Architektur (Abbildung 2), um einen intelligenten, wissensbasierten Lernassistenten zu schaffen. Im Kern nutzt das System AutoGen als primäres Framework, um die Agenten zu koordinieren und GPT-4o als Sprachmodell, auf das über die Azure-Infrastruktur zugegriffen wird. Das System arbeitet mit drei spezialisierten Agenten: „Themen Bewertung“, „Wissens Bewertung“ und „Lehrplan Ersteller“. Diese Agenten sind in eine Streamlit-basierte Webanwendung als Interface zum Nutzer eingebettet und Sitzungsinformationen, Agentenstatus, Chatverlauf und Bewertungsphasen, verwaltet.

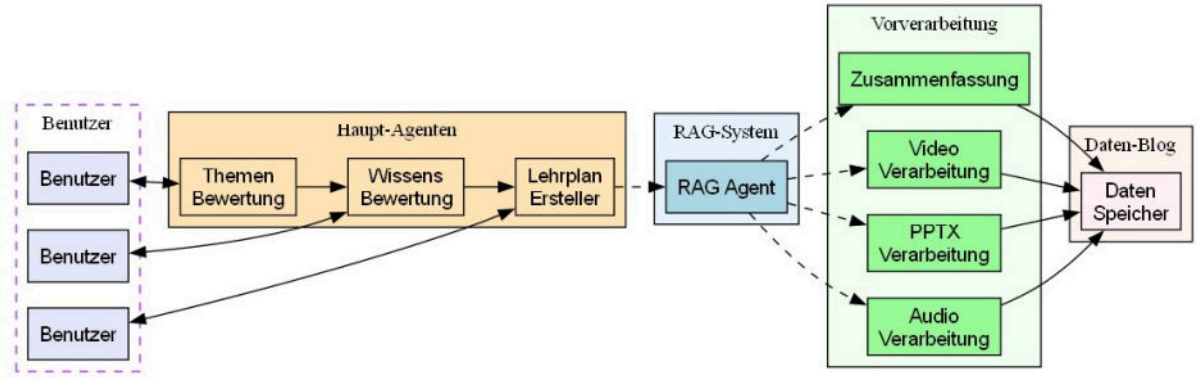


***Abbildung 2**: Übersicht über das agentische System von AVAILABLE.*

3.2 Agentensystemarchitektur

Das implementierte Multi-Agentensystem macht personalisierte Lernempfehlungen. Der Themen-Agent zielt darauf ab die Lernziele der Benutzer durch Analyse der Benutzerantworten im Dialog zu ermitteln. Vorab generierte Themenzusammenfassungen dienen als Input für nachfolgende Agenten. Der Wissens-Agent erfasst und bewertet den themenspezifischen Wissenstand des Nutzers durch das Stellen von didaktischen Rückfragen in einem dreistufigen Klassifikationsschema (Anfänger, Fortgeschrittene, Experten) und kann Fragen antworten basiert dynamisch anpassen.

Der Lehrplan-Agent kombiniert das Lernziel des Nutzers mit dem ermittelten Wissenstand, sucht nach relevanten Lerninhalten und stellt diese in einer Listenform inklusive Quellenlink und Vertrauenswürdigkeitsbewertung der Inhalte zur Verfügung.

3.4 Dokumentenverarbeitung und Wissensintegration

Das Dokumentenverarbeitungssystem hat einen hierarchischen Ansatz für das Verständnis und Zusammenfassung von Inhalten. Die generierten Zusammenfassungen, verbinden spezifische Informationen mit einem allgemeineren, dokumentenweiten Kontext. Diese Struktur verbessert die Suchfunktionalität durch das Abrufen relevanter Absätze und zugehöriger Zusammenfassungen und bietet damit einen umfassenden Kontext für Inhaltsempfehlungen. Das System verbessert traditionelle Prozesse der Inhaltsabfrage (RAG-Mechanismus). Die Integration der Wissensstandanalyse durch Dialog ermöglicht in der Inhaltsverarbeitung individuelle und tiefergehende Schulungsempfehlungen auf der Grundlage der Fähigkeiten und Ziele der Benutzer.

4. Ergebnisse aus der Praxisanwendung

Um die Leistungsfähigkeit von AVAILABLE zu bewerten, wurde das System anhand eines Datensatzes von 70 Schulungsunterlagen und 60 Videos zum Thema Digitalisierung und Hydraulik getestet (vertrauenswürdige Inhalte wie technische Dokumentationen, Fachbücher und geprüfte Lehrinhalte der Bosch Rexroth Academy). Dafür werden in diesem Abschnitt drei primäre Anwendungsfälle gezeigt, welche die häufigsten Praxisbeispiele darstellen zur Informationsbeschaffung. Die Abbildung 3 veranschaulicht die ermittelte Effizienzsteigerung durch AVAILABLE im Vergleich zu den vorherigen Herangehensweisen.

Fall 1: Abruf von Kontaktinformationen:
In diesem Szenario mussten erfahrene Benutzer die richtige Kontaktperson für verschiedene technische Fragestellungen ermitteln (zuständiger Bereich). Der manuelle Prozess umfasste in der Regel die Suche in mehreren Dokumenten oder die Kontaktaufnahme mit verschiedenen Abteilungen. AVAILABLE reduzierte die durchschnittliche Suchzeit von 4 Minuten auf 5 Sekunden bei einer Genauigkeit von 98 % bei 45 Testabfragen.

Fall 2: Zugang zu Schulungsinformationen:
Erfahrene Benutzer sollten nach passenden Schulungen und Kursmaterialien suchen. Der herkömmliche Ansatz erforderte das Durchsuchen von Webseiten, Kurskatalogen und die Überprüfung mehrerer Curricula. AVAILABLE bearbeitete diese Abfragen in 4 Sekunden, bei einer Genauigkeit von 96 % in 50 Testfällen, verglichen mit der manuellen Suche mit durchschnittlich über 5 Minuten Dauer.

Fall 3: Suche und Abruf von Dokumenten:
In diesem Szenario ging es um das Auffinden von technischen Dokumentationen oder Videoinhalten. Die manuelle Suche dauerte im Durchschnitt 4,5 Minuten und führte in der Regel zu unvollständigen Ergebnissen. AVAILABLE erledigte diese Suchvorgänge in 6 Sekunden mit einer Genauigkeit von 95 % bei 40 Abfragen und lieferte in allen Fällen umfassende Ergebnisse einschließlich verwandter Materialien.

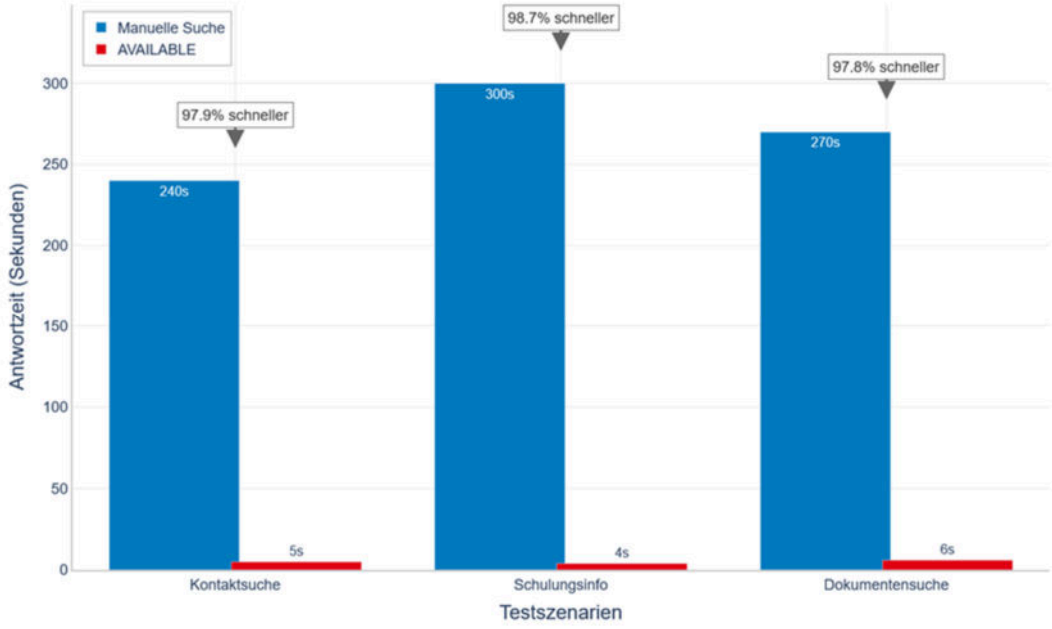


***Abbildung 3**: Leistungsfähigkeit von AVAILABLE im Vergleich herkömmlicher Methoden.*

5. Zusammenfassung und Ausblick

Die Einführung von AVAILABLE konnte die Art und Effektivität von arbeitsgebundenem Lernen verändern und erhöhen. Es konnten die Suchzeit erheblich verringert, die Genauigkeit und Konsistenz erhöht und die Ressourceneffizienz zu traditionellen Lernmethoden verbessert werden. Dies gilt nicht nur für unerfahrene Mitarbeiter, sondern auch erfahrenen Mitarbeitern. Auch gab es Hinweise auf die Erhöhung der Lernmotivation der Anwender durch den Einsatz von KI und dem unmittelbaren und personalisiertem Feedback.

Erste Untersuchungen deuten darauf hin, dass KI-basierte Assistenzsysteme eine wesentliche Rolle im Wissenstransfer in der Praxis einnehmen können, jedoch sind insbesondere Zwei Aspekte zu vertiefen. Einerseits ist unbekannt, wie sich ein solches System mit verschiedenen teils widersprüchlichen Quellen verhält und andererseits bleibt die Ableitung einer Belastbaren Vertrauenswürdigkeit der Inhalte ein kritisches Merkmal und damit offene Forschungsaufgabe. Darüber hinaus wurde noch nicht untersucht, inwiefern AVAILABLE in andere Lernsysteme integriert werden kann.

6. Literatur

Dommermuth M (2024a) Ready for the Digital Transformation? – Significant skill gaps and learning needs in the Industry require new approaches. ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 119. 460-464. 10.1515/zwf-2024-1083.

Dommermuth M (2024b) Modular Learning Factories for Industry 4.0 - Acquisition of target-oriented action competence to accelerate industrial implementation. 25-30. 10.30844/I4SE.24.4.24.

Gobara R, Lertvittayakumjorn P, Augenstein I, Scarton C (2024) Do Large Language Models Adapt Text Complexity to Users? arXiv preprint. DOI: 10.48550/arXiv.2402.14453.

McCall M W Jr, Lombardo M M, Morrison A M (1988) The lessons of experience: How successful executives develop on the job. Lexington, MA: Lexington Books.

Ninaus M, Sailer M (2022) Zwischen Mensch und Maschine: Künstliche Intelligenz zur Förderung von Lernprozessen. Lernen und Lernstörungen. 11. 10.1024/2235-0977/a000386.

Pundt L (2023) Demografischer Wandel und Demografiemanagement. In: Werkmann-Karcher, B., Müller, A., Zbinden, T. (eds) Personalpsychologie für das Human Resource Management. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-65308-1_4.

World Economic Forum (2025) Future of Jobs Report 2025. World Economic Forum, Geneva. https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2025/.

Zornek, W. (2024). Willkommen in der VUCA (BANI)-Welt. In: Strategisches Management Reloaded. Haufe, München. https://doi.org/10.34157/978-3-648-17700-6_2.

Danksagung: Ein besonderer Dank gilt Herrn Lukas Lange, Herrn Paul Baireuther und Frau Zahou Zhengyu als Forscher und Entwickler des Forschungsbereichs der Robert Bosch GmbH für die stets konstruktive und zielorientierte Zusammenarbeit.

DGUV-Information „Mensch und Arbeitsplatz – Auswahl und Einsatz von Exoskeletten“

Ines SCHALK[1], Ulrich GLITSCH[2], Stephan HUIS[3], Daniel KERN[4], Kerstin STEINDORF[5], Gabriele WINTER[6], Lennart RALFS[7], Ralf SCHICK[1]

[1] Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik, M 5, 7, D-68161 Mannheim
[2] Institut für Arbeitsschutz der DGUV, Alte Heerstr. 111, D-53757 Sankt Augustin
[3]Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe, Dynamostraße 7-11, D-68165 Mannheim
[4]Berufsgenossenschaft Holz und Metall, Vollmoellerstraße 11, D-70563 Stuttgart
[5]Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Pirnaer Landstraße 40, D-01237 Dresden
[6]Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation, Wittichstr. 2, D-64295 Darmstadt
[7]Universität Innsbruck, Professur Fertigungstechnik, Technikerstraße 13, 2. OG, A-6020 Innsbruck

Kurzfassung: Eine Projektgruppe aus dem Sachgebiet Physische Belastung der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) hat eine neue DGUV-Information zu Auswahl und Einsatz von Exoskeletten für den betrieblichen Einsatz erstellt. Der im Rahmen des Forschungsprojektes „Exo@Work“ entwickelte Leitfaden zur Evaluation von Exoskeletten für den Einsatz an gewerblichen Arbeitsplätzen war Grundlage dieser DGUV-Information.
Die Informationschrift richtet sich an Akteurinnen und Akteure für Sicherheit und Gesundheit in den Unternehmen, die einen betrieblichen Einsatz von Exoskeletten planen. Die zentralen Schritte der Auswahl und Bewertung von Exoskeletten im betrieblichen Kontext, sowie wesentliche Handlungsempfehlungen werden für die Anwender kompakt und praxistauglich zusammengefasst.

Schlüsselwörter: Exoskelette, DGUV-Information, Auswahl, Evaluation, Einsatz

1. Problemstellung und Ziel

Exoskelette stellen eine neue Möglichkeit der Prävention als personengebundene Maßnahme dar. Sie können an Arbeitsplätzen mit körperlicher Belastung eine Verringerung dieser bewirken (Luger et al. 2022). Es muss jedoch für jeden Arbeitsplatz spezifisch geprüft werden, ob ein Exoskelett zu einer nachhaltigen Verbesserung der Belastungen führt und welches Exoskelett für den jeweiligen Anwendungsfall am besten geeignet ist. Hierfür braucht es eine Eignungsbewertung von Exoskeletten, für die es bisher noch kein standardisiertes und zuverlässiges Vorgehen gibt. Auswahl und Bewertung sind aufgrund der Vielzahl am Markt verfügbarer Produkte für

Unternehmen nicht leicht (Weidner et al. 2020). So gibt es Exoskelette für verschiedene Körperregionen, die sich hinsichtlich ihrer Gestalt, Bauweise sowie mechanischen und biomechanischen Funktionsweise unterscheiden. Weiterhin sind Exoskelette meist für bestimmte Anwendungsfälle entwickelt, die an gewerblichen Arbeitsplätzen in unterschiedlicher Form, Häufigkeit und Umfang auftreten können (Ralfs et al. 2023).

Ziel dieser Informationsschrift ist es, eine Grundlage zur Bewertung von Exoskeletten bei gewerblicher Anwendung bereitzustellen. Hierfür wird eine systematische Schritt-für-Schritt-Anweisung beschrieben und um Checklisten, Leitfragen, Diagramme und Handlungsempfehlungen ergänzt. Dadurch werden fundierte und vergleichbare Untersuchungsergebnisse sichergestellt und die Auswahl eines geeigneten Exoskeletts für den jeweiligen Anwendungsfall unterstützt.

2. Was Sie über Exoskelette wissen sollten

Exoskelette sind am Körper getragene technische Systeme, die durch mechanische Kopplung auf den Körper einwirken. Im beruflichen Kontext zielen sie darauf ab, Funktionen des Muskel-Skelett- Systems bei körperlicher Arbeit zu unterstützen.

Exoskelette unterscheiden sich nach dem Antriebsprinzip, der adressierten Körperregion, ihrer Gestalt, ihrer Bauweise sowie ihrer mechanischen und biomechanischen Funktionsweise (Crea et al. 2021).

Passive Exoskelette nutzen die von der anwendenden Person aufgebrachte Energie, die in Elementen wie Federn oder elastischen Bändern gespeichert und in weiterer Bewegungsfolge mechanisch wieder freigegeben wird. Aktive Exoskelette verfügen dagegen zusätzlich über eine externe Energieversorgung und verwenden bspw. elektrische oder pneumatische Antriebe.

Für die Anwendung an gewerblichen Arbeitsplätzen existieren Exoskelette zur Unterstützung des Rückens, der oberen Extremitäten sowie der unteren Extremitäten. Am weitesten verbreitet sind schulter- und rückenunterstützende Exoskelette.

Entsprechend ihres Antriebsprinzips, adressierter Körperregion, Gestalt und Bauweise funktionieren und wirken Exoskelette unterschiedlich. Durch Aufnehmen oder Umleiten von Kräften können vorzeitige Ermüdung und Überbeanspruchungen besonders stark belasteter Körperregionen vermindert werden (de Looze et al. 2016). Darüber hinaus können Exoskelette Körperhaltungen verbessern (Bär et al. 2024).

Dabei bieten die meisten derzeit auf dem Markt verfügbaren Exoskelette nur eine Teilunterstützung an (Ralfs et al. 2023). Alleine durch deren Einsatz können die Gefährdungen unergonomischer Arbeitsplätze z. B. mit hohen Lastgewichten oder Häufigkeiten nicht beseitigt werden.

Exoskelette in der gewerblichen Nutzung können belastende Bewegungen und Haltungen – vor allem Zwangshaltungen (z. B. Rumpfbeuge oder Überkopfarbeit) – erleichtern. Darüber hinaus können Körperhaltungen stabilisiert werden.

Sowohl passive als auch aktive Exoskelette haben in Abhängigkeit der konkreten Tätigkeit unterschiedliche Unterstützungseffekte. In der Regel weisen aktive Exoskelette die Möglichkeit einer regelbaren Unterstützung während der Verrichtung einer Arbeitsaufgabe auf, insbesondere bei Tätigkeiten mit einer erhöhten Varianz bei den Bewegungsabläufen und Lastgewichten. Passive Systeme eignen sich vor allem für Arbeitsabläufe mit nur geringer Bewegungsvariation und gleichbleibenden Lastgewichten.

Exoskelette kommen nur dort infrage, wo andere arbeitsgestalterische Maßnahmen wie eine Anpassung der Arbeitshöhe oder technische Hilfsmittel wie Gabelstapler, Kran und Vakuumheber etc. nicht möglich oder ausgeschöpft sind.

3. Die richtige Auswahl von Exoskeletten

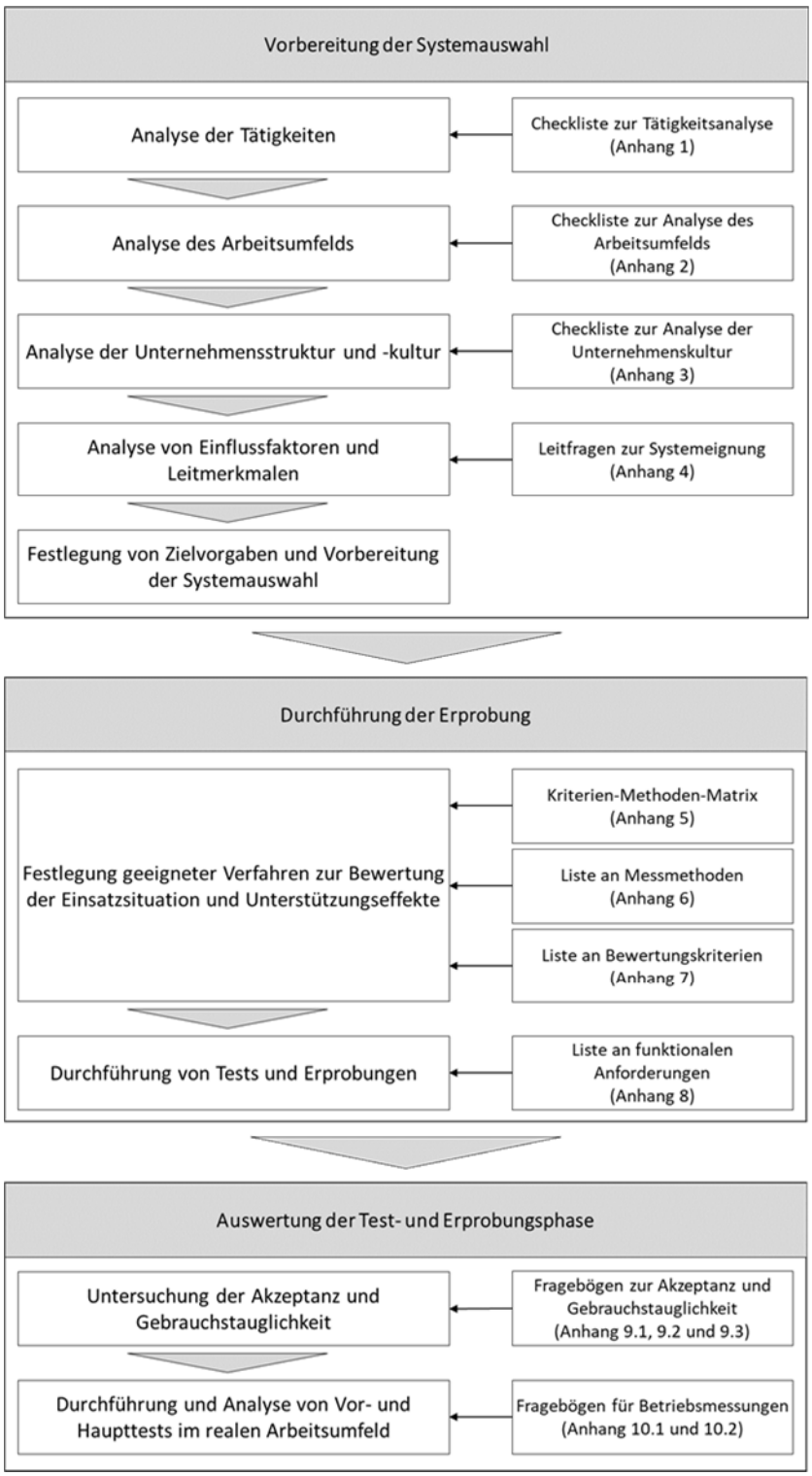


***Abbildung 1**: Vorgehen zur Auswahl eines geeigneten Exoskeletts.*

3.1 Vorbereitung

Wesentliche Grundlage für eine Systemauswahl ist die Analyse der Tätigkeiten, bei welchen ein Exoskelett unterstützen soll (Haupttätigkeiten) bzw. das System nicht behindern darf (Nebentätigkeiten). Entscheidend für die richtige Auswahl ist auch die Kompatibilität mit Werkzeugen und weiteren Hilfsmitteln. Aus den ermittelten Tätigkeiten und Bewegungsmustern ist abzuleiten, ob und welche Körperregion besonders belastet sind (Engpassbetrachtung) und unterstützt werden sollten. Es muss ein Exoskelett ausgewählt werden, das die besonders belastete Körperregion adressiert. Weitere Aspekte, die bei der Systemauswahl beachtet werden sollten, sind das Arbeitsumfeld sowie die Unternehmensstruktur und -kultur.

Bevor die Auswahl eines geeigneten Systems getroffen werden kann, ist es wichtig verschiedene Eigenschaften in Bezug auf den Arbeitsplatz, die nutzende Person sowie die in Betracht kommenden Exoskelette als Einflussfaktoren zu berücksichtigen.

Diese Eigenschaften fließen in übergeordnete Leitmerkmale ein und beeinflussen deren Ausprägung:

- Gestaltung des Systems (z. B. Energieversorgung, Systemanbindung, Systemgewicht)
- Handhabung des Systems (z. B. An- und Ablegen, Regelung der Unterstützungsleistung, Kompatibilität mit PSA, Entkopplung bei Nebentätigkeiten)
- Mensch-Technik-Interaktion (z. B. Bewegungsfreiheit, Größenanpassung, Wärmeentwicklung)
- Nutzen des Systems (z. B. Unterstützung bzw. Entlastung, unterstützte Bewegungen)

Diese Leitmerkmale bestimmen mit den Querschnittsthemen Tragekomfort, Sicherheit, Robustheit und Wartung maßgeblich die Eignung von Exoskeletten für den Einsatz in unterschiedlichen Arbeitsabläufen.

Sind die Grundlagen und Einflussfaktoren für die Systemauswahl identifiziert, folgt die Auswahl eines geeignet erscheinenden Exoskeletts. Die Grundlage dafür stellen die auftretenden Bewegungen und Belastungen während der Tätigkeiten dar. So sollte zunächst geprüft werden, welche Körperregion vorrangig belastet ist. Als Folge kann dann die Zielregion des Exoskeletts ermittelt werden. Wird bspw. vor allem der untere Rücken belastet, sollte auf eine mögliche Unterstützung durch ein Exoskelett zur Rückenunterstützung fokussiert werden.

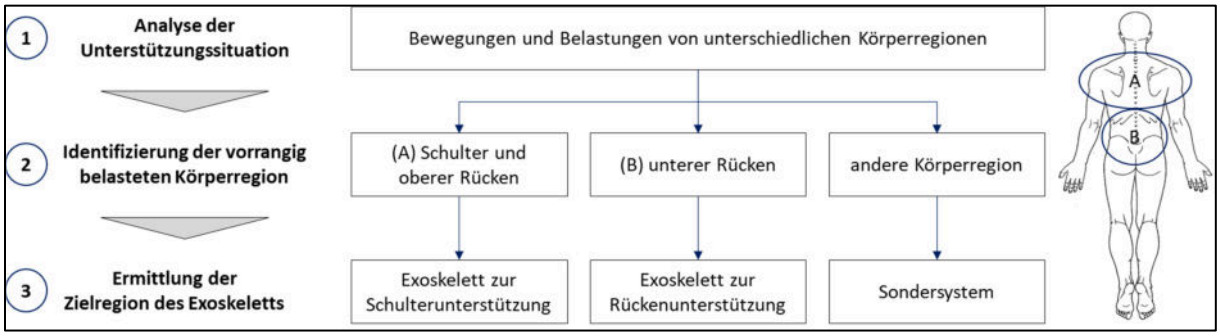


***Abbildung 2**: Vorgehen bei der Systemauswahl.*

Nach erfolgter Ermittlung der Zielregion kann die Auswahl eines spezifischen Exoskeletts zur Unterstützung dieser Körperregion erfolgen.

Für die Vorbereitung der Auswahl eignet sich das folgende schrittweise Vorgehen:

- Schritt 1: Auswahl relevanter Eigenschaften und Charakteristika, anhand derer die Exoskelette bewertet werden können
- Schritt 2: Festlegen der tätigkeitsbezogenen Anforderungen anhand der in Schritt 1 ausgewählten Eigenschaften
- Schritt 3: Vergleich der Systemeigenschaften des Exoskeletts / der Exoskelette mit dem Anforderungsprofil aus Schritt 2
- Schritt 4: Auswahl des Exoskeletts, dessen Systemeigenschaften am besten zu den tätigkeitsbezogenen Anforderungen passt

3.2 Durchführung der Erprobung

Bevor die Erprobung eines Exoskeletts erfolgen kann, sind geeignete Verfahren zur Bewertung der Einsatzsituation und der Unterstützungseffekte des Exoskeletts festzulegen.

Dazu dient eine Kriterien-Methoden-Matrix, welche eine Liste von unterschiedlichen Verfahren umfasst. Dabei eignen sich objektive Verfahren, wie die Messung der körperlichen Belastung, vorzugsweise für wissenschaftliche Feld- und Laboruntersuchungen. Subjektive Verfahren wie Befragungen sind für innerbetriebliche Test- und Erprobungsphasen geeignet. Im Idealfall werden bei innerbetrieblichen Anwendungen subjektive und objektive Verfahren kombiniert eingesetzt, um ein besseres Gesamtbild zu erhalten. Die subjektiven und objektiven Verfahren zielen darauf ab, unterschiedliche Kriterien wie Belastungsempfinden und Belastungsreduktion zu untersuchen.

Test- und Erprobungsphasen sind eine geeignete Möglichkeit, um Unterstützungseffekte von Exoskeletten zu bewerten. Ein einheitliches und systematisches Vorgehen trägt dazu bei, belastbare und untereinander vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Idealerweise werden Exoskelette direkt am betroffenen Arbeitsplatz getestet. Eine arbeitsmedizinische Begleitung sollte bereits während der Test- und Erprobungsphasen gewährleistet sein, um Beschwerden (z. B. Hautverletzungen durch Reibungen etc.) frühzeitig zu erkennen.

3.3 Auswertung der Test- und Erprobungsphase

Neben einer sorgfältigen Planung und Durchführung der Test- und Erprobungsphase bildet deren Auswertung die Basis für die erfolgreiche Auswahl und Einführung eines geeigneten Exoskeletts.

Für die Auswertung bietet es sich an, die Methodik zur Auswahl von Exoskeletten (Kapitel 3.1) für die Erprobung auf Basis der gesammelten Daten und Eigenschaften zu wiederholen und zu verfeinern. Das grundlegende Vorgehen ist dabei identisch, allerdings kann es auf Basis der durchgeführten Erprobung(en) ggf. in folgenden Aspekten angepasst werden:

- Welche Eigenschaften sollen für die Auswertung betrachtet werden?
- Wo liegen die Zielbereiche je Eigenschaft für das jeweilige Tätigkeitsprofil?
- Wie werden Exoskelette im Hinblick auf die jeweiligen Eigenschaften bewertet?

4. Literatur

Bär M, Luger T, Seibt R., Rieger MA, Steinhilber B (2024) Using a passive back exoskeleton during a simulated sorting task: influence on muscle activity, posture, and heart rate. Human Factors 66(1):40-55.

Crea S, Beckerle P, De Looze M, De Pauw K, Grazi L, Kermavnar T, Masood J (2021) Occupational exoskeletons: A roadmap toward large-scale adoption. Methodology and challenges of bringing exoskeletons to workplaces. Wearable Technologies 2:e11.

de Looze MP, Bosch T, Krause F, Stadler KS, O'Sullivan LW (2015) Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical work load. Ergonomics 59(5):671–681.

Luger T, Bär M, Rieger MA, Steinhilber B (2022) Exoskeletons for reducing physical stress and strain in occupational tasks: a systematic review. Safety and Health at Work 13:336.

Ralfs L, Hoffmann N, Glitsch U, Heinrich K, Johns K, Weidner R (2023) Insights into evaluating and using industrial exoskeletons: Summary report, guideline, and lessons learned from the interdisciplinary project "Exo@Work". International Journal of Industrial Ergonomics 97.

Weidner R, Linnenberg L, Hoffmann N, Prokop G, Edwards V (2020) Exoskelette für den industriellen Kontext: Systematisches Review und Klassifikation. In: 66. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaften: Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Analyse asymmetrischer Lastenhandhabungen mit einem rumpfunterstützenden Exoskelett

Jasper JOHNS, Lukas KRÄMER, Omar EL-EDRISSI, Kai HEINRICH, Ulrich GLITSCH

Institut für Arbeitsschutz der DGUV,
Alte Heerstr. 111, D-53757 Sankt Augustin

Kurzfassung: Ein passives rückenunterstützendes Exoskelett wurde hinsichtlich seiner Wirksamkeit bei asymmetrischen Lastenhandhabungen analysiert. Zwölf Probanden stapelten Kisten in verschiedenen asymmetrischen Positionen (90°, 135° und 180°) in einen Gitterwagen. Kinematische Daten und die L5/S1-Gelenkmomente (Extension, Lateralflexion, Rotation) wurden ausgewertet. Die Ergebnisse zeigten eine signifikante Reduktion des Extensionsmoments um 5–13 %, die direkt auf die Exoskelett-Unterstützung zurückzuführen war. Hingegen führten kinematische Anpassungen zu einer Reduktion der Lateralflexions- und Rotationsmomente. Die veränderte Bewegungsausführung könnte potenziell die Akzeptanz im praktischen Einsatz beeinflussen und verdeutlicht die Notwendigkeit von Messungen in der betrieblichen Praxis.

Schlüsselwörter: Ergonomie, Biomechanik, Muskel-Skelett-Belastungen, Exoskelett, Lastenhandhabung, L5/S1

1. Einleitung

Rückenunterstützende Exoskelette sind eine aktuell viel diskutierte ergonomische Intervention, um arbeitsbedingte Muskel-Skelett-Erkrankungen zu reduzieren. Durch eine flexible Einsatzmöglichkeit wird ihr Einsatz insbesondere in Berufen mit hoher physischer Belastung und variablen Arbeitsbedingungen wie der Logistik oder Bauindustrie erprobt. Die Systeme zielen darauf ab, die Belastung der Lendenwirbelsäule durch die Bereitstellung einer mechanischen Unterstützung zu verringern. Die meisten rückenunterstützenden Exoskelette generieren dafür im Bereich der Hüftgelenke ein externes Extensionsmoment in der Sagittalebene. Dieses unterstützt bei der Ausführung von Tätigkeiten mit einer Rumpfvorbeuge, wie Heben oder Halten. Das Ziel des Einsatzes von Exoskeletten ist es das Risiko langfristiger gesundheitlicher Beeinträchtigungen auf Grund von physischer Überbelastung zu minimieren. Bisherige Studien konnten eine biomechanische Wirksamkeit der Systeme nachweisen, konzentrierten sich jedoch weitgehend auf symmetrische Bewegungen unter kontrollierten Laborbedingungen (Glitsch et al. 2019; Koopman et al. 2020; Madinei & Nussbaum 2023; Kermavnar et al. 2021; Abdoli et al. 2006; Alemi et al. 2020). Asymmetrische Belastungsszenarien hingegen, wie sie im Arbeitsalltag häufig auftreten, sind bisher unzureichend untersucht worden. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es deshalb, die Effekte eines passiven Exoskeletts auf die Belastung der Lendenwirbelsäule (L5/S1-Gelenk) bei asymmetrischen Lastenhandhabungen biomechanisch zu analysieren. Darüber hinaus wurde die globale Orientierung des Beckens bei der Ausführung der Ausführung betrachtet, um potenzielle Veränderungen der Bewegungsausführung beim Tragen des Exoskeletts zu evaluieren.

2. Methoden

Zwölf gesunde Erwachsene (6 Männer, 6 Frauen; Durchschnittsalter 28 ± 11 Jahre) nahmen an der Studie teil. Die Probanden wiesen keine muskuloskelettalen Erkrankungen auf und wurden aus einem Studierendenkollektiv rekrutiert. Die ausgeführte Tätigkeit imitierte eine an Logistikarbeitsarbeitsplätzen beobachtete Aufgabe, das Beladen eines Gitterwagens. Die Versuchspersonen wurden angewiesen jeweils 4 Kisten (10 kg pro Kiste, unten „Box4“ bis oben „Box1“) in einen Gitterwagen zu stapeln. Drei asymmetrische Szenarien wurden simuliert (Abb. 1): frontale Position des Gitterwagens (resultierend in einem Lasttransfer über 90°; „Task90“), diagonale Position („Task135“) und seitliche Position („Task180“). Jede Bedingung wurde mit und ohne Exoskelett („EXO“ und „NoEXO“) durchgeführt, wobei durch eine Blockrandomisierung Lern- und Ermüdungseffekte minimiert wurden.

Das verwendete Exoskelett (Laevo v2.57, Laevo, Delft, NL) ist ein passiv unterstützendes System, das mittels eines Federmechanismus die Vorbeugung des Oberkörpers entlastet. Der Mechanismus speichert Federenergie beim Vorbeugen und gibt diese beim Aufrichten des Körpers teilweise zurück. Das Exoskelett wurde individuell an die Probanden angepasst. Bewegungsdaten wurden über ein 3D-Motion-Capture-System (Vicon Motion Systems Ltd., Oxford, UK) erfasst, das 52 Marker an definierten anatomischen Landmarken aufzeichnete. Acht zusätzliche Marker wurden auf dem Exoskelett platziert, um den Exoskelett Flexionswinkel für die Berechnung des Unterstützungsmoments bestimmen zu können (Johns et al. 2021; Johns et al. 2024)

Die 3D L5/S1-Gelenkmomente wurden mittels invers-dynamischer Modellierung berechnet. Die Unterstützung des Exoskeletts wurde in Form einer, entlang der rigiden Exoskelett-Struktur, auf den Thorax wirkenden externen Kraft in die Berechnungen integriert. Zusätzlich wurde die globale Orientierung des Beckens als Winkel der lateralen Achse des Segments im Raum im Moment des Absetzens der Kiste im Gitterwagen quantifiziert. Dadurch sollte ein möglicher Einfluss des Exoskeletts auf die Ausführung der Bewegung detektiert werden. Um zusätzlich den expliziten Einfluss der Exoskelett-Unterstützung erkennen zu können, wurde der Datensatz mit Exoskelett in die Bedingungen EXO-on und EXO-off aufgeteilt. Auf Basis derselben Bewegungsdaten wurden die Belastungen hier einmal mit und einmal ohne Berücksichtigung der Exoskelett-Unterstützung modelliert.

Die Maxima der L5/S1-Gelenkmomente (aufgeteilt nach Extension, Lateralflexion und re. /li. Rotation), sowie die Beckenorientierung wurden mit jeweils gemischten ANOVA-Modellen analysiert. Diese Modelle erlauben die Berücksichtigung von Interaktionen zwischen den Faktoren Exoskelett, Position und Kistenhöhe als feste Effekte und dem Faktor Proband als zufälliger Effekt. Post-hoc-Tests mit Tukey-Korrektur wurden angewandt, um die paarweisen Unterschiede zwischen den Versuchsbedingungen (EXO-on vs. EXO-off vs. NoEXO) zu bestimmen.

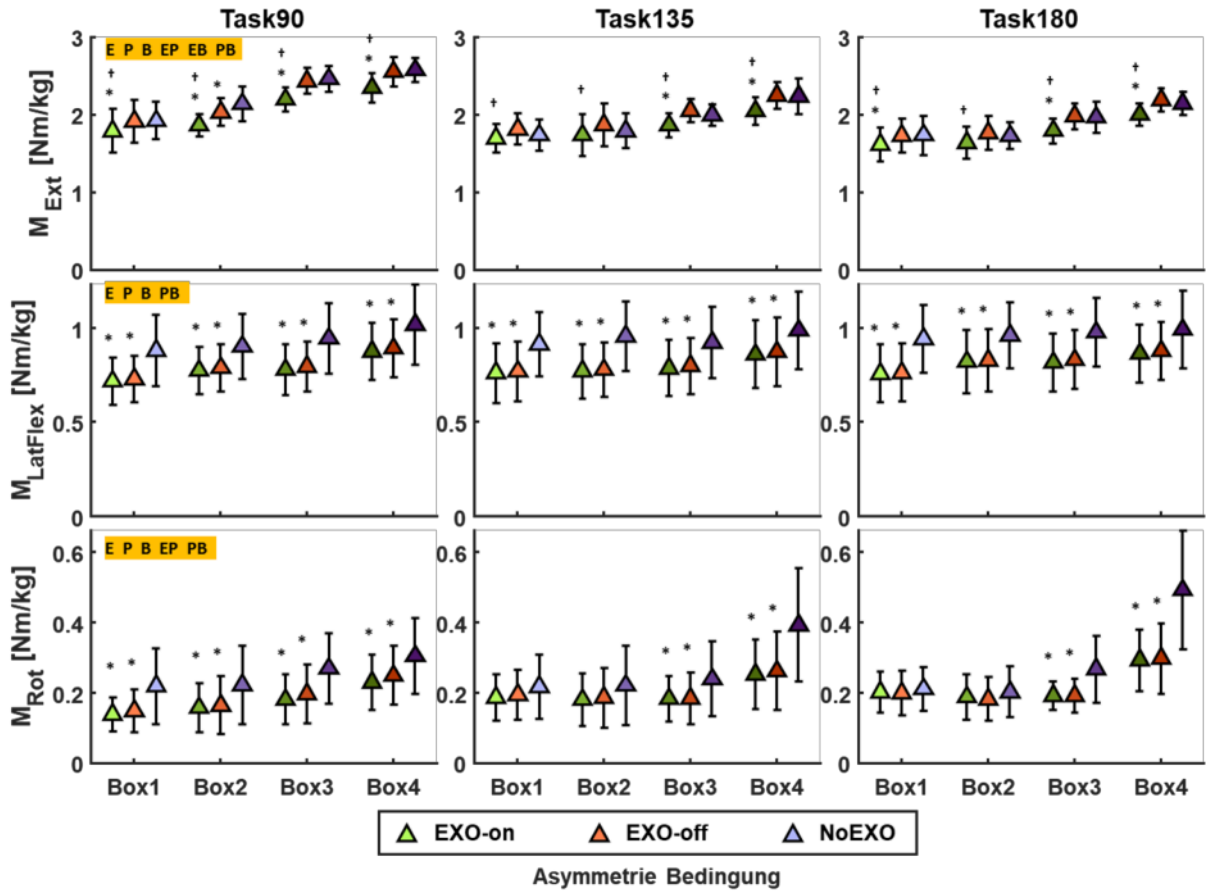


***Abbildung 1**: Übersicht der Lumbalmomente in den verschiedenen Asymmetrie-Bedingungen (jeweils Spalten mit Panels zu Task90, Task135, Task180) und Kisten (jeweils gruppiert in den einzelnen Panels mit dunkler werdenden Farben von Box1 bis Box4). Die gelbe Box jeweils im Panel Task90 gibt die signifikanten Haupt- und Interaktionseffekte für die verschiedenen Belastungskomponenten an (Faktoren: E – Exoskelett; P – Position; B – Box). * - gibt einen signifikanten paarweisen Vergleich zu NoExo mit $p < 0.05$ an. † - gibt einen signifikanten Unterschied zu EXO-off mit $p < 0.05$ an.*

3. Ergebnisse

Die L5/S1 Extensionsmomente waren bei EXO-on im Vergleich zu NoExo signifikant reduziert (5 - 13 %, $p < 0.05$), unabhängig vom Grad der Asymmetrie. Besonders ausgeprägt waren diese Effekte bei den niedrigeren Kistenhöhen (siehe „Box 3“ und „Box 4“ in Abb. 1), die eine größere Vorbeuge erforderten. Im Vergleich zwischen EXO-on und EXO-off zeigt sich weitestgehend dasselbe Bild. Entsprechend gab es zwischen EXO-off und NoEXO fast keine Unterschiede (Abbildung 1).

Für die Lateralflexions- und Rotationsmomente wurden ebenfalls Reduktionen durch das Exoskelett beobachtet. Diesmal jedoch für sowohl EXO-on als auch EXO-off im selben Maß. Auch hier wurde ein zunehmender Effekt für die tieferen Kistenhöhen gefunden (Abbildung 1).

Mit zunehmender Asymmetrie und abnehmender Höhe der Kiste zeigte sich eine signifikante Veränderung der Beckenorientierung. Die Probanden veränderten beim Tragen des Exoskeletts die Ausrichtung ihres Beckens beim Absetzen der Last in

Richtung der Last bzw. des Gitterwagens. Während hier bei „Task90“ noch keine Unterschiede beobachtet werden konnten, zeigt bei „Task180“ auch der Vergleich für die höchste Kiste („Box1“) signifikante Unterschiede (Abb. 2).

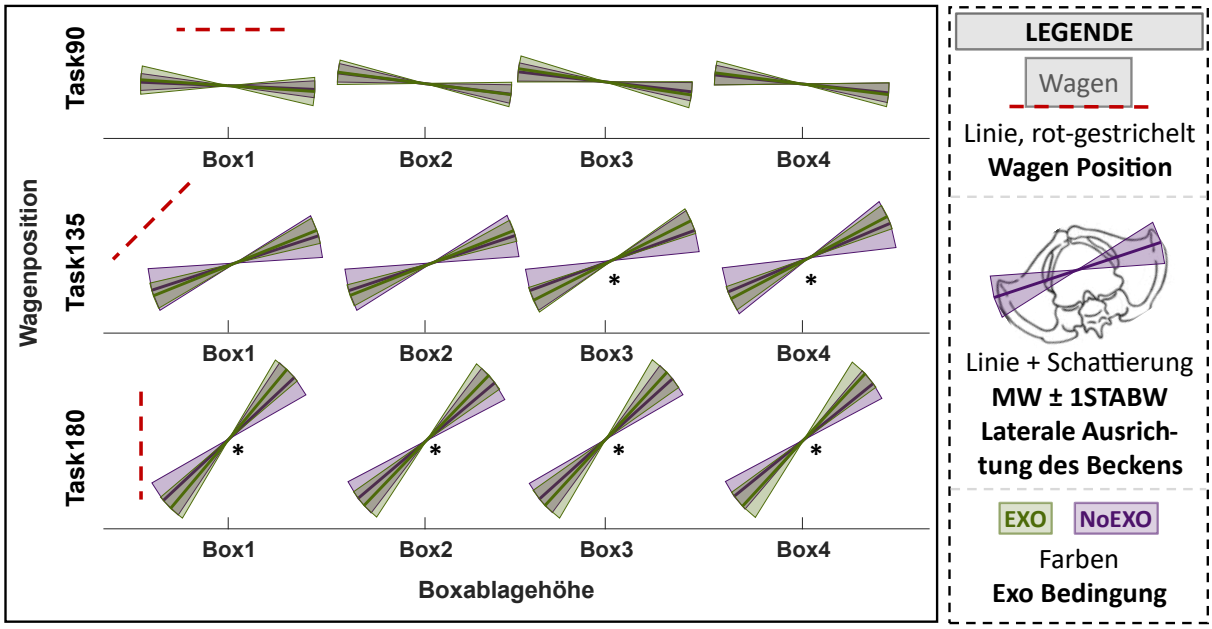


***Abbildung 2**: Übersicht der lateralen Orientierung des Beckensegments im Moment des Absetzens der Box im Gitterwagen. Die Abbildung ist als Draufsicht der Transversalebene dargestellt. Die Linien und Schattierungen stellen den Mittelwert ± 1 Standardabweichung der Ausrichtung der Verbindungslinie zwischen den Hüftgelenkszentren dar. Am Anfang jeder Zeile ist die Positionierung des Gitterwagens in der entsprechenden Versuchsbedingung visualisiert. * - gibt einen signifikanten Unterschied zu NoExo mit $p < 0.05$ an.*

4. Diskussion

Die Ergebnisse demonstrieren, dass das getestete Exoskelett die biomechanische Belastung der Lendenwirbelsäule unabhängig des Ausmaßes der Asymmetrie effektiv reduzieren kann. Die gefundenen Reduktionen der Extensionsmomente können durch den Vergleich von EXO-on mit NoEXO bzw. EXO-off direkt auf die Unterstützung des Exoskeletts zurückgeführt werden. Da es nahezu keine Unterschiede zwischen EXO-off und NoEXO gab, kann ausgeschlossen werden, dass bspw. kinematische Veränderungen durch das Tragen des Exoskeletts die Extensionsmomente beeinflusst haben. Da EXO-on und EXO-off derselbe kinematische Datensatz zugrunde liegt, kann die beobachtete Reduktion also auf das „Anschalten“ der Unterstützung im Modell zurückgeführt werden. Wie in den Ergebnissen dargestellt dreht sich dieses Bild komplett bei der Betrachtung der Lateralflexions- und Rotationsmomente um. Dort zeigt die Übereinstimmung von EXO-on und EXO-off, dass die Unterstützung des Exoskeletts keinen zusätzlichen Effekt auf diese Komponenten des L5/S1 Gelenkmoments hat. Hier gab es folglich kinematische Veränderungen beim Tragen des Exoskeletts, die einen Effekt auf die entsprechenden Komponenten des L5/S1 Gelenkmoments hatten.

Dies ergibt in Verbindung mit der Analyse der Beckenorientierung ein kohärentes Bild. Dort bestätigen sich die vermuteten kinematischen Unterschiede, vor allem in den

Bedingungen „Task135“ und „Task180“. Bei zunehmender Asymmetrie und dem Absetzen der unteren Kisten, veränderte sich der beobachtete Winkel des Beckensegments im Raum. Die Probanden rotierten ihr Becken also weiter in Richtung des Gitterwagens beim Absetzen der Kiste. Folglich verlangt diese Bewegung weniger Rotation und Lateralflexion in der Wirbelsäule, was zu den beobachteten reduzierten Momenten in diesen Komponenten passt. Während diese Anpassung der Bewegungsausführung auf den ersten Blick den positiven Effekt reduzierter Lumbalbelastungen mit sich bringt, dürfen mögliche Implikationen für den Einsatz der Exoskelette an industriellen Arbeitsplätzen nicht außer Acht gelassen werden. Ein potenzieller Nachteil dieser Anpassungen ist die Möglichkeit, dass die kinematische Veränderung als störend empfunden wird. Gerade an Arbeitsplätzen mit repetitiven Tätigkeiten, an denen Beschäftige eine Routine entwickeln und diese Bewegungen über Jahre hinweg gelernt haben, ist zu erwarten, dass schon kleine Veränderungen spürbar sind. Diese können kurzfristig als negativer empfunden werden als die potenziellen positiven Effekte durch einen langfristigen Einsatz der Exoskelette.

Limitiert war diese Untersuchung durch die Testung an einer homogenen und nicht repräsentativen Stichprobe aus Studierenden. Außerdem lassen sich die Ergebnisse nicht auf andere Exoskelette verallgemeinern, da verschiedene Bauweisen einen unterschiedlichen Effekt auf die Bewegungsfreiheit mit Exoskelett haben kann. Ob die beobachteten Bewegungsänderungen auf Grund der Einwirkung der Unterstützung oder einer wahrgenommenen Einschränkung der Bewegungsfreiheit aufgetreten sind, lässt sich nicht abschließend beantworten.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das getestete Exoskelett unabhängig von der Ausprägung der Asymmetrie durch die bereitgestellte Unterstützung das L5/S1 Extensionsmoment reduzieren konnte. Die angedachte Funktion, im Sinne einer Entlastung der lumbalen Wirbelsäule, wurde somit auch bei asymmetrischen Bewegungen erfüllt. Eine zusätzlich beobachtete Reduktion der Lateralflexions- und Rotationsmomente am L5/S1 Gelenk konnte auf eine veränderte Bewegungsausführung zurückgeführt werden. Eine veränderte Orientierung des Beckensegments beim Absetzen der Last, führte in der aktuellen Untersuchung zu einer indirekten Reduktion der Lumbalmomente, könnte an realen Arbeitsplätzen jedoch eine Verminderung der Akzeptanz bedeuten.

5. Literatur

Abdoli EM, Agnew MJ, Stevenson JM (2006) An on-body personal lift augmentation device (PLAD) reduces EMG amplitude of erector spinae during lifting tasks. Clin Biomech (Bristol) 21(5):456-65

Alemi MM, Madinei S, Kim S, Srinivasan D, Nussbaum MA (2020) Effects of Two Passive Back-Support Exoskeletons on Muscle Activity, Energy Expenditure, and Subjective Assessments During Repetitive Lifting. Hum Factors 62(3):458-474.

Glitsch U, Bäuerle I, Hertrich L, Heinrich K, Liedtke M (2019) Biomechanische Beurteilung der Wirksamkeit von rumpfunterstützenden Exoskeletten für den industriellen Einsatz. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 74(4):294-305.

Johns J, Heinrich K, Glitsch U (2021) Biomechanische Analyse der Unterstützungswirkung von rumpfunterstützenden Exoskeletten bei manueller Lasthandhabung., 67. GfA-Frühjahrskongress – Arbeit HUMAINE gestalten, Bochum, 03. - 05.03.

Johns J, Schultes I, Heinrich K, Potthast W, Glitsch U (2024) Biomechanical analysis of different back-supporting exoskeletons regarding musculoskeletal loading during lifting and holding. J Biomech 168:112125.

Kermavnar T, de Vries AW, de Looze MP, O'Sullivan LW (2021) Effects of industrial back-support exoskeletons on body loading and user experience: an updated systematic review. Ergonomics 64(6):685-711.

Koopman AS, Kingma I, de Looze MP, van Dieen JH (2020) Effects of a passive back exoskeleton on the mechanical loading of the low-back during symmetric lifting. J Biomech 102:109486.
Madinei S, Nussbaum MA (2023) Estimating lumbar spine loading when using back-support exoskeletons in lifting tasks. J Biomech 147:111439.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Humanoide Roboter in der Produktion – Einsatzszenarien und Forschungsfragen

Tim JESKE[1], Stefan BRAUN[2], Markus HARLACHER[1], Michael GUTH[2]

[1] ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft, Uerdinger Straße 56, D-40474 Düsseldorf
[2] ZENIT – Zentrum für Innovation und Technik in NRW, Bismarckstraße 28, D-45470 Mühlheim an der Ruhr

Kurzfassung: Die Entwicklungen der Robotik und lernender Systeme haben dazu geführt, dass humanoide Roboter entstehen, die nicht nur menschähnlich aussehen, sondern auch menschähnliches Lernen und Verhalten erwarten lassen. Aufgrund dessen wird davon ausgegangen, dass die Komplexität und Varianz von Aufgaben stark zunehmen, die durch humanoide Roboter ausgeführt werden können. Dies eröffnet eine Vielzahl vorstellbarer Einsatzszenarien und weckt die Hoffnung, dass daraus gerade in produzierenden Unternehmen Beiträge bspw. zur weiteren Entlastung des Menschen von repetitiven Aufgaben sowie zum Umgang mit dem Fachkräftemangel entstehen. Damit einher gehen zahlreiche Fragestellungen, die von den möglichen Einsatzszenarien in produzierenden Unternehmen, den damit verbundenen Einführungs- und Veränderungsprozessen bis hin zu den Auswirkungen auf die Aufbau- und Ablauforganisation und das potenzielle Zusammenwirken von Mensch und humanoidem Roboter reichen. Im Beitrag werden Potenziale humanoider Roboter umrissen und erste Erprobungen in großen Unternehmen beschrieben. Davon ausgehend werden weitere Einsatzszenarien ergänzt und damit verbundene Fragestellungen aufgeworfen.

Schlüsselwörter: Humanoide Roboter, Produktion, Potenziale, Einsatzszenarien, Fachkräftemangel, Forschungsfragen

1. Entstehung und Besonderheit humanoider Roboter

Der Mensch entwickelt immer neue Methoden und Hilfsmittel, um seine Arbeitstätigkeit zu erleichtern und seine Produktivität zu steigern. Wesentliche Schritte aufgrund technologischer und organisatorischer Entwicklungen spiegeln die Stufen der industriellen Revolution wider, welche sich mit „Industrie 5.0“ (Menschzentrierung) fortsetzen (Vogel-Heuser & Bengler 2023). Dabei lassen sich die Entwicklungen zunächst nach ihrem hauptsächlich technologischen oder organisatorischen Einfluss unterscheiden, entstehen aber nach und nach immer mehr aus der Synergie technologischer und organisatorischer Entwicklungsanteile.

In ähnlicher Weise haben sich robotische Systeme entwickelt. Diese wurden zunächst hauptsächlich für die Handhabung schwerer Lasten bzw. Bauteile entwickelt und durch mechanische Sicherungseinrichtungen von Arbeitspersonen getrennt. Später entstanden Leichtbauroboter, die zwar geringere Lasten handhaben können, dafür aber aufgrund ihrer geringeren (Schwung-)Masse besser dazu geeignet sind, „lediglich“ durch (steuerungs-)technische Sicherungsmaßnahmen gegen Kollisionen mit

Arbeitspersonen abgesichert zu werden und entsprechend Unfall- bzw. Verletzungsrisiken zu minimieren. Darüber hinaus erleichtern sie die Umsetzung der Mensch-Roboter-Kollaboration, bei der Eigenschaften des Menschen (bspw. hohe Flexibilität) gezielt mit Eigenschaften von Robotern (bspw. hohe Positioniergenauigkeit) kombiniert werden.

In einem ähnlichen Zeitraum hat sich die Informationsverarbeitung mit Künstlicher Intelligenz (KI) und Lernenden Systemen weiterentwickelt und dabei sowohl von der zunehmenden Verfügbarkeit von Daten als auch von der zunehmenden Leistungsfähigkeit von Computersystemen profitiert. Besondere Aufmerksamkeit erlangte diese Entwicklung zuletzt durch Systeme, die menschliche Sprache verarbeiten, Texte und Bilder nach Bedarf generieren und lernfähig sind.

Die Kombination der skizzierten Entwicklungen von Robotik und KI sowie deren integrierte Weiterentwicklung hat zum Entstehen humanoider Roboter geführt (Kemp et al. 2008). Diese Roboter werden durch KI-Systeme gesteuert, interagieren mittels Sensorik und Aktorik mit ihrer Umwelt und sind durch ihre menschähnliche Gestaltung geeignet, sich auch und besonders in unstrukturierten Umgebungen zu bewegen. Die dabei genutzte KI ist im humanoiden Roboter integriert und auf dessen Steuerung ausgerichtet. Sie wird als „Embodied AI“ bezeichnet und erlaubt eine weitgehend autonome und adaptive Interaktion mit der Umgebung (Wang et al. 2024). Die Lernfähigkeit dieser KI-basierten Robotersteuerung ermöglicht es, die robotischen Systeme mit geringem „Anlernaufwand“ für neue Aufgaben einzusetzen. Anstelle einer zeitaufwendigen Programmierung für einzelne spezifische Aufgaben ohne oder mit geringer Varianz tritt dabei voraussichtlich ein menschähnliches Lernen durch Abschauen, analoges Handeln und Dialog (KIT 2018). Dies lässt einen sehr flexiblen Einsatz in von Dynamik geprägten Produktionsumgebungen und ein entsprechend breites Spektrum an Einsatzmöglichen über verschiedene Unternehmensbereiche und Branchen hinweg erwarten.

2. Einsatzszenarien in der betrieblichen Praxis

Aktuell untersuchen und nutzen insbesondere große Unternehmen die Einsatzmöglichkeiten humanoider Roboter. Beispiele von vier Unternehmen aus Logistik und Automobilbau zeigen beispielhaft bisherige Aktivitäten:

- Beim Logistikanbieter GXO Logistics ist ein humanoider Roboter nach einer mehrmonatigen Testphase in den dauerhaften produktiven Betrieb übergegangen; dabei werden Behälter aufgenommen, transportiert und auf einem Fließband platziert (Bünte 2024b). Darüber hinaus wird ein zweiter Roboter getestet; neben Transportaufgaben kommen in diesem Fall auch Kommissionieraufgaben in Betracht, die sich der humanoide Roboter durch Beobachten von Menschen aneignet, die die jeweilige Aufgabe ausführen (Meitinger 2024).
- Der Automobilhersteller Mercedes-Benz testet zunächst die Übernahme von repetitiven und ermüdenden Aufgaben durch Humanoide, bspw. in der Intralogistik, weil in diesem Bereich eine hohe Personalfluktuation besteht und mit häufigem Anlernen einhergeht; anschließend werden Einsätze in der Qualitätskontrolle erwogen (Asche 2024).
- Der Automobilhersteller BMW testet humanoide Roboter in der Handhabung von Blechbauteilen; verschiedene Blechbauteile werden vereinzelt an eine Arbeitsstation angeliefert, durch den humanoiden Roboter präzise in eine Vorrichtung eingelegt und darin miteinander verbunden (Bünte 2024c).

- Der Elektroautomobilhersteller Nio setzt humanoide Roboter in der Produktion ein und nutzt sie zur Montage von Fahrzeugkennzeichnungen sowie zur Qualitätsprüfung bei Türschlössern, Sicherheitsgurten und Schweinwerferabdeckungen. Darüber hinaus wird großes Einsatzpotenzial gesehen, um sowohl gefährliche Tätigkeiten an Humanoide zu übertragen als auch um Arbeitskosten zu senken und die Wettbewerbsfähigkeit zu steigern (Bünte 2024a).

Insgesamt werden in den Beispielen vor allem Logistik- bzw. Transportaufgaben durch Humanoide übernommen; darüber hinaus werden die Übernahme von Kommissionieraufgaben sowie einfacher Montage- und Prüfaufgaben beschrieben. Zudem werden zwei zeitliche Aspekte genannt: Einerseits wird erwartet, dass die Bewegungsgeschwindigkeit humanoider Roboter noch steigen wird; andererseits wird darauf hingewiesen, dass Humanoide nahezu ohne Pause und rund um die Uhr eingesetzt werden können (Bünte 2024c).

3. Weitere mögliche Einsatzszenarien humanoider Roboter

Produzierende Unternehmen müssen aktuell eine Vielzahl an Herausforderungen bewältigen, um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten. Dazu zählt neben Fragen der digitalen und der nachhaltigen Transformation insbesondere der anhaltende Fachkräftemangel. Hier erfordert die begrenzte Verfügbarkeit von Fach- und Arbeitskräften auf der Angebotsseite nicht nur Maßnahmen zur Steigerung der Arbeitgeberattraktivität in Betracht zu ziehen, sondern auch die Bedarfsseite zu betrachten und zu prüfen, wie sich der Bedarf im eigenen Unternehmen verringern lässt. So kann die Strukturierung von Tätigkeitsanteilen nach Fach- und Basisarbeit einen ersten Beitrag leisten, den Fachkräftebedarf bzw. die damit verbundene Lücke zu verringern (Hartmann et al. 2023). Neben solchen Maßnahmen aus dem Bereich der Arbeits- und Prozessgestaltung können auch Bürokratieabbau und eine intensivere Nutzung von Technik (Technisierung) Beiträge dazu leisten, den Bedarf nach Fachkräften zu verringern und Produktion in Deutschland zu erhalten (Lennings et al. 2024). Der Einsatz von humanoiden Robotern trägt zur Technisierung bei und lässt aufgrund der sich abzeichnenden ebenso flexiblen wie umfassenden Einsatz- bzw. Anwendungsmöglichkeiten großes Potenzial erwarten. Es ist davon auszugehen, dass eine Vielzahl an Herstellern im Jahr 2025 ihre humanoiden Roboter zur Serienreife bringen und ausliefern (Horvath 2024). Das damit verbundene Marktvolumen bis zum Jahr 2035 wird auf 1,4 Mio. Einheiten bzw. 38 Mrd. US-Dollar geschätzt; dabei sind technologische Fortschritte, sinkende Produktionskosten und steigende Nachfrage berücksichtigt (Du et al. 2024).

Neben der inhaltlichen Flexibilität, potenziell ein sehr breites Spektrum an Aufgaben ausführen zu können, kommt auch eine räumliche Flexibilität und Mobilität hinzu: Entgegen klassischen Robotersystemen, kann auf Fundamente und Trenneinrichtungen wie Zäune oder Einhausungen ebenso verzichtet werden wie auf spezifische Wege und Wegmarkierungen. Humanoide können prinzipiell alle Arbeitsplätze und Wege nutzen, die für den Menschen zugänglich und nutzbar sind. Darüber hinaus sind gefährliche oder besonders beanspruchende Arbeitsbereiche für ihren Einsatz prädestiniert.

Die skizzierten Einsatzszenarien im Bereich von Logistik, Transport, Kommissionierung sowie einfacher Montage- und Prüfaufgaben lassen sich daher erweitern:

- Erweiterung der bisher beschrieben Transportaufgaben von Wegen zwischen einem Regal und einem Ablageort hin zu verschiedenen Aufnahme- und Ablageorten und um die Handhabung von Kleinteilen und von biegeschlaffen Bauteilen.

- Erhöhung der Varianz bei Kommissionieraufgaben
- Erweiterung von Einlegearbeiten in Maschinen und Vorrichtungen um biegeschlaffe Bauteile
- Erweiterung des Umfangs und der Komplexität übertragener bzw. übertragbarer Montage- und Prüfaufgaben

Als grundlegende Ansätze für Einsatzszenarien zeichnen sich ab:

- Einsatz bei körperlich beanspruchenden Tätigkeiten
- Einsatz bei repetitiven Tätigkeiten
- Einsatz in Reinräumen und Gefahrenbereichen
- Einsatz in gesundheitsgefährdenden Bereichen
- Flexibler Einsatz als Urlaubsvertretung nach entsprechender „Einarbeitung“ durch bspw. Beobachtung im zeitlichen Vorlauf
- Einsatz als Krankheitsvertretung bei geringem „Einarbeitungsaufwand“ oder an Arbeitsplätzen, die zuvor bereits zur Urlaubsvertretung „eingelernt“ wurden
- Gezieltes „Anlernen“ eines Humanoiden zum flexiblen Einsatz als Springer in einem breiten Bereich an Arbeitsaufgaben bzw. Tätigkeiten
- Abmildern von Auslastungsschwankungen durch situativen Einsatz in Bereichen mit One-Piece-Flow
- Durchführung von Rüstaufgaben durch Fachkräfte mit anschließender Ausführung der zugehörigen Tätigkeit durch humanoide Roboter

Einsatzszenarien aufgrund spezifischer Eigenschaften von humanoiden Robotern:

- Weiterentwicklung der Mensch-Roboter-Kollaboration mit zusätzlichen Nutzungsmöglichkeiten und entsprechenden Sicherheitsanforderungen
- Weiterentwicklung von Schicht- und Wochenendarbeit im Bereich von Konzepten für menschlose Schichten
- Bei Ausfall eines Humanoiden oder während Wartungsarbeiten daran, den Speicherinhalt an Ersatzhumanoiden übertragen, sodass dieser weiter produktiv eingesetzt werden kann
- Programmierung humanoider Roboter aus Simulationsdaten der Fabrik- und Produktionsplanung bzw. entsprechender Produktsimulationen

Darüber hinaus ist zu erwarten, dass weitere Einsatzmöglichkeiten bzw. -szenarien identifiziert bzw. entwickelt werden.

4. Forschungsfragen zu humanoiden Robotern

Mit dem industriellen Einsatz von humanoiden Robotern in produzierenden Unternehmen sind zahlreiche Forschungsfragen verbunden, die sich in einem ersten Ansatz nach den klassischen interdependenten Gestaltungsfeldern Mensch, Organisation und Technik strukturieren lassen und nicht abschließend sind (siehe Tabelle 1).

Flankierend ist zu untersuchen, inwieweit sich Vorgehensweisen und Ergebnisse für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) von denen von Großunternehmen unterscheiden und mit welchen handlungsleitenden Hilfsmitteln KMU unterstützt werden können. Zudem ist zu klären, inwieweit sich die Erkenntnisse aus dem Bereich produzierender Unternehmen in andere Bereiche und Branchen übertragen lassen oder aus anderen Bereichen und Branchen herangezogen und für produzierende Unternehmen übertragen bzw. adaptiert werden können. Umfangreiche Einsatzpotenziale zeichnen sich u. a. im Handwerk (bspw. auf Baustellen), im Dienstleistungsbereich (bspw. Gastronomie, Gebäudereinigung) oder als Haushaltshilfe ab.

***Tabelle 1**: Forschungsfragen zum Einsatz von humanoiden Robotern (nicht abschließend).*

Mensch	- Wie lassen sich ggf. vorhandene Vorbehalte und Ängste gegenüber humanoiden Robotern abbauen (bspw. äußerliche Gestaltung außerhalb des Uncanny valley, Potenziale aufzeigen und selbst erleben)? - Welche Qualifizierungsbedarfe bestehen für Arbeitspersonen im Umfeld oder im Arbeitsbereich von Humanoiden? Welche für Trainer/Programmierer von Humanoiden? Welche für Arbeitspersonen, die mit Humanoiden kollaborieren? - Wie verändern sich Personalbedarfe durch den Einsatz von Humanoiden?
Organisation	- Wie kann ein Humanoid effektiv und effizient angelernt werden? Wie kann dies in einem KMU geschehen? Bestehen Parallelen zur Einarbeitung von Arbeitspersonen? - Wie funktioniert Mensch-Roboter-Kollaboration mit Humanoiden? Lässt sie sich auf mehrere Humanoide erweitern? Sollten Humanoide untereinander kollaborieren? - Wie kann Flexibilitätspotenzial optimal genutzt werden? Was ist dabei zu beachten? - Welche Auswirkungen haben die verschiedenen Einsatzszenarien auf die Arbeitsorganisation (Aufbauorganisation und Ablauforganisation)? - Welchen Beitrag leistet der Einsatz von Humanoiden, um Unternehmen in ihrer digitalen und nachhaltigen Transformation voranzubringen bzw. welche Synergiepotenziale lassen sich identifizieren und nutzen?
Technik	- Wie lässt sich das Selbstlernen einer „embodied AI“ gezielt beeinflussen (um Korrekturschleifen bei Fehlern zu berücksichtigen, Diskriminierungsfreiheit zu erhalten)? - Welche Regelungen bestehen zum Arbeitsschutz? Welche Schutzsysteme können genutzt werden? Sind anwendungsspezifische Zulassungen erforderlich? Welche haftungsrechtlichen Aspekte sind zu berücksichtigen? - Welche Bewegungsgeschwindigkeiten können für Training und produktive Phasen genutzt werden? Wie kann eine hohe Energieeffizienz erreicht werden?

5. Fazit und Ausblick

Die fortschreitende Entwicklung von Robotik und Lernenden Systemen sowie deren Kombination hat zum Entstehen von humanoiden Robotern geführt, die nicht nur menschähnlich aussehen, sondern auch menschähnliches Lernen und Verhalten erwarten lassen. Deren Potenziale werden derzeit vorwiegend von großen Unternehmen erprobt; zum Teil werden die Humanoiden bereits produktiv im Dauereinsatz genutzt. Erprobung und Dauereinsatz erfolgen derzeit bei Transportaufgaben sowie bei einfachen Montage- und Qualitätsprüfungsaufgaben.

Ausgehend von den Möglichkeiten zum Umgang mit dem anhaltenden Fachkräftemangel werden weitere mögliche Einsatzszenarien skizziert, die sowohl die vorgenannten Szenarien erweitern als auch zusätzliche ergänzen und dabei zum Teil auch gezielt Eigenschaften der Humanoiden aufgreifen und nutzen. Anschließend werden in einem ersten Ansatz Forschungsfragen aufgeworfen und strukturiert nach den Gestaltungsfeldern Mensch, Organisation und Technik dargestellt. In diesem Zusammenhang ist auch zu klären, wie kleine und mittlere Unternehmen mit handlungsleitenden Hilfsmitteln zum Einsatz von Humanoiden unterstützt werden können und welchen Beitrag der Einsatz humanoider Roboter zur digitalen Transformation leistet bzw. welche Synergien dabei genutzt werden können.

Angesichts einer erwarteten Marktreife humanoider Roboter verschiedener Hersteller im Jahr 2025 und der Prognose, dass 1,4 Mio. Stück bis zum Jahr 2035 ausgeliefert

werden, sind diese Fragen in der angewandten Forschung dringend zu beantworten, damit Unternehmen die Potenziale der Humanoiden nutzen können. Die zahlreichen Vorarbeiten zu einzelnen Forschungsaspekten sind dabei zu berücksichtigen.

6. Literatur

Asche S (2024) Das leistet der humanoide Roboter „Apollo“ bei Mercedes-Benz. In: VDI nachrichten https://www.vdi-nachrichten.com/technik/produktion/humanoide-roboter-fuer-fabrik-und-haushalt/ abgerufen am 17.01.2025.

Bünte O (2024a) Elektroautohersteller Nio nutzt humanoide Roboter in der Automobilproduktion. In: heise online https://www.heise.de/news/Elektroautohersteller-Nio-nutzt-humanoide-Roboter-in-der-Automobilproduktion-9679119.html abgerufen am 20.01.2025.

Bünte O (2024b) Digit: Erster humanoider Roboter arbeitet dauerhaft in einem Unternehmen. In: heise online https://www.heise.de/news/Digit-Erster-humanoider-Roboter-arbeitet-dauerhaft-in-einem-Unternehmen-9781822.html abgerufen am 17.01.2025.

Bünte O (2024c) Humanoide Roboter bei BMW: Figure 01 trainiert für Einsatz in Fahrzeugproduktion. In: heise online https://www.heise.de/news/Humanoide-Roboter-bei-BMW-Figure-01-trainiert-fuer-Einsatz-in-Fahrzeugproduktion-9786657.html abgerufen am 17.01.2025.

Du J, Isayama Y, Costa D, Delaney M, Zheng N, Xu O, Zhao T, Li Z, Chen H, Ye Z (2024) Humanoid Robot: The AI accelerant. In: Goldman Sachs (Hrsg) Equity Research. https://www.goldmansachs.com/pdfs/insights/pages/gs-research/global-automation-humanoid-robot-the-ai-accelerant/report.pdf abgerufen am 20.01.2024.

Hartmann V, Gahmann A, Jeske T, Stowasser S (2023) Analyse und Strukturierung von Arbeitsaufgaben als Grundlage für die Unterstützung von Basisarbeit durch Künstliche Intelligenz. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Menschengerechte Arbeitsgestaltung – Basisarbeit und neue Arbeitsformen. Dokumentation der Herbstkonferenz der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. im Rahmen des A+A Kongresses am 26. Oktober 2023, Messe Düsseldorf. GfA-Press, Sankt Augustin.

Horvath (2024) Humanoide Roboter in Operations – Humanoide Roboter als Beschleuniger der Operations Transformation. https://www.horvath-partners.com/de/media-center/studien/humanoide-roboter-inoperations abgerufen am 20.01.2025.

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (2018) KIT to showcase self-learning humanoid robot at CEBIT. Press Release No. 062 https://www.kit.edu/downloads/pi/PI_2018_062_KIT%20to%20showcase%20selflearning%20humanoid%20robot%20at%20CEBIT.pdf abgerufen am 29.01.2025.

Kemp C C, Fitzpatrick P, Hirukawa H, Yokoi K, Harada K, Matsumoto Y (2008) Humanoids. In: Springer Handbook of Robotics. Springer, Berlin, Heidelberg, 1307-1333.

Lennings F, Eisele O, Terstegen S, Cost Reyes C, Conrad R (2024) Den Fachkräftemangel als Chance begreifen und nutzen. Impulspapier des ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (Hrs.) https://www.arbeitswissenschaft.net/fileadmin/Downloads/Angebote_und_Produkte/Argumentationshilfen/ifaa_Impulspapier_Fachkraeftemangel_14-08-2024.pdf abgerufen am 22.01.2025.

Meitinger (2024) Humanoide Logistikroboter: GXO kooperiert mit Reflex Robotics. In: Logistik heute https://logistik-heute.de/news/humanoide-logistikroboter-gxo-kooperiert-mit-reflex-robotics-154650.html abgerufen am 17.01.2025.

Vogel-Heuser B, Bengler K (2023) Von Industrie 4.0 zu Industrie 5.0 – Idee, Konzept und Wahrnehmung. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 60:1124–1142.

Wang J, Wang C, Chen W, Dou Q, Chi W (2024) Embracing the Future: The Rise of Humanoid Robots and Embodied AI. In: Intelligence & Robotics 4(2): 196-199.

Hinweis: Dieser Beitrag ist eine Weiterentwicklung des nachfolgend genannten Beitrags der gleichen Autoren: Embodied AI: Einsatzpotentiale humanoider Roboter. In: Personalpraxis + Recht, in Druck (eingereicht im Januar 2025).

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Menschzentrierte Gestaltung menschlicher Zuverlässigkeit am Beispiel der Endlagersuche

Fabian FRITSCH, Jan STANGE, Christine SCHMAUS, Oliver STRÄTER

Institut für Arbeitswissenschaft und Prozessmanagement,
Fachgebiet Arbeits- und Organisationspsychologie, Universität Kassel,
Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel

Kurzfassung: Das Auswahlverfahren für einen Endlagerstandort für hochradioaktiven Atommüll erfordert eine zuverlässige Bewertung menschlicher Entscheidungs- und Bewertungsprozesse. Aufgrund der frühen Phase des Verfahrens greifen klassische Zuverlässigkeitsmethoden zu kurz, weshalb eine neue quantitative Methode entwickelt wurde. Mit diesem Ansatz wird die Messung menschlicher Zuverlässigkeit in den derzeit frühen Planungsphasen systematisch möglich. In einer ersten Validierungsstudie konnten die psychometrischen Eigenschaften der Methode überprüft und Teilaspekte weiterentwickelt werden. Gleichzeitig werden Teilnehmende der Methode über einen menschzentrierten Gestaltungsansatz involviert. Dazu wird auf Basis der Angaben ein individuelles Profil an Gestaltungsempfehlungen zur Verbesserung der menschlichen Zuverlässigkeit präsentiert. Die Ergebnisse können zudem zuverlässige Entscheidungsprozesse im Rahmen des Auswahlverfahrens sicherstellen.

Schlüsselwörter: Menschliche Zuverlässigkeit, Endlagersuche, Bias, Methodenentwicklung

1. Einleitung

In Deutschland wird ein Standort für hochradioaktiven Atommüll gesucht, der für einen Zeitraum von einer Million Jahren die bestmögliche Sicherheit gewährleistet. Die Lagerung soll tiefengeologisch erfolgen, um Mensch und Umwelt vor der Strahlung zu schützen. Diese und weitere Anforderungen, bspw. geo- und planungswissenschaftliche Abwägungskriterien für die Standortauswahl sind im Standortauswahlgesetz (StandAG 2017) verankert. Die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) ist als Vorhabenträgerin für diese Suche und Auswahl zuständig und schließt in einem mehrstufigen Verfahren ungeeignete Standorte aus.

Zur Bewertung der Sicherheit soll das Verhalten des Endlagersystems durch hinreichend qualifizierte numerische Modellierung auf Grundlage realitätsnaher Annahmen analysiert werden (§9, Abs. 3 EndlSiUntV). Die bei diesen Modellierungen bestehenden Ungewissheiten (z. B. hinsichtlich Gesteinsparametern, der Lage von Klüften oder dem Transport von Radionukliden) sind dabei mitzubetrachten und sollen durch Erkundungs- und Forschungsvorhaben reduziert werden (Kurgyis et al. 2024).

Die wissenschaftliche Ausrichtung des Standortauswahlverfahrens ist transdisziplinär ausgelegt, wodurch ein kooperatives Verständnis verschiedener Fachdisziplinen mit politischen und gesellschaftlichen Akteuren gefordert ist (Vilsmaier 2021). Unabhängig von der spezifischen Fragestellung werden die Forschungsvorhaben von Menschen geplant und durchgeführt. Naturgemäß erfolgen diese Tätigkeiten sowohl

durch einzelne Personen als auch durch Gruppen. Für die Zuverlässigkeit des Gesamtvorhabens Standortauswahl soll daher sichergestellt werden, dass die Abwäge-, Bewertungs- und Entscheidungsprozesse hinsichtlich der menschlichen Zuverlässigkeit systematisch bewertet und verbessert werden können. Diese Zielstellung ist besonders wichtig für die Aspekte der Geologie, da Erkenntnisse hier vor allem durch den Einsatz geologischer Modelle erreicht werden, die neben den inhärenten Modellungewissheiten auch zusätzlich Ungewissheiten hinsichtlich der Eingangsparameter und der Entwicklung von Szenarien aufweisen.

2. Ausgangslage

Menschliche Zuverlässigkeit ist definiert als die „Fähigkeit des Menschen, eine Aufgabe unter vorgegebenen Bedingungen für ein gegebenes Zeitintervall im Akzeptanzbereich durchzuführen“ (VDI 4006 Blatt 1 2015). Klassische HRA-Verfahren (Human Reliability Assessment) finden Anwendung in bestehenden Systemen wie Kernkraftwerke oder in der Luftfahrt. Vereinfacht wird die Bewertung durchgeführt durch die:

I. Identifikation und Festlegung der Aufgaben des Menschen
II. Zerlegung in Tätigkeitselemente
III. Identifikation möglicher Fehlhandlungen (Unterlassungsfehler, Ausführungsfehler)

Betrachtet man diese Schritte und stellt den Neuartigkeitswert und die Vielschichtigkeit menschlicher Aufgaben in Forschungsprojekten gegenüber, zeigt sich, dass solche Bewertungsansätze zu kurz greifen. Der Versuch, Tätigkeitselemente in der Forschung abschließend zu bestimmen und mögliche Fehlhandlungen zu bewerten, würde Randbedingungen ignorieren. Beispiele hierfür wären interindividuelle Herangehensweisen in der Forschung, kreative Problemlösungen oder gruppendynamische Prozesse wie Kommunikation oder Kooperation.

Zusätzlich sind Forschungsprojekte von neuartigen und komplexen Situationen betroffen, was zur Verwendung von Heuristiken führt (Hacker & von der Weth 2012). Diese ermöglichen zwar eine schnelle und kognitiv ressourcenschonende Urteilsbildung, können jedoch auch zu systematischen Verzerrungen (Bias) führen (Werth et al. 2020). Systematische Verzerrungen können dabei sowohl Einzelpersonen betreffen, als auch kollektive Entscheidungsrahmen, die ebenfalls in Forschungsprojekten üblich sind. Auch weitere Aspekte der Arbeitsumgebung können verzerrend wirken. Konfligierende Zielstellungen aus dem Management oder von externen Organisationen können sich auf die kognitiv existierende Aufgabe auswirken (VDI 4006 Blatt 2 2017).

Aus diesen beschriebenen Aspekten ergibt sich das Ziel, eine Methode zu entwickeln, die sowohl individuelle, als auch gruppendynamische und situationsspezifische Arbeitsaspekte bewerten kann. Dafür wurde im Rahmen der Methodenentwicklung ein Verfahren entwickelt, welches neben der Messung der menschlichen Zuverlässigkeit auch im Kontext eines menschzentrierten Ansatzes die Gestaltung der Zuverlässigkeit berücksichtigt.

3. Methodenentwicklung

Zum systematischen Erfassen und Messen der beschriebenen Aspekte eignen sich Methoden der empirischen Sozialforschung (Atteslander et al. 2023; Döring 2023).

Dabei bieten qualitative Methoden zwar den Vorteil, die spezifische Situation in einem Projekt umfassender zu beschreiben, gleichzeitig wäre ein solches Vorgehen sehr aufwändig und auf die direkten Rückmeldungen der Personen, bspw. im Rahmen eines Interviews, angewiesen. Aufgrund der Notwendigkeit einer systematischen und vergleichbaren Erhebung wurde ein standardisiertes Fragebogendesign gewählt. Die damit messbaren numerischen Selbstauskünfte von Befragungspersonen können mit geringerem Zeitaufwand zielgerichtet erhoben werden und die Befragungssituation ist für Nutzer der Methode durch den weitestgehenden Wegfall sozialer Interaktion diskreter. Die Selbstaussagen des Fragebogens werden auf einer 6-stufigen Likert-Skala hinsichtlich des Ausmaßes an Zustimmung bewertet. Diese Abstufung folgt gängigen Empfehlungen zur Messempfindlichkeit für Zwecke genauer Messungen. Für die Skala ergibt sich, entlang der Systematik von Schulnoten, folgende Interpretation:

Tabelle 1: *Beantwortungsskala der Fragebogenmethode mit Interpretation der Angabe.*

1	2	3	4	5	6
stimme völlig zu	stimme weitestgehend zu	stimme eher zu	stimme eher nicht zu	stimme weitestgehend nicht zu	stimme überhaupt nicht zu
Kein Hinweis auf eine Anfälligkeit für den entsprechenden Bias			Leichter Hinweis	Starker Hinweis auf eine Anfälligkeit für den entsprechenden Bias	

3.1 Klassische Fragebogenkonstruktion

Auf Basis einer Literaturrecherche wurden die Inhalte des Fragebogens aus der Theorie entwickelt. Das Vorgehen orientierte sich an den Schritten zur Entwicklung eines Testentwurfs von Bühner (2021). Dabei folgte auch eine Festlegung auf die zu messenden Inhalte und eine Einschränkung auf bestimmte individuelle und gruppendynamische Bias sowie situationsspezifische Aspekte in Forschungsprojekten, um ein ökonomisches Instrument zu gestalten. Das Fragebogenverfahren trägt den Namen AHRIC (Assessment Of Human Reliability in Concept Phases), da es speziell für die Konzeptionsphasen von Systemplanungen entwickelt wurde.

Der AHRIC wurde 2024 erstmals in einem Endlager-Forschungscluster angewendet. Da diese Stichprobe für eine Weiterentwicklung zu klein war, wurden weitere Probanden akquiriert, sodass nach Bereinigung der Daten $N = 55$ Personen in der Teststichprobe verblieben. Für die Datenbereinigung wurden Personen mit hoher sozialer Erwünschtheit (erfasst durch KSE-G-Skala) bzw. stark einseitigem Antwortverhalten aussortiert.

Die anschließende Weiterentwicklung stützte sich auf Lagemaße (Mittelwert, Median, Modus), Dispersionsmaße (Standardabweichung, Varianz) und Formmaße (Schiefe, Wölbung, Exzess). Diese deskriptiven Daten wurden durch die Rückmeldungen der Versuchspersonen (Freitextfeld und Think-Aloud-Protokolle) ergänzt.

Im Ergebnis der Weiterentwicklung konnten aus der Testversion Items entfernt werden, die zwar inhaltlich einen Aspekt abbilden, jedoch wenig testtheoretischen Mehrwert bieten. Der gruppendynamische Effekt *group polarization* stützt sich bspw. auf die Theorie der überzeugenden Argumente, die Theorie des sozialen Vergleichs und die Theorie der Selbstkategorisierung. Aus den dazu ursprünglich entwickelten sechs Items verblieben in diesem Fall zwei Items in der finalen Version des AHRIC.

Beide dieser Items erreichen eine gute Differenzierung zwischen Personen mit hoher und niedriger Merkmalsausprägung. Damit ist zudem sichergestellt, dass der abgefragte Inhalt relevant ist (Streuung der Daten) und die in Tabelle 1 gezeigte Skala haltbar ist. Durch diesen Ansatz konnte das Instrument verkürzt werden, wodurch die Praxistauglichkeit steigt.

3.2 Entwicklung eines menschzentrierten Ansatzes

Beim Einsatz von Fragebogenverfahren zeigt sich im Hinblick auf die Ergebnisse häufig die Herausforderung, dass die erhobenen Daten erst ausgewertet werden müssen. Klassisch erfolgen solche Auswertungen über die Bildung von Mittelwerten und Ergebnisse werden Skalenweise oder für den Gesamttest rückgemeldet. Aus diesem Schritt ergibt sich seitens der Teilnehmenden an quantitativen Untersuchungen häufig eine entsprechende Zeitspanne zwischen der Teilnahme an der Untersuchung und den Erkenntnissen, sofern diese überhaupt einen sinnvollen Rückschluss auf die eigenen Angaben möglich machen (bspw. wenn Daten einer großen Stichprobe aggregiert werden).

Für die beschriebene Fragebogenmethode AHRIC war ein bedeutsames Ziel, einen Beitrag zur Verbesserung der menschlichen Zuverlässigkeit zu erreichen. Vor diesem Hintergrund und der Tatsache, dass Fragebögen zum Erheben von Daten auf das Mitwirken der Teilnehmenden angewiesen sind liegt nahe, einen menschzentrierten Gestaltungsansatz zu implementieren, der folgende Ziele abdeckt:

I. Transparenz der Messinhalte
II. Vermeidung von Unzufriedenheit durch verzögerte Ergebnisrückmeldung
III. Förderung der individuellen Kompetenzentwicklung

Konkret beinhaltet der Ansatz, den Teilnehmenden auf Basis ihrer Angaben im Fragebogen gemäß der Interpretationen aus Tabelle 1 eine unmittelbare Rückmeldung zu ihren Angaben darzubieten. Dadurch wird stärker herausgestellt, welche Bias möglicherweise zu unzuverlässigem Verhalten geführt haben könnten. Außerdem entfällt die Zeitspanne der Ergebnisauswertung, da die Auswertung automatisiert durch das Erhebungstool durchgeführt wird und die Teilnehmenden erhalten die Möglichkeit, ihre Kompetenzen zu entwickeln. Die Rückmeldungen beziehen sich dabei immer auf den entsprechenden Bias und zeigen generalistische Möglichkeiten der Reduktion auf.

4. Psychologische Aspekte des Ansatzes

Betrachtet man ausgehend von dem dargestellten menschzentrierten Ansatz die zu erwartende Wirkung, sind mehrere Aspekte relevant. Zunächst kann das Ausfüllen der Fragebogenmethode AHRIC bereits als erste, indirekte Interventionsmaßnahme verstanden werden, um kognitive und gruppendynamische Verzerrungen vorzubeugen, indem die ausfüllende Person zu einem Reflexionsprozess, als question-behaviour-effect (Sherman, 1980) bekannt, angeregt wird. Weiter konnten Rodrigues et al. (2015) zeigen, dass das Beantworten von Fragen zu einem bestimmten Verhalten dieses Verhalten bereits verändern kann. Als Selbstreflexionsinstrument unterstützt der AHRIC auf Basis gemachter Angaben, die tendenziell wirkenden Bias zu erklären und durch die Gestaltungsempfehlungen in Zukunft zu reduzieren, wodurch eine Steigerung der Zuverlässigkeit erreicht werden kann. Zudem kann der Ansatz mit seinen positiv formulierten, ressourcenorientierten Empfehlungen im Kontext der Bias die Kontroll-

überzeugung der Teilnehmenden stärken und entsprechend die Selbstwirksamkeitserwartung erhöhen (Bandura & Locke 2003). Eine zeitlich unmittelbare Rückmeldung, wie sie für den AHRIC vorliegt, ist nicht neu. Einige Persönlichkeitstests funktionieren ähnlich unmittelbar, was die Akzeptanz des Feedbacks erhöht (Wolff et al. 2011). Teilweise wird den Teilnehmenden jedoch auch noch eine Teilauswertung überlassen, bspw. die Zuordnung der gemachten Angaben zu unterschiedlichen Dimensionen (Maslach Burnout Inventory).

5. Ausblick

Mit Blick auf die Ausgangssituation sind im Standortauswahlgesetz und den entsprechenden Verordnungen (Endlagersicherheitsanforderungsverordnung und Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung) zwei wesentliche Aspekte explizit verankert: Die Bewertung und Reduzierung von Ungewissheiten sowie die selbsthinterfragende Auslegung des grundsätzlichen Verfahrens. Mit der entwickelten Fragebogenmethode können Ungewissheiten mit Blick auf die menschlichen Handlungen im Rahmen von geologischen Modellierungen bewertet und durch die menschzentrierten Gestaltungsempfehlungen reduziert werden. Gleichzeitig stärkt das Verfahren bei den Teilnehmenden auch die selbsthinterfragende Haltung, indem durch die Selbstaussagen das eigene Denken und Handeln reflektiert werden. Aktuell wird die Inhaltsvalidität der Fragebogenmethode geprüft und die Praxistauglichkeit der Gestaltungsempfehlungen evaluiert. Diese Schritte erhöhen die Qualität des Instruments weiter, sodass eine Übertragung auf andere Prozessfelder oder Projekte möglich wird.

6. Literatur

Atteslander, P., Ulrich, G.-S., Hadjar, A., Lenk, M., & Schubert, F. (2023). Methoden der empirischen Sozialforschung (14., neu bearbeitete und erweiterte Auflage). Erich Schmidt Verlag.

Bandura, A., & Locke, E. A. (2003). Negative self-efficacy and goal effects revisited. Journal of Applied Psychology, 88(1), 87–99. https://doi.org/10.1037/0021-9010.88.1.87.

Bühner, M. (2021). Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion (4., korrigierte und erw. Aufl.). Pearson Studium.

Döring, N. (2023). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2.

Hacker, W., & von der Weth, R. (2012). Denken – Entscheiden – Handeln. In P. Badke-Schaub, G. Hofinger, & K. Lauche (Hrsg.), Human Factors: Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen (S. 83–99). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-19886-1_5.

Kurgyis, K., Achtziger-Zupančič, P., Bjorge, M. et al. (2024). Uncertainties and robustness with regard to the safety of a repository for high-level radioactive waste: introduction of a research initiative. Environ Earth Sci **83**, 82 (2024). https://doi.org/10.1007/s12665-023-11346-8.

Rodrigues, A. M., O'Brien, N., French, D. P., Glidewell, L., & Sniehotta, F. F. (2015). The question–behavior effect: Genuine effect or spurious phenomenon? A systematic review of randomized controlled trials with meta-analyses. Health Psychology, 34(1), 61–78. https://doi.org/10.1037/hea0000104.

Sherman, S. J. (1980). On the self-erasing nature of errors of prediction. Journal of Personality and Social Psychology, 39(2), 211–221. https://doi.org/10.1037/0022-3514.39.2.211.

VDI 4006 Blatt 1. (2015). Menschliche Zuverlässigkeit—Ergonomische Forderungen und Methoden der Bewertung. Beuth-Verlag.

VDI 4006 Blatt 2. (2017). Menschliche Zuverlässigkeit – Methoden zur quantitativen Bewertung menschlicher Zuverlässigkeit. Beuth-Verlag.

Vilsmaier, Ulli: Transdisziplinarität - In: Schmohl, Tobias [Hrsg.]; Philipp, Thorsten [Hrsg.]; Schabert, Johanna [Mitarb.]: Handbuch Transdisziplinäre Didaktik. Bielefeld : transcript 2021, S. 333-345. -

(Hochschulbildung: Lehre und Forschung; 1) - DOI: 10.25656/01:27714; 10.14361/9783839455654-031.

Werth, L., Denzler, M., & Mayer, J. (2020). Sozialpsychologie – Das Individuum im sozialen Kontext: Wahrnehmen – Denken – Fühlen. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53897-5.

Wolff, S., Kohrs, C., Scheich, H., & Brechmann, A. (2011). Auswirkungen von prosodisch-motivationalen und verzögerten Rückmeldungen auf die Lernleistung und Hirnaktivitat in einer Mensch-Computer Interaktion.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Kontextsensitive Werkerassistenz für manuelle Tätigkeiten

[1]Johannes PFLEGING, [2]Lisandro LEGRÁ, [2]Lars MATHUSECK, [1]Oliver STRÄTER

[1] Fachgebiet Arbeits- und Organisationspsychologie (A&O), Universität Kassel, Heinrich-Plett-Straße 40, D-34132 Kassel
[2] Fachgebiet Kommunikationstechnik (ComTec), Universität Kassel, Wilhelmshöher Allee 73, D-34121 Kassel

Kurzfassung: Kontextsensitive Assistenzsysteme sind Schritt-für-Schritt-Anleitungen mit Rückmeldefunktion. Das Assistenzsystem greift dabei nicht nur auf bereits hinterlegten Informationen der Anleitung zurück, sondern erfasst zudem den Zustand des aktuellen Arbeitsschritts und ermöglich so z. B. Fehlererkennung in Echtzeit. In diesem Beitrag stellen wir ein Konzept für kontextsensitive Assistenzsysteme für manuelle Tätigkeiten vor, welches wir anhand eines Demonstrators veranschaulichen. Am Beispiel der Montage eines Planetengetriebes werden über Deep-Learning-Verfahren Merkmale des Arbeitsplatzes erkannt und an entsprechender Stelle Augmented-Reality-Ankerpunkte gesetzt und getrackt. Mögliche Anwendungsfälle für unser System finden sich branchenübergreifend in den Bereichen Qualifizierung, Montage, Inbetriebnahme oder Wartung.

Schlüsselwörter: Kognitive Assistenzsysteme, Schritt-für-Schritt-Anleitung, Kontextsensitivität, Augmented Reality, Manuelle Arbeit

1. Einführung

Manuelle Tätigkeiten in Industrie und Handwerk können von kognitive Assistenzsysteme profitieren (König & Winkler 2023). In der Regel handelt es sich bei diesen Systemen um Software-Anwendungen, die den Werker über eine passende Schnittstelle während des laufenden Arbeitsvorgangs mit Informationen über den Arbeitsprozess versorgen. Bei Montageprozessen sind dies z. B. Schritt-für-Schritt-Anleitungen die auf einem Monitor dargestellt werden. Die meisten Anwendungen finden sich im Bereich der industriellen Produktion, insbesondere bei der Montage. Dies hängt vermutlich zum einen mit dem wirtschaftlichen Potential in Bezug auf Qualität und Kosteneffizienz zusammen. Zum anderen sind die technischen Anforderungen im strukturierten industriellen Umfeld Assistenzsysteme geringer als z. B. im Handwerk. Mit steigendem Grad an Kontextsensitivität und Mobilität steigt auch die Zahl der Anwendungsfelder, bei denen ein solches Assistenzsystem anwendbar ist. Ein Beispiel für mobile Assistenzsysteme sind Anwendungen für Augmented-Reality-Datenbrillen (AR-Datenbrillen). Moderne Modelle stellen bereits Funktionen zum Erkennen von einfachen Strukturen bereit (z. B. Personen, Einrichtungen von Innenräumen) und besitzen die Fähigkeit Informationen mit Ortsbezug und von beliebigen Standorten des Nutzers aus darzustellen. In diesem Beitrag stellen wir ein Konzept für kontextsensitive Assistenzsysteme vor, das theoretisch auf vielfältige Anwendungsbereiche verallgemeinert werden kann, z. B. Inbetriebnahme und Wartung von Maschinen und Anlagen, Montage im Handwerk oder beim Endverbraucher sowie bei der Qualifizierung in den genannten Bereichen.

2. Stand der Technik

Dieser Abschnitt gibt einen kurzen Überblick über Systeme, die unserem Konzept kontextsensitiver Assistenzsysteme entsprechen oder elementare Komponenten davon enthalten. Eine umfassende Recherche wie bspw. in Lehman (2023) würde den Rahmen dieses Beitrags überschreiten, weshalb wir uns auf eine jüngere Auswahl beschränken.

Die meisten Veröffentlichungen zu kontextsensitiven Assistenzsystemen finden sich in den Bereichen Montage und Reparatur. In der Regel handelt es sich dabei um stationäre Aufbauten mit fest installierten Sensoren als Teil des Arbeitsplatzes. Mobile Systeme finden sich häufig als AR-Anwendung für alternative Einsatzscenarien z. B. bei der Ausführung von Wartungsarbeiten im Facility Management (Perez et al. 2016). Zum Erfassen des Umfelds und des Prozesses kommen verschiedene Sensoren zum Einsatz. Ein sehr häufiges Mittel sind Farbkameras, die mit Hilfe von klassischen Bildverarbeitungsmethoden (Pimminger et al. 2019; Pereira et al. 2021) oder den deutlich mächtigeren Deep-Learning-Verfahren (Pimminger et al. 2019; Kästner et al. 2020; Kelm et al. 2024) zur Erkennung von Bauteilen und Werkzeugen ausgewertet werden. Letzteres Verfahren erlaubt auch das Tracken von Körperteilen des Nutzers (Kästner et al. 2020), oft in Kombination mit Tiefenbildkameras (Kosch et al. 2016; Müller et al. 2018; Kelm et al. 2024). Tiefenbildkameras (RGBD-Kameras) erfassen zusätzlich zum Farbbild eine Entfernungsmessung für jedes Pixel (Bertram et al. 2020). Eine sehr häufig erfasste Tätigkeit ist das Entnehmen von Bauteilen aus bereitgestellten Kisten, häufig unterstützt durch Pick-by-Light. Neben Kameras kommen dafür auch Bar- oder QR-Codes sowie RFID-Chips zum Einsatz, die auf den Bauteilen angebracht sind (Oestreich et al. 2019; Bosch Rexroth AG 2020). Ein in jüngeren Jahren verfolgter Ansatz zielt darauf ab, aus dem erfassten Zustandsinformationen den aktuellen Arbeitsschritt abzuschätzen. Mit den dafür eingesetzten Methoden werden aus reinen Wissensmanagement-Tools und Zustandsautomaten intelligente Assistenten, die bei komplexeren Prozessverläufen sogar Vorhersagen über den zu erwartenden nächsten Arbeitsschritt treffen können. Zu nennen sind hier Petri-Netze und Hidden Markov Models (Bertram et al. 2020), Präzedenz- oder Konfliktgraphen (Müller et al. 2019) sowie Entscheidungsbäume und Petri-Netze (Sorostinean et al. 2021).

Ein fortgeschrittenes kontextsensitives Assistenzsystem wurde von Kästner et al. (2020) vorgestellt. Der gezeigte Prototyp kombiniert Objekt- und Gestenerkennung über Deep Learning mit einer AR-gestützten Anleitung. In ihrer Publikation machen die Autoren außerdem die Unterteilung des Assistenzsystems in ein Modell zur Umgebungswahrnehmung, einer Steuerung der Anleitungsschritte, die auch die erfassten Prozessschritte berücksichtigt, sowie einer Komponente zur Darstellung der Anleitungen deutlich.

3. Konzeptueller Aufbau

Bei dem hier vorgestellten Konzept eines kontextsensitiven Assistenzsystems für manuelle Tätigkeiten im Produktionsumfeld handelt es sich um ein kognitives Assistenzsystem, das selbständig Vorgänge in der Umgebung erkennt und mit der hinterlegten Schritt-für-Schritt-Anleitung auf Korrektheit überprüft. Bei Montageaufgaben können somit Fehler in der Ausführung erkannt werden, bzw. bei der Einarbeitung können Hinweise zur besseren Ausführung einzelner Arbeitsschritte durch den Nutzer

gegeben werden. Neben den Komponenten zur Wahrnehmung der Umgebung und der Anzeige der Prozessinformationen besitzt das System eine Komponente zum Erstellen der Anleitung. Diese beinhaltet Funktionen, die es dem Nutzer erlaubt auf effiziente Weise die relevanten Prozessinformationen einzugeben. Anhand der so erstellten Schritt-für-Schritt-Anleitung kann der erfasste Prozess während der Arbeit bewertet werden. Im Folgenden sind die drei Komponenten im Einzelnen dargestellt (vgl. Abbildung 1).

Der Content-Manager dient der Erstellung, Verwaltung und Übermittlung der Prozessinformationen. Für die Erstellung der Inhalte dient eine graphische Benutzeroberfläche mit den notwendigen Funktionen, um bspw. einzelne Montageschritte anzulegen und zu editieren. Zu diesen Funktionen zählen u. a. Werkzeuge zur assistierten Eingabe von Inhalten, Schnittstellen zu anderen Planungstools (z. B. ERP, CAD, CAM) sowie Hilfsmittel für das automatische Generieren von Anleitungsschritten z. B. aus CAD-Baugruppen.

Die zweite Komponente ist der Process-Monitor. Er dient der Kontexterfassung, d. h. der Wahrnehmung und Interpretation der Umgebung und der vom Benutzer am Arbeitsplatz durchgeführten Aktionen. Die Wahrnehmung der Umgebung erfolgt über Sensoren deren Messungen mit Hilfe des hinterlegten Prozessmodells in eine Abschätzung des Ist-Zustands überführt werden. So werden z. B. Bauteile in einem Videostream von Farbkameras mit Hilfe von Deep-Learning-Modellen erkannt und deren Position getrackt. Als Sensoren können RGBD-Kameras, Inertiale Messeinheiten, LIDAR-Sensoren oder werkzeugspezifische Sensoren wie bspw. Kraftsensoren in Schraubern dienen. Der somit erkannte Prozess-Zustand wird schließlich an die Steuerung zur Berechnung der Rückmeldung and den Nutzer übergeben.

Die Steuerung gleicht die Schätzung des Ist-Zustands mit den hinterlegten Prozessschritten ab und liefert eine Rückmeldung an den Nutzer. Für den Fall, dass eine Diskrepanz zwischen Soll- und Ist-Werten vorliegt, wird eine Warnung zusammen mit Korrekturvorschlägen ausgegeben. Im Regelfall werden dem Nutzer die Prozessinformationen des aktuellen Anleitungsschritts angezeigt. Diese Informationen können in Form von Text, farbigen Symbolen wie Pfeilen, Kreisen, Punkten oder 3D-Visualisierungen von Geometrien dargestellt werden. Das Ausgabegerät zur Darstellung der Prozessinformationen hängt vom Anwendungsfall ab. Typischerweise eignen sich PC- oder Fernsehmonitore, Projektoren, oder Datenbrillen. Die Ausgabe auf einer Datenbrille hat den Vorteil, dass der Nutzer weiterhin beide Hände für die Arbeit frei hat. Des Weiteren bietet insbesondere der Einsatz von AR die Möglichkeit Informationen mit Ortsbezug darzustellen. Zum Beispiel kann das nach Anleitung vorgegebenen Gewindeloch zum Setzen einer Schraube oder die durch die Kontexterfassung erkannte, falsch platzierte Schraube direkt am Bauteil visualisiert werden.

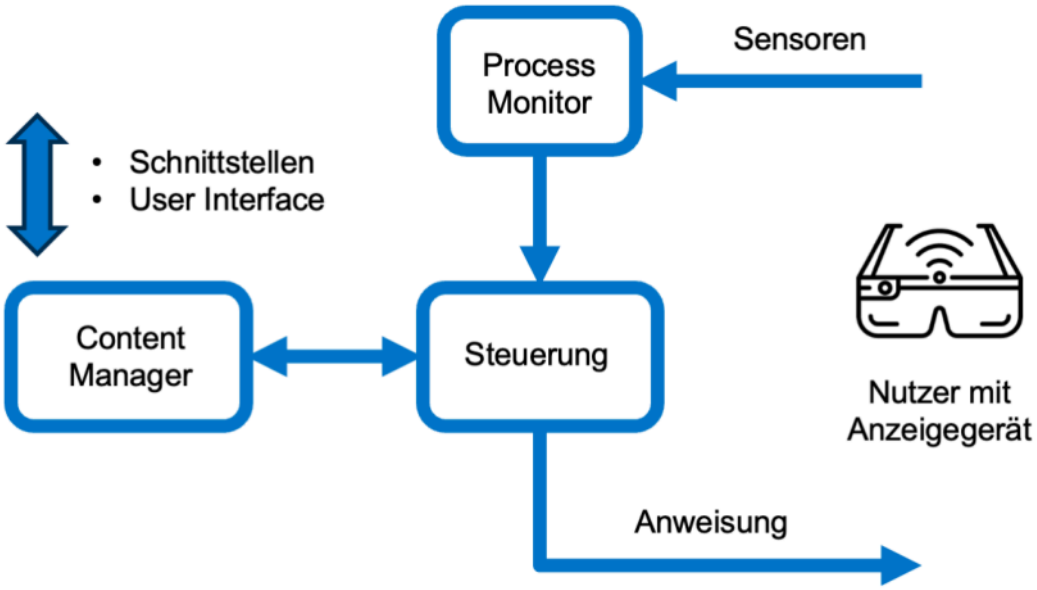


***Abbildung 1**: Schematische Darstellung kontextsensitiver Assistenzsysteme mit den Hauptkomponenten als Kästchen dargestellt.*

4. Mehrwert kontextsensitiver Assistenzsysteme

Der Mehrwert des hier vorgestellten kontextsensitiven Systems im Vergleich zu bisherigen kognitiven Assistenzsystemen ergibt sich in erster Linie aus der Komponente Process-Monitor. Die Möglichkeit den Arbeitsprozess nicht nur in einzelnen Schritten anzuzeigen, sondern diese auch mit den tatsächlich getätigten Handlungen des Nutzers und Zuständen am Arbeitsplatz abzugleichen führt zu einer Steigerung der Qualität und Effizienz in verschiedenen Anwendungsbereichen. In Kombination mit Augmented Reality können diese Effekte weiter gesteigert werden. Im Folgenden sind vier Vorteile aufgeführt.

1. Qualitätssteigerung: Durch das Rückmelden von Fehlern im Arbeitsprozess kann der Nutzer direkt reagieren und diese korrigieren. Die sofortige Korrektur verringert Produktionsfehler und erhöht die Qualität des Produkts. Im Bereich Qualifizierung kann durch die sofortige Rückmeldung ein schneller Lerneffekt erzielt werden. 2. Kosteneffizienz: Mit dem Assistenzsystem können Mitarbeiter an neuen Geräten geschult, ungeschulte Mitarbeiter angelernt und Auszubildende trainiert werden. Dank des Process-Monitors erhält der Nutzer direkte Rückmeldung über die Qualität seiner Ausführung. Viele Arbeitsprozess können so von dem Nutzer selbständig ohne Hilfe eines Instruktors erlernt werden. Mit Hilfe von Augmented-Reality-Geräten können Positionen von Bauteilen und Werkzeugen direkt am Bauteil oder an der Maschine angezeigt werden. Der Ausführungszeiten werden somit reduziert und Kosten eingespart. 3. Unfallreduktion: Durch das konsequente Korrigieren während des Trainingsprozesses durch das Assistenzsystem werden insbesondere auch sicherheitsrelevante Verrichtungen, wie bspw. das Betätigen von bestimmten Schaltern vor dem Öffnen einer Maschine, verinnerlicht; das Unfallrisiko am Arbeitsplatz wird dadurch gesenkt. 4. Arbeitgeberattraktivität: Mit der relativen Neuheit eines solchen Assistenzsystems und in Kombination mit AR-Datenbrillen wird ein Neuheitseffekt geschaffen, der insbe-

sondere auch zu einer Steigerung der Attraktivität als modernes Ausbildungsunternehmen führt und die Besetzung von Ausbildungsstellen erleichtert.

5. Prototypische Umsetzung

In diesem Abschnitt stellen wir ein Beispiel für eines kontextsensitives Assistenzsystems für Montageaufgaben vor. Bei diesem Prototyp handelt es sich um eine Schritt-für-Schritt-Anleitung in Form einer Android-App für Smartphone oder Tablet, die mit Hilfe von Augmented Reality und Objekterkennung die Erfassung der Umgebung realisiert. Für die Bilderkennung wurde ein im Vorhinein trainiertes Neuronales Netz über die offene Schnittstelle Onnx-Runtime[1] implementiert. Die AR-Funktionalität wurde über ARCore[2] eingebunden.

Die App startet mit dem Hauptmenü, in dem der Nutzer alle bereits angelegten Schritt-für-Schritt Anleitungen sehen kann. In dieser Ansicht hat er die Möglichkeit die bestehenden Anleitungen zu bearbeiten oder den Anleitungsassistenten zu starten. Wenn der Nutzer eine Anleitung auswählt, so sieht er in der Detailansicht die einzelnen Prozessschritte und kann diese auch bearbeiten. Zu jedem Anleitungsschritt kann der Nutzer einen Beschreibungstext und die Art der AR-Visualisierung angeben. Letzteres geschieht über einen eigenen Button „AR-Info hinzufügen“. Über diesen öffnet sich das Kamerabild im AR-Modus und es werden nun die im Bilderkennungsmodell hinterlegten Bauteile des Planetengetriebes per Bounding Box markiert. Mit einem Klick auf den Speicherbutton kann der Nutzer gewünschte Positionsbeziehungen zwischen den Bauteilen für den jeweiligen Anleitungsschritt einprogrammieren. Diese Angaben werden in einer lokalen Datenbank gespeichert. Durch Betätigen des „Play“-Buttons wird der Anleitungsassistent im AR-Modus gestartet. Im Hintergrund werden die Prozessschritte geladen und der erste Prozessschritt wird auf dem Screen angezeigt. Auf dem Screen sind nun die Bounding Boxes, die vorher aufgenommen wurden, zu sehen, anhand derer der Nutzer aktuelle Bauteile identifizieren und Zielpositionen ablesen kann. Zunächst sind die Boxes rot eingefärbt, sobald die richtige Position erreicht wurde, wechselt die Farbe zu Grün und es wird der nächste Anleitungsschritt angezeigt.

6. Diskussion

In diesem Beitrag haben wir unser Konzept für kontextsensitive Assistenzsysteme zur Unterstützung bei manuellen Tätigkeiten vorgestellt. Ein Prototyp einer App zur AR-gestützten Montage mit Objekterkennung hat gezeigt, dass sich unser Konzept bereits mit den Sensoren eines handelsüblichen Smartphones realisieren lässt. Außerdem haben wir deutlich gemacht, dass dank der Mobilität von Smartphones oder AR-Datenbrillen ein breiterer Anwendungsbereich adressiert werden kann, als das bei stationären Systemen der Fall ist. Für die Zukunft bleibt die Weiterentwicklung der Wahrnehmungskomponente von Assistenzsystemen durch den kombinierten Einsatz verschiedener Sensormodalitäten ein spannendes Forschungsgebiet, welches das Ziel eines intelligenten Assistenzsystems mit einem über das Industrieumfeld hinausreichenden Anwendungsbereich näherbringt.

[1] https://onnxruntime.ai/docs/
[2] https://developers.google.com/ar

7. Literatur

Bertram P, Kränzler C, Rübel P, Ruskowski M (2020) Development of a Context-Aware Assistive System for Manual Repair Processes - A Combination of Probabilistic and Deterministic Approaches. Procedia Manufacturing 51:598–604. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.084.

Bosch Rexroth AG (2020) ActiveAssist. Das Assistenzsystem für die variantenreiche Montage.

Bosch T, Könemann R, de Cock H, van Rhijn G (2017) The effects of projected versus display instructions on productivity, quality and workload in a simulated assembly task. In: Proceedings of the 10th International Conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, S 412–415.

Kästner L, Eversberg L, Mursa M, Lambrecht J (2020) Integrative Object and Pose to Task Detection for an Augmented-Reality-based Human Assistance System using Neural Networks. https://doi.org/10.48550/arXiv.2008.13419.

Kelm B, Haas PH, Margies L, Müller R (2024) Entwicklung eines Konzepts zur Nutzeradaptivität Kognitiver Assistenzsysteme am Beispiel der manuellen Montage von Brennstoffzellenstackkomponenten.

König M, Winkler H (2023) Digitalisierung in der Montage mit dem Schwerpunkt des Einsatzes von Assistenzsystemen. Studienreports des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft; 6:5416 KB. https://doi.org/10.26127/BTUOPEN-6212.

Kosch T, Kettner R, Schmidt DA (2016) MotionEAP – Ein System zur Effizienzsteigerung und Assistenz bei Produktionsprozessen in Unternehmen auf Basis von Bewegungserkennung und Projektion.

Lehmann MA (2023) Intelligent Assistance Systems for Assembly Tasks. In: Madsen O, Berger U, Møller C, et al (Hrsg) The Future of Smart Production for SMEs. Springer International Publishing, Cham, S 203–211.

Müller R, Müller-Polyzou R, Hörauf L et al (2018) Intuitive Bedienung laserbasierter Montageassistenz. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 113:363–368. https://doi.org/10.3139/104.111922.

Müller R, Hörauf L, Bashir A (2019) Cognitive assistance systems for dynamic environments. In: 24th IEEE international conference on emerging technologies and factory automation (ETFA). IEEE, S 649–656.

Oestreich H, Töniges T, Wojtynek M, Wrede S (2019) Interactive Learning of Assembly Processes using Digital Assistance. Procedia Manufacturing 31:14–19. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.03.003

Pereira AI, Fernandes FP, Coelho JP et al (2021) Optimization, Learning Algorithms and Applications: First International Conference, OL2A 2021, Bragança, Portugal, July 19–21, 2021, Revised Selected Papers. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91885-9.

Perez Jimenez RJ, Becerril EM-D, Nor RM et al (2016) Market potential for a location based and augmented reality system for utilities management. In: 2016 22nd International Conference on Virtual System & Multimedia (VSMM). IEEE, Kuala Lumpur, S 1–4.

Pimminger S, Kurschl W, Augstein M et al (2019) Low-cost tracking of assembly tasks in industrial environments. In: Proceedings of the 12th ACM International Conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments. ACM, Rhodes Greece, S 86–93.

Sorostinean R, Gellert A, Pirvu B-C (2021) Assembly Assistance System with Decision Trees and Ensemble Learning. Sensors 21:3580. https://doi.org/10.3390/s21113580.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Evaluierung der Usability von ChatGPT anhand eines modifizierten Fragebogens basierend auf dem System Usability Scale (SUS)

Prof. Dr. Patrick PÖTTERS, Sumona SEN, M.Sc.

Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen,
Labor für Human Factors Engineering und Production (HebLap),
Hochschule Niederrhein, Reinarzstraße 49, D-47805 Krefeld

Kurzfassung: In diesem Forschungsvorhaben wird untersucht, wie Alter, Erfahrung und Nutzungshäufigkeit die wahrgenommene Usability von ChatGPT beeinflusst. Die Untersuchung basiert auf der System Usability Scale, ein validiertes Messinstrument in der Usability-Forschung und umfasst eine diverse Stichprobe von 68 Teilnehmenden. Ziel der Untersuchung ist es, Unterschiede zwischen verschiedenen Nutzergruppen zu identifizieren und mögliche Handlungsempfehlungen zur Optimierung der Usability abzuleiten. Die Ergebnisse zeigen, dass jüngere Nutzer (18-34 Jahre), erfahrene Nutzer (Fortgeschrittener/Experte) und tägliche Nutzer von ChatGPT diese signifikant besser bewerten. Die Untersuchung hebt hervor, dass eine nutzergerechte Gestaltung von ChatGPT erforderlich ist, um alle Nutzergruppen gleichermaßen anzusprechen. Somit wird ein erster quantitativen Einblick in die Usability von KI-gestützten Sprachmodellen gegeben und Ansätze für zukünftige Entwicklungen und Einbeziehung der Usability im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion konzipiert.

Schlüsselwörter: Usability, ChatGPT, System Usability Scale, Mensch-Technik-Interaktion

1. Einleitung und Motivation

Die zunehmende Integration künstlicher Intelligenz (KI) in alltäglichen Anwendungen hat in den letzten Jahren zu tiefgreifenden Veränderungen in der digitalen Landschaft geführt. Ein besonders markantes Beispiel für diese Entwicklung ist ChatGPT, ein KI-gestütztes Sprachmodell, das von OpenAI entwickelt wurde. Insbesondere im Bereich der Usability stellt sich die Frage, wie solche Systeme von verschiedenen Nutzergruppen wahrgenommen und bewertet werden. Dieses Paper widmet sich der Untersuchung der Usability (Gebrauchstauglichkeit) von ChatGPT und nutzt dazu die System Usability Scale (SUS) als Bewertungsinstrument.

Die Motivation für die Untersuchung der Usability von ChatGPT liegt in der zunehmenden Verbreitung von KI-gestützten Anwendungen im Alltag und deren Einfluss auf die Nutzererfahrung im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest 2024). Besonders Systeme wie ChatGPT, ein KI-gestütztes Sprachmodell von OpenAI, verdeutlichen das Potenzial dieser Technologien, nicht nur die Kommunikation zu erleichtern, sondern auch die Art wie wir Informationen erwerben, zu transformieren (Kreutzer 2023, S.66). Eine zentrale Herausforderung bleibt jedoch die Frage, wie diese Systeme von Nutzern unterschiedlicher Alters-

gruppen, Erfahrungsniveaus und Nutzungsmustern wahrgenommen und bewertet werden.

Da die Usability entscheidend für die Akzeptanz und Effizienz solcher Systeme ist, rückt ihre Evaluation zunehmend in den Fokus der Forschung. Eine hohe Usability ist nicht nur ein Qualitätsmerkmal, sondern auch ein entscheidender Wettbewerbsvorteil (Richter & Flückiger 2013). Vorliegende Studien konzentrieren sich jedoch häufig auf spezifische Nutzergruppen oder Anwendungsgebiete, wie zum Beispiel die Studie von Aljamaan et al. (2024) im Gesundheitswesen oder von Mulia et al. (2023) mit Blick auf die Textgenerierung von ChatGPT.

Trotz des wachsenden Einsatzes und der Verwendung von ChatGPT, fehlen bislang umfassende Studien, die eine breite und diverse Nutzerbasis einbeziehen, um die wahrgenommene Usability systemisch zu bewerten. Diese Lücke in der Forschung führt zu einer eingeschränkten Datenbasis und fehlenden Erkenntnissen, welche die zentrale Problemstellung aufweisen, die in diesem Paper adressiert wird. Bestehende Studien, wie von Klussmann et al. (2009) verweisen zwar auf potenzielle Probleme älterer Nutzer im Umgang mit Technologien, hervorgerufen durch die Abnahme kognitiver Funktionen, doch fehlen hierzu konkrete Studien in Bezug auf ChatGPT.

2. Forschungsfrage und Hypothesen

Folgende zentrale Forschungsfrage soll beantwortet werden:
Inwieweit beeinflussen Alter, Erfahrung und Nutzungshäufigkeit die wahrgenommene Usability von ChatGPT, gemessen durch die System Usability Scale?

H1: *Ältere Nutzer (35 Jahre und älter) bewerten die Usability von ChatGPT signifikant schlechter als jüngere Nutzer.*

Gleichwohl der Erkenntnis, dass eine nutzergerechte Gestaltung der Mensch-Maschinen-Schnittstelle zielgerichtet auf die Eigenschaften, Fähigkeiten und Fertigkeiten jedes Menschen entwickelt werden muss, zeigen Forschungsergebnisse von Klussmann et al. (2009), dass Probleme in der Anwendung durch die komplexe Vielfalt an Funktionen, selbst von gängigen Produkten im Haushalt oder der Arbeitswelt, anhalten. An dieser Stelle sei anzuführen, dass durch die Weiterentwicklung des Internets viele neue, innovative Technologien hervorgebracht wurden. Dadurch beansprucht die moderne Welt ein schnelles Erlernen von Wissen und Handlungskompetenz im Umgang mit dem technischen System oder Produkt (Levchuk et al. 2011).

H2: *Erfahrene Nutzer (mindestens Fortgeschritten) bewerten die Usability von ChatGPT signifikant positiver als Einsteiger.*

Eine Studie von Mendoza et al. (2005) konnte gewinnbringende Erkenntnisse zum Einfluss von Erfahrung auf das Frustrationsniveau mit einer Webdesign-Software erzielen. Dabei wurde über einen Zeitraum von acht Wochen die Frustrationsniveaus und Ursachen bei Mittelschullehrern untersucht, die erstmals mit einer Webdesign-Software arbeiteten. Die Ergebnisse zeigten, dass sich die Frustration der Nutzer im Laufe der Zeit signifikant verringerten, während die wahrgenommene Kompetenz stieg (Mendoza & Novick 2005).

3. Methodik

Die Datenerhebung erfolgt mittels eines Online-Fragebogens mit dem Programm SoSci Survey, der die System Usability Scale als standardisiertes Messinstrument beinhaltete. Im Zuge der Charakterisierung der Teilnehmenden werden vorab demografische Daten zu Alter, Geschlecht, Erfahrung mit KI-Anwendungen und der Nutzungshäufigkeit von ChatGPT erhoben. Ein wesentlicher Vorteil der Online-Befragung ist die direkte Auswertung der vorliegenden Daten (Levchuk et al. 2011). Vor der Hauptdatenerhebung wird ein Pretest mit fünf Teilnehmern durchgeführt, um den Fragebogen auf Verständlichkeit und Funktionalität zu überprüfen. Dabei werden bei zwei SUS-Fragen Verständnisprobleme festgestellt. Darüber hinaus werden Beispiele wie veraltetes Wissen oder Grammatikfehler zu den Aussagen hinzugefügt, um den Teilnehmern potenzielle Inkonsistenzen von ChatGPT zu verdeutlichen. Resultierend aus dem Pretest erfolgt präventiv die Behebung der Aussagen, wodurch die Hauptdatenerhebung gestartet werden kann. Die Teilnehmer werden über soziale Netzwerke und persönliche Kontakte rekrutiert. Ziel ist es, eine diverse Stichprobe hinsichtlich Alter, Erfahrung und Nutzungshäufigkeit zu generieren.

Die Datenerhebung erfolgte im Zeitraum vom 27. September bis einschließlich dem 31. Oktober 2024. Teilnehmer benötigten durchschnittlich fünf bis zehn Minuten, um den Fragebogen auszufüllen. Der Stichprobenumfang liegt bei 68 und es konnte in zwei Gruppen unterschieden werden, einmal dem Alter und des Weiteren der Erfahrung.

Als Erhebungsinstrument wurde der Fragebogen zur System Usability Scale nach Brooke (1996) ausgewählt. Die Eignung der SUS ist durch ihre breite Akzeptanz in der Usability-Forschung und ihrer bewährten Effektivität und Validität untermauert, was sie zu einem zuverlässigen Werkzeug macht, um eine schnelle und präzise Bewertung der Usability eines Systems oder Produkts zu erhalten. Die Fragen werden anhand einer fünfstufigen Likert-Skala bewertet und folgen einer abwechselnd positiv/negativ formulierten Anordnung von Aussagen, sodass der Befragte dazu angeleitet wird, die Fragen bewusst zu lesen und zu überlegen, ob er ihnen zustimmt oder nicht. Dazu wird den Skalen jeweils ein Wert zugeordnet.

4. Ergebnisse

H1: *Einfluss des Alters auf die wahrgenommene Usability*
Die Mittelwerte der beiden Altersgruppen (18-34 Jahre/35-64 Jahre) in Tabelle 1 geben einen ersten Überblick über die Unterschiede in Bezug auf die wahrgenommene Usability von ChatGPT anhand des SUS-Scores wieder. Hierbei lässt sich bereits ein Unterschied in Bezug auf den SUS-Score der beiden Altersgruppen feststellen.

Tabelle 1: *Output t-Test. Gruppenstatistiken*

Gruppenstatistiken

	Alter	N	Mittelwert	Std.-Abweichung
SUS-Score	18-34	49	79,082	10,8697
	35-65	19	66,316	16,3802

Im vorliegenden Fall wird ein ***Cohen's d*** von **|0.918|** erreicht – dies entspricht einem großen Effekt.

Tabelle 2: *Output t-Test: Levene Test und t-Test für die Mittelwertgleichheit (SUS-Score und Alter)*

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
									95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
SUS-Score	Varianzen sind gleich	7,736	,007	3,745	66	,000	12,7658	3,4089	5,9597	19,5720
	Varianzen sind nicht gleich			3,140	24,405	,004	12,7658	4,0661	4,3813	21,1504

In Tabelle 2 zeigt der Levene Test, dass für den SUS-Score in Bezug auf Alter keine Varianzhomogenität vorliegt (***p = .007 < .05***). Für die weitere Interpretation muss somit die 2. Zeile abgelesen werden (Varianzen sind nicht gleich).

Interpretation: Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen dem SUS-Score der beiden Altersgruppen, wobei der SUS-Score der jüngeren Nutzer um 12.7658 höher ist, *t(24.405) = 3.140, p = .004 < .05, d = 0.918*. Das Alter hat folglich einen großen Effekt auf den SUS-Score.

Tabelle 3: Hypothesentestübersicht von Alter und SUS-Score.

Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von SUS-Score ist über die Kategorien von Alter identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,004	Nullhypothese ablehnen

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanznivea ,05.

Tabelle 3 zeigt zur Absicherung der Ergebnisse den Mann-Whitney-U Test, der ebenfalls einen Wert von ***p = .004 < .05*** aufweist. Somit liegt ein signifikanter Unterschied zwischen dem SUS-Score und den verschiedenen Altersgruppen vor.

H2: *Einfluss der Erfahrung auf die wahrgenommene Usability*
Die Mittelwerte der Selbsteinschätzung in Tabelle 4 weisen ebenfalls einen deutlichen Unterschied in Bezug auf die wahrgenommene Usability von ChatGPT anhand des SUS-Scores auf.

Tabelle 4: *Output t-Test: Gruppenstatistiken*

Gruppenstatistiken

	Selbsteinschätzung	N	Mittelwert	Std.-Abweichung
SUS-Score	Einsteiger	27	66,944	13,6814
	Fortgeschrittener/Experte	41	81,159	10,6961

Im vorliegenden Fall wird ein *Cohen's d* von $|-1.158|$ erreicht – dies entspricht einem großen Effekt.

Tabelle 5: *Output t-Test: Levene Test und t-Test für die Mittelwertgleichheit (SUS-Score und Erfahrung)*

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
									95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
SUS-Score	Varianzen sind gleich	3,157	,080	-4,795	66	,000	-14,2141	2,9646	-20,1330	-8,2951
	Varianzen sind nicht gleich			-4,558	46,270	,000	-14,2141	3,1182	-20,4896	-7,9385

In Tabelle 5 zeigt der Levene Test, dass für den SUS-Score in Bezug auf die Selbsteinschätzung Varianzhomogenität vorliegt ($p = .08 > .05$). Für die weitere Interpretation muss somit die 1. Zeile abgelesen werden (Varianzen sind gleich).

Interpretation: Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den SUS-Scores der Gruppen Einsteiger und Fortgeschrittener/Experte, wobei der SUS-Score der Fortgeschrittenen/Experten um 14.2141 höher ist, $t(66) = -4.795$, $p = .000 < .05$, $d = -1.158$. Die Erfahrung hat also einen großen Effekt auf den SUS-Score.

Tabelle 6: *Hypothesentestübersicht von Selbsteinschätzung und SUS-Score*

Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von SUS-Score ist über die Kategorien von Selbsteinschätzung identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,000	Nullhypothese ablehnen

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

Der Mann-Whitney-U Test, Tabelle 6, bestätigt, dass sich der SUS-Score hinsichtlich der verschiedenen Erfahrungslevels signifikant unterscheidet ($p = .000 < .05$).

5. Diskussion und Ausblick

Das vorliegende Beitrag illustriert die erhobenen Ergebnisse, die auf eine höhere Bewertung der wahrgenommenen Usability von ChatGPT hinweisen, insbesondere durch jüngere Nutzer (18-34 Jahre), Nutzer, die sich selbst als Fortgeschrittener oder Experte einschätzen, sowie von Nutzer, die ChatGPT täglich verwenden. Die vorliegenden Ergebnisse decken sich außerdem mit den Erkenntnissen von Mead et al. (2000) und Mendoza et al. (2005), die ebenfalls einen Unterschied durch den Einfluss von Alter und Erfahrung auf die wahrgenommene Usability verzeichneten. Ferner könnten die vorliegenden Ergebnisse ein Anstoß für mögliche Anpassungen von ChatGPT sein, um spezifischer auf Nutzer mit verschiedenen Charakteristiken einzugehen. Auch wenn die Unterschiede zwischen Alter, Erfahrung und Nutzungshäufigkeit signifikant geworden sind, gilt es, die Werte des SUS-Scores kritisch zu hinterfragen. Dabei stellt sich die Frage, welche Faktoren oder Probleme zu diesen SUS-Scores geführt haben, da die System Usability Scale lediglich eine grobe Einschätzung darüber gibt, wie Nutzer die Usability von ChatGPT bewerten. Betrachtet man die Mittelwerte (M) der SUS-Scores aller Gruppenvariablen so fällt auf, dass die Usability von ChatGPT mit 66,9 Punkten am schlechtesten durch die älteren Nutzer bewertet worden ist. Dies fällt in den Akzeptanzbereich „marginal hoch“ und weist lediglich auf eine gute Usability hin. Hierzu könnten auch subjektive Bewertungen der älteren Nutzer hinsichtlich der Akzeptanz von neuen Technologien zum Tragen kommen. Negative Emotionen durch Missfallen dieser neuen Technologien könnten motivationshemmend sein und die Bewertung verzerren. Am besten hingegen wird die Usability von Nutzern bewertet, die ChatGPT täglich nutzen, mit durchschnittlich 83,75 Punkten, welche auf eine akzeptable und exzellente Usability von ChatGPT deutet.

Um die dargelegten Resultate weiterhin zu bekräftigen und den Einfluss von Faktoren verschiedener Nutzergruppen in Hinblick auf die wahrgenommene Usability von ChatGPT zu erfassen, bedarf es weiterer Forschungen. Dieser Beitrag dient zur ersten Orientierung.

6. Literatur

Aljamaan, F. et al. (2024). ChatGPT-3.5 System Usability Scale early assessment among Healthcare Workers: Horizons of adoption in medical practice. Von Heliyon: https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(24)04993-4, am 25.11.2024 abgerufen.

Brooke, J. (1996). SUS: A quick and dirty usability scale In: Brooke, J. (Hrsg.): Usability Evaluation in Industry. Von Google Scholar: https://rickvanderzwet.nl/trac/personal/export/104/liacs/hci/docs/SUS-questionaire.pdf, am 30.11.24 abgerufen.

Czaja, S., & Lee, C. (2006). The impact of aging on access to technology. Online: Springer Verlag.

Kreutzer, R. (2023). Künstliche Intelligenz verstehen - Grundlagen-Use-Cases-unternehmenseignene KI-Journey, 2. Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler.

Levchuk, I., Klußman, A., Lang, K., & Gebhardt, H. (2011). Verfahren der Usability-Evaluation – Methoden und Instrumente zur Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten. Wuppertal: Institut ASER e.V.

Mendoza, V., & Novick, D. (21.09.2005). Usability over time. Von ACM Conferences: https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/1085313.1085348, am 29.11.2024 abgerufen.

Mulia, A. P., Piri, P. R., & Tho, C. (2023). Usability Analysis of Text Generation by ChatGPT OpenAI Using System Usability Scale Method. Procedia Computer Science.

Richter, M., & Flückiger, M. (2013). Usability Engineering kompakt – Benutzbare Produkte gezielt entwicklen, 3. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer- Verlag.

Südwest, M. F. (2024). mpfs. Von JIM-Studie 2024: Jugend, Information,Medien – Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland. Südwestdeutscher Rundfunk: https://mpfs.de/studie/jim-studie-2024/, am 07.12.2024 abgerufen.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Arbeitsprozessorientierte und menschenzentrierte Gestaltung von Robotik-Kursen in der technischen Berufsbildung für junge Erwachsene mit Autismus-Spektrums-Störung

Andrea DEDERICHS-KOCH

iaim Institute of Automation & Industrial Management,
FOM University of Applied Sciences,
Leimkugelstraße 6, D-45141 Essen

Kurzfassung: Jugendliche und junge Erwachsene mit Autismus-Spektrums-Störung finden zum einen durch ihre Beeinträchtigung vielfach keinen Zugang zur Berufswelt, zum anderem können sie ihre Potenziale und Talente durch die aktuellen Bildungsangebote meist nicht ausreichend entwickeln. Roboter haben sich als interaktives Lernmedium in diesem Zusammenhang als gewinnbringend erwiesen, jedoch werden diese bisher meist noch nicht in diesem spezifischen Kontext in der technischen Berufsbildung eingesetzt. In diesem Sinne soll in diesem Beitrag aufgezeigt werden, wie Robotik-Kurse in der technischen Berufsbildung in dem dargelegten Kontext zu gestalten sind, welche Roboter sich als Lernmedium eignen und wie diese zu einer menschenzentrierten, technischen Qualifikation für die anvisierte Zielgruppe beitragen können. Dabei werden die besonderen Schwierigkeiten bei den Lern- und Arbeitsprozessen thematisiert.

Schlüsselwörter: Robotik, technische berufliche Bildung, Autismus-Spektrums-Störung

1. Roboter als Lernmedium in der technischen Berufsbildung

Roboter stellen ein attraktives Lernmedium nicht nur zum technischen Kompetenzerwerb dar (Alves-Oliveira et al. 2014; Petersen et al. 2007). Dies gilt es, in einem arbeitsprozessorientierten und menschenzentrierten Ansatz im Rahmen eines Robotik-Kurses für Jugendliche und junge Erwachsene mit Autismus-Spektrums-Störung zur technischen beruflichen Bildung einzusetzen. Das Ziel ist es, mit Hilfe des Robotik-Kurses Lern- und Arbeitsprozesse auf verschiedenen Qualifikationsniveaus abzubilden, um der Zielgruppe einen Einblick in technische Berufsfelder zu geben sowie sich hier erproben zu können. Insbesondere bei komplexen Arbeitsabläufen kann die Interaktion mit Robotern als Lernmedium eine wertvolle Unterstützung und eine Möglichkeit zum Erwerb technischer Kompetenzen durch einen praxisorientierten Ansatz darstellen. Bei der Konzeption sind jedoch für die spezifisch ausgewählte Zielgruppe besondere Randbedingungen zu berücksichtigen. Dies wurde im Rahmen eines Robotik-Kurses für die technische berufliche Qualifizierung konzipiert und durchgeführt. Die grundlegenden Überlegungen, die Realisierung und die bisherigen Ergebnisse werden nachfolgend vorgestellt und diskutiert.

2. Kompetenzentwicklung durch Roboter als Lernmedium

Mit Hilfe von Robotern soll eine technische Kompetenzentwicklung ermöglicht werden, wobei hier nicht nur die berufliche Qualifizierung zu fokussieren ist, sondern besonders auch eine ganzheitliche Persönlichkeitsentwicklung zur Teilhabe im beruflichen Kontext zu unterstützen ist. In diesem Kontext soll das Robotik-Kurskonzept im Sinne der beruflichen Bildung gestaltend wirken und es den Jugendlichen und jungen Erwachsenen mit der spezifischen Beeinträchtigung ermöglichen, ihre Lebenswirklichkeit positiv gestalten zu können (Dreher 2014, Rauner 2021). Zum Einsatz kommen Lego EV3 Robotiksysteme, da Lego-Roboter sich zum einen bereits mit Kindern und Jugendlichen mit Autismus-Spektrums-Störung im Einsatz bewährt haben, zum anderen lässt sich der gestalterische Ansatz verwirklichen (Dautenhahn 2002; Ismail et al. 2012; Cabibihan et al. 2013).

2.1 Autismusspezifische Besonderheiten

Bei der Autismusspektrumsstörung handelt es sich laut Diagnostik um eine tiefgreifende Entwicklungsstörung (DSM IV, ICD-10), deren Merkmale Schwierigkeiten bei der Kommunikation, ein ungewöhnliches Profil der Lernfähigkeit sowie eine Überempfindlichkeit bei bestimmten Geräuschen, Düften und Berührungsreizen beinhalten können (Attwood 2008). Meist ist ein Bedarf an Unterstützung bei manchen Selbsthilfe- und Organisationsfähigkeiten erforderlich, jedoch sind auch außergewöhnliche Intelligenzprofile und besondere Fähigkeiten möglich (Dawson et al. 2007).

2.2 Konzept und Methodik

Für die Konzipierung des Robotik-Kurses sind Lernfelder und Lernsituationen im Sinne der technischen Berufsbildung zu identifizieren. Dabei werden die besonderen Schwierigkeiten bei den Lernprozessen im Bereich der Autismus-Spektrums-Störung zur Gestaltung des Kurskonzeptes sowie in den einzelnen Lerneinheiten fokussiert. Zur Erprobung wurden zunächst die folgenden Lernfelder ausgewählt und entsprechend angepasst:

- Robotiksysteme analysieren und Funktionen prüfen
- Design und Erstellen von Robotiksystemen
- Anwendungsorientierte Softwaresysteme im Projekt konzipieren und realisieren

Die Durchführung erfolgt im Rahmen der Lernfeldorientierung mit Fokus auf die zu erlernenden Arbeitsprozesse, wobei die Durchführung projektorientiert erfolgt. Zu jedem Lernfeld werden die zugehörigen Kompetenzentwicklungsstufen formuliert und passende Aufgabenstellungen konzipiert. Diese sind exemplarisch wie folgt definiert und beinhalten unterschiedliche Kompetenzentwicklungsstufen:

- Er/Sie kann Roboteranwendungen realisieren und testen.
- Er/Sie kann auf der Grundlage eines Projektauftrages ein Projekt planen, kontrollieren und die Durchführung dokumentieren.
- Er/Sie befolgt Kommunikationsregeln und Regeln zur Teamarbeit bei der Zusammenarbeit am Robotiksystem und festigt dabei sein/ihr Fachvokabular.

Da die Teilnehmenden erlernen sollen, mit der für sie ungewohnten Situation umzugehen, wird für die Dokumentation und Evaluation der Lernfortschritte die teilnehmende Beobachtung gewählt. Hierdurch ist eine zusätzliche Störung der Abläufe zunächst weitgehend zu minimieren. Zu einem späteren Zeitpunkt können auch Fragebögen zur

Selbst- und Fremdeinschätzung eingesetzt werden, die als Grundlage für ein therapeutisch begleitetes Feedback-Gespräch dienen (Rauner & Grollmann 2018). Nach jedem Kursabschnitt werden die beobachteten Fortschritte dokumentiert und die nächsten Schritte im Lernprozess individuell abgestimmt.

Das eingesetzte Lego EV3 Robotiksystem besitzt für das Kurskonzept mehrere Vorteile. Zum einen bieten es die Möglichkeit zur Gestaltung verschiedener Roboter, ohne dass die Teilnehmenden überfordert werden. Zum anderen zeigt sich das System im Einsatz als extrem robust, einfach zu handhaben und ist fast ohne Fehlernanfälligkeiten einsetzbar. Der Schwierigkeitsgrad lässt sich skalieren, wodurch sich dem Lernfortschritt angepasste Aufgabenstellungen konzipieren lassen. Das System besitzt eine niedrige Hemmschwelle, da die Teilnehmenden meist schon Vorerfahrungen mit Lego-Baukästen haben. Zusätzlich zu dem Programmiertool auf einem PC oder Notebook besteht die Möglichkeit, die Roboter auch per App auf einem Tablet zu steuern, hier kann die Bedienung zusätzlich durch einen Eingabestift unterstützt werden, wenn besondere motorische Schwierigkeiten bei der PC- bzw. Mausbedienung bestehen.

Jeder Teilnehmende erhält einen eigenen Bausatz und muss diesen auf Vollständigkeit prüfen, unvollständige Bauteile sind per Formular zu bestellen und beim nächsten Termin auf richtige Lieferung zu prüfen. Die Vollständigkeit ist dabei jeweils durch Unterschrift zu bestätigen. Hier zeigt sich auch der Vorteil des ausgewählten Lego Robotiksystems, da die Lego-Bauteile über exakte Bezeichnungen und Bestellnummern verfügen. Auch werden zu Beginn Unterrichtsmaterialien ausgehändigt, mit deren Hilfe, eigenständig die Aufgaben im ersten Lernfeld durchzuführen sind. Zunächst wird eine einfache Bauform gewählt und die Funktionen des Roboters sind hinsichtlich ihrer fehlerfreien Arbeitsweise zu prüfen. Die Programmbausteine werden in kleineren Lerneinheiten trainiert, bevor die erste größere projektorientierte Aufgabe gestellt wird. Exemplarisch ist nachfolgend eine durchzuführende Projekt-Aufgabe dargestellt.

Aufgabe Lager:

- Im Lager befindet sich eine Kiste nicht am korrekten Standort. Finden Sie mit Hilfe des Roboters die Kiste und bringen Sie sie an den richtigen Lagerplatz. Bei der Aktion müssen folgende Punkte beachtet werden (Auszug):
    - Start- und Endpunkt des Roboters sowie der korrekte Lagerplatz der Kiste ist als Standort fest vorgegeben (Lageplan).
    - Der Roboter muss aus Sicherheitsgründen langsam gefahren werden.
    - Für die Sicherheit des Lagerpersonals ist beim Rückwärtsfahren des Roboters ein Signalton und eine Warnleuchte zu aktivieren.

Das Lager kann mit einfachen Sperrholzplatten aufgebaut werden, der Roboter besitzt einen definierten Platz als Start- und Endposition und die Kiste befindet sich an einem definierten Ort und muss zu einem vorgegebenen Lagerplatz gebracht werden. Hierzu ist auch eine geeignete Konstruktion des ausführenden Roboters zu wählen. Die Erfolgskontrolle können die Teilnehmer selbst durchführen, je nach Kompetenz ist bei der Lösung der Aufgabe mehr oder weniger Unterstützung zu leisten. Es ist auf jeden Fall darauf zu achten, nicht zu viel vorzugeben, so dass die Teilnehmenden lernen, Probleme eigenständig zu lösen.

Diese Aufgabe kann z. B. erweitert werden, indem die zu suchende Kiste sich nicht an einem definierten Ort befindet und erst zu suchen ist. Hierzu muss mit Hilfe verschiedener Sensoren eine programmtechnische Lösung entwickelt werden (Bahnplanung), wobei die Suche im Lagerraum vollständig durchzuführen ist. Nach erfolgreichem Absolvieren der vorgegebenen Aufgaben dürfen die Teilnehmenden auch eigene Aufgaben gestalten und umsetzen.

3. Durchführung und Ergebnisse

Bisher wurden zwei Kurse für den Zeitraum von einem Jahr im 14-tägigen Rhythmus als 2-stündige Kurseinheit mit jeweils 5 bis 6 Teilnehmern im Alter von 12 bis 18 Jahren durchgeführt. Der Kurs wurde durch zusätzlich zur Robotik-Lehrkraft durch eine therapeutische Fachkraft, die die Teilnehmer aus der Autismustherapie kennt, begleitet und unterstützt. Die Gruppe darf nicht zu groß sein und der Robotik-Kurs wurde in den Räumen des Autismuszentrums durchgeführt, um eine vertraute Umgebung zu gewährleisten. Auch wurde die Auswahl und Zusammensetzung der jeweiligen Gruppe durch die therapeutische Fachkraft durchgeführt.

Zunächst wurden die vorbereiteten Aufgaben durchgeführt, um eine einheitliche Grundlage für alle Teilnehmer zu schaffen. Durch die sich anschließende freie Projektarbeit können zum einen die Vorlieben und Interessen der Teilnehmer Berücksichtigung finden und sichtbar gemacht werden (eher konstruktives oder programmtechnisches Interesse). Zum anderen kann durch die freie Projektarbeit das Kommunikationsverhalten trainiert werden, indem die Teilnehmer ihre Projekte am Ende der Kurseinheit präsentieren. Auch besteht die Möglichkeit, durch die Projektideen einen fachlichen Austausch zu initiieren.

Die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Teilnehmer waren sehr unterschiedlich, auch die Interessen gestalteten sich sehr variabel. Einige Teilnehmer waren eher konstruktiv interessiert, wiederum andere beschäftigten sich intensiv mit der Programmierung, der Sensortechnologie oder der Erzeugung von Tönen und Melodien. Viele Teilnehmer hatten bereits Erfahrungen mit Lego-Technik und benötigten am Anfang und im Verlauf des Kurses wenig bis gar keine Unterstützung bei der Konstruktion oder Programmierung der Roboter. Bei einigen Teilnehmern zeigten sich motorische Schwierigkeiten, hier konnte der Einsatz mit dem Tablet unterstützend eingesetzt werden.

Insgesamt zeigte sich in allen Kurseinheiten eine hohe Motivation der Teilnehmer und auch weitestgehend ein gutes Durchhaltevermögen in den jeweiligen Kurseinheiten. Eine Schwierigkeit bestand darin, dass nicht immer alle Teilnehmer da waren, wodurch hohe Anforderungen an die Flexibilität des Kurskonzeptes und der verschiedenen Aufgabenstellungen gestellt wurden. Auch zeigten sich sehr schnell sehr unterschiedliche Fortschritte der Teilnehmer. Einige besaßen eine hohe Auffassungsgabe und bewältigten die Aufgabenstellungen sehr schnell, andere benötigten mehr Betreuung bzw. Unterstützung, hier war auch eine mehrfache Wiederholung der Inhalte erforderlich. Bei der freien Projektarbeit entstand der Wunsch, ein gemeinsames Projekt zu gestalten, wobei jeder Teilnehmer ein eigenes Roboterprojekt einbringen wollte. Bei der gemeinsamen Projektgestaltung konnten sich jedoch die Teilnehmer nicht immer auf eine gemeinsame Vorgehensweise einigen, jedoch konnte hier sehr gut das Kommunikationsverhalten und die eigene Reflektion zusätzlich trainiert werden. Exemplarisch zeigt Abbildung 1 eine im Rahmen der Projektarbeit gestaltete Roboterlösung. Sebastian, 16 Jahre alt und Förderschüler, entwickelte völlig eigenständig ein Laufband zum Transport und Sortierung verschiedener Kisten, bei der Programmierung benötigte er jedoch Unterstützung.

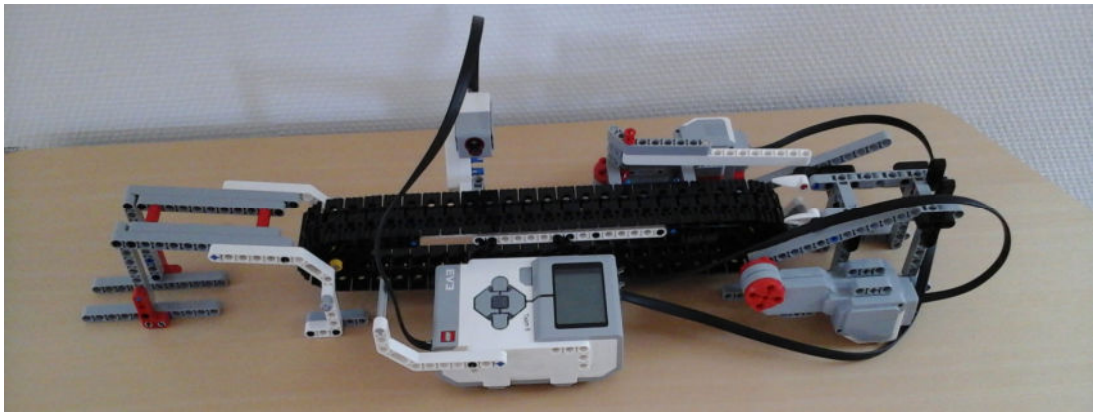


***Abbildung 1**: Laufband mit Sortiervorrichtung durch einen Lichtsensor, eigene Konstruktion von Sebastian, 16 Jahre, Förderschüler.*

Die offene Gestaltung am Ende des Kurses stellte eine große Herausforderung in der Betreuung dar, dies wurde aber durch die Kreativität der Teilnehmer belohnt. Für die Betreuung ist eine langjährige Erfahrung in der Lego-Programmierung durchaus erforderlich, da die Teilnehmer Schwierigkeiten bei der Lösung von Aufgaben auf ihre eigene Unfähigkeit und nicht auf eine Fehlfunktion des Roboters bezogen haben. Daher ist es auch extrem wichtig, dass am Ende jeder Kurseinheit die Teilnehmer mit einem Erfolgserlebnis verabschiedet werden konnten, um das Selbstkonzept im Rahmen des Kurses zu stärken.

Eine bessere Unterstützung ist bei der Nutzung der schriftlichen Unterlagen erforderlich, diese wurden wenig benutzt, lieber wurden Lösungen experimentell erarbeitet. Ähnliches zeigte sich auch bei der Dokumentation der Projekte, hier ist eine stufenweise Einführung von Dokumentationen im Rahmen der Projektarbeit notwendig. Es konnten vielfältige Ideen erprobt und umgesetzt werden, es zeigte sich eine hohe Kreativität der Teilnehmer mit individuellen Interessen (eher interaktiv/kommunikativ oder konstruktiv), gepaart mit einer hohen Eigenmotivation.

Durch den Einsatz von Lego-Robotern als Lernmedium konnten auch persönliche Kompetenzen erweitert werden. So konnte z. B. ein Teilnehmer mit Schwierigkeiten in der Schriftsprache trotz seiner Beeinträchtigung den Bestellzettel und schwieriger Fachbegriffe eigenständig und korrekt ausfüllen. Die Schwierigkeiten bei der Dokumentation zeigten sich auch bei der Befragung zu Selbstreflektion sowie im therapeutisch begleitetem Feedbackgespräch, hier muss den Teilnehmern im Rahmen des Kurskonzeptes mehr Zeit eingeräumt werden. Auch die Lernunterstützung mit Lernvideos oder Fotodokumentation und weiteren Hilfsmitteln ist anzudenken.

4. Fazit und Ausblick

Um eine umfassendere Qualifizierung erreichen zu können, wäre ein längerer Kurs mit längeren Kurseinheiten erforderlich. Auch müsste die regelmäßige Teilnahme gewährleistet sein, um eine bessere Kompetenzentwicklung zu erreichen. Auch kann die Konzeption um weitere Themen und Lernbereiche erweitert werden, hier sind z. B. das Produktdesign mit Hilfe von CAD-Systemen zu nennen oder der Umstieg auf komplexere Programmiersprachen, um die Teilnehmenden besser auf verschiedene Berufe vorbereiten zu können. Insgesamt lässt sich erkennen, dass das Kurskonzept auf positive Resonanz gestoßen ist und zur Stärkung der Kompetenz im technischen Bereich geführt hat.

5. Literatur

Alves-Liveira, P., Janarthanam, S., Candeias, A., Deshmukh, A., Ribeiro, T., Hastie, H., Paiva, A., Aylett, R. (2014). Towards dialogue dimensions for a robotic tutor in collaborative learning scenarios, RO-MAN: the 23rd IEEE International conference.

Attwood T (2008) Ein Leben mit dem Asperger-Syndrom. Trias Verlag, Stuttgart.

Cabibihan JJ, Javed H, Ang M, Aljunied, SM (2013) Why Robots? A Survey on the Roles and Benefits of Social Robots in the Therapy of Children with Autism.Int J if Soc Robotics 4: 593-618.

Dautenhahn K, Bond AH, Canamero L, Edmonds EB (2002). Socially Intelligent Agents. Creating Relationships with Computers and Robots. Kluwer Academic Publishers, Bosten, Dordrecht, London.

Dawson M, Soulieres I, Gernsbacher MA, Mottron L (2007). The Level and Nature of Autistic Intelligence. In: Association for Psychological Science.

Dreher, R. (2014). Der Leonardische Eid als Paradigma ingenieurwissenschatlicher Curricula. 9te Ingenieurpädagogische Regionaltagung, Universität Siegen.

DSM IV (1996). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. 4th Ed.

ICD-10 (2017). WHO (Ed.) International Classification of Diseases. German Modification.

Ismail IL, Shamsudin S, Yussof, H, Hannapiah FA, Zahari NI (2012). Estimation of Concentration by Eye Contact Measurement in Robot-based Intervention Program with Autistic Children. Procedia Engineering 41: 1548-1552.

Petersen, Ulrike and Theidig, Gabriele and Börding, Josef and Leimbach, Thorsten and Flintrop, Björn (2007). Roberta Abschlussbericht, Fraunhofer IAIS, 2007.

Rauner, F. (2021). Gestaltungskompetenz. Springer Fachmedien, Wiesbaden.

Rauner, F., Grollmann, P. (Hrsg., 2018) Handbuch Berufsbildungsforschung. Wbv Media GmbH & Co. KG, Bielefeld.

Danksagung: Frau Raphaela Mund und Frau Marlies Seeländer für die konstruktive Zusammenarbeit im Rahmen von Robotik-Kursen im Autismuszentrum Lüdenscheid und vor allem den Teilnehmern dieser Robotik-Kurse für die Inspirationen zur Gestaltung und Anwendung von Robotiksystemen.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Agile Produktionssteuerung – Ansatz für eine selbstorganisierte Schichtplanung

Nika PEREVALOVA[1], Dr.-Ing. Stefan GERLACH[2]

[1] Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT, Universität Stuttgart, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart
[2] Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtshaft und Organisation IAO, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart

Kurzfassung: Eine wichtige Aufgabe der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) ist die Personaleinsatzplanung. Dazu planen die Verantwortlichen (Meister, Abteilungs- oder Produktionsleitende) die Schichten, Besetzung der Arbeitsplätze und die Fertigungsaufträge, um hohe Lieferfähigkeit, geringe Bestände, kurze Durchlaufzeiten und eine hohe Ressourcenauslastung zu erreichen. Mit jeder auftretenden Änderung (Mitarbeitendenausfall, Materialmangel, Anlagenstörungen etc.) müssen die zuvor erstellten Produktions- und Schichtpläne angepasst und erneut kommuniziert werden. Viele Führungskräfte verbringen daher erhebliche Zeit mit der Planung. Das Konzept einer agilen, selbstbestimmten Personaleinsatzplanung, welche durch gezielte Querqualifizierung gefördert wird, bindet die Beschäftigten auf dem Shopfloor in die kapazitive und inhaltliche Steuerung der Arbeitseinsätze ein und reduziert die Planungsaufwände. Es wird im Forschungsprojekt "agileASSEMBLY" entwickelt, in einem Montageteam mit ca. 30 Mitarbeitenden pilotiert und evaluiert. Der folgende Beitrag zeigt zentrale Elemente des Konzepts.

Schlüsselwörter: Agile Produktionssteuerung, Selbstorganisierte Schichtplanung, Agile Arbeitsorganisation, personelle Wandlungsfähigkeit, Querqualifizierung

1. Einleitung

Die Dringlichkeit für produzierende Unternehmen, Produkte von hoher Qualität schneller, kostengünstiger und zuverlässiger als ihre Wettbewerber anzubieten, ist unbestritten (Bauernhansl et al. 2014). Gleichzeitig unterliegt das Auftragsvolumen in der Produktion erheblichen Schwankungen, die durch diverse Marktereignisse, umfangreiche Einzelaufträge oder spezifische Kundenanforderungen bedingt sind. In Anbetracht der Globalisierung der Märkte und der zunehmenden Präsenz internationaler Wettbewerber gestaltet sich die präzise Abschätzung der tatsächlichen Arbeitsbelastung über bestimmte Zeiträume hinweg als herausfordernd (Tolio 2009). Folglich sind Unternehmen gefordert, flexible und agile Methoden sowohl in ihren Produktionsaktivitäten als auch in der Arbeitsgestaltung (Oechsler 2011) einzusetzen. Der vorliegende Beitrag stellt ein Konzept für die flexible Arbeitsnutzung vor ((Bosse & Zink 2019; Dregger et al. 2018; Dombrowski et al. 2017), die agile und selbstbestimmte Schichtplanung.

2. Agilität in der Produktion

Agilität und Selbstorganisation stellen Konzepte dar, die darauf abzielen, zentralisierte Planung und starre Steuerung zu überwinden. Insbesondere die Selbstorganisation fördert die organisationale Flexibilität und ermöglicht es Unternehmen, effektiver auf unvorhergesehene Ereignisse und sich ändernde Anforderungen zu reagieren. Durch die Dezentralisierung von Entscheidungsprozessen und die Stärkung der Eigenverantwortung von Teams wird die Anpassungsfähigkeit an dynamische Umgebungen signifikant erhöht (Glasl & Lievegoed 2016; Laloux 2014). Diese Ansätze stehen im Einklang mit der zunehmenden Komplexität und Volatilität moderner Märkte, die eine Abkehr von hierarchischen Strukturen hin zu adaptiveren und resilienteren Organisationsformen erfordern (Uhl-Bien & Arena 2018).

Die selbstorganisierte Schichtplanung räumt den Mitarbeitenden größere Entscheidungsautonomie und Flexibilität bei der Gestaltung ihrer Arbeitszeit- und -inhalte und ist ein entscheidendes Element zur Förderung der Agilität in der Produktion. Durch die Dezentralisierung der Planungsprozesse (Auftragsfreigabe, Auftragseinteilung etc.) können einzelne Produktionsmitarbeitende und Teams schneller auf unvorhergesehene Ereignisse wie Maschinenausfälle, Materialmangel, oder Materialfehler reagieren, ohne auf langwierige Abstimmungen mit dem Vorgesetzten angewiesen zu sein (Hopp & Oyen 2004). Ein wichtiger Faktor für die Erreichung dieser Einsatzflexibilität ist die richtige Qualifizierung der Mitarbeitenden (Spath et al. 2013). Dies stärkt nicht nur die Reaktionsfähigkeit des Produktionssystems, sondern fördert auch die Motivation und Zufriedenheit der Mitarbeitenden, da sie aktiv in die Gestaltung ihrer Arbeitsbedingungen eingebunden werden. Die selbstorganisierte Schichtplanung trägt so zu einer höheren Produktivität und einer verbesserten Work-Life-Balance bei, was wiederum die Resilienz und Innovationsfähigkeit von Produktionsbetrieben erhöht. Somit trägt dieser Ansatz wesentlich dazu bei, die Agilität in der Produktion zu steigern und die Wettbewerbsfähigkeit in dynamischen Märkten zu sichern (Parker 2014).

3. Agile Organisation der Schichtplanung

Die „selbstorganisierte Schichtplanung“ ist eine von fünf betrieblichen Anwendungen im Rahmen des BMBF-geförderten Forschungsprojekts „agileASSEMBLY“. Bei der „selbstorganisierten Schichtplanung“ wird ein Konzept erarbeitet, bei dem die Produktionsmitarbeitenden in einer Montageabteilung die 15 Arbeitsplätze selbstorganisiert besetzen. Hierfür ist die Implementierung einer digitalen Plantafel vorgesehen, welche im Pilotbetrieb erprobt und validiert wird. Aktuell befindet sich bereits eine analoge Plantafel im Einsatz, welche in Abbildung 1 exemplarisch dargestellt ist. Der Produktionssteuerer unterteilt jeden Auftrags mittels Vorgabezeiten in Unteraufträge, welche jeweils eine Bearbeitungsdauer von 2 Stunden haben. Mittels Symbolbild können sich Mitarbeitende jeweils zu Schichtbeginn zu einem Arbeitsplatz zuordnen und den Auftrag direkt abarbeiten. Es dürfen auch mehrere Mitarbeitende einen Auftrag gleichzeitig ausführen. Nach erfolgreichem Abschluss werden die Auftragsschilder entfernt, um so die Ausführung zu visualisieren.

Im Falle von Störungen oder Problemen können entsprechende Hinweise dargestellt werden, genauso wie priorisierte Aufträge. Die Mitarbeitenden lösen auftretende Konflikte selbstständig und helfen sich im Falle von Verzögerungen gegenseitig aus.

KW 4 20. – 24.01.			Montage Arbeitsplatz 1	Montage Arbeitsplatz 2	Montage Arbeitsplatz 3
Montag	Frühschicht	08:00	Auftrag A		Auftrag G
		10:00	Auftrag A	Auftrag F	Auftrag G
		12:00	Auftrag A	Auftrag F	Auftrag G
		14:00	Auftrag B	Auftrag F	Auftrag G
	Spätschicht	16:00	Auftrag B		Auftrag G
		18:00	Auftrag B		Auftrag G
		20:00	Auftrag B		
		22:00	Auftrag B		
Dienstag	Frühschicht	08:00	Auftrag C	Auftrag A	Auftrag D
		10:00	Auftrag C	Auftrag A	Auftrag D
		12:00	Auftrag C	Auftrag A	Auftrag D
		14:00	Auftrag C	Auftrag A	Auftrag D
	Spätschicht	16:00	Auftrag C	Auftrag A	
		18:00	Auftrag C	Auftrag A	
		20:00	Auftrag C		
		22:00	Auftrag C		

Abbildung 1: Exemplarische Darstellung der Plantafel einer Selbstorganisierten Plantafel.

Der Grundgedanke hinter dem agilen Organisationsansatz ist, dass durch die selbstorganisierte Arbeitseinsatzplanung schneller und zuverlässiger auf unvorhersehbar schwankende Arbeitsbedarfe reagiert werden kann als bei der zentralen Schichtplanung. Ein weiterer Aspekt ist, dass durch die Eigenplanung des Arbeitseinsatzes die persönlichen Präferenzen und Vorlieben der Mitarbeitenden berücksichtigt werden.

4. Mitarbeitendenqualifizierung als Erfolgsfaktor

Für die Realisierung dieser selbstorganisierten Schichtplanung sind die Qualifiizierungen der Mitarbeitenden ein entscheidender Erfolgsfaktor, da so die Agilität dieses Konzepts sichergestellt wird. Nur durch Mehrfachqualifizierungen erwerben die Mitarbeiten die Kompetenz verschiedene Aufträge zu fertigen, wodurch es zu weniger Besetzungskonflikten kommt, da die Mitarbeitenden so aus verschiedenen offenen Aufträgen wählen können.
Ohne entsprechende Qualifizierungen besteht die Gefahr, dass die selbstorganisierte Schichtplanung zu Ineffizienzen führt. Somit ist die Mitarbeitendenqualifizierung nicht nur eine Voraussetzung, sondern auch ein zentraler Hebel, um die Vorteile selbstorganisierter Schichtplanung vollständig auszuschöpfen und die Agilität in der Produktion nachhaltig zu steigern.

In der aktuellen, analogen Plantafel findet kein entsprechender Abgleich statt. Es ist Aufgabe der Führungskraft abzuschätzen, ob die Mitarbeitenden der jeweiligen Schicht über ausreichend Kompetenzen verfügen, um die anstehenden Aufträge zu fertigen. Um das volle Potential der selbstorganisierten Schichtplanung zu entfalten, wird die Plantafel digitalisiert und mit der Qualifikationsmatrix des Bereichs verknüpft. So kann automatisch gegengeprüft werden, ob Mitarbeitende die notwendigen Kompetenzen für die Besetzung einzelner Arbeitsplätze besitzen. Es kann zudem der Routinegrad des Mitarbeitenden erfasst werden und bei längerem nicht-montieren bestimmter Aufträge darauf hingewiesen werden, um die Kompetenz zu erhalten. Durch die Verknüpfung der Plantafel mit dem ERP-System kann sogar abgeglichen werden, ob die bestehenden Kompetenzen für die zukünftigen Fertigungsaufträge ausreichend sind und bei Bedarf vorausschauend Mitarbeitenden neue Qualifizierungen zugewiesen werden.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Das Konzept der selbstorganisierten Schichtplanung ermöglicht den Arbeitnehmenden attraktivere Arbeitsbedingungen und mehr Selbstbestimmtheit, gleichzeitig werden Führungskräfte von nicht wertschöpfenden, administrativen Tätigkeiten entlastet. Die zentralisierte Planung und Einteilung von Aufträgen, Arbeitsplätzen und Mitarbeitenden werden durch die selbstorganisierte Schichtplanung der Mitarbeitenden ersetzt und durch eine mobile Planungstafel ergänzt. Die vorliegende Arbeit betont die Notwendigkeit der Mitarbeitendenqualifizierung, damit eine höhere Flexibilität der Mitarbeitenden erreicht werden kann. Die nächsten Schritte umfassen die Einführung der digitalen Plantafel, welche die Qualifizierungsbedarfe der Mitarbeitenden ermittelt und diese zielgerichtet steuert. Anschließend folgt der Pilotbetreib in einem Team von ca. 30 Mitarbeitenden, um das Konzept der selbstorganisierten Schichtarbeit zu testen, das Konzept zu verfeinern und die Ergebnisse zu evaluieren.

6. Literatur

Bauernhansl, Thomas; Hompel, Michael ten; Vogel-Heuser, Birgit (2014): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Bosse, Christian K.; Zink, Klaus J. (Hg.) (2019): Arbeit 4.0 im Mittelstand. Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels für KMU. Springer-Verlag GmbH. [1. Auflage]. Berlin, Germany: Springer Gabler.

Dombrowski, Uwe; Richter, Thomas; Krenkel, Philipp (2017): Interdependencies of Industrie 4.0 & Lean Production Systems: A Use Cases Analysis. In: 2351-9789 11, S. 1061–1068. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.07.217.

Dregger, Johannes; Niehaus, Jonathan; Ittermann, Peter; Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Hompel, Michael ten (2018): Challenges for the future of industrial labor in manufacturing and logistics using the example of order picking systems. In: 2212-8271 67, S. 140–143. DOI: 10.1016/j.procir.2017.12.190.

Glasl, Friedrich; Lievegoed, Bernard (2016): Dynamische Unternehmensentwicklung. Grundlagen für nachhaltiges Change Management. 5., erweiterte und aktualisierte Auflage. Bern, Stuttgart: Haupt Verlag; Verlag Freies Geistesleben.

Hopp, Wallace J.; Oyen, Mark P.: Agile workforce evaluation: a framework for cross-training and coordination. IIE Transactions, 2004, 36. Jg., Nr. 10, S. 919-940.

Laloux, Frederic (2014): Reinventing Organizations. Ein Leitfaden zur Gestaltung sinnstiftender Formen der Zusammenarbeit. Unter Mitarbeit von Mike Kauschke. 1st ed. München: Franz Vahlen.

Oechsler, Walter A. (2011): Personal und Arbeit. Grundlagen des Human Resource Management und der Arbeitgeber-Arbeitnehmer-Beziehungen. 9., aktualis. u. überarb. Aufl. München: Oldenbourg (Oldenbourgs Lehr- und Handbücher der Wirtschafts- u. Sozialwissenschaften).

Parker, Sharon K.: Beyond motivation: Job and work design for development, health, ambidexterity, and more. Annual review of psychology, 2014, 65. Jg., Nr. 1, S. 661-691.

Spath, Dieter (Hg); Ganscher, Oliver; Gerlach, Stefan; Hämmerle, Moritz; Krause, Tobias; Schlund, Sebastian: Produktionsarbeit der Zukunft-Industrie 4.0. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2013.

Tolio, Tullio (Hg.) (2009): Design of flexible production systems. Methodologies and tools. Politecnico di Milano. Berlin, Heidelberg: Springer.

Uhl-Bien, Mary; Arena, Michael: Complexity leadership: enabling people and organizations for adaptability. Organizational dynamics, 2017.

Danksagung: Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „agileASSEMBLY“ ist ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördertes und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreutes Projekt zum Thema Industrie 4.0 – Wandlungsfähigkeit von Unternehmen in der Wertschöpfung von morgen (InWandel) im Rahmen des Programms „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“. Weitere Informationen zum laufenden Forschungsprojekt befindet sich auf unter www.agileassembly.de

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Arbeitssituation der Tagesmütter am Bauernhof in Niederösterreich – eine qualitative Studie

Mareike ROSENBICHLER, Elisabeth QUENDLER

Institut für Landtechnik, Universität für Bodenkultur Wien,
Peter Jordan Straße 82, A-1190 Wien

Kurzfassung: Hintergrund dieser Studie ist die Wissenslücke zur Arbeitssituation der Tagesmütter von Kindern auf landwirtschaftlichen Betrieben. Sowohl aus wissenschaftlicher als auch aus rechtlicher Sicht ist dieser Themenbereich literarisch dünn erfasst. Ziel der Arbeit war es, mittels persönlichen qualitativen Interviews die Tagesabläufe der Tagesmütter zu ermitteln und das daraus gewonnene Wissen für zukünftige Forschungen aufzubereiten. Weiters sollen die Ergebnisse dieser Arbeit als unterstützende Wissensquelle für potenzielle Tagesmütter dienen. Die generierten Ergebnisse belegen das Tagesgeschehen sowie die Sicherheit während einer Betreuung am Bauernhof und dem Mehrwert, der den im Rahmen der Kinderbetreuung beteiligten Personen geboten wird.

Schlüsselwörter: Kinderbetreuung, Bauernhof, Arbeitssituation, Kindersicherheit, Mehrwert

1. Ausgangssituation

Die Thematik der naturnahen Kinderbetreuung im landwirtschaftlichen Umfeld in Österreich ist nur marginal untersucht und offizielle Richtlinien, die insbesondere den Aspekt des Bauernhofes als Betreuungsort beinhalten, gibt es nicht. Dabei bringt die Form der Kinderbetreuung am Bauernhof zahlreiche Vorteile für sowohl Tagesmütter als auch für die Kinder und deren Eltern mit sich. Grundsteine dazu basieren auf einzelnen Regelungen aus dem NÖ Kinderbetreuungsgesetz oder Vorgaben der NÖ Landesregierung. Die Trägerorganisationen der Tageseltern geben lediglich Leitsätze vor, die sich auf die reguläre Tagesbetreuung beziehen.

Mit dieser Arbeit soll die Relevanz der Kinderbetreuung mit Natur- und speziell Bauernhofbezug verdeutlicht werden und Anreize für die Umsetzung eines einheitlichen und konformen Regelwerks, welches über den herkömmlichen Rahmen der Betreuungsthematik auf vereinsbasierter Ebene hinausgeht, gegeben werden.

2. Untersuchungsgegenstand und -methode

Acht Tagesmütter wurden mittels Internetrecherche in Niederösterreich ermittelt, welche eine Tagesbetreuung für Kinder auf ihren eigenen landwirtschaftlichen Betrieben anboten. Ein leitfadengestütztes Interview wurde mit Schwerpunktfragen zu den persönlichen Beweggründen zur Berufswahl, den Tätigkeitsfeldern einer Tagesmutter am Bauernhof, die Kindersicherheit während der Betreuung und dem daraus resultierenden Mehrwert erstellt. Mittels der Methode des qualitativen Interviews nach Mayring (vgl. 2010) wurden Einzelgespräche auf den Betrieben der Interviewpartnerinnen geführt und aufgezeichnet. Diese wurden transkribiert und reduziert und das

aufbereitete Material für die Weiterbearbeitung genutzt. Die Datenauswertung und Ergebnisdarstellung erfolgte kategorisch in einem Tabellenkalkulationsprogramm.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse waren aufgrund der offenen Fragestellung und Individualität der einzelnen Interviewpartnerinnen umfangreich und zeigten die subjektiven Einstellungen der Befragten. Diese sind nachfolgend nach Tätigkeitsfeldern, Kindersicherheit und gebotenen Mehrwert einer Tagesbetreuung am Bauernhof dargestellt und diskutiert.

3.1 Tätigkeitsfelder einer Tagesmutter am Bauernhof

Die Tätigkeitsfelder einer Tagesmutter am Bauernhof wurden kategorisch im Allgemeinen sowie im Rahmen der Kinderbetreuung behandelt. In folgender Grafik sind jene Felder abgebildet, die während der Kinderbetreuung gemeinsam mit den Kindern sowie neben den Kindern ausgeführt wurden und sich aus vielen Mehrfachnennungen ergaben.

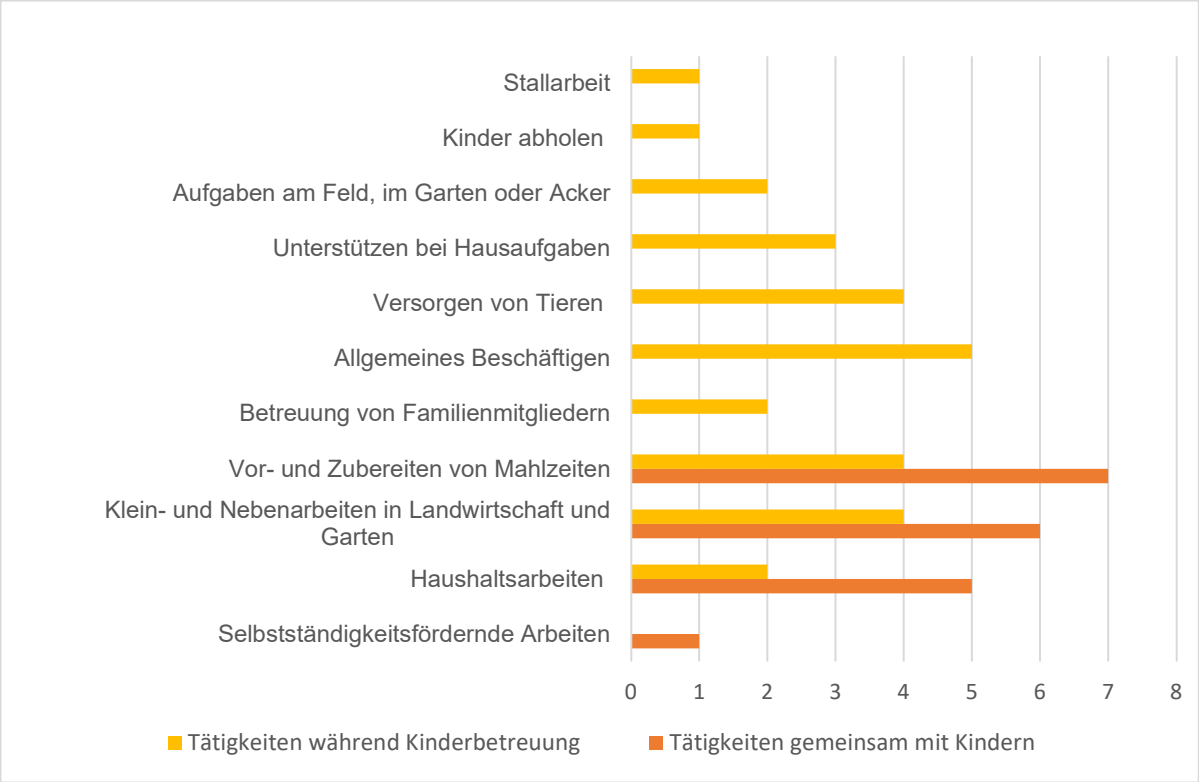


***Abbildung 1**: Tätigkeiten einer Tagesmutter allgemein und während einer Tagesbetreuung mit und ohne Einbezug der Kinder (n=47, Mehrfachnennungen), 2023.*

Hier war zu beobachten, dass die Tätigkeitsfelder nicht exakt nach den Betreuungskategorien trennbar waren, sondern deutlich miteinander verschwommen. Bei den Tätigkeiten während der Kinderbetreuung wurden die Kinder nach Alter und Interesse beim Kochen, den Kleinarbeiten am Hof und den Haushaltsarbeiten aktiv miteingebunden. Selbstständigkeitsfördernde Tätigkeiten fielen folglich in die Kategorie der gemeinsamen Tätigkeiten. Zu den Erledigungen während der Betreuungszeiten zählten die Arbeit im Stall, Feld, Garten oder Acker, sowie das Abholen der Kinder und die

Unterstützung dieser bei Hausaufgaben. Weiters folgten das Versorgen von Tieren, das allgemeine Beschäftigen und die Betreuung von Familienmitgliedern.

Wie bereits im Abschnitt der Informationsgewinnung ersichtlich, ist der Bereich der Kinderbetreuung im bäuerlichen Umfeld feminin geprägt. Dies basiert unter anderem auf dem Rückgang des Bedarfs von weiblicher Arbeitskraft in der Landwirtschaft während der Industrialisierung und der Zurückdrängung der Frau in Hausarbeiten und Kinderbetreuung (Contzen & Forney 2016). Naheliegend ist demnach, dass sich der Wunsch nach einem eigenen Einkommen oder der Übernahme von eigenen Arbeitsfeldern gebildet hat. Die Diversifizierung der Produktionsschwerpunkte in landwirtschaftlichen Betrieben ist relevant, um mögliche Risiken umgehen zu können oder sie auszugleichen (Bartonlini et al. 2013).

3.2 Sicherheit während der Tagesbetreuung am Bauernhof

Die Kindersicherheit am Bauernhof wurde mit Fragen zu Sicherheitsvorkehrungen, zur Risikominimierung, der Reduzierung des Unfallpotentials und dem Verletzungsgeschehen ermittelt. Als Ausschnitt davon wird im Folgenden die Risikominimierung genauer erläutert.

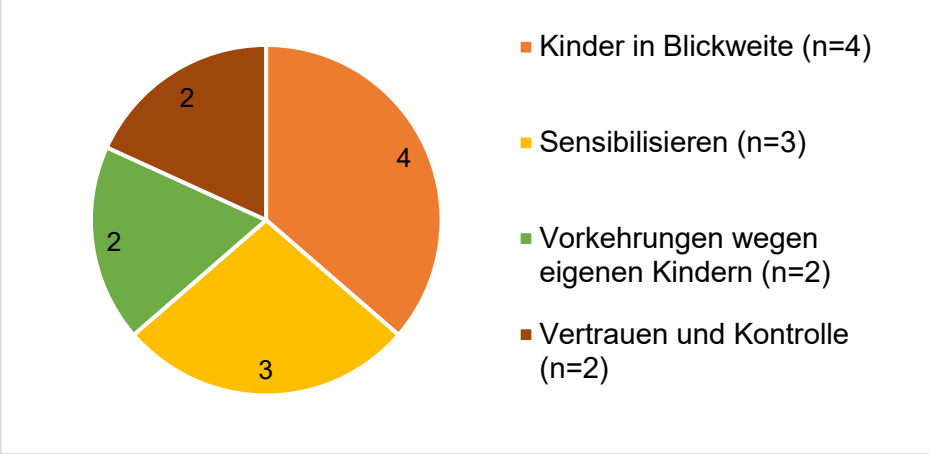


***Abbildung 2**: Möglichkeiten zur Risikominimierung (n=11, Mehrfachnennungen), 2023.*

Die Tagesmütter reduzierten mögliche Risiken, indem sie die Kinder möglichst immer in Blickweite hatten und so schnellstmöglich handeln konnten. Das Sensibilisieren auf Gefahren durch Erlernen und Näherbringen von Gefahrenquellen war für drei der Befragten eine Methode. Um das Risiko zur Entstehung von Gefahrensituationen zu senken, verwiesen zwei Tagesmütter auf bereits vorhandene Sicherheitsvorkehrungen und auf das Vertrauen und die Kontrolle der Tageskinder.

Um Kindern während des Aufenthaltes am Bauernhof eine möglichst sichere landwirtschaftliche Umgebung bieten zu können, müssen gewisse sicherheitstechnische Bedingungen gegeben sein (Quendler et al. 2020), welche in Niederösterreich seitens der Landesregierung nur in Grundsätzen festgelegt sind (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung 2023). Die Tagesmütter bringen demnach ihre Eigeninitiative ein, um die Sicherheit der Tageskinder bestmöglich zu gewähren. Das Vorbeugen der Risiken durch obige Maßnahmen schützt auch vor der Haupttodesursache der häufigsten Unfallursache der Stürze (Till & Spitzer 2017) und der häufigsten Todesursache des Ertrinkens bei Kindern bis vier Jahren weltweit (Lozano et al. 2012).

3.3 Mehrwert und Zukunftsfähigkeit

Abschließend wurde die Frage nach dem gebotenen Mehrwert einer Tagesbetreuung gestellt und die subjektive Einstellung zur Zukunftsfähigkeit dieses Modells ermittelt. Die Ergebnisse dazu waren in vielen Bereichen wieder deckungsgleich, da die verschiedenen Mehrwerte gleichzeitig Grund für die Zukunftsfähigkeit waren und umgekehrt.

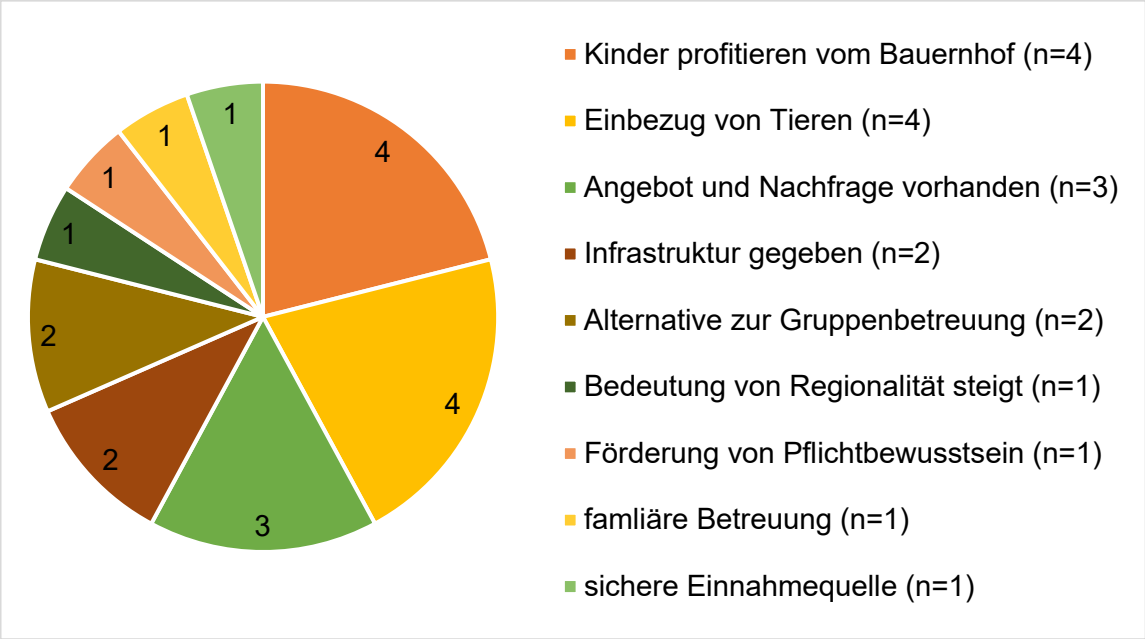


***Abbildung 3**: Aspekte zur Zukunftsfähigkeit einer Tagesbetreuung am Bauernhof (n=19, Mehrfachnennungen), 2023.*

Die Zukunftsfähigkeit der Tagesbetreuung am Bauernhof ist nach Einschätzungen der Tagesmütter am ehesten durch den Faktor des Bauernhofes und dem Profit daraus gegeben. Ebenso der Einbezug der Tiere, das Zusammenspiel aus Angebot und Nachfrage, sowie die vorhandene bauliche Infrastruktur unterstützen die Beständigkeit dieser Betreuungsform. Die Möglichkeit zur Wahl einer Alternative zur herkömmlichen Gruppenbetreuung sowie der Wert von Regionalität, Förderung des Pflichtbewusstseins und die Attraktivität der Betreuung im familiären Rahmen bekräftigen diese Aussage zusätzlich.

Worin Kinder durch die Betreuung am Bauernhof sofort, aber auch im späteren Leben einen Mehrwert ziehen, der alle obigen Aspekte vereint, sind unter anderem die Erhaltung von kleinstrukturierten Bauernhöfen (Schmidt & Sinabell 2007), die Wertschätzung von Lebensmitteln (Darnhofer 2005), die Gesundheitsvorteile (Raith & Lude 2014) und ein gesteigertes Empathievermögen (Gebhard 2020).

4. Ausblick

Um einen breiteren Querschnitt der Ausgangssituation zu erhalten wäre es notwendig, Informationsgehalte einer größeren bundesländerübergreifenden Gruppe an Interviewpartner*innen zu erhalten. Der befragte Pool an Probandinnen stellte zum Zeitpunkt der Erhebungen eine Vollerhebung im Bundesland Niederösterreich dar. Eine Ausweitung auf alle Bundesländer ist eine Möglichkeit, um ein breiteres Spektrum an

Informationsmaterial zu erhalten und für die weitere Bearbeitung auf politischer Ebene. Diese sollen das bundesweit einheitliche Gestalten von Richtlinien ermöglichen, anhand deren vor allem Tageseltern, aber auch Interessensgruppen sowie Institutionen eine gute Orientierungshilfe gegeben werden kann.

5. Literatur

Bartolini, F.; Andreoli, M. und Brunori, G. (2013): Explaining the determinants of on-farm diversification: The case Study of tuscany Region. AIEAA Conference "Between Risis and Development: which Role for the Bio-Economy". Parma: AIEAA Associazione Italiana di Economia Agraria e Applicata.

Contzen, S., Forney, J. (2016): Family farming and gendered division of labour on the move: a typology on farming-family configurations. In: Agric Hum Values 2017. Springer Science+Business Media Dordrecht.

Darnhofer, Ika (2005): Organic Farming and Rural Development: Some Evidence from Austria. Sociologia Ruralis Volume 54 Issue 4.

Gebhard, U. (2020): Kinder und Tiere. Die Bedeutung der Natur für die psychische Entwicklung. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.

Lozano et al. (2012): Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. In: The Lancet, 380(9859), S: 2095–2128.

Mayring, P. (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Beltz Verlag, Weinheim Basel.

Quendler, E., Michitsch, V., Leitner, C. (2020): Bedeutung landwirtschaftlicher Betriebe zur Förderung der Gesundheit von Kleinkindern aus Sicht der Stakeholder. In: Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment Volume 71, Issue 3, 147–156, 2020.

Raith, A., Lude, A. (2014): Startkapital Natur. Wie Naturerfahrung die kindliche Entwicklung fördert. Oekom Verlag München.

Schmidt, E., Sinabell F. (2005): On the choice of farm management practices after the reform of the Common Agricultural Policy in 2003. Journal of Environmental Management. Volume 82, Issue 3, February 2007, Pages 332-340.

Till, H., Spitzer, P. (2017): Kinderunfallreport 2017. Download: https://grosse-schuetzen-kleine.at/wp-content/uploads/2017/12/Report-Kinderunfall-2017-VersionEnd.pdf (11.01.2024).

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Entwicklung eines Konzepts zur Identifizierung von Weiterbildungspotenzialen bei Beschäftigten in Einfacharbeit – Anwendungsfall Logistik

Annelie LORBER[1], Julian DECIUS[1], Hannah Louisa KRÜGER[1],
Fenja Tjalda HESSELMANN[2], Yves KORTE-WAGNER[2], Frank WALLHOFF[2]

[1] Organisationspsychologie, Universität Bremen,
Enrique-Schmidt-Straße 1, D-28359 Bremen
[2] Institut für technische Assistenzsysteme, Jade Hochschule,
Ofener Straße 16/19, D-26121 Oldenburg

Kurzfassung: Aufgrund des Fachkräftemangels gewinnt die Weiterentwicklung des bestehenden Personals für Logistikunternehmen stetig an Bedeutung. Oft fehlen jedoch Strukturen für eine informationsbasierte, objektive Potenzialerkennung, wodurch Weiterbildungsentscheidungen häufig subjektiv von Vorgesetzten getroffen werden. Dies kann zu Verzerrungen und einer ungerechten Verteilung von Ressourcen führen. Ziel dieses Beitrages ist es, die Grundlage für objektivere Weiterbildungsentscheidungen zu schaffen, indem ein Konzept zur Identifizierung von Weiterentwicklungspotenzialen in der Einfacharbeit im Logistiksektor entwickelt wird. Dazu werden Workshops, Interviews und vorliegende Dokumente ausgewertet.

Schlüsselwörter: Potenzialerkennung, arbeitsbezogenes Lernen, Einfacharbeit, Logistik

1. Einleitung

Innerhalb der Logistikbranche besteht ein Fachkräftemangel, sodass zunehmend Beschäftigte in Einfacharbeit Tätigkeitsanteile von Fachkräften übernehmen müssen. Zahlreiche Beschäftigte sind bestrebt, sich beruflich weiterzuentwickeln, jedoch sind insbesondere kleinere und mittlere Unternehmen (KMU) mit begrenzten Weiterbildungsressourcen konfrontiert (Abel et al. 2016; Decius & Schaper 2021). Eine gute Passung zwischen Mitarbeitenden und Weiterbildungsangeboten ist somit essenziell. Dennoch fehlt es KMU häufig an Methoden, um Potenziale auf der Grundlage vorhandener Informationen objektiv zu identifizieren. Vielmehr werden zahlreiche Weiterbildungsentscheidungen von den persönlichen Urteilen der Vorgesetzten beeinflusst (Müller 2023), was zu Verzerrungen und einer ungerechten Verteilung von Ressourcen führen kann. Das Ziel dieses Beitrages besteht darin, mithilfe eines Konzeptes zur Erkennung von Weiterentwicklungspotenzialen eine objektivere Grundlage für Entscheidungen zur Weiterbildung und Qualifikation von Einfacharbeitenden in der Logistikbranche zu schaffen. Es wird untersucht, welche Indikatoren Potenziale der Mitarbeitenden anzeigen und welche Methoden zur Verfügung stehen, um diese zu messen.

2. Theoretischer Hintergrund

Vor allem die Management- und Leadership-Literatur beschäftigt sich mit der Identifizierung von “High Potentials”, also Arbeitskräften mit hohem Entwicklungspotenzial. Somit bestehen bereits Rahmenmodelle, die verschiedene Dimensionen und Kriterien berücksichtigen, um das Entwicklungspotenzial von (zukünftigen) Führungskräften zu bewerten (z.B. Finkelstein et al. 2018; Silzer & Church 2009). Um Personen mit hohem Potenzial zu entdecken, ist es essentiell, zusätzliche Kompetenzen und Fähigkeiten zu berücksichtigen, die über vergangene und aktuelle Leistungen hinausgehen (Church et al. 2021; Decius & Schaper 2017). Im Vordergrund stehen dabei häufig persönliche und soziale Kompetenzen, da davon auszugehen ist, dass fachliche Kompetenzen eine vergleichsweise hohe Verbesserbarkeit aufweisen. Für diese Gewichtung spricht auch, dass eine Passung zwischen Persönlichkeit und Stelle wichtig ist, um die intrinsische Motivation und die Zufriedenheit der Mitarbeitenden sicherzustellen, was wiederum deren Leistung und Engagement positiv beeinflusst (Kristof-Brown et al. 2005).

Potenzial ist jedoch domänenspezifisch, was bedeutet, dass hohe Potenziale in verschiedenen Tätigkeitsfeldern zwar Überschneidungen aufweisen können, jedoch nicht direkt auf andere Tätigkeitsfelder übertragbar sind (Silzer & Church 2010). Daher ist es entscheidend, die relevanten Kompetenzen für Einfacharbeit im gewerblichen Bereich zu identifizieren und auf die Zielgruppe abgestimmte Erhebungsmethoden auszuwählen (Güth et al. 2017; Horvat et al. 2018).

Als Rahmenmodell dient das integrierte Potenzialmodell nach Silzer und Church (2009), das zur Identifikation von Führungspotenzial entwickelt wurde. Die Autoren unterscheiden hierbei drei Potenzialdimensionen: Basisdimension (engl. „foundational dimensions“), Wachstumsdimensionen (engl. „growth dimensions“) und Karieeredimensionen (engl. „career dimensions“) (siehe Abbildung 1). Basisdimensionen umfassen Persönlichkeitseigenschaften sowie kognitive Fähigkeiten. Diese sind eher stabil und nicht auf bestimmte berufliche Rollen beschränkt, sondern als Potenzialindikatoren auf eine Vielzahl von Berufen anwendbar. Ebenfalls berufsübergreifend relevant sind die Wachstumsdimensionen, die sich schwerpunktmäßig mit dem Lernen und der Motivation der Person beschäftigten. Diese Wachstumsdimensionen sind einigermaßen stabil, bis sich die Situation wesentlich ändert. Die Karierredimensionen sind jobspezifisch und erlernbar. Hierzu zählen Führungs- und Fachkompetenzen (Silzer & Church 2009).

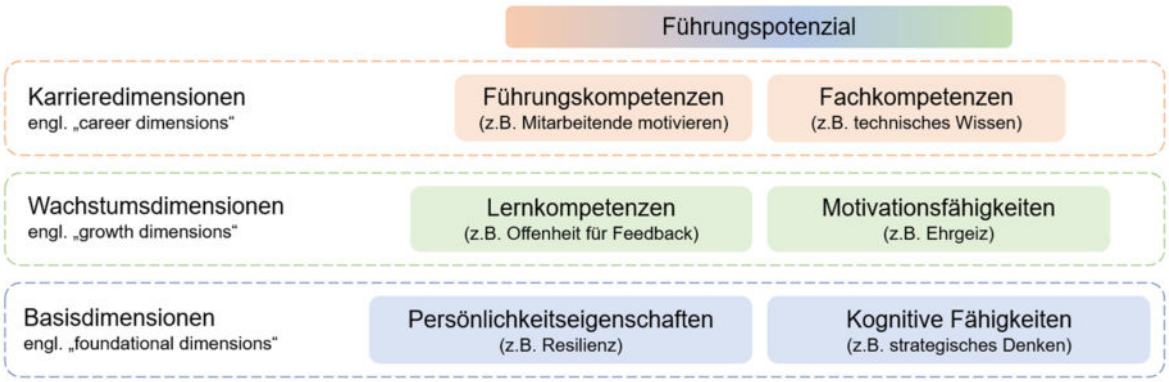


***Abbildung 1**: Integriertes Potenzialmodell (Eigene Darstellung in Anlehnung an Silzer & Church, 2010, S. 53).*

3. Methoden

Das Potenzialkonzept wird zur Anwendung in zwei Logistikunternehmen entwickelt. Unternehmen A bietet Verpackung nach Maß für den seemäßigen Export an, während Unternehmen B Lager- und Kommissionierungsdienstleistungen für die Automobilindustrie übernimmt. Für die Entwicklung des Konzeptes wird ein multimethodaler Ansatz verfolgt: Zum einen wurde im Rahmen einer Dokumentenanalyse untersucht, welche Aufzeichnungen zu Potenzialindikatoren in den zwei Unternehmen bereits vorhanden sind. Zum anderen werden Expert*innenworkshops und Interviews mit Mitarbeitenden durchgeführt, um die spezifischen Stellenanforderungen und benötigten Kompetenzen herauszuarbeiten. Bislang konnten noch keine Interviews mit den Stelleninhaber*innen geführt werden. Aus diesem Grund werden im Folgenden Ergebnisse eines Expert*innenworkshops mit Personalverantwortlichen des Unternehmens B erläutert. Auf der GfA-Tagung wird eine aktualisierte Version einschließlich der Interviewergebnisse aus Unternehmen A und B präsentiert.

4. Ergebnisse

4.1 Stellenspezifische Potenzialindikatoren

Im erwähnten Logistikunternehmen B wird eine neue Stellenkategorie eingeführt, bei der Personen aus der Einfacharbeit die fachliche Führung eines Teams übernehmen, aber weiterhin auch operative Tätigkeiten ausführen. Die Einführung dieser neuen Hierarchieebene ist mit großen Hoffnungen der Unternehmensführung verbunden, wie etwa der Entlastung des Managements, der schnelleren Umsetzung von Vorgaben sowie einer engeren Bindung der Teammitglieder an das Unternehmen durch eine gesteigerte Vertrauensbasis. Die zukünftigen Stelleninhaber*innen müssen dieser Verantwortung gewachsen sein und entsprechend mit Kritik und Stress umgehen können. Eine weitere Herausforderung stellt die Abgrenzung zum eigenen Team dar, da die zukünftigen Stelleninhaber*innen intern ausgewählt werden und einen Teil ihrer Arbeitszeit weiterhin mit denselben operativen Tätigkeiten verbringen, wie ihre zu führenden Teammitglieder. Diese Doppelrolle stellt sie vor die Herausforderung nicht nur als Kolleg*innen zu agieren, sondern auch ihre Autorität und Führungsfunktion zu etablieren. Aus diesem Grund sind Konfliktfähigkeit, Teamfähigkeit und die Fähigkeit, andere zu motivieren, von Bedeutung. Da Logistikunternehmen B als Dienstleister direkt an die Arbeitsabläufe eines Kundenunternehmen gebunden ist, können Personalausfälle und Fehler im Prozess schwerwiegende Auswirkungen auf den Arbeitsfluss des Kunden haben. Die zukünftigen Stelleninhaber*innern müssen daher gut priorisieren und problemorientiert denken können. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der im Expert*innenworkshop identifizierten Potenzialindikatoren, sowie die Einordnung in das Potenzialmodell nach Silzer und Church (2009).

Tabelle 1: *Übersicht der Potenzialdimensionen und stellenspezifischen Indikatoren.*

Potenzialdimension	**Stellenspezifische Indikatoren**
Basisdimensionen (Foundational Dimensions)	• Konfliktfähigkeit • Durchsetzungsvermögen • Stresstoleranz • Lösungsorientiertes Denken • Teamfähigkeit

	• Analytisches Denken • Kommunikationsfähigkeit • Gewissenhaftigkeit
Wachstumsdimensionen (Growth Dimensions)	• Eigenmotivation • Kritikfähigkeit • Lernfähigkeit
Karrieredimensionen (Career Dimensions)	• Organisationfähigkeit • Fähigkeit, andere zu motivieren • Vorbildfunktion

4.2 Vorhandene Dokumentationen zur Potenzialerkennung

Erste Einblicke in die schriftlichen Aufzeichnungen des Unternehmens B zeigen, dass bisher vor allem Leistungsindikatoren und Sozialkompetenzen dokumentiert wurden. Unternehmen A berücksichtigt zusätzlich bereits Potenzialindikatoren, wie die Motivation zur persönlichen Weiterentwicklung, in seinen Personalentscheidungen. Durch die geringe Anzahl an Mitarbeitenden in Unternehmen A kennen die Entscheidungsträger*innen alle Mitarbeitenden persönlich, wodurch eine explizite, schriftliche Dokumentation dieser Faktoren bisher als überflüssig wahrgenommen wird. Dadurch besteht das Risiko, dass Entscheidungen durch implizite Vorurteile beeinflusst werden. Um diesen Herausforderungen zukünftig zu begegnen, müssen die Indikatoren systematisch erfasst und dokumentiert werden.

4.3 Herausforderungen bei der Potenzialmessung in der Einfacharbeit

Zur Messung des Potenzials empfiehlt sich ein integrativer Ansatz, der sowohl Fremdeinschätzungen, beispielsweise durch Vorgesetzte, als auch Selbsteinschätzungen umfasst. Diese duale Methodik zielt darauf ab, die spezifischen Schwächen der jeweiligen Erhebungsmethoden zu kompensieren und somit eine ausgewogenere Bewertung zu ermöglichen. Fremdeinschätzungen eignen sich für die Bewertung von beobachtbaren Kompetenzen und bieten den Vorteil einer objektiven Perspektive, wodurch beispielsweise das Potenzial für Verzerrungen aufgrund sozialer Erwünschtheit verringert wird (Ellingson & Tirol-Carmody 2022). Im Gegensatz dazu sind Selbsteinschätzungen angesichts der aktiven Beteiligung der Mitarbeitenden geeignet, um Einblicke in die Gedanken- und Gefühlswelt zu erhalten und das Vertrauen in den Potenzialfeststellungsprozess zu stärken.

Innerhalb des Expert*innenworkshops wurden Herausforderungen an die Potenzialmessung besprochen, die es insbesondere in der Einfacharbeit in der Logistikbranche zu beachten gilt. Die Mitarbeitenden sind hierbei eine sehr heterogene Beschäftigtengruppe. Diese zeigt sich beispielsweise an den diversen sprachlichen und kulturellen Hintergründen, die es erschweren können, Potenzial durch Gespräche zu identifizieren. Zwar reichen die Sprachkenntnisse der Beschäftigten, deren Muttersprache nicht deutsch ist, oft aus, um aufgabenspezifische Begriffe zu verstehen und in der täglichen Arbeitsumgebung zu kommunizieren. Dennoch kann es schwierig sein, abstraktere und emotional geprägte Konzepte wie die persönliche Motivation präzise zu artikulieren. Eine Lösung könnte hier die Erhebung mittels Fragebögen sein, die in möglichst vielen Sprachen übersetzt werden. Darüber hinaus unterscheiden sich die Beschäftigten auch in ihrer Lernbiographie. Das ist zu berücksichtigen, wenn es darum geht, Entwicklungswege aufzuzeigen, die nach einer Potenzialmessung folgen. Der Entwicklungsweg, ob durch formale Schulungen oder informelle Lernmöglichkeiten

(Decius et al. 2022), muss als attraktiv angesehen werden, um die Akzeptanz der Potenzialmessung zu erhöhen.

Bei der Potenzialmessung ist zu überprüfen, inwiefern Fremdbeurteilungen durch die Teammitglieder eine Ergänzung zur Fremdeinschätzung von Vorgesetzen und Selbsteinschätzungen darstellen können. Es ist nicht ungewöhnlich, dass in der Logistik auf der Ebene der Einfacharbeit verwandtschaftliche Beziehungen zwischen den Mitarbeitenden bestehen. Solche persönlichen Verbindungen könnten potenziell die Beurteilungen von Verwandten oder eng verbundenen Kolleg*innen verzerren und eine systematische Überbewertung oder Unterbewertung hervorrufen. Weitere Herausforderungen für die Potenzialmessung ergeben sich durch die charakteristischen Arbeitsbedingungen in der Logistikbranche. Die Aufgaben in der Einfacharbeit sind oft standardisiert und repetitiv (Ittermann et al. 2019). Damit können bestimmte Fähigkeiten (wie Anpassungsfähigkeit) gar nicht gezeigt oder nicht in ihrer vollen Varianz abgebildet werden. Darüber hinaus besteht kein flächendenkender Zugang zu PCs, weshalb ein Einsatz von Fragebögen papierbasiert erfolgen muss. Bei dem Einsatz von Wearables, also am Körper getragene elektronische Geräte, die über Sensoren emotions- und bewegungsbezogene Daten auswerten, sind weitere Einschränkungen zu beachten. Sie müssen DSGVO-konform eingesetzt werden und dürfen im Arbeitsprozess nicht stören, um den Arbeitsschutz zu gewährleisten und die ohnehin körperlich anspruchsvolle Arbeit nicht zusätzlich zu behindern.

5. Diskussion

Das Potenzialmodell (Silzer & Church 2009) eignet sich gut als Rahmenmodell zur Einordnung der für die Logistik spezifischen Potenzialindikatoren. Ein Großteil der stellenspezifischen Indikatoren lässt sich den Basisdimensionen zuordnen. Für die Personalverantwortlichen ist es von besonderer Bedeutung, dass Bewerber bereits bei der Einstellung bzw. Beförderung die gewünschten Persönlichkeitseigenschaften besitzen. Der Grund dafür ist, dass Defizite in diesen Bereichen in der Regel schwer zu kompensieren sind, da Persönlichkeitseigenschaften stabil sind und weniger durch Trainingsmaßnahmen oder Weiterbildung verändert werden können. Im Gegensatz dazu stehen im Bereich der Karrieredimensionen wenige Kompetenzen im Fokus und die Unternehmen sind gewillt, Lernmöglichkeiten bereitzustellen, um etwaige Kompetenzlücken zu kompensieren. Auch für die Persönlichkeitseigenschaften sollte zukünftig geprüft werden, ob es möglich ist, individuelle Defizite durch Workaround-Strategien (z. B. Checklisten, Erinnerungen oder Tools zur Aufgabenverwaltung bei geringer Gewissenhaftigkeit) auszugleichen. In Zukunft sollen die durch die Dokumentenanalysen und Expert*innenworkshops gewonnenen Erkenntnisse noch durch Interviews mit den Stelleninhaber*innen ergänzt werden, in denen sie ihre Arbeitserfahrungen und tatsächlich eingesetzten Kompetenzen schildern.

Da in den untersuchten Logistik-KMU bislang keine systematische Erfassung der Potenzialindikatoren erfolgt, müssen diese im nächsten Schritt in den Unternehmen erhoben werden. Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Herausforderungen bei der Potentialmessung stellt derzeit die Erhebung mittels Fragebogen und Kompetenzmatrizen die im Hinblick auf Kosten und Nutzen sinnvollste Lösung dar.

6. Literatur

Abel J, Decius J, Güth S, Schaper N (2016) Kompetenzentwicklung bei Un- und Angelernten in nicht-forschungsintensiven KMU – Status quo und Zukunft einer strategischen Notwendigkeit. Betriebspraxis & Arbeitsforschung 228:41-50.

Church AH, Guidry BW, Dickey JA, Scrivani JA (2021) Is there potential in assessing for high-potential? Evaluating the relationships between performance ratings, leadership assessment data, designated high-potential status and promotion outcomes in a global organization. The Leadership Quarterly 32(5):101516. https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2021.101516.

Decius J, Kortsch T, Paulsen H, Schmitz A (2022) Learning What you Really, Really Want: Towards a Conceptual Framework of New Learning in the Digital Work Environment. In: HICSS (Ed) Proceedings of the 55th Hawaii International Conference on System Sciences. Honolulu: HICSS, 5231–5240. http://hdl.handle.net/10125/79975.

Decius J, Schaper N (2017) The Competence Management Tool (CMT) – A new instrument to manage competences in small and medium-sized manufacturing enterprises. Procedia Manufacturing 9:376-383. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.041.

Decius J, Schaper N (2021) Strategische Kompetenzentwicklung in gewerblichen Betrieben: Die Kompetenzmanagementtabelle (KMT). Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO) 52(2):261-277. https://doi.org/10.1007/s11612-021-00566-w.

Ellingson JE, Tirol-Carmody KB (2022) Unlocking the potential of other-ratings for human resource management research. In: Buckley MR, Wheeler AR, Baur JE, Halbesleben JRB (Ed) Research in Personnel and Human Resources Management. Leeds: Emerald Publishing Limited, 40:1–41. https://doi.org/10.1108/s0742-730120220000040001.

Finkelstein LM, Costanza DP, Goodwin GF (2018) Do your high potentials have potential? The impact of individual differences and designation on leader success. Personnel Psychology 71(1):3–22. https://doi.org/10.1111/peps.12225.

Güth S, Decius J, Horvat D, Schaper N, Virgillito A (2017) Strategisches Kompetenzmanagement von Produktionsbeschäftigen – Innovations- und Wachstumsimpulse in nicht-forschungsintensiven kleinen und mittleren Unternehmen. In: Ahrens D, Molzberger G (Hrsg.) Kompetenzentwicklung in analogen und digitalisierten Arbeitswelten. Kompetenzmanagement in Organisationen. Berlin, Heidelberg: Springer, 31-49. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54956-8_4.

Horvat D, Schaper N, Virgillito A, Decius J (2018) Gestaltung eines strategischen Kompetenzmanagements – Lösungsansätze und Instrumente für nichtforschungsintensive, mittelständische Unternehmen. Stuttgart: Fraunhofer IRB.

Ittermann P, Ortmann U, Virgillito A, Walker EM (2019) Hat die Digitalisierung disruptive Folgen für Einfacharbeit? Kritische Reflexion und empirische Befunde aus Produktion und Logistik. Industrielle Beziehungen. Zeitschrift für Arbeit, Organisation und Management 26(2):7-8. https://elibrary.utb.de/doi/abs/10.3224/indbez.v26i2.03.

Kristof-Brown AL, Zimmerman RD, Johnson EC (2005) Consequences Of Individuals' Fit at Work: A Meta-Analysis of Person–Job, Person–Organization, Person–Group, And Person–Supervisor Fit. Personnel Psychology 58(2):281–342. https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2005.00672.x.

Müller C (2023) Betriebliche Weiterbildungsentscheidungen im Garbage Can. Bielefeld: wbv. https://doi.org/10.3278/9783763974535.

Silzer R, Church AH (2009) The pearls and perils of identifying potential. Industrial and Organizational Psychology 2(4):377–412. https://doi.org/10.1111/j.1754-9434.2009.01163.x.

Silzer RF, Church AH (2010) Identifying and assessing high potential talent. In: Silzer RF, Dowell BE (Ed) Strategy-driven talent management: A leadership imperative. San Francisco: Jossey-Bass, 213–280.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt unseren Praxispartner*innen für die konstruktive Zusammenarbeit.

Das Verbundprojekt ressource: Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt ressource wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit" (FKZ: 02L22C150 sowie Jade Hochschule -163) in der Fördermaßnahme „Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung" gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Einfacharbeit in der Region Dortmund: Aktuelle Dynamiken und Perspektiven in der Transformation

Dr. Peter ITTERMANN

Sozialforschungsstelle, Fakultät für Sozialwissenschaften,
Technische Universität Dortmund,
Evinger Platz 17, D-44339 Dortmund

Kurzfassung: Im Prozess der gegenwärtigen komplexen Transformation und der Fachkräftesicherung richtet sich das Augenmerk selten auf das Segment der „Einfacharbeit“: Kurzfristig erlernbare Tätigkeiten, wie sie neben Facharbeiten in vielen Bereichen der Wirtschaft zu finden sind. Entgegen anderslautenden Prognosen ist dieses Beschäftigungssegment keineswegs ein Auslaufmodell, sondern eine wichtige Lebensgrundlage der Erwerbstätigen und für das Funktionieren von Wirtschaft und Gesellschaft unerlässlich. Von Errungenschaften moderner Arbeit profitieren die Tätigkeiten hingegen häufig nicht. Der Beitrag zeichnet ein diffizileres Bild der derzeitigen Dynamiken und Herausforderungen in der Einfacharbeit. Auf der Basis einer Studie in der Region Dortmund werden aktuelle Entwicklungspfade analysiert und Ansätze einer zukunftsorientierten Gestaltung von Einfacharbeit aufgezeigt.

Schlüsselwörter: Einfacharbeit, Transformation, Mobilität, Entwicklungspfade, Region, moderne Arbeit

1. Einleitung: Gesellschaftlicher Stellenwert von Einfacharbeit

In den letzten Jahren erreichte die Zahl der Erwerbstätigen in Deutschland und in vielen Regionen regelmäßig einen neuen Höchststand. Hierzu trugen beschäftigungsintensive Segmente der Wirtschaft (Logistik, Handel, Gesundheitswesen) und emergierende Zukunftsbranchen (Spitzentechnologien, IT-/KI-Dienstleistungen, nachhaltige Wirtschaft) bei. Gleichzeitig nehmen in vielen Bereichen Krisensituationen zu und kämpfen zahlreiche Regionen mit einer steigenden Arbeitslosigkeit und fehlenden Bildungsabschlüssen. Angesichts eines „zweigeteilten Arbeitsmarktes“ (Nahles in Vorwärts 2024) besteht die Gefahr, dass einige Erwerbsgruppen und Arbeitssuchende von den derzeitigen Dynamiken einer modernen Arbeitswelt dauerhaft abgekoppelt bleiben könnten. Die Bekämpfung einer wachsenden Kluft in der Erwerbsarbeit ist somit eine zentrale gesellschaftspolitische Aufgabe, die sich vielen Regionen stellt und sich auf den sozialen Zusammenhalt vor Ort richtet.

Zur Lösung ist die Gestaltung einer zukunftsfähigen Arbeitswelt gefragt, die viele Menschen in den Regionen einbindet, Entwicklungsperspektiven eröffnet, (junge) Fachkräfte an Standorte bindet, Beschäftigungsfähigkeit nachhaltig erhält und hochwertige Arbeits- und Lebensqualitäten gewährleistet. Es stellt sich im Kern die Frage, wie Arbeit perspektivisch „modern“ gestaltet werden kann: Im Sinne ihrer Zukunftssicherung, Produktivität, Nachhaltigkeit und ansprechenden Bedingungen. Während häufig jüngere und hochqualifizierte Arbeitskräfte mit neuen Arbeitspräferenzen sowie wissensintensive Branchen mit modernen Arbeitskulturen im Fokus stehen, bleiben

andere Erwerbsgruppen und berufliche Einsatzfelder eher am Rande der Betrachtungen: Hierzu zählt das Segment der so genannten „Einfacharbeit“ (zum Begriff: Abel/Ittermann 2023): Helfertätigkeiten oder kurzfristig erlernbare Arbeiten, die neben Facharbeiten in vielen Segmenten der Wirtschaft zu finden sind: u. a. in der industriellen Produktion, Logistik, Gebäudereinigung, Gastgewerbe, Sozial- und Gesundheitsdiensten oder Entsorgung. Wenngleich die Arbeiten formal geringe qualifikatorische Anforderungen stellen, sind sie in vielen Fällen durchaus voraussetzungsvoll und beanspruchend in der Ausführung (und somit keineswegs „einfach“ im Sinne von „leicht“).

Im Zuge des komplexen Transformationsprozesses verschwindet die Einfacharbeit keineswegs – wie einige Prognosen nahelegen (Stichwort: Automatisierung) – aus der Wirtschaft, sondern weist eine bemerkenswerte Stabilität auf (vgl. Ittermann 2023). Im Jahre 2023 konnten insgesamt ca. 7,8 Mio. Beschäftigte in Deutschland dem Segment der Einfacharbeit zugeordnet werden (Ittermann/Maylandt 2024; BA 2024). Der Anteil an allen Beschäftigten betrug ca. 20%. Rund ein Drittel der Einfacharbeitenden lassen sich allein den zentralen beruflichen Einsatzdomänen der Lagerwirtschaft/Logistik (ca. 1,4 Mio.) und der Reinigungsberufe (ca. 1,2 Mio.) zuordnen (ebd.; vgl. auch Seibert et al. 2023). Nicht zuletzt die Folgen der Corona-Pandemie haben den Wert der Einfacharbeit aufgezeigt, u. a. für das Funktionieren der wirtschaftlichen Infrastruktur und des gesellschaftlichen Zusammenhalts vor Ort (s. Diskurs zu „Basisarbeit“, Bovenschulte et al. 2021; Friemer/Warsewa 2024). Darüber hinaus hat sie wichtige Funktionen u. a. in der Bewältigung von Arbeitskräfteengpässen oder der Integration von Erwerbssuchenden in den Arbeitsmarkt. Die Tätigkeiten sind als Vollzeit-, Teilzeit- oder Minijob eine wichtige Lebensgrundlage für viele Erwerbstätige. Allerdings bestehen in nicht wenigen Fällen Prekaritäts- und Beschäftigungsrisiken; die Komplexität des gegenwärtigen Transformationsgeschehens führt zudem zu vielen Ungewissheiten und Unsicherheiten bei Beschäftigten und Betrieben. Die von Präsenzarbeit und Schichtdiensten geprägten Einfacharbeiten bleiben in der Regel von Errungenschaften moderner Arbeitskulturen wie neue Arbeitsformen, Arbeitszeitautonomien, Homeoffice oder mobiler Arbeit abgekoppelt. Letztlich mangelt es nicht selten an einer Wahrnehmung und Bewertung dieser Arbeiten in den Betrieben und der Öffentlichkeit.

In der Konsequenz ergeben sich zahlreiche Fragen zur aktuellen Dynamik und zu den Veränderungsperspektiven in der Einfacharbeit. Am Beispiel der Region Dortmund geht der Beitrag den Fragen nach, welche Anpassungsprozesse sich in Einsatzfeldern der Einfacharbeit abzeichnen, welche Bedingungen sie kennzeichnet und welche Potentiale für neue Arbeitsformen in dem Segment bestehen. Methodisch basiert er auf einer Studie, bei der neben der Analyse des verfügbaren Datenmaterials eine Reihe von Experten- und Perspektivgesprächen mit Akteuren der Stadtgesellschaft (Arbeitsmarktinstitutionen, Kammern, Verbände und Gewerkschaften etc.) sowie die Aufarbeitung betrieblicher Falldarstellungen zur Einfacharbeit durchgeführt wurden.

2. Einfacharbeit in der Region Dortmund

Die industriell geprägte Region des Ruhrgebiets durchläuft einen anhaltenden Prozess des Strukturwandels, der sich auf die Arbeitswelten vor Ort auswirkt: Während traditionelle Branchen und Industriezweige erodieren bzw. versuchen, sich den Bedingungen der Transformation anzupassen, wachsen vielfältige Dienstleistungsbereiche, die neue Arbeits- und Beschäftigungsoptionen eröffnen. In der Region Dortmund

ist die Zahl der Beschäftigten insgesamt deutlich angewachsen, wobei der Einfacharbeit eine hohe Relevanz zugeschrieben werden. Von den rund 263.000 SV-Beschäftigten in der Stadt Dortmund im Jahr 2023 konnten ca. 44.200 Personen (rund 17 %) dem Bereich der Einfacharbeit (hier: Helfer- und Anlerntätigkeiten) zugeordnet werden (Ittermann/Maylandt 2024, BA 2024). Im benachbarten Bezirk Hamm (mit Kamen, Unna, Lünen etc.) waren von den rund 200.000 SV-Beschäftigten (2023) ca. 41.200 in Einfacharbeit tätig. Hier betrug der Anteil sogar rund 21% aller Beschäftigten. Zudem lassen sich rund zwei Drittel der ausschließlich geringfügig Beschäftigten (‚Mini-Jobs') in Dortmund (ca. 33.600) und der Region Hamm (30.800) diesem Beschäftigungssegment zurechnen.

Wichtige berufliche Einsatzfelder der Einfacharbeit in der Region finden sich in Lagerwirtschaft, Zustellung, Gebäudereinigung, (einfache) Büroarbeiten sowie Gesundheitswirtschaft und Erziehung. In industriellen Berufsfeldern sind insgesamt ca. 6.000 Personen in Einfacharbeit beschäftigt. In der Charakterisierung der Einfacharbeitenden ist der Anteil der männlichen Beschäftigten (ca. 55 %) insgesamt etwas höher als der Anteil der weiblichen Beschäftigten (ca. 45 %). Der Anteil älterer Beschäftigter unter den Einfacharbeitenden nimmt weiter zu, da seitens der Betriebe ältere Beschäftigte gezielter nachgefragt werden, um personelle Engpässe zu kompensieren. Der Anteil der Personen mit Migrationshintergrund in Einfacharbeit ist (insbesondere in einzelnen Einsatzdomänen) hoch und durch die Zuwanderung in der Region in den letzten Jahren weiter angestiegen. Gleichzeitig ist jedoch auch die Arbeitslosigkeit in der Region gestiegen, wobei rund zwei Drittel der Erwerbssuchenden dem Segment der Einfacharbeit zuzuordnen sind. Hier zeigt sich ein strukturelles Dilemma: Während in vielen Betrieben und Segmenten dringend qualifizierte Fachkräfte gesucht werden, stehen an den Arbeitsmärkten in der Region in erster Linie Beschäftigte für eher einfache Tätigkeiten zur Verfügung. Neben erforderlichen Fachqualifikationen bestehen Vermittlungshemmnisse auch in betrieblichen Zurückhaltungen im Umgang mit Geringqualifizierten sowie individuellen Voraussetzungen der Erwerbssuchenden (u. a. Sozialverhalten, Sprachkenntnisse körperliche/mentale Fitness, Mobilität). Dieses „Mismatch" wirft Fragen nach flexiblen Einsatzfeldern, Anpassungen von Tätigkeitsanforderungen, neuen Wegen der Beschäftigungsmobilität und der Qualifizierung auf.

Einfacharbeit in der komplexen Transformation:

In den gegenwärtigen Diskussionen zur digitalen Durchdringung in Wirtschaft und Gesellschaft werden die möglichen Substitutionspotentiale von Automatisierungstechnologien betont (u. a. Frey/Osborne 2017, Dengler/Matthes 2015, 2021). Dies beträfe in besonderem Maße die Hilfstätigkeiten bzw. Einfacharbeiten: In industrienahen Segmenten und weiteren Arbeitsfeldern könnten angesichts des Einsatzes von moderner Robotik und KI-Technologie perspektivisch viele einfache Tätigkeiten wegfallen. In der Region Dortmund findet sich dieses hohe Substituierbarkeitspotential von Einfacharbeit bislang nicht wieder. Die Folgen der Digitalisierung produzieren allerdings Ungewissheiten, die sich u. a. auf zukünftige Beschäftigungsperspektiven sowie neue Qualifikations- und Leistungsanforderungen richten.

Eng verbunden sind neue Herausforderungen, die aus den demographischen Umbrüchen und dem Fachkräftemangel resultieren. Im Zuge des allgemeinen Beschäftigungsaufbaus der letzten Jahrzehnte hat die Nachfrage nach Hilfstätigkeiten zugenommen. So haben fehlende Fachkräfte in vielen Dienstleistungsbereichen (u. a. in der Gastronomie, dem Sicherheitsgewerbe oder der Pflege) zu einem Zuwachs von Einfacharbeitskräften (u. a. aus dem Ausland bzw. mit Fluchthintergrund) geführt. Studien thematisieren, inwiefern der Einsatz und ggf. die Weiterentwicklung von Einfacharbeitenden zur Behebung der Fachkräftelücke beitragen kann und welche Ansätze

(der Qualifizierung) helfen, um aus „Hilfskräften Fachkräfte (zu) machen“ (Seibert et al. 2023; vgl. Nitschke et al. 2024; Seyda et al. 2018). Hier existieren in der Region eine Reihe von Initiativen u. a. zur modularen Anpassung von Facharbeit, (Teilqualifizierungen, Teilzeitausbildungen, Anrechnung im Berufsleben erworbener Kompetenzen oder Konzepte für eine verbesserte Beschäftigungsfähigkeit).

Allerdings wird nicht nur bei Fachkräften, sondern auch in ausgewählten Segmenten der Einfacharbeit vor einem perspektivisch „versiegenden Arbeitskräftereservoir“ (Butollo/Koepp 2020: 178) gewarnt. (Nicht nur) für Zeitarbeitsfirmen führt das sich verknappende Arbeitskräfteangebot auf dem Teilarbeitsmarkt der Helfertätigkeiten zu Rekrutierungsschwierigkeiten (Keller/Seifert 2023). In der Region Dortmund fehlen Einfacharbeitskräfte im Gesundheitswesen, in der Erziehung oder dem Gastgewerbe, um den personellen Mangel zu kompensieren oder das vorhandene Personal von zeitintensiven (Routine-)aufgaben zu entlasten. Nicht wenige Einfacharbeitende bringen wichtige Voraussetzungen aus einer (fachfremde) Berufsausbildung mit, die wichtige Basisqualifikationen umfasst. Zudem verfügen sie mitunter über langjährige (jedoch nicht zertifizierte) Arbeitserfahrungen. Insgesamt zeigt sich: Eindimensionale Erklärungsversuche u. a. einer (technischen) Substitution von Einfacharbeit oder des Mismatchs bei Fachkräfteengpässen werden den vielfältigen Arbeitsrealitäten in der Region nicht gerecht (vgl. Hirsch-Kreinsen et al. 2019; RWI 2023).

3. Moderne Einfacharbeit: Herausforderungen und Perspektiven

Nicht zuletzt in Folge der skizzierten Umbrüche sowie der Pandemie- und Krisenerfahrungen der letzten Jahre verbreiten sich neue Praktiken und Strukturen in der Arbeitswelt: Die Arbeitspräferenzen von (jungen) Erwerbstätigen verändern sich und lösen – verbunden mit betrieblichen Notwendigkeiten – Debatten über die Bedingungen moderner Arbeit, New Work-Konzepte und mobiles/hybrides Arbeiten aus. Einfacharbeit bleibt dabei häufig ausgeklammert: Die Bedingungen sind u. a. aufgrund der spezifischen Anforderungen (Präsenzarbeit, Schichtdienst, arbeitsbezogene Restriktionen, (technologische) Kontrollmechanismen) fernab der Errungenschaften einer modernen Arbeitswelt. Welche Perspektiven ergeben sich somit in diesem Segment für nachhaltige Beschäftigungsperspektiven, anforderungsgerechte Arbeitsformen und moderne Bedingungen der Arbeit? Nicht wenigen Betrieben, die neue Arbeitskräfte benötigen (oder vorhandene halten wollen), stellen sich diese Fragen, um sich und die Arbeitsplätze ansprechender zu präsentieren. So bietet z. B. die Arbeit in der Abfallwirtschaft gut bezahlte, krisensichere und ggf. nachhaltig-sinnstiftende Tätigkeiten, benötigt aber ein neues Prestige.

Erste Ansätze können generell darin liegen, Anforderungs-/Tätigkeitsprofile anzupassen, Arbeits- und Rahmenbedingungen zu verbessern sowie die vorhandenen Potentiale des eigenen Personals zu nutzen (Abb. 1). So kann das Arbeits(zeit)volumen von Teilzeitbeschäftigten oder Minijobbern erhöht oder Personen aus anderen Einsatzfeldern in ein neues Tätigkeitsgebiet überführt werden. In Bereichen der Lagerwirtschaft bzw. Logistik können digitale Assistenz und Remote-Technologien innovative Konzepte des mobilen Arbeitens fördern. Erfolgreiche Praxisbeispiele zeigen, wie Elemente moderner Einfacharbeit realisiert werden können, um Alleinstellungsmerkmale auszubauen und Fluktuationen zu reduzieren.



***Abbildung 1**: Transformation: Moderne Einfacharbeit in der Region*
Quelle: eigene Darstellung

Die spezifischen Arbeitsanforderungen und kürzeren Einarbeitungszeiten an Einfacharbeitsplätzen bieten die Möglichkeit einer höheren Mobilität. Während einige Einfacharbeitsplätze in traditionellen Sektoren perspektivisch wegfallen können bzw. veränderte Anforderungen stellen, emergieren neue Einfacharbeitsmärkte u. a. in der Internetökonomie (Clickworking, Social Content), der nachhaltigen Wirtschaft oder altersorientierter Servicewirtschaft (z. B. Lieferdienste, Ansprechpersonen für Ältere etc.). Dazu ist eine hohe Transparenz von aktuellen Entwicklungsverläufen und ihren möglichen Konsequenzen erforderlich, um die Ungewissheiten bei Betrieben und Beschäftigten zu minimieren. Die Dynamik bietet Risiken, aber auch neue Entwicklungschancen, um neue Optionen der individuellen Einsatzfähigkeit und der arbeitsplatz- und betriebsübergreifenden Beschäftigungsstabilität zu eröffnen. Hier sind Ansätze gefragt, neben der „vertikalen Mobilität“ (Arbeitsmarktintegration und Fachkräftesicherung) die „horizontale Mobilität“ der Einfacharbeitenden zu fördern. Hierzu müssen die Beschäftigten auf neue Tätigkeiten vorbereitet und den Arbeitgebenden mögliche Einsatzfelder aufgezeigt werden. Das wichtige Potential „horizontaler Mobilität“ ist häufig nicht sichtbar und wird bislang noch nicht systematisch genutzt. Die hohe Transparenz über aktuelle und mögliche Entwicklungsverläufe eröffnet zudem den arbeitsmarktpolitischen Akteuren die Optionen, vorausschauend auf anstehende Veränderungen zu reagieren und die erforderlichen Rahmenbedingungen (Bildungsangebote, Betreuung, Gesundheit, Mobilität etc.) mitzugestalten.

Insgesamt zeigen sich vielversprechende Ansätze, um moderne Formen der Einfacharbeit zu realisieren: Die Sichtbarkeit und Wertigkeit von Einfacharbeit weiter zu erhöhen, die Attraktivität der Bedingungen anzupassen, die horizontale Mobilität innerhalb und zwischen beruflichen Einsatzfeldern sowie die vertikale Durchlässigkeit zu stärken, sind im Kern die zentralen Anliegen, um den (immateriellen) „Marktwert“ der Einfacharbeitenden sowie ihr berufliches Selbstbewusstsein zu steigern und den Nutzen dieses Beschäftigungssegments für Betrieb und Beschäftigte weiter zu fördern.

4. Literatur

Abel J, Ittermann P (2023) Einfacharbeit. In: R Bohn/H Hirsch-Kreinsen/S Pfeiffer/M Will-Zocholl (Hrsg.): Lexikon der Arbeits- und Industriesoziologie. 3. aktualisierte Auflage. Baden-Baden: nomos/edition sigma. 138-142.

BA - Bundesagentur für Arbeit (2024) Berufe (KldB 2010) auf einen Blick. Interaktive Statistiken. Stichtag 30.06.2023, Nürnberg.

Bovenschulte M, Peters R, Burmeister K (2021) Basisarbeit – Stützen der (Arbeits-)Gesellschaft. Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Berlin.

Butollo F/Koepp R (2020) Die doppelte Einbettung der Logistikarbeit und die Grenzen prekärer Beschäftigung. In: WSI Mitteilungen, Jg. 73 (3): 174-181.

Dengler K, Matthes B (2015) Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland. IAB-Forschungsbericht 11/2015. Nürnberg: IAB.

Dengler K/Matthes B (2021) Folgen des technologischen Wandels für den Arbeitsmarkt: Auch komplexere Tätigkeiten können zunehmend automatisiert werden. IAB Kurzbericht 13/2012. Nürnberg: IAB.

Frey C B, Osborne M A (2017) The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation? In: Technological Forecasting & Social Change, Vol. 114 (1): 254–280.

Friemer A, Warsewa G (2024) Gesellschaftlicher Zusammenhalt und Systemrelevanz – Zum Wert von Arbeit nach Corona. In: B Vogel/H Wolf (Hg.): Arbeit und gesellschaftlicher Zusammenhalt. Konzepte, Themen, Analysen. Frankfurt: Campus: 267–291.

Hirsch-Kreinsen H, Ittermann P Falkenberg J (Hg.) (2019) Szenarien digitalisierter Einfacharbeit. Baden-Baden: Nomos.

Ittermann P (2023) Einfacharbeit in Produktion und Logistik in der digitalen Transformation. In: WSI Mitteilungen, Vol. 76, 2023 (5): 337–345.

Ittermann P, Maylandt J (2024) Die Arbeitswelt in der Region Dortmund in der Transformation: Zum Wert der Einfacharbeit. Erkenntnisse aus einer laufenden Studie. Arbeitspapier der TU Dortmund, Dortmund.

Keller B, Seifert H (2023) Atypische Beschäftigung im Abwärtstrend? Entwicklungen und Erklärungsansätze. In: WSI-Mitteilungen, Vol. 76 (6): 470-478.

Nitschke A, Friederichs-Büttner G, Bleses P, Ritter W. (2024) Vielfalt erleben – Vielfalt fördern. RessourcE – RessourcenEntwicklung in Dienstleistungsarbeit. In: Win:A (Hg.): Transfer schafft Zukunft. Beispiele für erfolgreichen Wissenstransfer zwischen Arbeitsforschung und Praxis. Karlsruhe: 33-36.

RWI (2023) Kein Beschäftigungsrückgang in Regionen mit hohem Automatisierungspotenzial. https://www.rwi-essen.de/presse/wissenschaftskommunikation/pressemitteilungen/detail/kein-beschaeftigungsrueckgang-in-regionen-mit-hohem-automatisierungspotenzial. Essen.

Seibert H, Schwengler B, Wiethölter D (2023) Aus Hilfskräften Fachkräfte machen. Eine quantitative Analyse der Entwicklungs- und Strukturdaten von Helfertätigkeiten. FES diskurs. Bonn.

Seyda S, Wallossek L, Zibrowius M (2018) Einfacharbeit in Deutschland. IW-Trends 2/2018

Vorwaerts.de (2024) A. Nahles: So kann Deutschland den Fachkräftemangel bekämpfen. https://vorwaerts.de/inland/andrea-nahles-so-kann-deutschland-den-fachkraeftemangel-bekaempfen.

Gesunde und sichere Arbeit mit mobilen Endgeräten – Von der Auswahl bis zur nachhaltigen Implementierung

Frederike PISCHKE, Germaine HAASE, Ulrike PIETRZYK

Arbeitsgruppe Wissen-Denken-Handeln, Fakultät Psychologie,
Technische Universität Dresden, D-01062 Dresden

Kurzfassung: Im Zuge fortschreitender Digitalisierung werden zunehmend mobile Endgeräte eingesetzt, um Menschen bei ihrer Arbeit zu unterstützen. Um dabei eine sichere und alter(n)sgerechte Arbeitsgestaltung sicherzustellen, wird im DGUV-geförderten Projekt „GBU-SmarD – Gesunde Arbeit mit Smart Devices“ eine Handlungshilfe erstellt.
Die Inhalte basieren auf einem Scoping Review und Fokusgruppen mit Praktiker*innen zu branchenübergreifenden Anforderungen an die Arbeit mit mobilen Endgeräten. Ergänzend wurden Interviews mit Praktiker*innen durchgeführt, um Gestaltungsanforderungen an die Handlungshilfe zu ermitteln. Die Handlungshilfe beinhaltet über die Gefährdungsbeurteilung und Maßnahmenableitung hinaus auch Empfehlungen für die Auswahl und Einführung mobiler Endgeräte.

Schlüsselwörter: Smart Devices, mobile Endgeräte, Assistenzsysteme, Gefährdungsbeurteilung, Arbeitsgestaltung

1. Hintergrund

Die Zukunft der Arbeit ist digital und informationstechnisch vernetzt. Immer häufiger werden mobile Endgeräte wie z. B. Smartphones, Tablets und Datenbrillen in verschiedenen Branchen eingesetzt, um Arbeitsabläufe zu unterstützen.

Allerdings können mit dem arbeitsbedingten Einsatz der Geräte auch Gefährdungen verbunden sein, z. B. durch höhere Komplexitätsansprüche, Fehlpassung zu Aufgabenmerkmalen oder eine erhöhte Informationsdichte (Grauel et al. 2014; Müller 2020).

Diese Risiken können zu Fehlbeanspruchungsfolgen bei den Beschäftigten führen. Hier berichten Beschäftigte beispielsweise von Ermüdung der Augen oder Kopfschmerzen durch ununterbrochene Bildschirmzeit (Aggarwal et al. 2022; Uttarwar et al. 2020). Insbesondere in Hinblick auf den Anteil älterer oder leistungsgewandelter erwerbstätiger Personen, bedarf es moderner Ansätze in der prospektiven und menschgerechten Gestaltung der Arbeit mit mobilen Endgeräten.

2. Zielsetzung

Ziel des DGUV-geförderten Projekts „GBU-SmarD – Gesunde Arbeit mit Smart Devices“ ist es, Empfehlungen für die menschzentrierte Arbeit mit Smartphones, Tablets und Datenbrillen zu sammeln und in einer branchenübergreifenden Handlungshilfe für Unternehmen bereitzustellen.

Um Anforderungen und Gefährdungen im Zusammenhang mit der Arbeit mit mobilen Endgeräten präventiv zu begegnen, deckt die Handlungshilfe vier Bereiche entlang

des digitalen Reifegrads von Unternehmen ab: 1) Geräte- und Softwareauswahl, 2) Einführung von mobilen Endgeräten im Unternehmen, 3) Gefährdungsbeurteilung sowie 4) Maßnahmen. Dieser Beitrag geht auf die Methoden zur Erstellung sowie auf die Teile der Handlungshilfe als Ergebnis ein.

3. Methoden

Im Folgenden werden die Methoden sowie das Vorgehen bei der Erstellung der Handlungshilfe beschrieben. Zur Erfassung von Anforderungen an die menschgerechte Arbeitsgestaltung sowie von Gefährdungen bei der Nutzung mobiler Endgeräte verfolgte das Projekt einen multimethodischen Ansatz. Dieser umfasste ein Scoping Review von 253 Publikationen sowie Fokusgruppen mit 37 Expert*innen aus Wissenschaft und Praxis. Im Rahmen eines Designsprints wurden Gestaltungskriterien für eine praktikable Handlungshilfe abgeleitet, basierend auf Interviews mit 9 Expert*innen aus Wissenschaft und Praxis.

Die Teile der Handlungshilfe stützen sich inhaltlich auf das in MAXQDA (VERBI Software 2021) erstellte Code-System. Sowohl die Literaturquellen des Scoping Reviews als auch die Fokusgruppen wurden in MAXQDA kodiert. Die Kodierung der Textabschnitte erfolgte sowohl deduktiv als auch induktiv. Basierend auf der Einteilung nach dem Arbeitssystem (DIN EN ISO 6385; Deutsches Institut für Normung 2016) sowie der GDA Leitlinie Gefährdungsbeurteilung und Dokumentation (BAuA 2017) wurden Kategorien bzw. Codes erstellt. Diese bestanden aus Beschäftigten (inklusive sozialen Bedingungen), Arbeitsaufgabe, Arbeitsumgebung, Arbeitsorganisation und Arbeitsmittel. Innerhalb dieser Kategorien wurden dann anhand der Textabschnitte Codes und Subcodes gebildet (z. B. “Lichtverhältnisse” in der Kategorie Arbeitsumgebung). Zudem wurde jeder Textabschnitt entweder dem Code Gefährdung, Anforderung an gute Arbeitsgestaltung, Beanspruchung oder Maßnahmen zugeordnet. Insgesamt wurden 147 Codes und Subcodes an 42730 Textabschnitte vergeben.

Für Inhalte der Teile 1) Geräte- und Softwareauswahl, 2) Einführung von mobilen Endgeräten im Unternehmen sowie 4) Maßnahmen wurden insbesondere die Codes „Auswahl von Arbeitsmitteln“ sowie „Strategie für die Einführung mobiler Endgeräte“ und „Maßnahmen“ genutzt.

Für die Erstellung des Teils 3) Gefährdungsbeurteilung wurden 536 Items entlang des gesamten Codesystems formuliert. Nachfolgend wurden Duplikate entfernt und inhaltlich ähnliche Items zusammengefasst. Zusammen mit der Rückmeldung von 7 Expert*innen aus den Branchen Forschung, Soziologie, Arbeitsschutz, Versicherung, Metallbau, Dienstleistungen und Handwerk wurde der Prototyp der Gefährdungsbeurteilung erstellt. Dieser umfasst 237 Items und wird derzeit, zusammen mit dem Teil 1) Geräte- und Softwareauswahl, erprobt.

4. Ergebnisse

Als Ergebnisse werden im Folgenden die vier Teile der Handlungshilfe (Abbildung 1) näher beschrieben. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der strukturellen Ausgestaltung der einzelnen Teile sowie der vorgesehen Umsetzung durch Praktiker*innen.

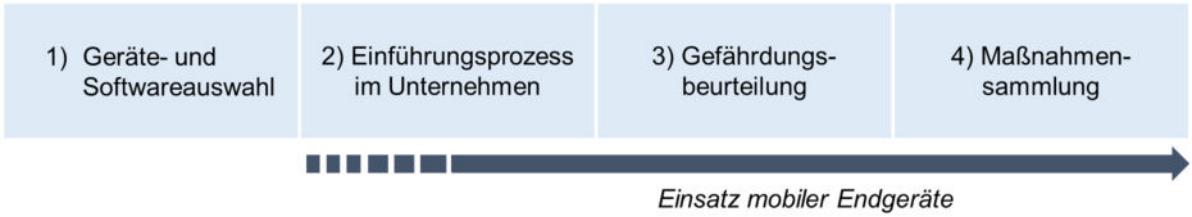


***Abbildung 1**: Die Teile 1) und 2) unterstützen Unternehmen präventiv bei der Auswahl und Einführung neuer mobiler Endgeräte während die Teile 3) und 4) das Erkennen und Bewerten von Gefährdungen beim Einsatz mobiler Endgeräte sowie die Ableitung von Maßnahmen abdecken.*

4.1 Geräte- und Softwareauswahl

Sowohl die Analyse der Fachliteratur als auch Fokusgruppen und Interviews verdeutlichten den Unterstützungsbedarf bei der Auswahl mobiler Endgeräte und Software. Diesen Bedarf adressiert der Teil „Geräte- und Softwareauswahl“ der Handlungshilfe. Er ist darauf ausgerichtet, einen reflektierten Entscheidungsprozess unter Berücksichtigung der unternehmensspezifischen Anforderungen zu fördern.

Der Teil ist strukturiert in Arbeitsaufgabe, Arbeitsumgebung, Arbeitsorganisation, soziale Beziehungen und Arbeitsmittel. Jeder Bereich enthält eine Sammlung von Fragen, die darauf abzielen den Bedarf des Unternehmens an Geräten und Softwarelösungen systematisch zu ermitteln. Unterstützend haben Praktiker*innen die Möglichkeit ihre Antworten wie in einem Arbeitsheft zu dokumentieren. Zudem können sie nach Abschluss des Fragenteils bis zu fünf Merkmale priorisieren, um die Entscheidungsfindung zu unterstützen. Tabelle 1 zeigt eine Anforderung an das mobile Endgerät, die sich aus einem Merkmal der Arbeitsaufgabe ergibt.

***Tabelle 1:** Beispiel einer Leitfrage für die Geräteauswahl.*

	Fragen zur Arbeitsaufgabe	**Erklärung und Hinweise**	**Geräteanforderung**
A4	Müssen Beschäftigte bei Aufgaben beide Hände frei haben (hands-free)? Wenn ja, bei welchen? ✎ _____	Manche Aufgaben können nur mit beiden Händen ausgeführt werden, z. B. heben und tragen, arbeiten über dem Kopf oder Aufgaben, bei denen man sich festhalten muss. Datenbrillen und andere Geräte (z. B. Smartphones) mit Halterung machen es möglich, beide Hände frei zu haben.	Hands-free durch Datenbrille gewünscht? ☐ ja | ☐ nein

Aus dem Scoping Review und den Fokusgruppeninterviews wurden insgesamt 24 Merkmale für die Geräte- und Softwareauswahl identifiziert (siehe Tabelle 2).

***Tabelle 2:** Anforderungen für die Geräte- und Softwareauswahl (nach Gilbert et al. 2024).*

Geräte- und Softwareeigenschaften	**Anforderungen**
Kosten	• Anschaffungskosten • Zusätzliche Kosten (z. B. Schulungen)
Physische Merkmale	• Robustheit gegenüber Umgebungsbedingungen (z. B. Regenwasser) • Gewicht und Größe

	• Komfort
Display Merkmale	• Display Positionierung (innerhalb des Sichtfelds oder außerhalb) • Displaygröße • Lesbarkeit des Displays
Input und Output Optionen	• Möglichkeit zur „hands-free“ Nutzung (beide Hände können für die Arbeitsaufgabe genutzt werden) • Steuerungsoptionen (über Tastatur, Sprache, Gesten) • Ausgabeoptionen (auditiv, visuell, taktil)
Übereinstimmung mit Bedürfnissen von Beschäftigten	• Vertrautheit mit Gerätetyp oder Software (z. B. Apple oder Windows) • individuelle Anpassungsmöglichkeiten (z. B. Anpassung der Datenbrille auf Sehschärfe)
Ausrichtung an externen Vorgaben	• Bedürfnisse von externen Personen (z. B. Blickkontakt) • Gesetzliche Anforderungen (z. B. Datenschutzerklärung)
Kompatibilität mit anderen Arbeitsmitteln und Ausrüstung	• Kompatibilität zu anderen Geräten • Passung zur persönlichen Schutzausrüstung (PSA)
Spezifikationen	• Hardwareleistung • Akkuleistung
Services und Support	• Schulungsangebote seitens des Anbieters • Technischer Support für das Gerät und Software
Zusätzliche Anforderungen an Datenbrillen	• Tragekomfort • Bedarf an dreidimensionaler Tiefenwahrnehmung oder zweidimensionaler Wahrnehmung • Grad der Einschränkung des Sichtfelds

4.2 Einführung von mobilen Endgeräten im Unternehmen

Das Scoping Review verdeutlichte die Bedeutung einer umfassenden Digitalisierungsstrategie für den Einführungsprozess (Haase et al. 2023). Dabei sollte u. a. Wert gelegt werden auf eine klare Zielsetzung des Unternehmens, eine transparente Kommunikation sowie frühzeitige Einbeziehung aller relevanter Personengruppen, v. a. der Nutzer*innen, am Beschaffungs- und Einführungsprozess. Zudem sollte die Eignung der Arbeitsmittel für die Arbeitsaufgabe und deren technische Anforderungen überprüft werden (Kleineberg et al. 2017). Es empfiehlt sich, eine prospektive Gefährdungsbeurteilung vor der Anschaffung von Geräten durchzuführen, um die Arbeitsprozesse und deren Anforderungen im Voraus zu kennen. Wortlaut aus einer Fokusgruppe: *Wenn ein schlechter Prozess digitalisiert wird, wird daraus ein schlechter digitaler Prozess.*

4.3 Gefährdungsbeurteilung

Die entwickelte Gefährdungsbeurteilung für mobile Endgeräte soll Praktiker*innen unterstützen gesundheits- und sicherheitsrelevante Anforderungen und Gefährdungen im Zusammenhang mit der Nutzung mobiler Endgeräte zu identifizieren. Dafür sollen Praktiker*innen im Teil “Gefährdungsbeurteilung” Aussagen zu möglichen Gefährdungen auf einer vierstufigen Likert-Skala von „trifft vollkommen zu“, „trifft eher zu“, „trifft eher nicht zu“ bis „trifft gar nicht zu“ einschätzen. Zur Unterstützung werden Erklärungen und zusätzliche Verweise auf weiterführende Nachschlagewerke gegeben.

Tabelle 3: *Beispiel aus der Gefährdungsbeurteilung.*

	Trifft gar nicht zu	Trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft vollkommen zu	Nicht relevant
Das Gerät kann eine starke und gleichmäßige Helligkeit erzeugen, sodass Bilder und Texte auch bei sehr starkem Umgebungslicht, wie z. B. direkter Sonneneinstrahlung, leserlich sind. Hinweis: Wenn tragbare Bildschirmgeräte im Freien eingesetzt werden, sollte die Helligkeit des Bildschirms mindestens 400 cd/m² betragen.	--	-	+	++	

Die Kategorien „trifft gar nicht zu“ und „trifft eher nicht zu“ geben Aufschluss über einen erforderlichen Handlungsbedarf und sollen im Anschluss mit einer Risikomatrix bewertet werden. Die Risikobewertung dient dazu, Unternehmen bei der Priorisierung von Handlungsfeldern zu unterstützen. Basierend darauf können geeigneten Maßnahmen abgeleitet werden.

Die im Piloteinsatz zu testende Version der Gefährdungsbeurteilung, umfasst die folgenden Bereiche und Itemzahlen:

Tabelle 4*: Vorbehaltliche Darstellung der Bereiche und Itemzahlen (n = 237 Items).*

Soziale Bedingungen (10 Items), z. B.:	**Arbeitsorganisation (58 Items),** z. B.:
• Soziale Unterstützung • Interne Kommunikation und Kollaboration • Externe Kommunikation und Kollaboration	• Partizipation • Schulung und Unterweisung • individuelle Leistungsvoraussetzungen von Beschäftigten
Arbeitsaufgabe (26 Items), z. B.:	**Arbeitsmittel (128 Items),** z. B.:
• Arbeitsverdichtung • Handlungsspielraum und Autonomie • Passung des Geräts zur Arbeitsaufgabe	• Hardware-Ergonomie (Körperhaltung und körperliches Wohlbefinden, Halte- und Tragevorrichtungen, …) • Hardware und Software (Zuverlässigkeit des Systems, Netzwerkverbindung, Anpassung des Systems an Beschäftigte, …) • Software-Ergonomie (Benutzung der Software, Rückmeldung der Software, Informationsdarstellung, …)
Arbeitsumgebung (15 Items), z. B.:	
• Einflüsse aus der Umgebung • Sichere Raumgestaltung • Funknetz	

4.4 Maßnahmen

Der Teil der Maßnahmen in der Handlungshilfe beschreibt Lösungsräume, die Praktiker*innen bei der Ableitung von Maßnahmen unterstützen sollen. Die Maßnahmen sind entsprechend der Maßnahmenhierarchie strukturiert. Diese umfasst 5 Stufen (Barth & Schmauder 2024): I. Gefahrenquellen reduzieren, II. Sicherheitstechnische räumliche Trennung von der Quelle, III. Organisatorische räumliche bzw. zeitliche Trennung, IV. Räumliche Trennung am Menschen durch persönliche Schutzausrüstung, und V. Verhaltensbezogene Maßnahmen.

5. Diskussion und Ausblick

Ziel des Projekts GBU-SmarD ist es, eine branchenübergreifende Handlungshilfe zu entwickeln, die Praktiker*innen bei der Identifikation von Anforderungen an menschenzentrierte Arbeit und potenziellen Gefährdungen in der Arbeit mit mobilen

Endgeräten unterstützt. Da sich Unternehmen in unterschiedlichen Stadien der Digitalisierung befinden, ist eine Unterstützung von der Auswahl und Einführung bis hin zur Gefährdungsbeurteilung und Maßnahmenableitung sinnvoll. Damit die Handlungshilfe in der Praxis genutzt wird, muss sie handhabbar sein. Erste Rückmeldungen aus der Praxis zeigen jedoch, dass der Teil „Gefährdungsbeurteilung“ zu umfangreich für eine praktikable Nutzung ist. Derzeit werden Möglichkeiten geprüft, die Handlungshilfe, insbesondere die „Gefährdungsbeurteilung“ zu kürzen. Die Erstellung eines Screeningverfahrens oder die Strukturierung durch eine technische Umsetzung mit Filterfragen könnten im Rahmen eines Folgeprojekts realisiert werden.

Trotz intensiver Akquisebemühungen nahmen bisher nur wenige Unternehmen an der Erprobung teil. Die branchenübergreifende Anwendbarkeit der Handlungshilfe kann bisher nur auf Basis relevanter Literatur sowie der teilnehmenden Unternehmen angenommen werden. Die Handlungshilfe stellt dennoch ein systematisches Instrument dar zur Erfassung der Anforderungen an die Arbeitsgestaltung und Identifikation von Gefährdungen bei der Nutzung mobiler Endgeräte. Die Schließung bestehender Forschungslücken, insbesondere im Hinblick auf die Festlegung konkreter Grenzwerte, die langfristige Beanspruchung von Beschäftigten und die spezifischen Bedarfe von leistungsgewandelten und älteren Beschäftigten im Zusammenhang mit der Nutzung mobiler Endgeräte, sollte in die Weiterentwicklung der Handlungshilfe einfließen.

6. Literatur

Aggarwal D, Sharma D, Saxena AB (2022) Detection of eye strain due to usage of electronic devices: A machine learning based approach. International Journal of Health Sciences 6(1):11197-11207. https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS1.7707.

Barth, C & Schmauder, M (2024). Arbeitsbedingungen beurteilen und gestalten: Leitfaden für Fachkräfte (2., überarb. Aufl.). DC Verlag.

DIN, Deutsches Institut für Normung (2016) Ergonomische Grundlagen für die Gestaltung von Arbeitssystemen (DIN EN ISO 6385:2016). Berlin: Beuth Verlag.

BAuA, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2017) Leitlinie Gefährdungsbeurteilung und Dokumentation. Berlin: Geschäftsstelle der Nationalen Arbeitsschutzkonferenz. https://www.gda-portal.de/DE/Aufsichtshandeln/Gefaehrdungsbeurteilung.

Gilbert K, Haase G & Pietrzyk U (2024). Selection criteria for smart mobile devices in the workplace. Psychologie des Alltagshandelns, 17(2), 31.

Grauel BM, Terhoeven JN, Wischniewski S, Kluge A (2014) Erfassung akzeptanzrelevanter Merkmale von Datenbrillen mittels Repertory Grid Technik. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 68:250–256.

Haase G, Gilbert K & Pietrzyk U (2023). Design Requirements for Working with Mobile Smart Devices – a Scoping Review. In V. G. Duffy (Hrsg.), Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management. 25th HCI International Conference. Springer Nature Switzerland. (S. 383-394). https://doi.org/10.1007/978-3-031-35741-1.

Kleineberg T, Hinrichsen S, Eichelberg M, Busch F, Brockmann D, Vierfuß R (2017) Leitfaden: Einführung von Assistenzsystemen in der Montage. Lemgo: Hochschule Ostwestfalen-Lippe.

Müller N (2020) Digitalisierung und psychische Belastungen – Bilanz und Handlungsperspektiven für Gute Arbeit. In: Schröder L, Eberhardt B, Müller N (Hrsg.) Gute Arbeit. Gute Arbeit: Arbeitsschutz und Digitalisierung - Impulse für eine moderne Arbeitsgestaltung: Reader 2020. Bund-Verlag, 34-50.

Uttarwar P, Vibha D, Prasad K, Srivastava AK, Pandit AK, Dwivedi SN (2020) Smartphone use and primary headache: A cross-sectional hospital-based study. Neurology Clinical Practice 10(6):473-479. https://doi.org/10.1212/CPJ.0000000000000816.

VERBI Software. (2021). MAXQDA 2018 [computer software]. Berlin, Germany: VERBI Software. Available from maxqda.com.

Influence of disruptive design changes of a hammer drill on user posture and muscle stress - An exploratory study

Rebecca RACK[1*], Susanne SUTSCHET[2*], Klaus BENGLER[1], Sven MATTHIESEN[2]

[1] Chair of Ergonomics, TUM School of Engineering and Design,
Technical University of Munich,
Boltzmannstr. 15, D-85748 Garching
[2] Institute of Product Engineering, Karlsruhe Institute of Technology,
Kaiserstraße 10, D-76131 Karlsruhe
** These authors contributed equally to this work.*

Abstract: Repetitive physically demanding tasks, such as operating power tools, can cause work-related musculoskeletal disorders, particularly in the shoulder-arm region. Despite the need for ergonomic product designs, it is often unclear how to adjust power tool design to reduce user stress. This study explores how handle positions and orientations of a hammer drill impact joint angles and muscle activation. An adaptive hammer drill was developed, and three participants performed horizontal drilling tasks. Measurements using motion capture, electromyography, and force sensors revealed that handle configurations affect user posture and muscle activation. Key findings indicate increased handle tilt and angle result in asymmetrical postures and higher muscle activation. In contrast, closer handle positioning promotes balanced force distribution of the left and right sides. Future studies will further investigate these findings with a larger number of subjects and a reduction of noisy factors such as vibration.

Keywords: product ergonomics, user-centered design, power tool, user stress, biomechanics

1. Introduction

Power tool applications such as hammer drilling are often physically intensive due to unfavorable user postures, high exerted forces and additional vibration exposure. Substantially, there is high stress on the musculoskeletal system, particularly in the shoulder-arm region. Prolonged or repetitive use of power tools can contribute to work-related musculoskeletal disorders (WSMDs) such as tendonitis, rotator cuff injuries, and joint pain (Kuok 2022). Although there is an increasing recognition of the need for ergonomic design, power tools continue to be developed primarily on technical performance rather than the user's physical well-being (Vedder & Carey 2005). Some product developers use classical approaches to reduce the user's physical stress, e.g. reducing the power tool's mass or vibration damping. Another approach is using upper limb exoskeletons to support the user in compensating the power tool's mass. Several studies have also examined the physical interface between a handheld device and the user. Parameters such as handle geometry, e.g. diameter and orientation, can affect grip force, wrist angle, and forearm muscle activation (Björing et al. 2007; McGory et al. 2007; Lin et al. 2007). The problem is that the parameter space is large, and it remains unclear which changes in handle position and orientation impact user posture

(joint angles) and muscle stress (muscle activation) of the shoulder-arm system. To address this problem, the following research question was formulated:

> *How do variations in handle position and orientation of an adaptive hammer drill affect the shoulder-arm system's joint angles and muscle activation?*

2. Material and Methods

To answer this research question, an exploratory laboratory study was conducted. First, an adaptive hammer drill was developed based on a Hilti TE 2 (Hilti AG, Schaan, Liechtenstein) to systematically adjust the positions and orientations of the main handle (MH) and side handle (SH). Figure 1 shows the developed hammer drill in its default configuration, which was based on the original hammer drill. Both handles consist of two PLA-printed handle halves with two single-axis piezo-electric force transducers Kistler 9001 A (Kistler Instrumente AG, Winterthur, Schweiz) in between. The separation plane was always oriented orthogonally to the drilling direction based on the definitions of DIN EN ISO 10819:2022-12 (DIN EN ISO 10819:2022-12). Each handle was connected to the hammer drill by 1) a three-axis piezo-electric force transducer Kistler 9011 A measuring interaction forces between user and power tool, and 2) a locking joint allowing a tilt of the handles in 7.5 ° steps. The trigger control was removed from the power tool via a cable extension for external operation by a study supervisor. Figure 2 shows the handle configurations used in the study.

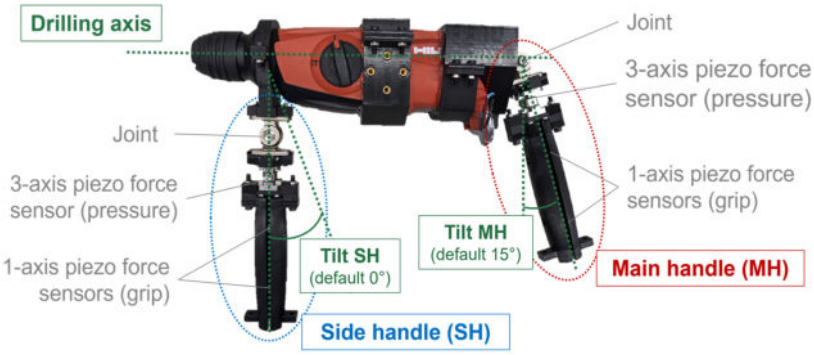


***Figure 1**: Adaptive hammer drill in the default configuration; main handle (MH) and side handle (SH) adjustable in position and orientation; integrated force sensors allow capturing interaction force at the handles.*

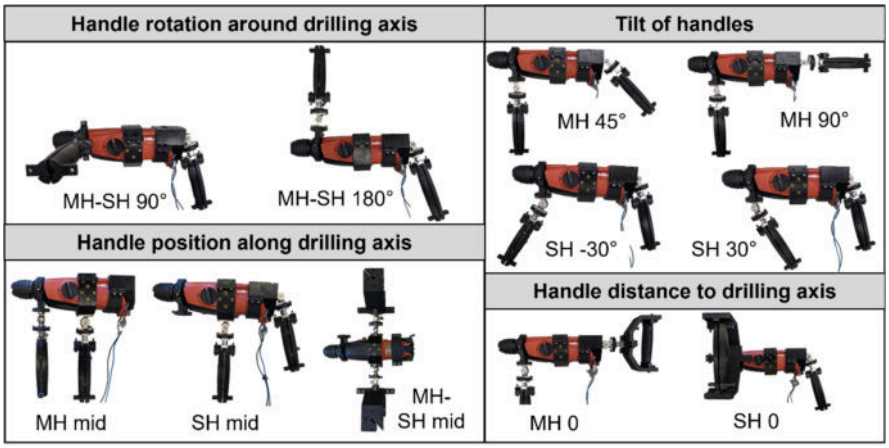


***Figure 2**: Handle configurations of adaptive hammer drill set in the study, with MH: main handle, SH: side handle.*

The developed adaptive hammer drill was used to conduct a laboratory study with three participants (20-30 years old, right-handed, one male, two female) performing a horizontal drilling task. To record muscle activation, electrode heads of four Delsys Trigno Duo and two Quattro electromyography (EMG) sensors (Delsys Inc., Natick, MA, USA) were placed on the left and right anterior, lateral, and posterior deltoid (shoulder), upper trapezius (neck), biceps brachii, triceps brachii long head (upper arm), extensor carpi, and flexor carpi (lower arm). The sensor placement and measurement preparation were conducted following the SENIAM guidelines (Hermens et al. 1999). Muscle-specific maximum voluntary contraction (MVC) tests were performed twice per muscle. Full-body posture was measured using the IMU motion capture system (XSens Adwina, Movella, Henderson, NV, USA). 17 sensors were placed on defined body segments of the test subjects and then calibrated.

The drilling tests were performed based on the setup in Figure 3. The participants drilled horizontally in a vertical concrete wall using the adaptive hammer drill (the right hand was placed at MH, the left at SH), varying between 12 handle configurations (s. Figure 2) in a randomized order. Each configuration was repeated three times. The subjects were standing on a force measuring plate (BP600900-1000, AMTI, Watertown, MA, USA), which enabled the measurement of the push force. Using digital user feedback, the subjects had to maintain an overall push force of 90 N during the drilling measurements. Each drilling measurement was timed (~10 s), and a study supervisor externally triggered the hammer drill. The working height and distance to the concrete wall were customized to the participants' body dimensions. Throughout the drilling measurements, motion capture data was acquired at a rate of 60 Hz, EMG data at 2222 Hz (Quattro Sensors) and 2148 Hz (Duo Sensors), force data of grip and push forces on both handles and ground reaction forces at 5000 Hz. EMG data was onboard bandpass filtered with 20-450 Hz. We also measured the power tool’s vibration at a rate of 5000 Hz using two PCB 356A02 acceleration sensors (PCB Piezotronics, Depew, NY, USA) attached to the handles. All data was cut based on exceeding 90 % of the defined push force. The mean joint angles and handle forces over time and the RMS of the EMG data were calculated for each measurement. To determine muscle activation as a percentage value, RMS of the MVC measurements were utilized for EMG normalization. The joint angles, handle forces, and muscle activation were averaged across all subjects for each configuration. Data post-processing was performed using Matlab (R2024b, MathWorks, Matick, MA, USA).

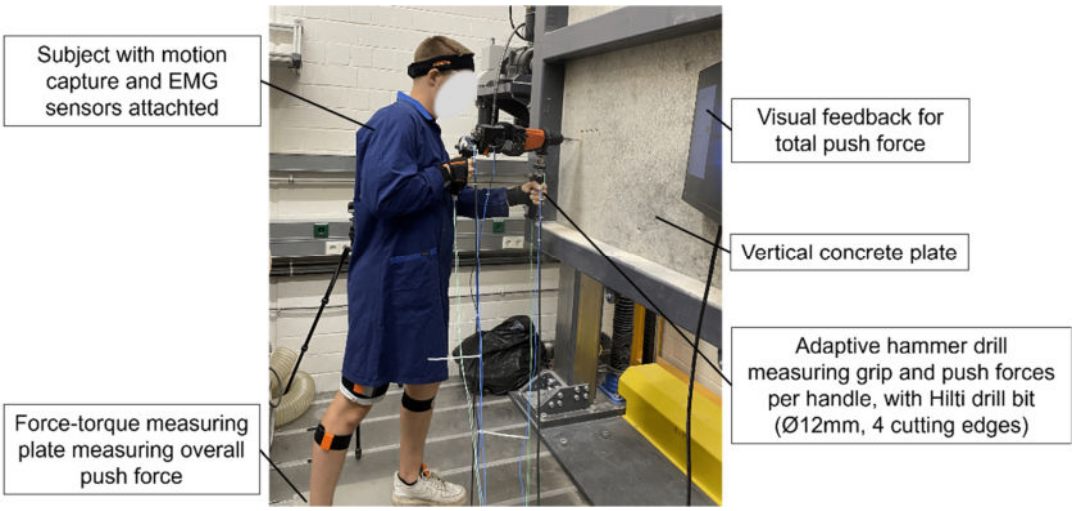


***Figure 3**: Study setup of horizontal drilling with the example of default configuration.*

3. Results

This section presents the influence of handle positions and orientations of an adaptive hammer drill on body joint angles and muscle activation. The key results of shoulder positioning and muscle activation are shown in Figure 4. Further study results can be seen in Sutschet et al. (2025).

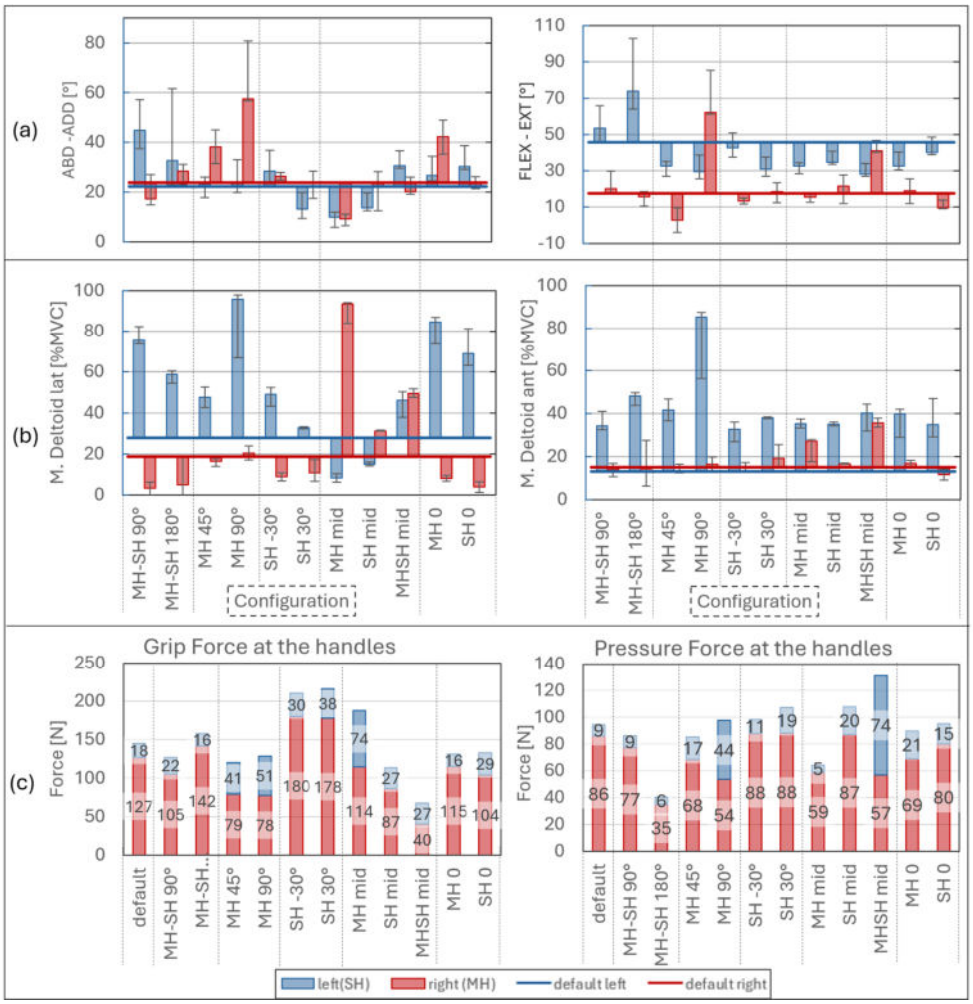


Figure 4: *Deviations of the shoulder joint angles (a) and muscle activation M. deltoideus (b) to the values of the default configuration for the left (blue) and right (red) shoulder-arm system. (c) Force distribution between the main (red) and side (blue) handle for the grip and push forces over all configurations. Median values and 1st & 3rd quartile of n=9 data points (3 subjects à 3 repetitions).*

Angle between handles around the drilling axis: Increasing the angle between the MH and SH resulted in notable positional changes, particularly affecting the shoulder on the left side. A greater angle led to a more asymmetrical posture, characterized by increased shoulder abduction (Abd) and flexion (Flex) on the left side. These biomechanical adjustments were accompanied by heightened muscle activation, specifically in the lateral deltoid on the left side. While the activation of the trapezius muscle on the right side increases *(17%MVC).*

Tilt of handles: Adjustments to the tilt of the handles showed effects on the respective side in both joint angles and muscle activation. A greater tilt of the MH led to increased wrist adduction (Add) *(-23°*) and shoulder abduction on the right side, alongside muscle activation of the lateral deltoid increases on the right and left sides, and

the right forearm muscle activation increases. Lowering the tilt of the SH towards the tip led to less wrist abduction *(27° Abd to 7° Add)* and reduced muscle activation of the flexor carpi (*< 5%MVC*). Other notable changes in joint angles or muscle activation compared to the default configuration could not be made.

Handle position along the drilling axis: Changes in the longitudinal position of the MH produced distinct biomechanical effects. A forward shift of the MH increased muscle activation of the lateral deltoid (*+75%MVC*), trapezius (*+46%MVC*), and extensor carpi on the right side (*+37%MVC*). Concurrently, the contralateral side's activation of the anterior deltoid and extensor carpi (+66%MVC) increases. Adjustments to the right arm position were also observed, including less shoulder abduction, reduced elbow flexion, and increased wrist abduction *(+12°)*. Repositioning the SH along the drill axis did not result in notable changes in joint angles or muscle activation patterns. Positioning both handles closer together and at the side of the hammer drill (MH-SH mid) resulted in a slight increase of the upper and lower arm muscles on both sides, more on the right than the left.

Handle position along handle axis: When the MH was positioned at the midpoint of the drill, there was an increase in shoulder and wrist abduction on the right side. Wrist extension increased on both sides under both minimum-distance condition, and the activation of the forearm muscles and the lateral deltoid.

4. Discussion

This paper examines the influence of handle positions and orientations on joint angles and muscle activation of the right and left shoulder-arm systems. In general, different handle configurations affect user posture and muscle activation, especially the tilt of the main handle and the distance between handles along the drilling axis. Changes in muscle activation can be explained by a change in the corresponding joint angle of the muscle, a change in grip force, or a change in the distribution of the push force at the handles. In the following, the observed relations are formulated as design hypotheses:

Angle between handles: When increasing the angle between the handles, the user adapts the shoulder-arm position of the left side, which leads to higher shoulder muscle activation on the left side.

Tilt of handles: When increasing the MH tilt, the muscle activation of the right shoulder and right lower arm muscles increases due to changes in the shoulder-arm position. When increasing the MH tilt, the muscle activation of the left shoulder and lower arm increases due to a shift of the push and grip force to the side handle. When changing the SH tilt, there are almost no changes in joint angles and muscle activation.

Handle position along the drilling axis: When positioning the main handle closer to the side handle along the drilling axis, lateral shoulder, and forearm muscle activation increases due to position changes of the right shoulder-arm system and a shift of the grip force to the left side. In contrast, there are almost no changes when shifting the SH closer to MH. Positioning both handles closer together (minimum distance) and at the side of the hammer drill results in higher activation of the upper and lower arm muscles on the right than on the left side due to a more symmetrical posture and a more balanced force distribution and load.

Handle position along handle axis: When positioning one handle at the side of the hammer drill, wrist extension and forearm muscle increase due to a change of the handle orientation.

Conclusion: It is challenging to identify handle configurations that overall minimize user stress, as a decrease in activation of one muscle can lead to an increase in another. An evaluation score could help product developers consider multiple ergonomic factors in the future to enhance the ergonomics of power tools.

Limitations: The number of subjects was limited to three due to the time-intensive preparations and measurements. Future studies will reduce the number of investigated handle configurations to allow a larger number of subjects.

Moreover, vibration affects EMG signal amplitudes (Fratini et al. 2009), which poses a challenge, as MVC measurements were taken without vibration. This could contribute to partially higher EMG values during drilling than MVC data, e.g. biceps muscle activation. Additionally, future studies should aim to eliminate or investigate vibration-induced noise.

Some joint angles and muscle activation showed partially considerable scattering. An individual positioning and handling of unusual hammer drill configurations probably caused this. Future investigations could also assess the joint angles and muscle activation regarding their suitability and correlations to reduce the parameters and thus the effort for a comprehensive ergonomic assessment of a power tool design.

5. References

Björing, G.; Johansson, L.; Hägg, G. M. (2002): Surface pressure in the hand when holding a drilling machine under different drilling conditions. In: International Journal of Industrial Ergonomics 29 (5), S. 255–261. DOI: 10.1016/S0169-8141(01)00050-6.

DIN EN ISO 10819:2022-12, Mechanische Schwingungen und Stöße_- Hand-Arm-Schwingungen_- Messung und Bewertung der Schwingungsübertragung von Handschuhen in der Handfläche (ISO_10819:2013_+ Amd.1:2019_+ Amd.2:2021); Deutsche Fassung EN_ISO_10819:2013_+ A1:2019_+ A2:2022.

Fratini, A.; La Gatta, A.; Bifulco, P.; Romano, M.; Cesarelli, M. (2009): Muscle motion and EMG activation in vibration treatment. In: Medical Engineering & Physics 31 (9), S. 1166–1172. DOI: 10.1016/j.medengphy.2009.07.014.

Hermens, H. J.; Freriks, B.; Merletti, R.; Stegeman, D. F.; Blok, J. H.; Rau, G. et al. (1999): European recommendations for surface electromyography: Results of the SENIAM Project. In:. Online verfügbar unter https://api.semanticscholar.org/CorpusID:114598925.

Ho, K., Tang, D.. (2022). The Prevalence, Causes and Prevention of Occupational Musculoskeletal Disorders. Global Journal of Medical Sciences. 4. 56-68. 10.36348/gajms.2022.v04i02.004.

Lin, J-H; McGorry, R. W.; Chang, C-C; Dempsey, P. G. (2007): Effects of user experience, working posture and joint hardness on powered nutrunner torque reactions. In: Ergonomics 50 (6), S. 859–876. DOI: 10.1080/00140130701237618.

McGorry, R. W.; Lin, J-H (2007): Power grip strength as a function of tool handle orientation and location. In: Ergonomics 50 (9), S. 1392–1403. DOI: 10.1080/00140130701340115.

Sutschet, S.; Rack, R.; Bengler, K.; Matthiesen, S. (2025): Experimental data and additional evaluation for the paper "Influence of disruptive design changes of a hammer drill on user posture and muscle stress - An exploratory study", Repository KITopen, Karlsruhe, Germany, Tech. Rep. 1000169793, DOI: 10.35097/d072bjn9s8ghkpah

Vedder, J.; Carey, E. (2005): A multi-level systems approach for the development of tools, equipment and work processes for the construction industry. In: Applied Ergonomics 36 (4), S. 471–480. DOI: 10.1016/j.apergo.2005.01.004.

Acknowledgments: This research was funded by the German Research Foundation (DFG) within the project CoSiMMI (535064559) and supported through the financing of the test environment within the context of the proposal GZ: INST 121384/81-1 FUGG.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Implementierung generativer KI-Tools in der Wissensarbeit: Nutzen und Nutzungsweisen von Microsoft 365 Copilot

Carsten F. SCHMIDT, Wolfgang BEINHAUER[1], Sophie PETZOLT[1], Ingo WEBER[2], Stefan LANGER[2]

[1] Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart
[2] Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., Hansastraße 27c, D-80686 München

Kurzfassung: Die Studie untersucht die Einführung und Nutzung von Microsoft 365 Copilot in einer außeruniversitären Forschungseinrichtung. Eine quantitative Befragung von 106 Mitarbeitenden zeigt, dass Verwaltungsmitarbeitende die Nützlichkeit und Ergebnisqualität positiver bewerten als wissenschaftliche Mitarbeitende. Während das System als benutzerfreundlich und zuverlässig eingeschätzt wird, variieren die Bewertungen je nach Tätigkeitsbereich. Die Studie hebt Effizienzgewinne hervor, betont aber die Notwendigkeit weiterführender Untersuchungen zu Langzeiteffekten und differenzierten Nutzungsmustern.

Schlüsselwörter: Technologieakzeptanz, Microsoft 365 Copilot, Künstliche Intelligenz (KI)

1. Einleitung

Die heutige Arbeitswelt durchläuft einen tiefgreifenden technologischen Wandel, der maßgeblich durch die Möglichkeiten der Künstlichen Intelligenz (KI) vorangetrieben wird. Künstliche-Intelligenz-Technologien werden dabei definiert als „eine Sammlung miteinander verbundener Technologien, die zur Lösung von Problemen und zur Ausführung von Aufgaben eingesetzt werden, die, wenn Menschen sie ausführen, Denken erfordern“ (Bankins et al., 2024). Die potenziellen Auswirkungen insbesondere generativer KI-Modelle als eine Unterart von KI-Technologien (Saif et al. 2024) auf Wirtschaft, Gesellschaft, Demokratie und Umwelt werden dabei intensiv debattiert (Budhwar et al. 2023). Auf Large Language Modellen aufbauende Werkzeuge wie ChatGPT oder Microsoft 365 Copilot (M365 Copilot) haben aufgrund ihrer Fähigkeit, Texte produzieren zu können, Eingaben zu analysieren, scheinbar zu verstehen und sinnhaft ergänzen zu können, (Saif et al. 2024) bereits großes Aufsehen erregt. Gleichzeitig haben die Einführung und Nutzung auch kontroverse Debatten über die Auswirkungen auf Arbeitnehmende und Arbeitsplätze ausgelöst (Budhwar et al. 2023; Frey & Osborne 2017).

Die Integration generativer KI in die Wirtschaft und die akademische Forschung erfährt breite wissenschaftliche und mediale Aufmerksamkeit. Ihr Einsatz in außeruniversitären Forschungseinrichtungen (AUF) ist jedoch bislang unzureichend erforscht. Dabei spielen AUF eine zentrale Rolle in nationalen Innovationsökosystemen (OECD 2011). Insbesondere in Deutschland tragen AUF maßgeblich zur Innovationskraft und globalen Wettbewerbsfähigkeit bei, indem sie Wissen generieren, das in privatwirtschaftliche Innovationen einfließt (Graf 2022).

Vor diesem Hintergrund untersucht die Studie die Potenziale generativer KI-Tools für Mitarbeitende eines AUF und analysiert deren Nutzungsverhalten während der Einführung von M365 Copilot. Dabei wird insbesondere der Unterschied zwischen wissenschaftlichen und administrativen Mitarbeitenden betrachtet.

2. Theorie

Während sich bisherige Forschung stark auf die Einführung generativer KI in Unternehmen (z.B. Singh et al. 2024) und auf den universitären Kontext konzentrierte (Intarakumnerd & Goto 2018), ist die Implementierung von generativer KI gerade für AUF von besonderer Relevanz, da diese oft unter erhöhtem Innovationsdruck und Effizienzanforderungen stehen (Meier 2024). Generative KI eröffnet hier neue Möglichkeiten für wissenschaftliche Arbeit und Wissenstransfer. Sprachmodelle wie GPT-4 unterstützen Forschende bei der Lösung komplexer Aufgaben und der Entwicklung innovativer Ansätze (Intarakumnerd & Goto 2018). Sie verändert beispielsweise die Erstellung von Forschungsmanuskripten, die Codeentwicklung und die Experimentkonzeption und beeinflusst Interaktionen in und mit Organisationen (Deloitte 2025; Gupta et al. 2023). Trotz dieses wachsenden Interesses an der Einführung und der Nutzung generativer KI in verschiedenen Sektoren besteht eine signifikante Forschungslücke hinsichtlich ihres spezifischen Mehrwerts sowie ihrer praktischen Anwendung in AUF. Insbesondere fehlen empirische Untersuchungen darüber, für welche Tätigkeiten Mitarbeitende generative KI nutzen, wie Mitarbeitende diese Technologie in ihren täglichen Arbeitsprozessen implementieren und welche Auswirkungen dies auf die organisatorische Effizienz sowie die individuelle Produktivität hat.

Im Zentrum der Arbeit der AUF stehen die forschenden Tätigkeiten, die insbesondere die Durchführung von Experimenten, die Erprobung von Prototypen und fortwährende Datenerhebungen umfassen. Zentrale Anforderungen sind wissenschaftliche Methodik und Präzision. Ferner spielt das Projektmanagement eine wichtige Rolle: Mehr noch als an Universitäten sind die Forscher mit der Planung von Projekten, der Akquise von Fördermitteln und der Steuerung von Budgets beschäftigt. Mithin sind auch wissenschaftliche Mitarbeitende zu einem gewissen Teil mit administrativen Tätigkeiten befasst. Der Wissenstransfer erfolgt über Fachpublikationen, Konferenzen und die wirtschaftliche sowie politische Verwertung der Forschungsergebnisse. Zudem umfasst die wissenschaftliche Tätigkeit die Nachwuchsförderung, bei der erfahrene Forschende methodische Kompetenzen und wissenschaftliche Arbeitsweisen vermitteln. Neben den wissenschaftlichen Tätigkeiten vollführen Institute wie die der Fraunhofer-Gesellschaft eine Reihe von Verwaltungstätigkeiten wie Personalbuchhaltung, Finanzcontrolling oder Facility-Management. Besonders wichtig sind hierbei auch Compliance und Rechtsfragen: Datenschutz sowie Patent- und Urheberrechte müssen präzise eingehalten werden. Hierbei kommt es vorrangig auf Korrektheit, aber auch auf Effizienz in der Bewältigung der Verwaltungsaufgaben an.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie der Einsatz generativer KI-Tools wie M365 Copilot das Spektrum der Tätigkeiten in Forschungseinrichtungen verändern wird und welchen Beitrag ein solches Werkzeug für die genannten Stakeholder in Wissenschaft und Verwaltung erbringen kann.

3. Methode

Der vorliegende Beitrag verfolgt das Ziel, Erkenntnisse darüber zu gewinnen, in welchem Ausmaß unterschiedliche Beschäftigtengruppen den Nutzen von M365 Copilot wahrnehmen, wobei auch mögliche Unterschiede in auch Bezug auf spezifische Tätigkeitsbereiche betrachtet werden. Da bislang nur begrenzt Hypothesen zum tätigkeitsbezogenen Nutzen generativer KI-Tools in verschiedenen Berufsgruppen vorlagen, wurde zur fundierten Untersuchung dieser Thematik ein quantitativ-induktiver Forschungsansatz gewählt. Dieser Ansatz ermöglicht die Generierung einer hinreichenden Basis, um erste Aussagen und Hypothesen zu den Gruppen zu generieren. Um valide Aussagen für die Zielpopulation von rund 32.000 Mitarbeitenden des betreffenden AUF zu ermöglichen, wäre eine Stichprobe von etwa 380 gültigen Datensätzen erforderlich. Aufgrund technisch-organisatorischer Gegebenheiten wurden für die Pilotierung von M365 Copilot lediglich 550 Personen mit einer entsprechenden Lizenz ausgestattet. Dies schränkt das kontaktierbare Sample ein, wodurch die Aussagefähigkeit der Studie – insbesondere bei einer angenommenen Rücklaufquote von 20 % – begrenzt wird.

Die Datenerhebung erfolgte über einen standardisierten Onlinefragebogen, der mit LimeSurvey erstellt wurde. Der Fragebogen basierte auf den validierten Skalen zur wahrgenommenen Nützlichkeit und Leichtigkeit der Systemnutzung nach Davis (1989) und wurde um tätigkeitsbezogene Dimensionen nach Reinhardt et al. (2011) erweitert. Es wurde hierbei jeweils mit einer 7-stufige Likert-Skala verwendet. Zur Qualitätssicherung wurde im Vorfeld eine Pilotbefragung durchgeführt. Die Erhebung erfolgte mehrstufig: Im Mai 2024 wurden erste Profildaten gesammelt, gefolgt von weiteren Befragungen zu spezifischen Nutzungssituationen und der Wahrnehmung des Nutzens, welche im Zwei-Wochen-Rhythmus wiederholt wurden. Die für die vorliegende Analyse herangezogenen Daten beziehen sich auf den Zeitraum November bis Dezember 2024. Die Nettostichprobe der Befragung umfasst 106 Personen, aufgeteilt in 40 Personen aus dem Verwaltungsbereich und 66 Personen aus dem wissenschaftlichen Bereich.

Zur Vereinfachung der Auswertung wurden die Antwortoptionen numerisch codiert, wobei „stimme überhaupt nicht zu“ den Wert -3 und „stimme voll und ganz zu“ den Wert +3 erhielt.

4. Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass beide Gruppen sowohl die Ergebnisqualität als auch Leichtigkeit der Systemnutzung und die Nützlichkeit von M365 Copilot neutral bis leicht positiv bewerten. Die Nutzung des Tools erfolgte mit hoher Freiwilligkeit, was darauf schließen lässt, dass die Mitarbeitenden das Tool ohne hierarchischen oder sonstigen Druck genutzt haben. Das System wird zudem als tendenziell zuverlässig eingestuft.

Die vorliegende Analyse zeigt weiter, dass sich die Wahrnehmung von M365 Copilot zwischen Verwaltungs- und wissenschaftlichen Mitarbeitenden insbesondere in Bezug auf die Einschätzung der Ergebnisqualität und die Nützlichkeit unterscheidet. Im Verwaltungsbereich wird die Ergebnisqualität und die wahrgenommene Nützlichkeit durchgängig höher bewertet als im Bereich Wissenschaft. Besonders zum Tragen kommen die unterschiedlichen Einschätzungen bei den Items „Ergebnisqualität“, „Leistungssteigerung“, „Produktivität“ und „Effektivität“. Was die Bewertung der Arbeitserleichterung angeht, ähneln sich die Einschätzungen der Gruppen. Auch die Zu-

verlässigkeit des Systems wird in nahezu gleicher Weise beurteilt. Zudem beurteilen beide Mitarbeitenden-gruppen die Kategorie "Falschauskünfte/Schaden" negativ, d. h. es kam sehr selten oder nur ohne gravierende Folgen zu Halluzinationsverhalten durch M365.

Es ist bemerkenswert, dass die Einschätzungen zur Nützlichkeit im Bereich Verwaltung nahezu konstant bei +1 liegen, während die Werte im Bereich Wissenschaft deutlich stärker variieren. Insbesondere die Einschätzungen zur qualitativen Dimension tendieren im wissenschaftlichen Bereich stärker in Richtung einer neutralen Bewertung. Die Auswirkungen auf die zeitliche Dimension sowie die subjektive Wahrnehmung der Arbeitslast werden hingegen leicht positiv gesehen.

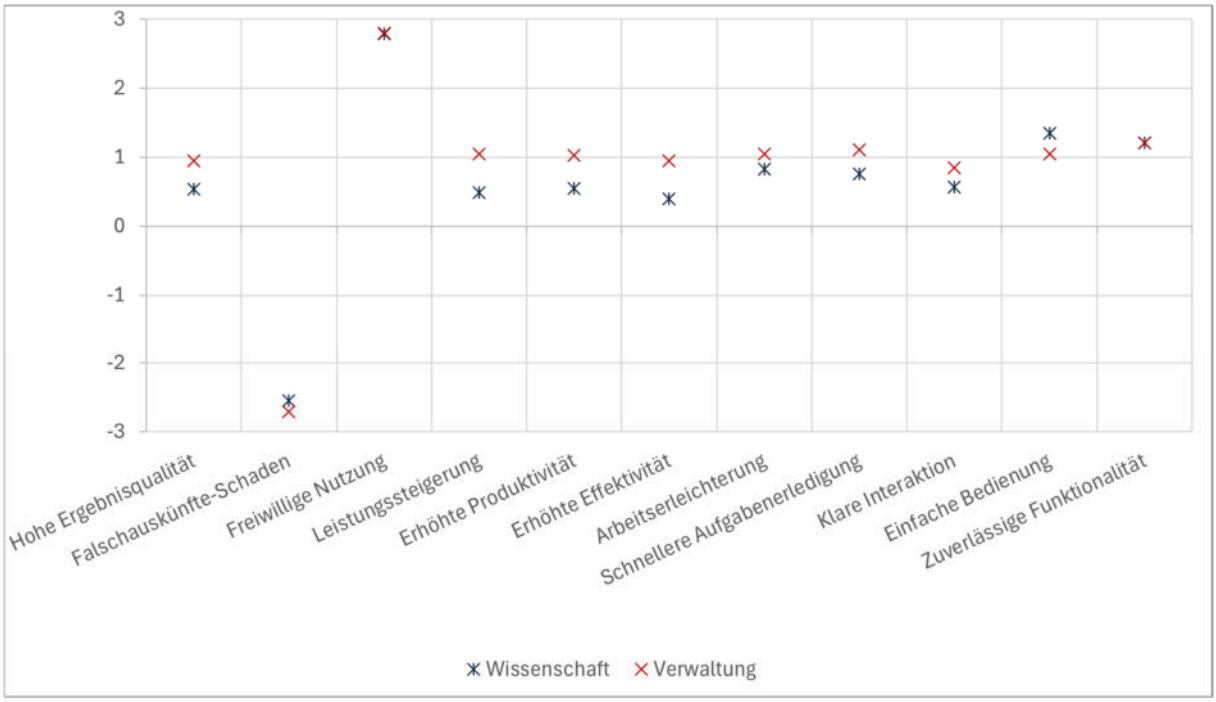


***Abbildung 1**: Vergleich der wahrgenommenen Nutzenaspekte von M365 Copilot in den Beschäftigtengruppen „Wissenschaft“ und „Verwaltung“. Die Abbildung zeigt die gruppenspezifischen Mittelwerte der wahrnehmungsbasierten Einschätzungen auf einer Skala von 3 (“stimme überhaupt nicht zu”) bis +3 ("stimme voll und ganz zu").*

Die Nützlichkeit des Systems wurde durch eine tätigkeitsspezifische Abfrage weiter vertieft. Es zeigte sich erneut, und in konsequenter Fortsetzung der bisherigen Analysen, dass die Verwaltungsmitarbeitenden die Unterstützung fast aller Tätigkeiten deutlich besser bewerteten als wissenschaftliche Mitarbeitende. Die Steigerung des Nutzens gegenüber der globalen Analyseebene ist ebenfalls auffällig. Insbesondere unter den Mitarbeitenden der Verwaltung wurden auf Tätigkeitsebene mitunter leicht oder moderat positive Werte erreicht. So sehen Verwaltungsmitarbeitende einen klaren Nutzen für die Informationsbeschaffung, die Analyse und Erstellung von Texten, das Einholen von Feedback sowie für Suche nach Informationen und bedingt auch für die Unterstützung des Lernens. Diese positive Bewertung wird von den wissenschaftlichen Mitarbeitern lediglich für die Tätigkeit des Erstellens von Texten in gleichem Maße geteilt. Ein Nutzen von M365 Copilot, um auf dem Laufenden zu bleiben sowie um eine Vernetzung zu betreiben und soziale Kontakte zu pflegen, wird in beiden Gruppen kaum bzw. nicht wahrgenommen. Der Nutzen von M365 Copilot zur Erstellung von medialen Inhalten wird jeweils als fast neutral bewertet.

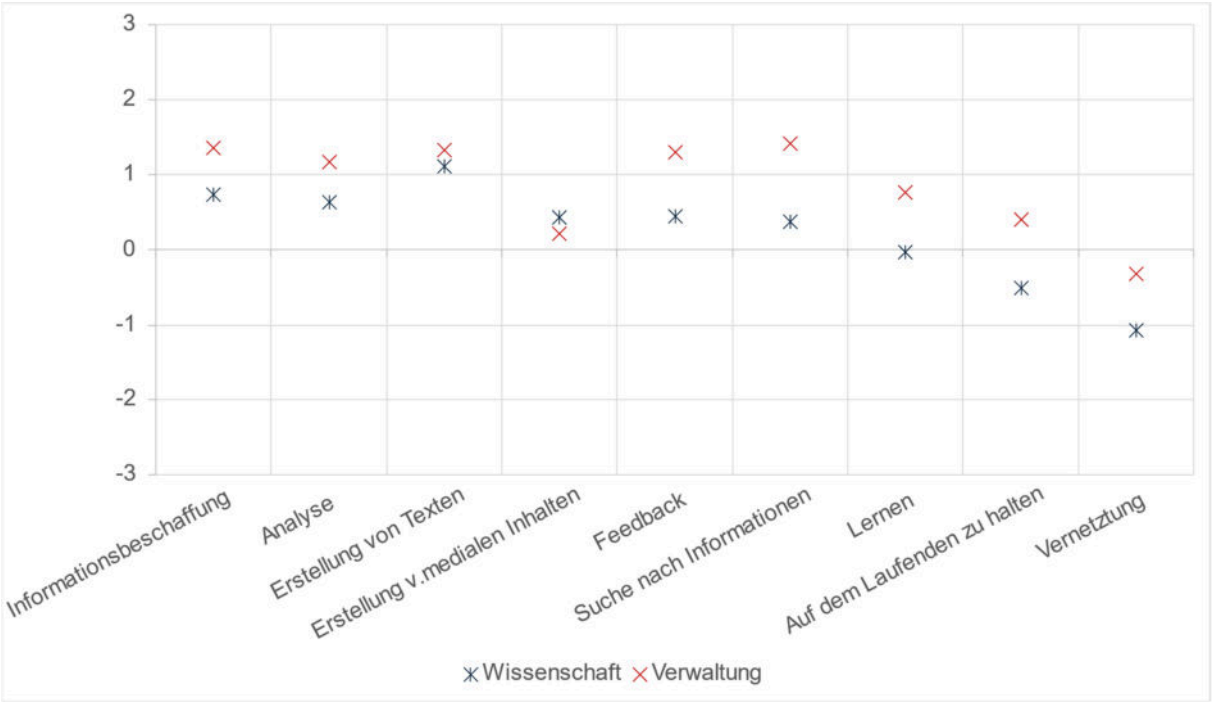


***Abbildung 2**: Vergleich des tätigkeitsbezogenen Nutzens von M365 Copilot in den Beschäftigtengruppen „Wissenschaft“ und „Verwaltung“. Die Abb. zeigt die gruppenspezifischen Mittelwerte der wahrnehmungsbasierten Einschätzungen (Skala wie zuvor).*

5. Diskussion, Limitationen und Ausblick

Die Nutzungserfahrung mit M365 Copilot wird differenziert bewertet: Usability und Zuverlässigkeit erhalten verhalten positive Rückmeldungen, mit leicht höherer Zufriedenheit bei Verwaltungsmitarbeitenden. Dies könnte auf eine bessere Passung der Systemfunktionalitäten mit administrativen Workflows hinweisen. Verwaltungsmitarbeitende bewerten zudem den Nutzen durchgängig positiver als wissenschaftliche Mitarbeitende, deren Einschätzungen moderat positiv und ohne extreme Ausprägungen ausfallen. Der Effizienzgewinn wird im Verwaltungsbereich deutlicher wahrgenommen, während beide Gruppen die Arbeitserleichterung ähnlich einschätzen. Die Resultate zeigen, dass M365 Copilot in einer Forschungseinrichtung einen substanziellen Mehrwert für beide Nutzergruppen bietet, insbesondere hinsichtlich Ergebnisqualität, Aufgabeneffizienz und Effektivität, bei hoher Nutzerfreundlichkeit. Ob der Einfluss stärker auf die Arbeitsqualität oder die Prozessbeschleunigung wirkt, lässt sich nicht eindeutig bestimmen. Da wissenschaftliche Mitarbeitende auch administrative Aufgaben übernehmen, könnte die Entlastung in diesem Bereich indirekt zu mehr Fokuszeit für Forschungstätigkeiten und einem möglichen Qualitätsgewinn führen.

Diese Erkenntnisse korrespondieren mit früheren Studien zur Akzeptanz und Wirksamkeit von Gen-KI-gestützten Assistenzsystemen in organisationalen Kontexten (Nguyen 2024). Die beobachtete Divergenz in der Nutzenwahrnehmung zwischen administrativen und wissenschaftlichen Mitarbeitenden steht im Einklang mit einer Studie von (Somers 2024), die eine variierende Adaptionsbereitschaft in Abhängigkeit von der Aufgabenkomplexität bzw. der Standardisierbarkeit der Aufgaben beobachtet hat. Diese Befunde legen die Notwendigkeit einer präziseren Differenzierung verschiedener Nutzergruppen bei der Evaluation von M365 Copilot in wissenschaftlichen Institutionen nahe. Insbesondere sollte der Effizienzgewinn bei der Aufgaben-

erledigung von potenziellen Qualitätsverbesserungen getrennt betrachtet werden. Die Autoren planen, dies in einer Folgebefragung aller Testpersonen zu untersuchen.

Die Aussagekraft der Studie wird durch die geringe Fallzahl der quantitativen Befragung begrenzt, sodass eine Erweiterung der Stichprobe sowie ergänzende qualitative Interviews zukünftige Forschung bereichern könnten, um Nutzungsmuster und Wirkmechanismen besser zu verstehen. Zudem erfassen die aktuellen Daten nur einen kurzen Zeitraum. Eine nachfolgende Zeitreihenanalyse könnte die Dynamik der Nutzenbewertung sowie mögliche Lern- oder Abnutzungseffekte genauer untersuchen. Trotz der genannten Limitationen liefert die Studie wertvolle Einblicke in das Potenzial von generativer KI in der Forschung.

6. Literatur

Bankins S, Ocampo AC, Marrone M, Restubog SLD, Woo SE (2024) A multilevel review of artificial intelligence in organizations: Implications for organizational behavior research and practice. Journal of Organizational Behavior, 45:159–182.

Budhwar P, Chowdhury S, Wood G, Aguinis H, Bamber GJ, Beltran JR, Boselie P, Cooke FL, Decker S, DeNisi A, Dey PK, Guest D, Knoblich AJ, Malik A, Paauwe J, Papagiannidis S, Patel C, Pereira V, Ren S, … Varma A (2023) Human resource management in the age of generative artificial intelligence: Perspectives and research directions on ChatGPT. Human Resource Management Journal, 33:606–659.

Davis, FD (1989) Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. MIS Quarterly, 13:319.

Deloitte (2025) GenAI. Let´s progress with confidence. Generative KI ist viel mehr als nur ein Trend. Accessed Jan 31, 2025. https://www.deloitte.com/de/de/issues/innovation-ai/generative-ki.html

Frey CB, Osborne MA (2017) The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? Technological Forecasting and Social Change, 114:254–280.

Graf H (2022) Public research and the quality of inventions: The role and impact of entrepreneurial universities and regional network embeddedness.

Gupta BB, Gaurav A, Albeshri AA, Alsalman D (2023) New paradigms of sustainable entrepreneurship in metaverse: A micro-level perspective. International Entrepreneurship and Management Journal.

Haleem A, Javaid M, Singh (2022) An era of ChatGPT as a significant futuristic support tool: A study on features, abilities, and challenges. BenchCouncil Transactions on Benchmarks, Standards and Evaluations, 2, 100089.

Intarakumnerd P, Goto A (2018) Role of public research institutes in national innovation systems in industrialized countries: The cases of Fraunhofer, NIST, CSIRO, AIST, and ITRI. Research Policy, 47:1309–1320.

Meier C (2024) Generative KI und betriebliche Bildung/Personalentwicklung: Orientierung – Befähigung Weiterentwicklung. In PersonalEntwickeln (Vol. 304). Universität St. Gallen.

Nguyen, D., Shaik, M. (2024) Impact of Artificial Intelligence on Corporate Leadership. Journal of Computer and Communications, Vol.12 No.4, April 2024.

OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development (2011) Public Research Institutions: Mapping Sector Trends. OECD.

Reinhardt, W, Schmidt, B, Sloep, P, & Drachsler, H (2011) Knowledge Worker Roles and Actions-Results of Two Empirical Studies: Knowledge Worker Roles and Actions. Knowledge and Process Management, 18(3), 150–174.

Saif N, Khan SU, Shaheen I, ALotaibi FA, Alnfiai MM, Arif M (2024) Chat-GPT; validating Technology Acceptance Model (TAM) in education sector via ubiquitous learning mechanism. Computers in Human Behavior, 154, 108097.

Singh K, Chatterjee S, Mariani M (2024) Applications of generative AI and future organizational performance: The mediating role of explorative and exploitative innovation and the moderating role of ethical dilemmas and environmental dynamism. Technovation, 133, 103021.

Somers, M. (2024) How generative AI can boost highly skilled workers' productivity. MIT SLOAN School of Management, Ideas that matter 2024.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Entwicklung eines konzeptionellen Modells zur multiperspektivischen Gestaltung vernetzter Arbeitssysteme

Dirk MARRENBACH

Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Nobelstr. 12, D-70569 Stuttgart

Kurzfassung: Resilienz entsteht durch die gemeinsame, vertrauensvolle und fruchtbare Zusammenarbeit von Menschen beim Überwinden alltäglicher und krisenhafter Situationen. Im Fokus dieses Beitrags steht die systematische Entwicklung eines konzeptionellen Modells zur Orientierung und Navigation von MitarbeiterInnen in alltäglichen und krisenhaften Situationen. Das konzeptionelle Modell wird am Beispiel einer selbst organisierten Job Rotation in einem Distributionszentrum für Elektronikkomponenten demonstriert.

Schlüsselwörter: Wertschöpfungsnetzwerke, Konzeptionelle Modelle, Soziotechnische Arbeitssysteme, Resilienz, Job Rotation6

1. Industrielle Wertschöpfungsnetzwerke

Wertschöpfungssysteme beschäftigen sich mit der zielgerichteten Entwicklung, Herstellung und Bereitstellung von marktfähigen Produkten, Dienstleistungen und Events. Zu diesem Zweck schließen sich Unternehmen zu Wertschöpfungssystemen zusammen, um gemeinsam die zuverlässige Versorgung der richtigen Kunden mit den richtigen Artefakten, in der richtigen Menge, in der richtigen Qualität, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort, mit den richtigen Informationen und mit dem richtigen Personal sicher zu stellen (Redlich2011; Braun & Marrenbach 2018).

Das Management von Wertschöpfungsnetzwerken beruht auf ihrer Prognostizierbarkeit. Infolge der stetigen Beschleunigung steigen Dynamik, Turbulenzen und Komplexität weiter (Stöcker 2020).

Die bewährten Managementansätze funktionieren unter den skizzierten Bedingungen nicht mehr]. Die Mitarbeiter*Innen behelfen sich durch den intuitiven Einsatz ihrer besonderen kreativen, kognitiven, kommunikativen und kooperativen Fähigkeiten, um die auftretenden Probleme trotz aller Hindernisse zu bewältigen. Auf diese Weise erhalten die Wertschöpfungsnetzwerke wieder ein menschliches Gesicht und ermöglichen den Aufbau von vertrauensvollen, fruchtbaren Beziehungen. In hierarchischen Organisationsansätzen sind situative Bewältigungsansätze auf Grundlage von reflektierter lernender Selbstorganisation nicht vorgesehen (Laloux & Frederic 2024). Zusätzlich verfügen operativ tätige Mitarbeiter nicht über das Wissen und die Erfahrungen, um mit Störungen adäquat umgehen zu können.

In diesem Beitrag wird ein organisatorisches konzeptionelles Modell zur partizipativen Gestaltung von vernetzten Arbeitssystemen in Wertschöpfungsnetzwerken vorgestellt. Die Entwicklung des konzeptionellen Modells wird anhand der vernetzten Arbeitssysteme in einem Distributionszentrum für Elektronikkomponenten sowie deren übergeordneter Supply Chain illustriert.

2. Resiliente Wertschöpfungsnetzwerke

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich in Produktion und Logistik das Lean Management als Managementsystem für die Ablauf- und Aufbauorganisation von Wertschöpfungssystemen etabliert. Grundlage für das Management von Wertschöpfungs-, Produktions- und Logistiksystemen bilden prognostizierbare Zustände und Veränderungen und darauf aufbauend planbare Systeme und Prozesse. In einer VUCA-Welt sind die für stabile und planbare Verhältnisse entwickelten Vorgehensweisen, Modelle und Methoden nicht anwendbar.

Resilienz bezeichnet die Fähigkeit von Personen bzw. Organisationen schnell und präzise auf Krisen oder Rückschläge zu reagieren und sich lernend an neue Anforderungen anzupassen. In einer VUCA-Welt und einer BANI-Welt spielt die Resilienz durch lernende Adaption eine wachsende Rolle, um in dynamischen, turbulenten und komplexen Umgebungen nicht nur überleben zu können. In diesem Kontext kommen die besonderen kreativen, kognitiven, kommunikativen und kooperativen Fähigkeiten des Menschen wieder zur Bedeutung. Resilienz entsteht durch die erfolgreiche fruchtbare und vertrauensvolle Zusammenarbeit innerhalb und zwischen Unternehmen eines Wertschöpfungssystems (ISO 22316 2017; Draht & Karsten 2018).

Generell verfügen Stakeholder heute weder über das Wissen noch über die Kompetenzen und Ressourcen, um sich bei der Identifikation, Prognose, Eindämmung, Überwindung und Adaption von Störungen adäquat einbringen zu können. Grundlage zur Entwicklung und Etablierung von resilienten Wertschöpfungsnetzwerken bildet ein wertschöpfungsübergreifendes Informationssystem, das allen Partnern im Wertschöpfungsnetzwerk Informationen über Auftrags-, System- und Prozesszustände sowie interne und externe Ereignisse zur Verfügung stellt. Zur schnellen und präzisen Eindämmung, Überwindung und Adaption ist ein gemeinsames Verständnis von den im Netzwerk auftretenden Störungen ihren inner- und überbetrieblichen Auswirkungen sowie ihren möglichen Lösungen von Nöten. Um zeit- und kostenintensiven Missverständnissen vorzubeugen. Auf Grundlage des gemeinsamen Verständnisses ist ein Interventionskreislauf zu definieren, der bei Störungen von allen gleichsam anzuwenden ist. Grundlage für die Entwicklung und Etablierung von Methoden bildet die Verwendung einer gemeinsamen Sprache entlang der gesamten Wertschöpfungskette. An dieser Stelle kommen konzeptionelle Modelle zum Einsatz, die es den Stakeholdern ermöglichen ein gemeinsames Verständnis zu entwickeln. Im nächsten Abschnitt wird ein organisatorisches konzeptionelles Modell zum Aufbau eines resilienten Wertschöpfungsnetzwerken skizziert.

3. Konzeptionelles Modell lebendiger Wertschöpfungsnetzwerke

In der Simulationstechnik haben sich konzeptionelle Modelle bei der Entwicklung von formellen Simulationsmodellen als Kommunikationsplattform zwischen Logistikexperten und Simulationsexperten bewährt [Robinson Simulation]. Konzeptionelle Modelle dienen zur systematischen Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses sowie einer gemeinsamen Sprache der auftretenden Probleme, ihren möglichen internen wie externen Ursachen, ihren Lösungen und den auftretenden Wirkungen. In der gemeinschaftlichen Entwicklung von lebendigen Wertschöpfungsnetzwerken bilden konzeptionelle Modelle ein zentrales Instrument zur systematischen Analyse, Orientierung und Navigation.

Das konzeptionelle Modell lebendiger Wertschöpfungsnetzwerke beruht auf einem organisationalen Modellierungsansatz, der um geeignete soziotechnische Modelle ergänzt wird: In der Managementkybernetik wird das Viable System Model (VSM) als konzeptionelles Modell zur gemeinsamen Analyse und Entwicklung von Organisationen verwendet. Es eignet sich sowohl zur Abbildung von einzelnen Arbeitsplätzen als auch von Unternehmen, Wertschöpfungssystemen oder Staaten. Das Viable System Model (VSM) ist ein isomorphes Referenzmodell zur Analyse und Gestaltung von Systemen aller Art. Es bildet Systeme als ein Netzwerk über Material- und Informationskanäle verbundener Ressourcen, Managementsysteme und Umwelt ab. Es gliedert jede Organisation in fünf Subsysteme – Operation, Koordination, Administration/Disposition, Planung und Identität. Die verschiedenen Subsysteme sind über Regelkreise miteinander gekoppelt. Die drei unteren Subsysteme – Operation, Koordination und Administration/Disposition dienen primär der Abwicklung des Tagesgeschäfts, also der physischen Tätigkeiten eins Unternehmens. Die drei oberen Ebnen entsprechen dem Managementsystem eines Unternehmens und dienen der operativen, taktischen und Strategischen Führung des Unternehmens. Zielsetzung ist die Steigerung der Überlebensfähigkeit durch Selbstorganisation. Überlebensfähigkeit ist das Maß für die Fähigkeit einer Organisation sich kurz- mittel und langfristig proaktiv und reaktiv den Turbulenzen der Umwelt anpassen zu können. Dabei hält ein System eine innere Varietät vor, die den Umgang mit der äußeren Varietät ermöglicht. Entsprechend dem Gesetz von Ashby muss die innere Varietät größer sein als die äußere Varietät, um überleben zu können. Im Mittelpunkt dieses konzeptionellen System- und Organisationsmodells steht die Entwicklung lebensfähiger sich selbst organisierender Netzwerke (Beer 1972; Becker 2016; Pfiffner 2020).

Grundlage für das VSM bilden Organisationseinheiten (OE), die bestimmten Aufgaben bzw. Funktionen erfüllen. Zusätzlich werden OE als ein soziotechnisches Arbeitssystem aufgefasst. Die Work System Theory bietet mit dem Work System Framework einen bewährten Modellierungsrahmen zur einheitlichen Beschreibung von Arbeitssystemen in Haushalten, Organisationen und Institutionen. In einem Arbeitssystem arbeiten Menschen mit anderen Menschen unter Nutzung von Maschinen zielgerichtet zusammen, um gemeinsam Aufgaben bzw. Probleme zu lösen. In einem Arbeitssystem wird auf Grundlage von Prozessen ein definierter Input in einen definierten Output transformiert. Mitarbeiter treten in diesen Arbeitssystemen als operative, planende, überwachende, kontrollierende, kooperierende und kommunizierende Akteure auf. Die einheitliche Abbildung von Organisationseinheiten als soziotechnische Arbeitssysteme ermöglicht die systematische Nutzung bewährter Kennwerte- und Kennzahlensysteme zur Analyse der funktionalen Leistung von Logistiksystemen (SCOR, MTM, REFA etc.).

Die Abbildung von Mitarbeitern als miteinander interagierende Akteure in soziotechnischen Arbeitssystemen ermöglicht die Integration einen Prozess relationalen Perspektive in das VSM. Die Interaktionen zwischen Menschen erfolgen gleichzeitig auf einer funktionalen Sachebene und einer relationalen Beziehungsebene. Das traditionelle VSM adressiert die sachlich funktionale Perspektive auf die uns umgebende Wirklichkeit. Im Gegensatz dazu begreift die prozess-relationale Philosophie Alfred North Whiteheads die Wirklichkeit nicht als Ansammlung statischer Objekte, sondern als dynamisches Netzwerk miteinander verwobener Prozesse und Relationen.
Das VSM bildet somit in Verbindung mit der Work System Theorie und der prozessrelationalen Philosophie von Alfred North Whitehead einen geeigneten konzeptionellen Rahmen für die Entwicklung resilienter Wertschöpfungsnetzwerke.

Im Rahmen des gerade gestarteten bmbf Forschungsvorhabens RESIPLAT wird ein Resilienz-Managementsystem auf Grundlage des skizzierten konzeptionellen Modells lebendiger Wertschöpfungsnetzwerke entwickelt und bei den Forschungspartnern erprobt. Im Mittelpunkt steht ein Interventionsarbeitsplatz, in dem Ein kleines Team Ereignisse analysiert und klassifiziert. Die Auswirkungen identifizierte Störungen werden prognostiziert und Maßnahmen zu deren Eindämmung, Überwindung und Adaption geplant, initiiert, durchgeführt, reflektiert und evaluiert. In Abhängigkeit von der identifizierten Störung wird das Interventionsteam situativ durch Andere Steakholder erweitert, um schnell und präzise in die „Normalität" zurückzukehren. Ziel aller Interventionen resilienter Managementsysteme ist es, die durch die Störung auftretenden Beeinträchtigungen für den normalen Geschäftsbetrieb so gering wie möglich zu halten. Im Zuge dieser Bestrebungen muss eine agile Organisation das Interventionsteam zielgerichtet unterstützen, um das Auswirken minimal zu halten. Im Zuge des Rückgriffs auf Beschäftigte zur schnellen Überwindung einer Störung kommt es infolgedessen zu einer Reorganisation des geplanten Personaleinsatzes. In diesem Kontext kommt es beispielsweise zu kurzfristigen Arbeitsplatzwechseln oder Arbeitszeitverlängerungen bzw. -verkürzungen. In anderen Fällen werden Aufträge verschoben oder an andere Wertschöpfungspartner abgegeben. Im Falle eines kurzfristigen Arbeitsplatzwechsels kann mit Hilfe des konzeptionellen Modells können sowohl geeignete Mitarbeiter anhand ihres Arbeitsplatz- und Mitarbeiterprofils für das Interventionsteam identifiziert als auch geeignete Ansätze zur Kompensation des temporären Ausfalls von Mitarbeitern entwickelt werden.

4. Anwendung auf ein Distributionszentrum für Elektronikkomponenten

In einem mittelständischen Unternehmen wird mit Elektronikkomponenten aller Art gehandelt. Das Unternehmen bietet neben einem festen Sortiment an Elektronikkomponenten auch die Möglichkeit zur individuellen Bestellung von Elektronikkomponenten an. Zusätzlich können Dienstleistungen, wie bspw. Die das Design und die Bestückung von Leiterplatten geordert werden. Unternehmen hat sich konsequent auf kleine Mengen spezialisiert. In der operativen Logistik arbeiten derzeit 8 Mitarbeiter, die sich mit der Vereinnahmung, Lagerung, Kommissionierung, Verpackung und Versand von Gütern beschäftigen. In diesem Distributionszentrum existiert eine Kultur der gegenseitigen Unterstützung, Um die Spitzen im Tagesgeschäft gemeinsam bewältigen zu können. Im Zuge einer Erweiterung der Logistikhalle wurde die direkte Kommunikation durch Sichtkontakt und absprachen auf Zuruf erschwert.

Im Zuge des bmbf Projekts proRotation soll in dem skizzierten Distributionszentrum eine beanspruchungsorientierte Job Rotation eingeführt werden. Grundlage für die Entwicklung eines Verfahrens zur dynamischen Job Rotation bildet hier die systematische Erfassung der Belastungen und Beanspruchungen mit Hilfe von Fragebögen und Wearables. Das konzeptionelle Modell dient in diesem Kontext zur Formulierung von Arbeitsplatz-, Beanspruchungs- und Mitarbeiterprofilen. Diese standardisierten Beschreibungen fließen in die systematische Gestaltung eines statischen Wechselplans ein und definieren die Regeln zum angestrebten dynamischen Wechsel. Die entwickelte Methodik zur beanspruchungsorientierten Job Rotation wird im Laufe des Jahres 2025 bei den Anwendungspartnern ausführlich erprobt. Erste kürzere Testphasen konnten erfolgreich abgeschlossen werden.

5. Fazit

Menschen bilden mit ihren Fähigkeiten die unverzichtbare Basis zum Aufbau und Betrieb resilienter Wertschöpfungsnetzwerke. In einer VUCA-Welt geben Menschen Wertschöpfungssystemen ein „Gesicht“ und erlauben so den Aufbau vertrauenswürdiger und fruchtbarer Beziehungen.

Resilienz entsteht, wenn in einem Wertschöpfungssystem aus Katastrophen bzw. Krisen reflektiert, gelernt und dementsprechend Strukturen, Systeme und Prozesse adaptiert werden. Eine reflektiert lernende Organisation setzt, somit reflektiert lernende Stakeholder voraus. Die emergente Systemeigenschaft „Resilienz“ entwickelt sich aus der fruchtbaren und vertrauensvollen Zusammenarbeit von Menschen bei der gemeinsamen Lösung von Aufgaben bzw. Problemen. Aufgrund ihrer erhöhten Anpassungs- und Lernfähigkeit werden resiliente Wertschöpfungssysteme kurz- bis mittelfristig rein effizient gestaltete Wertschöpfungsnetzwerke ablösen.

In VUCA- und BANI-Umgebungen ist die Bereitschaft und Fähigkeit zur permanenten lernenden Adaption von Produkten, Systemen, Prozessen und Relationen eine Grundvoraussetzung zum langfristigen Überleben. Das skizzierte erweiterte VSM bietet allen Stakeholdern in Wertschöpfungsnetzwerken einen Rahmen zur Identifikation, Orientierung und Navigation in komplexen, turbulenten und unübersichtlichen Umgebungen.

Aufgabe der Arbeits- und Organisationswissenschaften ist es, agile Organisationsansätze zu entwickeln die Unternehmen und ihren Mitarbeitern helfen, die Herausforderungen von VUCA- und BANI-Welten zu überstehen, ohne zu Überbeanspruchungen zu führen. Das skizzierte Konzeptionelle Modell lebendiger Netzwerke bietet hier eine eine Kommunikations-, Orientierung- und Navigationsplattform, die durch entsprechende Gestaltungen flankiert werden müssen.

6. Literatur

Braun, M. & Marrenbach D. (2018) Integrative Planung von Smarten Logistiksystemen. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 113, no. 5.

Beer, S. The Brain of the firm.

Becker, D. (2016) Schlüsselwerke der Systemtheorie., Springer Verlag, Berlin.

Draht, K. (2018) Die resiliente Organisation. Hauffe Verlag, Freiburg.

ISO 22316 (2017) Security and Resilience – Organizational Resilience – Principles and Attributes. Beuth Verlag, Berlin.

Laloux, F. (2024) Reinventing Organizations – Ein Leitfaden zur Gestaltung sinnstiftender Formen der Zusammenarbeit. Vahlen Verlag, München.

Pfiffner, M. (2020) Die dritte Dimension des Organisierens.Springer Verlag, Wiesbaden.

Redlich, T. (2011) Wertschöpfung in der Bottom-up-Ökonomie. VDI Springer Verlag, Berlin.

Stöcker, C. (2020) Die große Beschleunigung. Carl Blessing Verlag, München.

Vogel, M. (2016) Futability® - Wie Sie Veränderungen und Transformationen bewältigen und selbstbestimmt gestalten. Vogel Perspektive GmbH, Bonn.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Systemische Analyse der Sicherheitskultur mittels CBM-SiTra

Larissa DRÄGER, Tristan LOTHMANN

Consulting, Business und Management GmbH,
Niederbexbacher Straße 67, D-66450 Bexbach

Kurzfassung: Der deutsche Arbeits- und Gesundheitsschutz stellt Regeln und Bestimmungen für eine sichere und gesundheitsförderliche Arbeit. Mittels Entwicklung der Sicherheitskultur soll die Arbeit jetzt und in Zukunft sicher und gesund mit dem Menschen im Mittelpunkt gestaltet werden. CBM-SiTra ist eine Methodik die aktuelle Sicherheitskultur zu analysieren, zu beurteilen und so zielgerichtete Maßnahmen zur Entwicklung einer menschengerechten Arbeitswelt abzuleiten. Innerhalb des Forschungsprojekts AKzentE4.0 wurde CBM-SiTra bei Anwendungspartnern im Rahmen derer Veränderungsprozesse durch die Einführung neuer Technologien angewandt. Dieser Beitrag soll die Thematik der Kulturanalysen erläutern, Erfahrungen im Bereich Digitalisierung im Handwerk und bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMUs) aufzeigen und Empfehlungen für die Kulturentwicklung geben.

Schlüsselwörter: Sicherheitskultur, Digitalisierung, Arbeits- und Gesundheitsschutz, CBM-SiTra, Kulturanalyse, Resilienz

1. Einleitung

Die moderne, schnelllebige und sich ständig verändernde Arbeitswelt steht vor vielfältigen Herausforderungen. Eine Studie des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) von 2013 befragte 1.219 deutsche Betriebe nach den Auswirkungen der Digitalisierung auf die Mitarbeitenden. Dabei nahmen fast 79 % der Mitarbeitenden Veränderungen in der Ausstattung des Arbeitsplatzes wahr und eine Verschiebung der Anforderungen von körperlichen hin zu geistigen Kompetenzen. Wahrgenommene Vorteile wie körperliche Entlastung und Steigerung der Arbeitsleistung fallen geringer aus als die neuen Anforderungen, wie eine notwendige Weiterentwicklung der Fähigkeiten und Kompetenzen sowie den zusätzlich steigenden Tendenzen hin zu gleichzeitig zu erledigenden Aufgaben (Arnold et al. 2015). Circa die Hälfte der krankheitsbedingten Fehlzeiten werden in Deutschland hauptsächlich durch drei Erkrankungen verursacht: Muskel- und Skelett-Erkrankungen bzw. Verletzungen und psychische Erkrankungen. (Badura et al. 2022). Mit einer steigenden Tendenz von Fehlzeiten aufgrund von psychischen Erkrankungen in den letzten Jahren, die im Vergleich von 2012 zu 2021 bereits um 53,2 % zugenommen haben (Badura et al. 2022). Die Digitalisierung zeigt dabei ebenso ihren Einfluss: Es wurden bereits Phänomene wie Zoom-Fatique und Technostress als Fehlbeanspruchung der Mitarbeitenden identifiziert und weiter untersucht (siehe Dragano et al. 2021). Diese Krankheitsbilder werden im deutschen Arbeits- und Gesundheitsschutz präventiv über die Gestaltungsfelder der (kognitiven) Ergonomie und der Gefährdungsbeurteilung psychischer Gestaltungsfaktoren abgedeckt. Dementsprechend kann ein funktionierender operativer Arbeitsschutz eine gute Basis für eine gesundheitsförderliche und menschengerechte digitalisierte Arbeit bieten.

Der neueste Ansatz zur Förderung der Arbeitssicherheit in Deutschland ist die Förderung der Sicherheitskultur. Nach Oxstrand & Sylvander (2010) kann die Entwicklung der Sicherheitskultur nicht nur zur Förderung des operativen Arbeitsschutzes, sondern auch zu Steigerung der Resilienz eines Unternehmens im Sinne des Resilience Engineering beitragen. Um die Sicherheitskultur eines Unternehmens aktiv fördern zu können, ist es elementar, diese zunächst sichtbar zu machen und deren aktuellen Stand zu beurteilen. Darauf basierend können notwendige Maßnahmen zur gezielten Kulturentwicklung abgeleitet werden. Zu diesem Zweck hat die CBM GmbH (Consulting, Business und Management GmbH) die CBM-SiTra-Methode zur systemischen Analyse der Sicherheitskultur und der Ableitung unternehmensspezifischer Maßnahmen entwickelt.

2. Beurteilung der Sicherheitskultur

Für die zielgerichtete Entwicklung einer Organisation hin zu einer besseren Sicherheitskultur braucht es zuerst eine Einsicht in den Ist-Zustand und eine anschließende Beurteilung dieses Zustandes, sowie eine Idee zum Ziel, dem gewünschten Soll-Zustand. Die Safety Culture Ladder (SCL) nach Hudson (2001) beurteilt die Sicherheitskultur anhand von fünf Stufen. Stufe 1 wird als „pathologisch“ bezeichnet und beschreibt Kulturen mit einer „ist mir alles egal, solange uns niemand erwischt“-Mentalität. Stufe 2 „reaktiv“ bezeichnet eine Kultur, die sich durch eher blinden Aktionismus auszeichnet – das Verhalten ist nicht nachhaltig. Stufe 3 „kalkulativ“ bezeichnet eine Kultur, die sich auf Regeln und Systeme stützt und diese auch konsequent anwendet. Bei Stufe 4 „proaktiv“ wird der Austausch gefördert und mögliche Probleme antizipiert. Stufe 5 „generativ“ sieht Arbeitssicherheitskultur als zentralen Aspekt der gesamten Unternehmenskultur und sieht Arbeitssicherheitsverhalten als wertschöpfenden Faktor (siehe Hudson 2001). Ziel ist die Entwicklung einer Organisation von „pathologisch“ zu „generativ“, und damit von Stufe 1 zu Stufe 5 (Hudson 2001).

Von Ameln und Gebauer (2017) erweitern die SCL um eine Glasdecke, welche das benötigte Umdenken von Stufen 1 bis 3 auf Stufen 4 und 5 symbolisiert. Unterhalb der Glasdecke bleibt das Sicherheitsverhalten im Bereich der erwarteten Gefahren. Der Mensch wird als Fehler im sicheren System gesehen und deshalb das System stetig entwickelt, um den Menschen weiter zu schützen. Oberhalb der Glasdecke wird die Gefahr des Unverwertbaren akzeptiert. Der Mensch wird als aktiver Teil der Sicherheit gesehen und hilft dabei das System flexibel an unerwartete Gefahren anzupassen (von Ameln & Gebauer 2017).

Damit werden zentrale Themen der digitalisierten Arbeitswelt mit verankert. Übertragen empfiehlt die SCL eine Entwicklung zur Kultur der „kollektiven Achtsamkeit“ im aktiven Umgang mit der modernen Arbeitswelt. Für diese kollektive Achtsamkeit bedarf es einer Förderung der Antizipation möglicher Gefahren sowie der Resilienz des Systems und einen offenen Dialog über die eigene Wirklichkeitskonstruktion (von Ameln & Gebauer 2017). Damit bietet die kollektive Achtsamkeit eine bessere Einschätzung der Situation, der Antizipation möglicher Gefahren und eine größere Handlungsspanne, um diesen Gefahren zu begegnen. Die Kollektive Achtsamkeit führt damit zu besserem Umgang mit unerwarteten Ereignissen und fördert die Resilienz des Unternehmens. Die Herausforderungen auf die Arbeitssicherheit und -gesundheit der Mitarbeitenden wird jedoch nicht beachtet. Dieser Aspekt sollte im Forschungsprojekt SiTra4.0 in die Beurteilung der Sicherheitskultur integriert werden.

3. Analyse der Sicherheitskultur mittels CBM-SiTra

Das Forschungsprojekt SiTra4.0 nutzt die Erkenntnisse aus Forschung und Anwendung der SCL und vereint diese mit den Gesetzen, Auflagen und Pflichten des deutschen Arbeits- und Gesundheitsschutzes. Zudem wurde ein konkreter Aspekt der Herausforderungen der modernen Arbeitswelt betont: Die Veränderungen welche durch die Integration neuer Technologien entstehen menschengerecht zu begleiten. Die Firma CBM GmbH war einer der Forschungspartner des Forschungsprojektes SiTra4.0 (von 2017 - 2020) und entwickelte dabei maßgeblich das Sitra4.0-Kulturindikatoren-Modell mit (Borg et al. 2019). Seit Ende des Forschungsprojektes und aufbauend auf den Ergebnissen von Borg et al. (2021) konnte die CBM GmbH durch verschiedene Anwendungen bei großen Unternehmen sowie KMUs Werkzeuge und eine Vorgehensweise entwickeln, die eine effiziente und zielführende Sicherheitskulturanalyse ermöglichen.

CBM-SiTra ist eine Entwicklung zur operativen Umsetzung der Analyse, der Beurteilung und anschließender Maßnahmen. CBM-SiTra ist adaptiv für unterschiedliche Branchen und Unternehmensgrößen umsetzbar und bietet standardisierte Werkzeuge für Vorbereitung, Erhebung, Bewertung und Ableitung von Maßnahmen für eine unternehmensspezifische Kulturentwicklung. Innerhalb des Forschungsprojekts AKzentE4.0 dient CBM-SiTra dazu die Unternehmen in ihrer menschengerechten Einführung von digitalen Innovationen zu unterstützen, indem ganzheitlich untersucht wird, welche Maßnahmen nötig sind, um dieses Ziel zu gewährleisten. Kern der Analysemethode ist ihr systemischer Ansatz, der eine Individuums-, Team- und Organisationsebene berücksichtigt und so einen umfassenden Blick auf die Sicherheitskultur bietet. Basierend auf dem SiTra4.0 Kulturmodell werden auf diesen drei Ebenen je fünf Indikatoren geprüft: Werte, Führung, Kommunikation, Einbindung und Regeln. Dadurch werden insgesamt 15 einzelne Subindikatoren erhoben und in einem Ampelsystem bewertet, wobei „Grün“ gut integrierte und aktiv genutzte Kulturindikatoren und „Rot“ solche kennzeichnet, die noch nicht aktiv eingebettet sind. Statt eines stark kondensierten Gesamtergebnisses wird Kultur differenziert abgebildet und die Wahrscheinlichkeit einer Interpretation des Ergebnisses als Benchmark wird verringert. Das CBM-SiTra-Bewertungssystem basiert auf der SCL (Hudson 2001), reduziert aber die ursprünglichen 5 auf 3 Stufen. Proaktiv und generativ verschmelzen in die grüne Kategorie, regelkonform wird gelb, während pathologisch und reaktiv in die rote Kategorie zusammengeführt werden. CBM verwendet diese einfachere Ampel-Taxonomie aufgrund ihrer Zugänglichkeit und Verständlichkeit für die Unternehmen. Die genutzten Werkzeuge von CBM-SiTra orientieren sich an den typischen Aktivitäten der Fachkraft für Arbeitssicherheit, einschließlich Dokumentenanalyse, Standortbegehungen und strukturierten Gesprächen. Die Erhebung erfolgt anhand qualitativer Daten und bietet Standards wie Vorgaben zur Dokumentenrecherche, Beobachtungsleitlinien und halbstrukturierte Interviews, um Konsistenz und wissenschaftliche Genauigkeit zu gewährleisten.

4. Lessons Learned aus der Anwendung von CBM-SiTra bei AKzentE4.0

CBM-SiTra gründet auf mehr als 20 Jahren Forschung und Entwicklung im Bereich des operativen Arbeitsschutzes. Die folgenden Abschnitte zeigen eine Zusammenfassung unserer Erfahrungen und Lessons Learned der Anwendung von CBM-SiTra bei Anwendungspartnern innerhalb des Forschungsprojekts AKzentE4.0. Die folgenden

Erkenntnisse wurden qualitativ mittels halbstrukturierter Interviews mit dem CBM-SiTra-Analyseteam (TN = 5) erhoben und mittels induktiver Kategorienbildung verdichtet. Grundlage der Strukturierung sind die einzelnen Schritte des CBM-Sitra Vorgehens.

4.1 Vorbereitung

TERMINOLOGIE: Der Begriff Sicherheitskultur wird als abstrakt, schwer fassbar, wissenschaftlich und nicht greifbar wahrgenommen. Um eine höhere Akzeptanz zu erreichen, ist es wichtig, einen operativen Fokus auf Ziele, Ergebnisse und Maßnahmen klar zu erklären.

PARTIZIPATION: Die Einbeziehung der mitbestimmungsberechtigten Unternehmensparteien (Mitarbeitervertretung) sollte frühzeitig und wiederholt erfolgen. Zudem sollte das Unternehmen das Beratungsteam kennenlernen und eine Vertrauensbasis geschaffen werden.

PLANUNG: Eine konkrete Planung von Zeit- und Personalressourcen hilft, Synergien in der Analyse zu nutzen und die Zeit- und Ressourceneffizienz zu steigern. Besondere Unternehmensstrukturen sollten berücksichtigt werden, wie zum Beispiel mehrere Unternehmen an einem Standort, unterschiedliche Beschäftigungsverhältnisse bis hin zu Schichtsystemen. Kleinere Unternehmen haben weniger Mitarbeiter, die oft in hochspezialisierten Rollen arbeiten und oft so eingebunden sind, dass sie kaum verfügbar gemacht werden können. Mindestens ein Tag sollte für Vor-Ort-Analysen eingeplant werden.

TECHNOLOGIE: Die Anwendungspartner innerhalb von AKzentE4.0 weisen unterschiedliche Erfahrungs- und Umsetzungsgrade in Bezug auf Digitalisierungsprojekte auf. Um den Nutzen für sowohl Mitarbeiter als auch das Unternehmen zu maximieren, ist es entscheidend, ihre Erfahrungen mit Veränderungsprozessen durch Digitalisierungsprojekte frühzeitig zu verstehen. Diese Erfahrungen werden explizit analysiert, um Erkenntnisse aus früheren Projekten zu gewinnen und potenzielle Hindernisse zu identifizieren.

4.2 Analyse

INTEGRATION: Im Bereich der KMU ist es wichtig die Analyse in den Arbeitsalltag des Unternehmens zu integrieren. Dies fördert die Authentizität der Beobachtungen und die generelle Umsetzung der Erhebung ohne Ausfallzeiten. Ebenfalls sollten nach Möglichkeit alle Schichten in der Erhebung abgedeckt werden.

DOKUMENTENANALYSE: Da die Dokumentenanalyse einen auditähnlichen Charakter hat, ist es elementar, die Ziele und Absichten im Voraus in Zusammenarbeit mit allen beteiligten Parteien festzulegen. Dokumentationen liefern wertvolle Einblicke in die betriebliche Effizienz, Compliance und Gesamtleistung der Organisation. Sie ermöglicht die Identifizierung von Stärken, Verbesserungsbereichen und die Entwicklung von Strategien zur Schließung von Lücken in Prozessen oder Richtlinien, wodurch die Fähigkeit der Organisation zur Erreichung ihrer Ziele verbessert wird.

INTERVIEWS: Ein erheblicher Aspekt bei der Bewertung ist, das von den Befragten nicht ausdrücklich Gesagte. Solche Reaktionen sind bedeutende Indikatoren, um ein umfassenderes Verständnis von Begriffen wie (Miss-)Kommunikation und den vorherrschenden soziale Strukturen zu entwickeln. Unabhängig davon sollten die Gespräche Führungskräfte und Mitarbeiter aller Hierarchieebenen und verschiedene Verantwortungsbereiche und Aufgaben umfassen.

VERTRAULICHKEIT: Gerade in KMU ist die Anonymität der Mitarbeitenden zu erhalten. Dokumentation der Gespräche und Beobachtungen sollten keinen Rückschluss auf einzelne Personen zulassen.

TECHNOLOGIE: Einhergehend mit der Definition der Ziele der Entwicklung ist zu berücksichtigen alle Schnittstellen, Prozesse und Systeme bezüglich der einzuführenden Technologie zu prüfen. Dabei kann die Technologie auch dabei helfen klare Beispiele in Gesprächen zu bieten.

4.3 Bewertung

WERTSCHÄTZUNG: Die Kulturanalyse liefert nicht nur Einblicke in Defizite, sondern erkennt auch Ressourcen und Best Practices innerhalb des Unternehmens. Für eine weitere Akzeptanz und Förderung der Entwicklung ist eine klare Wertschätzung für das Unternehmen und seine Leistungen wichtig.

FEEDBACK: Die Präsentation der Ergebnisse sollte vom Analyseteam kommentiert werden, um mögliche Fehlinterpretationen oder blinden Aktionismus zu verhindern. Zusätzlich zum farbigen SiTra4.0-Kulturindikatorenmodell werden spezifische Ergebnisse oder Beispiele für die Bewertung genannt. Alle Ergebnisse müssen anonymisiert präsentiert werden.

AKZEPTANZ: Die gesammelten Daten aus der Kulturanalyse liefern Einblicke in die "KI-Bereitschaft" eines Unternehmens und können als Grundlage für zukünftige Digitalisierungsprojekte dienen. Es wird bewertet, ob alle notwendigen Gruppen ausreichend einbezogen und informiert sind, ob wesentliche Prozesse und Standards im Unternehmen etabliert sind, wie vergangene Veränderungsprozesse wahrgenommen wurden (positiv oder negativ) sowie das Akzeptanzniveau der Mitarbeitenden bezüglich der Technologien.

4.4 Entwicklung

MAßNAHMEN: Neben der Kulturbeurteilung folgen Handlungsempfehlungen in Bezug auf den speziellen Transformationsprozess durch die entsprechende Technologie. Dafür werden die Vor- und Nachteile des Projekts im Hinblick auf menschengerechte Arbeit zusammengefasst. Basierend auf den 15 spezifischen Bereichen werden Empfehlungen für Anpassungen gegeben, um die Technologie menschengerecht und sicher zu integrieren, in Übereinstimmung mit den relevanten Vorschriften und Richtlinien.

ANPASSUNG: Maßnahmen sollten im Einklang mit dem aktuellen kulturellen Zustand des Unternehmens stehen. Das bedeutet, dass bestehende Strukturen, Prozesse, Visionen, Werkzeuge und deren interne Sprache mit neuen Themen erweitert werden sollten, anstatt völlig neue Maßnahmen und Programme zu integrieren.

THEMEN: Die ganzheitliche Betrachtung beinhaltet alle relevanten Stakeholder, Prozesse und Systeme zur menschengerechten Integration von Technologien. Dementsprechend sollten die Maßnahmen auf den drei Ebenen der Kulturkarte durchdacht sein, Zielkonflikte lösen und Prozesse entsprechend anpassen sowie der Maßnahmenhierarchie des Arbeitsschutzes gerecht werden.

5. Empfehlungen für Unternehmen zur Durchführung von Kulturanalysen

Zunächst sollten die Ziele und gewünschte Veränderungen klar definiert werden. Es ist wichtig, alle Parteien mit Mitbestimmungsrechten im Arbeitsschutz vor Beginn der Analysen einzubeziehen. Planen Sie genügend Zeit ein, um das Projekt intern zu kommunizieren und das Unternehmen bei der internen Kommunikation zu unterstützen. Identifizieren Sie interne Verantwortliche für die Kulturanalyse, die offiziell als Steuerungsteam benannt werden. Scheuen Sie sich nicht, alle Bedenken und offenen Fragen anzusprechen und gemeinsam zu klären. Unsicherheiten führen in der Regel zu Verzögerungen bei der Umsetzung und mangelnder Akzeptanz. Die Organisation der Analyse-Termine erfordert internen organisatorischen Aufwand. Berater müssen registriert und eingewiesen, Räume gebucht und Mitarbeiter vor Ort informiert werden. Gute Organisation führt zu deutlich mehr Zeiteffizienz. Zudem sollte vor der Veröffentlichung der Berichte klar sein, wie die Ergebnisse weiterverarbeitet werden.

6. Fazit

Die Kulturanalyse und -entwicklung bietet nicht nur das Potenzial, die gesetzlichen Anforderungen des Arbeitsschutzes für sichere und gesundheitsfördernde und damit menschengerechte Arbeit zu erfüllen, sondern auch weitere Herausforderungen der VUCA-Arbeitswelt zu adressieren und damit zur Förderung der Resilienz des Unternehmens beizutragen. Damit wird im Bereich der Digitalisierung und modernen Arbeitswelt der Mensch – und nicht die neue Technologie – in den Fokus gerückt. Darüber hinaus kann sie die Gesundheit der Belegschaft erheblich positiv beeinflussen sowohl auf Unternehmens- wie auch auf der individuellen Ebene. Aus diesem Grund hoffen wir, dass dieser Beitrag anfängliche Bedenken zum Thema Kulturanalyse ausräumt und die betriebliche Perspektive und den Nutzen für ein Unternehmen verdeutlicht.

7. Literatur

von Ameln F, Gebauer, A (2017) Kollektive Achtsamkeit organisieren. Strategien und Werkzeuge für eine proaktive Risikokultur. Gr Interakt Org 49: 99–102. doi:10.1007/s11612-018-0408-8.

Arnold D, Steffes S, Wolter S (2015) Mobiles und entgrenztes Arbeiten: Aktuelle Ergebnisse einer Betriebs- und Beschäftigtenbefragung. www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/a873.pdf?__blob=publicationFile&v=2. Accessed 19 March 2024.

Badura B, Ducki A, Meyer M, Schröder H (2022) Fehlzeiten-Report 2022. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

Borg A, Buschmeyer A, Digmayer C, Hahn C, Jakobs E-M, Kluge J, Reinartz J, Westerbarkey J, Ziefle M (2021) Einfach mal anders gucken?! In: Bauer W, Mütze-Niewöhner S, Stowasser S, Zanker C, Müller N (eds), Arbeit in der digitalisierten Welt. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 273–287.

Borg A, Wilde J, Dziadus D, Pieper C, Boczek B, Bauer M (2011) PARSAG – Partizipatives, systemisches Arbeits- und Gesundheitsschutzmanagement. Abschlussbericht. Bexbacher/Aachener Beiträge für Consulting, Business und Management, Band 5.

Dragano N, Riedel-Heller SG, Lunau T (2021) Haben digitale Technologien bei der Arbeit Einfluss auf die psychische Gesundheit? Nervenarzt 92: 1111–1120. doi:10.1007/s00115-021-01192-z.

Hudson PTW (2001) Safety Culture - Theory and Practice 12.

Jeske T, Lennings F (eds.) (2021) Produktivitätsmanagement 4.0. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

Oxstrand J, Sylvander C (2010) Resilience engineering: Fancy talk for safety culture: A Nordic perspective on resilience engineering. In: 2010 3rd International Symposium on Resilient Control Systems. IEEE, pp 135–137.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

How to Make an Impact: Investigating Future Interaction Scenarios for AI-based Ergonomics Systems

Ana VESIC[1], David KOSTOLANI[1], Mario HELLER[2], Sebastian SCHLUND[1]

[1] Human-Machine-Interaction, TU Wien,
Theresianumgasse 27, A-1040 Vienna
[2] Creative Media Technologies, FH St. Pölten,
Campus-Platz 1, A-3100 St. Pölten

Abstract: Poor workplace ergonomics can negatively affect both workers' quality of life and productivity, leading to substantial costs for businesses. AI-driven postural analysis is increasingly used to identify and address ergonomic risk factors, offering precise posture assessments. However, it remains unclear how workers can effectively engage with these tools and how best to present clear, interpretable feedback. To explore this, we conducted expert interviews to examine strategies for designing more interpretable ergonomic analysis systems. Our findings suggest that, beyond the implementation of AI systems, organisational measures are essential to maximise impact and user engagement.

Keywords: Ergonomic Risk, Postural Assessment, AI Usability, Workplace Safety, Occupational Health

1. Introduction

Prolonged poor ergonomics can lead to chronic conditions, negatively impacting workers' quality of life and productivity, and resulting in significant costs for businesses. To identify and mitigate ergonomic risk factors, AI postural analysis is an emerging solution to tackle this issue. AI postural analysis systems use computational ergonomics together with machine learning models to assess human posture (Massiris et al. 2020). Their purpose is to analyze postural data using non-invasive techniques in order to provide feedback to the user on how ergonomic their work posture is. In our current research project, we are developing a mobile application that uses AI postural assessment. By offering a simple and interactive interface, the goal is to engage workers with workplace ergonomics, helping to prevent chronic injuries.

However, thus far the research has mainly focused on improving machine learning models to properly assess posture, and despite the system's trustworthiness and ease of use being critical for users to adopt the results of the analysis, there is no existing research on how to convey this data, and how to make those systems interpretable and intractable. For AI-driven tools to have an impact and improve ergonomics, it is essential to design them not only to provide accurate assessments but also present insights in a clear manner. Prior research has shown that lack of interpretability can lead to misinterpretation, frustration and decreased trust (Duarte et al. 2023). Overall, future interaction scenarios with AI postural analysis systems that consider how users engage with these technologies in real-world settings are underresearched.

To address these issues, we conducted interviews with domain experts from ergonomics and human-centered AI and performed thematic analysis on the acquired data

to shed light on future interaction scenarios with AI-based postural analysis systems. In particular, we focused on users' existing knowledge, their needs, and how they could effectively understand and adopt these technologies. By identifying obstacles, this research aims to contribute to better understanding potential users and develop effective strategies to improve interactive AI systems for postural analysis.

2. Research Background

Ergonomics is a scientific discipline that studies human interactions with work environments and aims to optimize performance and well-being through system design (Wickens 1997). While this field broadly covers various aspects of human-centered design, in this context, we focus specifically on postural analysis to reduce strain and prevent work-related musculoskeletal injuries. Traditionally, postural assessments have been conducted by ergonomics experts using observational scoring techniques. However, observational assessment is slow, complex, and subjective. Moreover, the number of experts is far too small compared to the number of workers who need guidance in adopting their work posture, making expert assessment inaccessible for widespread use. As a result, most workers lack direct access to ergonomic training.

AI-driven postural analysis systems can analyze video footage, identifying and evaluating postures that may contribute to the development of musculoskeletal disorders. These systems utilize machine learning algorithms to detect and assess ergonomic risk factors, offering a more efficient and objective alternative to traditional assessment methods. For instance, Fernández et al. (2020) developed an ergonomic risk assessment method that utilizes computer vision and machine learning to evaluate lower body postural risks, offering a comprehensive risk dashboard that includes posture detection and rule-based extreme flexion examination. The dashboard was designed to enable detailed ergonomic evaluation that enables experts to determine interventions. Another example is of Tao et al. (2023) where they proposed an automated ergonomic risk assessment method utilizing computer vision and machine learning to address work-related musculoskeletal disorders among construction workers. The system uses 3D pose estimation-based system that extracts skeleton coordinates from video data, calculates knee angles, and employs a support vector machine (SVM) classifier for posture recognition. The system achieved nearly 95% accuracy in posture detection, providing the results via a risk dashboard with quantified evidence for ergonomic intervention strategies. Yazdani et al. (2022) developed a multi-sensory 3D posture estimation algorithm to enhance ergonomics in physical human-robot interaction. Their approach integrates 2D postures detected using OpenPose from a single camera with the trajectory of the interacting robot to overcome limitations of vision-based and trajectory-only methods. By modeling posture estimation as a partially-observable dynamical system and applying a particle filter, their system improves accuracy compared to motion capture data and outperforms single-sensor methods in postural assessment using the RULA framework.

Despite the capability of these systems to accurately detect postures, little is known on whether AI-based postural risk identification translates to improved ergonomics. A study by Çankaya and Taki (2024) used AI posture system to present tips on how to adjust posture. They then evaluated participants who had received at least 30 hours of posture-related training, such as yoga, and pilates, with those who had not. The results showed that while the posture scores were similar between the groups, individuals who underwent posture training demonstrated significantly higher postural

awareness and better body alignment. However, the training did not significantly change postural habits. This could potentially suggest that, while AI-based assessment can enhance immediate awareness and recognition of posture deviations, long term postural changes need more than short one-time training, an ongoing assessment and support.

Currently, most existing approaches merely classify postures as “correct” and “incorrect” or provide numerical scores requiring education or training for interpreting them, without engaging users in an adaptive learning process. The absence of interaction frameworks or real-time corrective guidance leaves a critical gap in usability, rendering these tools impractical for widespread workplace adoption and forcing users, whether workers, ergonomists, or safety managers, to decipher vague AI-generated results without contextual support. For an AI system to be truly effective in ergonomic assessments, it must go beyond mere posture classification and risk detection. It should dynamically interact with users, guiding them through ergonomic corrections in a way that is intuitive, explainable, and adaptable to different work environments. Danilescu and Baber (2024) highlighted this need in their study, comparing interface designs for explainable AI (XAI), demonstrating how different visualization strategies impact interpretability and trust. Their findings underscore the trade-off between accuracy and usability, showing that while complex AI-generated explanations can enhance decision-making, they also introduce cognitive demands if not designed and filtered correctly. Hence, the effectiveness of AI-based systems can be hindered by challenges in interpretability, usability, and trust, and lead to misinterpretation, reduced compliance and adoption among professionals and workers (Kühl et al. 2024).

3. Methodology

3.1 Study Design

This study employs a qualitative research approach to investigate obstacles future users could face when interacting with AI-driven ergonomic feedback. Our study involved experts who engaged with a high-fidelity prototype of an AI-driven ergonomic assessment tool, guiding them through interaction scenarios, as an introduction to the interview, which was conducted multiple days after sending them the prototype. Given the complexity of human perception and decision-making in ergonomics, we conducted semi-structured interviews with experts in ergonomics and UX, analyzed through thematic analysis.

3.2 Participant Recruitment And Data Analysis

We recruited n=6 experts, through purposive sampling to ensure diversity in expertise. The sample included ergonomics professionals (n = 3): Trained practitioners with experience in workplace safety, human factors, and AI-based ergonomic tools; and AI/UX researchers (n = 3): Experts in human-computer interaction (HCI) and explainable AI (XAI), providing perspectives on AI interpretability. A survey featuring a mockup of an AI-based ergonomic assessment tool was used to introduce the topic before semi-structured interviews (45–60 min). We applied Reflexive Thematic Analysis (Braun & Clarke, 2021) using an inductive approach. Transcripts were coded and clustered into themes.

4. Results

The thematic analysis of the expert interviews for the AI driven ergonomic analysis systems highlighted three key themes, comprising of education and awareness, results acceptance, and engagement with AI-tools. These themes offer insights into the workers' as future users, their education and awareness levels, and provide a baseline for tailoring future systems and their feedback properly, as well as the opportunities for enhancing user engagement and adoption.

The first theme focused on the low awareness and poor knowledge of ergonomic practices, as one of the interviewees mentioned: *"Knowing proper lifting techniques should be basic knowledge, but I realize many people don't know them"*. AI postural assessment could offer a more interactive way for workers to engage with ergonomics and tackle this issue. A major issue noted in the interviews is that workers often adopt wrong lifting practices, which lead them to injuries either due to a prolonged bad practice, or even immediate one, depending on the weight of the objects. However, when presented with instructions on proper lifting techniques, they usually disregard them as something that is unnecessary and that will take the time off of their work, making them inefficient, and afraid that it will poorly reflect on their work reputation. This was reinforced by one of the interviewees: *"Workers perceive a trade-off between moving in the proper healthy way and their performance"*.

Beyond technology, management plays a key role in ensuring proper work ergonomics by supporting and reinforcing education and incentives for implementing good practices. Since workers are often reluctant to change behavior unless they understand the long-term benefits of ergonomics, AI-driven ergonomic tools could help them immediately see future impacts of wrong posture. In doing so, it is important to stress the benefits, as mentioned by one participant: *"The most important thing is explaining [ergonomics] something positive for the workers, not adding complex guidelines, but improving health"*. In raising awareness of ergonomics practices, an effective strategy is to engage influential peers, such as shift leaders, who pass their knowledge on other members of the community, as mentioned by an interviewee: *"A strong leader of an ethnic group—he worked for a long time in the company. Once you can convince him that he has a benefit for his body, his health, then you can change also the minds of everybody else"*. Another effective strategy regarding the introduction of ergonomics measures is during onboarding process in the company, as this can tackle the mentioned issue of perceiving a trade-off between ergonomics and performance.

Regarding the second theme, the acceptance of AI-generated results, key discussions emerged around how to introduce users to system limitations, interpret postural data, and ensure proper representation of results in various formats. The participants stressed the importance of disclaimers that help to differentiate between technical guidance and medical advice: *"[when developing an AI-based tool] you must make it clear that this is not medical advice and that the app's guidance should not be taken as professional medical advice".* Much like humans, AI systems also inevitably make mistakes and present errors, however, if users perceive inconsistencies in AI predictions, they may lose confidence in the system. It is crucial to increase the trust and transparency by providing explanations and keeping the human in the loop, occasionally validating the results such as asking for user reflections, as suggestion by one participant: *"You might also include a feedback option for users to report inaccuracies, so they feel involved and understand that the app is a work in progress"*.

The results should be presented: *"As simple as possible. Text and visualizations", and they should be "as practical as possible"*. In general, the experts believe that it is

crucial for the results to match the real-life situation: *"[they will relate to the results] If they actually feel discomfort in the areas where the algorithm also detected issues"*. The interviewees indicated to include mannequins, with traffic light colors indicating level of risk: *"I like the idea of a stick figure representing joint loads. If a joint is red, users can associate it with pain they feel in that area"*. In addition to text and visualizations they suggested videos showing problematic behavior and how to improve it: "*Perhaps a comparison video or animation could be useful to illustrate correct posture. … adding visual elements like an animated comparison of "correct" vs. "incorrect" movements would be beneficial"*. Another useful example could be to present risk factors through metaphors raising, awareness about repetitive load lifting which accumulates over time and has greater impact on health from what is felt in the moment, such as: *"[if you repeatedly lift medium-heavy loads, but] over the period of a year, the total stress on your back or your knees will be approximately [as if you lifted] the weight of an elephant"*.

A third major theme that emerged from the interviews was users need to engage with the AI postural assessment long-term to implement changes and, crucially, to feel like they are making progress through visual and gamified elements, as one participant summarized: *"It's crucial to let users feel they're making progress"*. It's important to focus on improvement and this could be best achieved by positive reinforcement, because: *"If the app constantly tells them what they're doing wrong, it could be demotivating. But if you highlight improvement areas, it adds value to the experience"*. Furthermore, engagement can be improved using goal-setting scores or badges, as well as anonymized competition among colleagues: *"Gamification is great. Ergonomic points where the one with the most points wins the day - something like that"*. However, it is important to maintain a balance not to overwhelm workers with notifications and reminders as *"[Reminders and notifications] could be annoying. Maybe a daily report at the end of a shift would work better", or: "Having users check their progress weekly and track improvements"*.

5. Discussion and Conclusion

While the focus of existing research is on developing and improving machine learning models to assess posture, the findings from our interviews suggest that technological advancements alone may not be sufficient to drive ergonomic improvements. Instead, the organizational context, including influential peers, training timing, and leadership involvement, plays a crucial role in whether workers adopt ergonomic practices.

One of the initial premises of this research was that improving results presentation of AI-driven posture assessment would lead to better ergonomics for workers. However, the interview findings suggest that while AI can provide valuable insights, and the interpretability of results play a very important role, its effectiveness is strongly dependent on how it is integrated into the workplace. Simply providing ergonomic assessments is not enough to change behavior. Instead, workers must be engaged and supported in applying these insights in their daily tasks in and by their workplace. This suggests that AI ergonomics assessment systems must be combined with strong organizational support to drive real change. AI can highlight risks and suggest improvements, engage the workers to use these tools, but it cannot replace peer influence, structured training, or management-driven initiatives.

Another key finding is that ergonomic training and the timing of its' introduction plays a significant role in whether workers adopt healthy practices. Many interviewees indicated that onboarding is a critical moment for introducing ergonomic principles, as workers are more willing to adopt new strategies before they develop wrong habits. Furthermore, workplace management influences adoption. Higher-level management generally understands the importance of ergonomics, whereas frontline workers perceive a trade-off between ergonomics and efficiency. To overcome this, organizations must present good ergonomic practices as a long-term investment in worker health and productivity, and not a burden and threat to their place at work.

While AI ergonomic assessments may provide valuable insights, they are only one part of the solution. If workers do not trust the system, lack time to engage with it, or do not receive reinforcement from leadership, AI alone is unlikely to drive meaningful change. Instead, AI should be seen as a supporting tool rather than the only driver of ergonomic improvements. AI's role should extend beyond assessment - it should be designed to support organizational efforts, and integrated during the onboarding to introduce workers to an ergonomic way of working from day one. Moreover, simple, visual result representation (e.g., videos, mannequins) can improve interpretability, and gamification and progress tracking shall increase motivation to engage with ergonomics practices. In our future work, we will implement these guidelines in our mobile application. Overall, our research aims to enhance workers' awareness of ergonomics and thus prevent work-related chronic illnesses and injuries.

6. Literature

Braun V & Clarke V (2021) One size fits all? What counts as quality practice in (reflexive) thematic analysis? Qualitative Research in Psychology, 18(3), 328–352.

Çankaya M, Taki F (2024) Comparison of postural assessment and awareness in individuals receiving posture training using the digital AI posture assessment and correction system. Int J Occup Saf Ergon 24:1–7.

Braun V & Clarke V (2021). One size fits all? What counts as quality practice in (reflexive) thematic analysis? Qualitative Research in Psychology, 18(3), 328–352.

Danilescu I, Baber C (2024) Comparing user interface designs for explainable artificial intelligence. In: Golightly D, Balfe N, Charles R (eds) Contemporary Ergonomics and Human Factors 2024. CIEHF.

Duarte RB, Correia F, Arriaga P, Paiva A (2023) AI Trust: Can Explainable AI Enhance Warranted Trust? Hum Behav Emerg Technol 2023:4637678.

Kühl N, Meske C, Nitsche M, Lobana J (2024) Investigating the Role of Explainability and AI Literacy in User Compliance. arXiv 2406.12660.

Massiris Fernández M, Fernández JÁ, Bajo JM, Delrieux CA (2020) Ergonomic risk assessment based on computer vision and machine learning. Comput Ind Eng 149:106816.

Tao Y, Hu H, Xu F, Zhang Z, Hu Z (2023) Postural Ergonomic Assessment of Construction Workers Based on Human 3D Pose Estimation and Machine Learning. IEEE Int Conf Ind Eng Eng Manag 2023:168–172.

Yazdani A, Novin RS, Merryweather A, Hermans T (2022) Occlusion-Robust Multi-Sensory Posture Estimation in Physical Human-Robot Interaction. arXiv 2208.06494.

Wickens CD, Gordon SE, Liu Y (1997) An Introduction to Human Factors Engineering. Longman, New YorkTichauer ER (1978) The biomechanical basis of ergonomics–Anatomy applied to the design of work situations. New York: John Wiley & Sons Inc.

Zhang X, Zhang S, Li Y, Schlick C (2012) Task scheduling behaviour in agent-based product development process simulation. Int J Computer Integrated Manufacturing 10:914-923.

Acknowledgement: This work was supported by the Lower Austria Chamber of Labor as a part of the Ergo4A project (Ergonomics for All).

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Evaluating Trust in the Automated Vehicle EDGAR and its External Communication: Comparative Results from Two Real-World Demonstrations

Maximilian HÜBNER, Sarah GRUBER, Klaus BENGLER

Chair of Ergonomics, TUM School of Engineering and Design,
Technical University of Munich, Boltzmannstr. 15, D-85748 Garching

Abstract: As automated vehicles might positively change today's traffic, public trust and acceptance are vital to their adoption. This publication presents two studies assessing perceptions of the automated vehicle EDGAR, equipped with an LED strip as an external human-machine interface. During demonstrations at IAA Mobility 2023 and Oktoberfest 2024, surveys from 91 participants showed high trust in EDGAR, with greater acceptance observed during its successful autonomous operation in complex real-world scenarios. The LED strip was seen as an asset for communication with the potential to increase safety and efficiency but concerns about visibility and miscommunication remain. These findings underscore the importance of public demonstrations and further refinement of communication tools to build trust.

Keywords: Acceptance, automated vehicles, external communication.

1. Introduction

As automated vehicles (AVs) move towards integration into public traffic, they offer the potential for substantial societal benefits, including enhanced road safety, improved mobility, and optimized traffic flow (Maurer et al. 2015). However, the successful adoption of AVs hinges on public acceptance and perception. Without public trust and a positive attitude, the benefits of AVs may remain unrealized, as individuals may resist adoption or struggle to interact effectively with them.

A critical challenge in this regard is the loss of direct human communication between drivers and pedestrians, which typically relies on non-verbal cues such as gestures and eye contact. To address this issue, various external human-machine interfaces (eHMIs) have been proposed to replace these cues, enabling precise and intuitive communication between AVs and other road users (Bengler et al. 2020).

The MCube project "Wiesn Shuttle" developed and tested a fully capable AV named EDGAR (Karle et al. 2023). EDGAR is equipped with an eHMI as a 360° LED strip, designed to facilitate communication with pedestrians and other road users. This design builds upon findings from previous studies investigating LED strips as eHMIs (Loew et al. 2022; Hübner et al. 2024).

At the IAA Mobility 2023 and the final event of the "Wiesn Shuttle" project at the Oktoberfest 2024, EDGAR's capabilities were demonstrated. These events provided an opportunity to gather participant feedback through surveys and focus on public perception, acceptance, and trust in AVs. Additionally, the surveys explored the effecttiveness of eHMIs in promoting safe and clear interactions between AVs and human road users.

2. Methodology

The aim of this research was to investigate the societal influence of EDGAR as an AV and to evaluate the public acceptance of automated driving technologies. To achieve this, two interview-based studies were conducted at the IAA Mobility 2023 and at the final event of the Wiesn Shuttle project at the Oktoberfest 2024.

2.1 Experimental Setup at IAA Mobility 2023

The research vehicle EDGAR was showcased at the IAA Mobility 2023 exhibition in Munich on September 5th, 2023 (see Figure 1, left). The AV was displayed in a stationary setup at the MCube booth, with the trunk open for interested visitors. A screen was positioned next to the vehicle, showing a live feed from one of EDGAR's cameras, augmented with object detection software. Visitors were able to observe themselves and various object labels in real-time, providing an interactive demonstration of the vehicle's perception capabilities.

In addition to showcasing its perception system, the demonstration highlighted EDGAR's external communication capabilities via its LED strip, functioning as an eHMI. The system used camera-based pedestrian detection to dynamically track pedestrians, with the LED strip visually marking their position on one side of the vehicle. Individual LEDs, controlled by an Arduino UNO microcontroller, were programmed to illuminate with sufficient brightness even under direct sunlight, ensuring clear visibility. The microcontroller received data from the vehicle's perception system to control the LEDs in real-time.

Visitors could participate by scanning a QR code for a self-guided questionnaire or by engaging in an interview-based study using a tablet. A total of 34 participants were surveyed during the event, comprising 29% female and 71% male respondents, with a mean (*M*) age of 36.91 years and a standard deviation (*SD*) of 17.11 years.



***Figure 1**: Left: Static demonstration of EDGAR at IAA Mobility 2023 with a participant being interviewed. Right: EDGAR showcased at the Oktoberfest 2024.*

2.2 Experimental Setup at Oktoberfest 2024

The second study was conducted during the final event of the MCube "Wiesn Shuttle" project at the Oktoberfest in Munich on September 25th & 26th, 2024, where EDGAR was tested in a real-world environment (see Figure 1, right). This dynamic demonstration showcased EDGAR operating autonomously as a shuttle under complex conditions, including high pedestrian traffic and unpredictable road users. Using LiDAR-based object detection and classification, EDGAR continuously monitored its surroundings to ensure safe operation.

During the event, groups of up to three passengers were able to ride in the vehicle on an approximately 12-minute route between St.-Paul's-Platz and the Munich central station. Inside the vehicle, screens displayed real-time visualizations of objects detected in the environment. Additionally, similar to the setup at IAA Mobility 2023, pedestrians outside the vehicle could observe their position being dynamically tracked by the LED strip when the vehicle was stationary. However, at Oktoberfest, the LED strip offered a 360° tracking capability controlled by an ESP32 microcontroller, allowing pedestrians to interact with the eHMI from any side of the vehicle.

Both passengers who experienced the test ride and pedestrians who interacted with the vehicle were invited to provide feedback. A total of 57 participants completed the survey, with 39% identifying as female and 61% as male. The participants had a mean age of 34.39 years (*SD* = 12.28 years). Feedback was collected via tablet questionaires for those who participated in the test ride or through QR codes for self-guided participation.

2.3 Interview Questions

The survey included several questions to assess participants' perceptions, attitudes, and trust toward AVs and their impressions of EDGAR and its external communication system.

Participants were asked to rate the safety of AVs by indicating their agreement with the statement "AVs are safer than human-driven vehicles" on a 5-point Likert scale ranging from 1 (totally disagree) to 5 (totally agree). To measure their familiarity with and opinions about automated driving, participants were asked to rate their knowledge about automated driving on a 5-point Likert scale from 1 (very little) to 5 (very high). Their attitudes towards the development of automated driving were also assessed on a 5-point Likert scale from 1 (negative) to 5 (positive), along with their level of trust in AVs, which was similarly rated from 1 (very little) to 5 (very high).

EDGAR was evaluated as an AV using the van der Laan et al. (1997) acceptance scale, focusing on the dimensions of usefulness and satisfaction. Additionally, participants who had observed the LED strip in action were explicitly asked to evaluate the LED strip using the same acceptance dimensions.

To compare the responses to the previously mentioned questions between the IAA Mobility 2023 and Oktoberfest 2024 events, statistical differences were analyzed using the Mann-Whitney U-Test. A significance level of $\alpha = 0.05$ was applied. Effect sizes were calculated using the rank-biserial correlation.

For participants who had not yet experienced a ride in EDGAR, a yes/no question was included to determine whether they would be willing to take a ride in an AV.

Open-ended questions explored participants' views on how trust in the safety of AVs could be strengthened, with the option to provide multiple responses. Another open-ended question asked about the potential disadvantages of light signals compared to traditional communication methods between drivers and pedestrians, again allowing multiple responses.

To assess the perceived benefits of light signals as external communication tools, participants were presented with a multiple-choice question listing benefits such as increased safety, reduced distraction, efficient communication, time savings, and energy efficiency. Finally, participants at the Oktoberfest 2024 were asked to identify scenarios where communication between an AV and a pedestrian would be necessary or desirable, with the option to list multiple scenarios.

3. Results

Figure 2 illustrates participants' subjective agreement with the statement "AVs are safer than human-driven vehicles," their knowledge about automated driving, attitudes toward the development of automated driving, and their trust in AVs. The analysis showed that the subjective agreement with the statement "AVs are safer than human-driven vehicles" remained consistent on a 5-point Likert scale, with $M = 3.62$ at IAA Mobility 2023 and $M = 3.60$ at the Oktoberfest 2024, yielding no statistically significant difference ($U = 984.50$; $p = 0.898$). Similarly, participants' self-reported knowledge about automated driving exhibited negligible change, from $M = 3.59$ at IAA Mobility 2023 to $M = 3.60$ at the Oktoberfest 2024, showing no statistically significant difference ($U = 923.50$; $p = 0.701$). Attitudes toward the development of automated driving were stable across events, with $M = 4.41$ at IAA Mobility 2023 and $M = 4.47$ at the Oktoberfest 2024, not statistically significant ($U = 940.00$; $p = 0.788$). Trust in AVs increased slightly, from $M = 3.53$ at IAA Mobility 2023 to $M = 3.68$ at the Oktoberfest 2024, but this difference was not statistically significant ($U = 869.50$; $p = 0.392$).

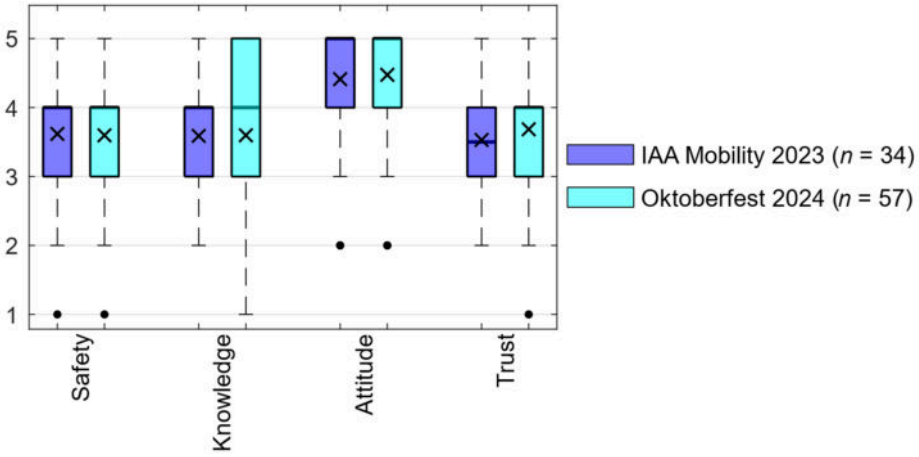


***Figure 2**: Comparison of participant responses between IAA Mobility 2023 and Oktoberfest 2024 for agreement with the statement "AVs are safer than human-driven vehicles," knowledge about automated driving, attitudes towards the development of automated driving, and level of trust in AVs on 5-point Likert scales.*

The evaluation of EDGAR as an AV using the van der Laan et al. (1997) acceptance scale revealed on the subscale measuring usefulness scores of 0.94 at IAA Mobility 2023 to 0.95 at the Oktoberfest 2024, with no statistically significant difference observed ($U = 22708.50$; $p = 0.228$). In contrast, scores on the subscale for satisfaction significantly increased from 0.75 at IAA Mobility 2023 to 1.20 at the Oktoberfest 2024 ($U = 11114.00$; $p < 0.001$; $r = -0.28$), with a small effect size.

The LED strip, evaluated as an eHMI using the van der Laan et al. (1997) acceptance scale, showed at IAA Mobility 2023 that all 34 participants observed the LED strip, whereas 26 participants observed it at the Oktoberfest 2024. On the subscale measuring usefulness, scores decreased significantly from 0.98 at IAA Mobility 2023 to 0.61 at the Oktoberfest 2024 ($U = 13116.50$; $p = 0.002$; $r = 0.20$), with a small effect size. However, satisfaction scores remained stable, with 0.82 at IAA Mobility 2023 and 0.81 at the Oktoberfest 2024, showing no statistically significant difference ($U = 7146.50$; $p = 0.776$).

At IAA Mobility 2023, 100% of participants were willing to ride in an AV. At the Oktoberfest 2024, 95% of participants experienced a ride with the Wiesn Shuttle, while

the remaining three participants also stated that they would be willing to ride in an AV.

Across the two studies, involving a total of 91 participants, several insights were gathered regarding increase in trust, as well as insights into eHMI communication. When asked how trust in the safety of AVs could be strengthened, the most frequent suggestion was increased transparency regarding the vehicles' readiness and testing processes, mentioned by 27 participants. Sixteen participants highlighted the importance of technological advancements, four suggested infrastructure adaptations, three emphasized the need for more opportunities to personally experience AVs, and two advocated for the gradual implementation of automated technologies. Additional suggestions included maintaining lower speeds, resolving ethical issues, ensuring smoother driving behavior, promoting AVs positively in the media, and managing expectations around these technologies. Three participants already reported high levels of trust without additional intervention.

In terms of the disadvantages of light signals compared to traditional driver-pedestrian communication, the most frequently cited issue was the potential for miscommunication, as mentioned by 17 participants. Thirteen participants noted challenges with visibility and audibility. At the same time, nine pointed to the potential for distraction. Other concerns included a lack of social interaction (five mentions), one-sided communication (four mentions), a learning curve for understanding the signals (four mentions), and the absence of trust in the functionality of the signals (three mentions). Less commonly mentioned concerns included unfamiliarity, desensitization with widespread use, and the absence of personal interaction.

In contrast, participants recognized several advantages of light signals over traditional communication methods. In response to the multiple-choice question about the advantages of light signals, 73 % of participants identified efficient communication as a key benefit. Increased safety was highlighted by 67 %. In comparison, 27 % noted both reduced distraction and time savings. Energy efficiency was identified as an advantage by 10 % of participants.

During the Oktoberfest 2024 event, participants were asked to enumerate scenarios where communication from an AV to a pedestrian would be necessary or desirable. The most frequently mentioned scenario was pedestrian crossings, with 14 mentions. This was followed by intersection scenarios, with ten mentions, and critical situations, with seven mentions. Five participants identified parking scenarios, while emergency braking situations were mentioned three times. Less commonly cited scenarios included vehicle malfunctions, nighttime conditions, and detecting passengers, each mentioned once. These findings underscore the importance of clear communication from AVs to pedestrians in various contexts.

4. Discussion

The findings of the two studies indicate a high level of public interest in automated driving, as evidenced by the participation of attendees at both the IAA Mobility 2023 and Oktoberfest 2024 events. Participants demonstrated a generally positive attitude towards the development of automated driving and expressed high trust in AVs. This trust is further underscored by the fact that all respondents were either willing to ride in an AV or had already done so during the final event of the MCube "Wiesn Shuttle" project at Oktoberfest 2024. These results highlight the potential for widespread acceptance of an automated shuttle service in the form demonstrated by EDGAR, particularly when public trust is bolstered through technological advancements and

increased transparency regarding readiness and testing, as exemplified by projects like this one.

Acceptance of EDGAR was stronger at Oktoberfest 2024 than at IAA Mobility 2023, likely due to its successful demonstration of autonomous operation in challenging real-world scenarios. Participants showed greater trust in the vehicle's capabilities when it was actively driving, highlighting the importance of dynamic demonstrations in building public confidence in automated systems.

The results also highlighted mixed perceptions of the LED strip as an eHMI. While participants recognized its advantages, particularly in terms of increased safety and efficient communication, concerns were raised regarding potential miscommunication and limitations in visibility and audibility. Despite these criticisms, the LED strip was generally rated as useful and satisfactory, indicating its potential as an innovative tool for external communication. However, the lower acceptance scores for the LED strip at the Oktoberfest 2024 event, despite its further development, suggest that there is room for improvement in refining this technology for broader public acceptance.

Overall, this study highlights the importance of real-world demonstrations and iterative improvements in fostering public trust and acceptance of AVs and their communication systems. Future projects can further enhance public confidence in automated mobility solutions by addressing perceived disadvantages and emphasizing the practical benefits of these technologies.

5. References

Bengler, K., Rettenmaier, M., Fritz, N. & Feierle, A. (2020). From HMI to HMIs: Towards an HMI Framework for Automated Driving. Information, 11(2), 61. https://doi.org/10.3390/info11020061.

Hübner, M., Baude, M., & Bengler, K. (2024). Pedestrian Groups Matter: Unraveling their Impact on Pedestrian Crossings when Interacting with an Automated Vehicle. In 2024 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (pp. 69-76). IEEE. https://doi.org/10.1109/iv55156.2024.10588543.

Loew, A., Graefe, J., Heil, L., Guthardt, A., Boos, A., Dietrich, A. & Bengler, K. (2022). Go Ahead, Please!—Evaluation of External Human—Machine Interfaces in a Real-World Crossing Scenario. Frontiers in Computer Science, 4, Artikel 863072. https://doi.org/10.3389/fcomp.2022.863072.

Maurer, M., Gerdes, J. C., Lenz, B. & Winner, H. (Hrsg.). (2015). Springer Open. Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45854-9.

Karle P., Betz T., Bosk M., Fent F., Gehrke N., Geisslinger M., et al. (2023). Edgar: An autonomous driving research platform - from feature development to real-world application. arXiv preprint.

Van Der Laan, J. D., Heino, A., & De Waard, D. (1997). A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 5(1), 1-10. https://doi.org/10.1016/S0968-090X(96)00025-3.

Acknowledgments: This research was funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) within the project Wiesn Shuttle (FKZ 03ZU1105AA) in the MCube cluster. The experiments were approved and accepted by the Ethics Commission of the Technical University of Munich (approval codes 2023-472-S-SB and 2024-107-NM-BA). OpenAI's ChatGPT-4o was used to review the initial version of the manuscript. The authors thank the chair of Urban Structure and Transport Planning for support in conducting the interview at the Oktoberfest 2024.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Zusammenspiel zwischen KI-basierten virtuellen Lernassistenten und Lernbegleiter

Martin KRÖLL & Kristina BUROVA-KEßLER

Institut für Arbeitswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, D-44801 Bochum

Kurzfassung: Der Beitrag beschäftigt sich mit den wissenschaftlichen Ergebnissen des EU-Projekts „Career Intelligence“, das über 2,5 Jahre gefördert wurde. Im Mittelpunkt des Projekts steht die Entwicklung von KI-basierten Tools einschließlich eines Prototyps eines virtuellen Lernassistenten (VLA) sowie einem CBR-basierten Empfehlungssystem, um die Nutzung und den Einsatz der digitalen Lernplattform „Career 4.0“, die in vorausgegangen EU-Projekten entwickelt wurde, auszubauen und zu verbessern. Der Fokus liegt im Besonderen auf die Gestaltung der Architektur der Lernplattform sowie die zentralen technischen Module, die entwickelt wurden, um den Lernprozess und die Benutzerfreundlichkeit der Lernplattform zu fördern. Dabei werden die Komponenten des Technology-Stacks sowie das Case-Based-Reasoning erläutert. Die Intention des Projekts ist es, Jugendliche bei der Entwicklung einer beruflichen Perspektive zu unterstützen, in dem individualisierte Lernempfehlungen durch das Zusammenspiel zwischen dem KI-basierten VLA-Prototypen und dem Lernbegleiter bereitgestellt werden. Dabei kommt das Konzept des persönlichen Entwicklungsplans zum Einsatz, um die individuelle berufliche Zielfindung der Jugendlichen zu fördern. Die Jugendlichen erhalten durch die Nutzung speziell für sie entwickelte Assessments und die Bearbeitung von modular aufgebauten Lerneinheiten auf der Lernplattform Career 4.0 gezieltes konstruktives Feedback von Mentoren und Experten.

Schlüsselwörter: Career Intelligence, Künstliche Intelligenz, Virtueller Lernassistent, Mentoren, CBR-Empfehlungssysteme

1. Ausgangspunkt

Technologien wie Learning Analytics, intelligente virtuelle Lernassistenten, Chatbots, adaptive Lernsysteme und KI-gestützte Empfehlungssysteme (Kröll & Burova-Keßler 2024a, 2024b) bieten vielversprechende Ansätze, um Lernprozesse einschließlich Berufsorientierungsprozesse individueller, effektiver und Stück weit attraktiver zu gestalten. Dabei geht es jedoch nicht nur um die technische Implementierung von KI Lösungen in den Lernprozess, sondern vielmehr darum, die Vorteile dieser Technologien für die Lernenden und Lehrenden klar herauszuarbeiten. In diesem Zusammenhang erweist es sich als vorteilhaft, eine motivierende Lernumgebung zu etablieren, in der junge Menschen und Lernbegleiter KI-gestützte Lerntechnologien mitentwickeln, erproben und reflektieren können (z. B. Fischer et al. 2023; Hemmler & Iffenthaler 2024; Ninaus & Sailer 2022; Reichow et al. 2022). So können beispielsweise bereits bestehende Lernformate mit Hilfe von KI-Tools weiterentwickelt und unterstützt werden. Daran knüpft das EU-Projekt „Career Intelligence“ an.

2. Kernkomponenten der Systemarchitektur

Um die Ziele des Projekts „Career Intelligence“ effektiv zu erreichen, wurde eine umfassende Architektur für die neu zu konzipierende Lernplattform entworfen. Sie basiert auf einem modularen Ansatz, der eine flexible Erweiterbarkeit und Anpassungsfähigkeit ermöglicht. Im Mittelpunkt dieser Architektur steht die Geschäftslogik, die durch vier zentrale technische Module sowie weitere unterstützende Technologien realisiert wurde und als Fundament für die strukturelle und funktionale Gestaltung der Plattform dient. Generell umfasst die Geschäftslogik die Regeln, Algorithmen und Prozesse, die die Kernfunktionalitäten einer Softwareanwendung abbilden. Im Kontext des Projekts „Career Intelligence“ geht es um die Funktionalitäten, die den Prototypen eines virtuellen Lernassistenten, Botty, steuern.

Das erste Modul zur Prozessoptimierung hat das Ziel die Benutzerfreundlichkeit und insbesondere die Bedienbarkeit der Lernplattform zu verbessern. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden verschiedene Funktionen, s. g. Kernkompetenzen entwickelt, die dem VLA-Prototypen „Botty“ ermöglichen, seine Aufgabe zu übernehmen. So kann Botty interaktiv die Nutzer mit den Funktionen der Lernplattform vertraut machen. Durch die Bereitstellung kontextbezogener Antworten auf häufig gestellte Fragen erleichtert er den Einstieg in die Nutzung der Plattform. Der VLA-Prototyp erkennt Auffälligkeiten in dem Lernprozess wie beispielsweise „Lernsprint wurde nicht abgeschlossen“, eruiert die möglichen Gründe dafür, gibt gezielte Hilfestellungen in Form von „Empfehlungen“ und motiviert die Nutzer, ihren Lernprozess erfolgreich abzuschließen. Auch die Fortschritte bei der Erreichung der persönlichen Ziele im PEP können durch Botty kontinuierlich evaluiert werden. Er erinnert an anstehende Aktivitäten, gibt motivierende Impulse und unterstützt so die nachhaltige Zielerreichung.

Bei dem zweiten Unterstützungsmodul geht es darum, Feedback von allen Nutzern in anonymer Form zu sammeln und auszuwerten. Dabei steht die Bewertung der Funktionalität, der, im EU-Projekt entwickelten, IT- und KI-Lösungen, d. h. der Lernplattform und des Einsatzes des virtuellen Lernassistenten im Mittelpunkt. Ziel ist es, durch das anonym gesammelte Feedback nicht nur die Funktionalität der Plattform zu optimieren, sondern auch die Selbstevaluation und Selbstoptimierung des virtuellen Lernassistenten „Botty“ zu unterstützen. Um dies zu erreichen, ermöglicht das Modul dem VLA verschiedene Mechanismen zur Feedbackerhebung.

Das dritte Empfehlungsmodul dient dazu, personalisierte Empfehlungen zu geben. Unter Berücksichtigung der anonym ausgewerteten Daten bietet der VLA-Prototyp personalisierte Lernempfehlungen in zwei Bereichen: Er unterstützt die Gestaltung individueller Lernprojekte durch die Empfehlung passender Lern-Sprints und hilft den Jugendlichen, mit Hilfe von 13 Videos zukünftige Beschäftigungstrends innerhalb von Megatrends zu identifizieren.

Das Qualitätssicherungsmodul überwacht die Qualität des bestehenden Lernprozesses und unterstützt die Teilnehmer bei der Erreichung ihrer persönlichen Entwicklungsziele. Die Jugendlichen werden durch entsprechende Aktivitäten bzw. Tools dabei gefördert, ihren Lernfortschritt selbst einzuschätzen. Darüber hinaus dient dieses Modul zur Überprüfung und Verbesserung der Qualität der Lernmaterialien auf der Lernplattform „Karriere 4.0“. Grundlage für entsprechende Verbesserungen sind die anonymisierten Einschätzungen der Jugendlichen, inwieweit die Lernmaterialien ihnen geholfen haben. Dabei geht es darum die Lernmaterialien, die für die einzelnen Lernsprints in der Lernplattform Karriere 4.0 vorgesehen sind, ausgehend von den Zielgruppen, also den Jugendlichen und Mentoren, anschaulicher und praxisnäher zu gestalten. Nicht zuletzt geht es darum zu klären, inwieweit die entsprechenden Lernauf-

gaben und -materialien geeignet sind, die Mentoren bezogen auf ihre Aufgabenstellung zu unterstützen.

Ergänzend zu den vier Modulen wurde von Beginn an festgelegt, dass weitere unterstützende Module in die Architektur integriert werden. Dazu zählt zum einen die S3-Engine (bzw. Survey Engine). Dieses Modul dient dazu, die Ergebnisse der verschiedenen Umfragequellen, die als anonymes Feedback der Nutzer anzusehen sind, zu sammeln und zu bewerten. Die S3-Engine ermöglicht dem VLA-Prototypen, Feedback-Daten der Nutzer zu aggregieren, die über Umfragen oder andere Erhebungsinstrumente anonym eingeholt werden. Die Engine bewertet und verarbeitet die gesammelten Rückmeldungen, um wertvolle Erkenntnisse zu gewinnen. Diese Informationen werden genutzt, um die Benutzererfahrung zu verbessern, sowie spezifische Problembereiche zu identifizieren. Die Ergebnisse der S3-Engine liefern eine datengestützte Grundlage, um die IT- und KI-basierten Systeme der Plattform kontinuierlich zu optimieren und an die Bedürfnisse der Nutzer anzupassen.

Das Frontend spielt eine zentrale Rolle in der Architektur der Lernplattform, indem es eine intuitive und ansprechende Oberfläche bietet, die den Zugang zu den komplexen Funktionen der Plattform ermöglicht. Im Frontend, der mit Hilfe von KI-basierten Lösungen weiterentwickelten Lernplattform „Karriere 4.0“, erscheinen die entsprechenden Widgets und Roots. Beispiele sind Einführungsvideos und Tooltips für neue Nutzer. Widgets werden häufig auf Websites verwendet, um den Nutzern zusätzliche Funktionen zu bieten. Der Lernassistent-Prototyp Botty wird in der Lernplattform als immer verfügbares Widget implementiert, auf das von jeder Seite aus zugegriffen werden kann, so dass die Jugendlichen leicht mit ihm interagieren können.

3. Case Based Reasoning- Empfehlungssystem

Zudem wurde auf den Ansatz des Case Based Reasoning (CBR) Bezug genommen (Reichow et al. 2022). Dabei handelt es sich um einen erfahrungsbasierten Ansatz zur Lösung neuer Probleme durch Adaption sowie Anpassung zuvor erfolgreicher Lösungen für ähnliche Probleme (Bergmann et al. 2021; Watson 1999). CBR löst Probleme unter Verwendung des bereits anonym gespeicherten Wissens und erfasst neues Wissen, das sofort für die Lösung des nächsten Problems zur Verfügung steht und entsprechend genutzt wird. Daher kann CBR als eine Methode zur Problemlösung angesehen werden, aber auch als eine Methode, um neue Erfahrungen zu erfassen und sie sofort für die aktuelle Problemlösung verfügbar zu machen. Im Projekt wird der CBR-Ansatz erprobt, um das persönliche Lernprojekt junger Menschen auf neue Wissensgebiete auszuweiten. CBR ermöglicht es, individuelle Lernprojekte durch den Vergleich von Erfahrungen ähnlicher Nutzer kontinuierlich zu erweitern und anzupassen. Das System sucht nach Lösungen, die sich in ähnlichen Fällen bewährt haben. Anhand der Lernprojekte von verschiedenen Lerngruppen kann künftig geprüft werden, welche zusätzlichen Lernsprints diese absolviert haben. Diese zusätzlichen Lernprojekte können aus jedem beliebigen Lernprojekt bzw. Lernsprint stammen, das bzw. der sich derzeit auf der Lernplattform Karriere 4.0 befindet. Die identifizierten Lernsprints könnten künftig so gefiltert, sodass nur solche mit positivem Bewertungsfeedback (von anderen Nutzern empfohlen) in die abschließende Liste mit den Lernsprints aufgenommen werden. Dadurch wird die Qualität und Relevanz der Empfehlungen weiter erhöht. Auch können neue Lerninhalte, die auf der Lernplattform hinzugefügt werden, an die Anforderungen, die von den Nutzern genannt werden, angepasst werden.

Mit Hilfe des CBR-Ansatzes sind in Zukunft KI-basierte Lösungen möglich. Der Vor-

teil des CBR-Ansatzes ist es, dass für deren Nutzung bereits eine überschaubare Zahl von anonymisierten Einzelfällen – wie im vorliegenden Fall – ausreicht (Bergmann et al. 2021). Zur Generalisierung sind demzufolge keine großen Datenmengen wie in anderen Fällen der Nutzung von KI-Lösungen erforderlich. Bergmann et. al. (2021) weisen darauf hin, dass es zwei Referenzmodelle zur fallbasierten Methodik des Problemlösens gibt: Der Wissenscontainer-Ansatz nach Richter (Richter 1998; Richter et al. 2013) und der CBR-Zyklus u.a. nach Aamodt und Plaza (1994). Im vorliegenden EU-Projekt „Career Intelligence“ wurde auf das zuletzt genannte Referenzmodell Bezug genommen

4. Technology-Stack

Nachdem das Design der Architektur festgelegt war, galt es, eine fundierte Entscheidung hinsichtlich des Technologie-Stacks zu treffen. Dieser umfasst sämtliche Technologien – darunter Programmiersprachen, Frameworks sowie IT- und KI-Tools – die für die Entwicklung, Implementierung und Evaluierung der Plattform essenziell sind.

Bezogen auf das Technologie-Stack fiel die Entscheidung im Projekt „Career Intelligence“ auf die Rasa-Technologie und die entsprechende Open-Source-Software, um ein IT- bzw. KI-System zu entwickeln. Die Rasa-Technologie ermöglicht die Verarbeitung natürlicher Sprache (NLP) und die Implementierung dynamischer Dialogabläufe. Diese Technologie hat drei Hauptaufgaben: (1) Zunächst verarbeitet sie natürliche Sprache. Wenn also ein Nutzer etwas aufschreibt, übernimmt das System die Verarbeitung dieses Satzes oder diese Äußerung und analysiert sie. Das System extrahiert alle sinnvollen Informationen aus dem Satz, den der Nutzer eingegeben hat und versucht die Absicht des Nutzers zu verstehen, wenn dieser z. B. eine Frage stellt. (2) Die zweite Aufgabe der Rasa-Technologie ist es, neue Dialoge zu entwerfen, zu implementieren und den Dialogablauf basierend auf vordefinierten Regeln festzulegen (Dialogmanagement). Im Anschluss wird eine passende Antwort ausgewählt, die in der vordefinierten Dialoglogik oder durch benutzerdefinierte Aktionen festgelegt ist, die dem Nutzer in natürlicher Sprache präsentiert wird. (3) Die dritte Aufgabe bestand darin, dass der Benutzer das Erscheinungsbild des Systems ändern kann, beispielsweise indem das Aussehen des Avatars von den Nutzern bearbeitet werden kann.

Darüber hinaus wurde ein drittes Open-Source-Tool, Lime Survey verwendet. Dies ist ein Tool, das die Möglichkeit bietet, ohne umfangreiche Programmierkenntnisse Online-Umfragen durchzuführen. Durch die Hilfe dieses Tools, konnte das Feedback der Nutzer anonym gesammelt und ausgewertet werden, um die Aktivitäten rund um die Lernplattform Karriere 4.0 einschließlich des Einsatzes des Prototypen Botty zu bewerten und weiterzuentwickeln.

5. Hauptmerkmal des Systems: interaktive Kommunikation

Um eine Konversation zwischen den VLA-Prototypen und den Nutzern der Lernplattform, insbesondere Jugendlichen, auf Augenhöhe zu ermöglichen, wurden in einem anspruchsvollen und umfangreichen Designprozess insgesamt 10 hochwertige Dialoge in sechs Sprachen entwickelt. Die Implementierung des Dialogdesigns stellte die größte Herausforderung im Entwicklungsprozess dar und nahm den größten Teil der Implementierungszeit in Anspruch. Im Fokus stand die Gestaltung der Interaktion

zwischen dem virtuellen Lernassistenten „Botty“ und der Zielgruppe der Jugendlichen. Besonders wichtig war es, ansprechende und jugendgerechte Dialoge zu entwickeln, die eine natürliche und motivierende Kommunikation ermöglichen. Folgende Designprinzipien wurden bei der Entwicklung der Dialoge des virtuellen Lernassistenten „Botty“ berücksichtigt: (1) Menschenähnlichkeit, (2) Dialog Management, (3) Personalisierung, (4) Proaktives und reaktives Verhalten, (5) Aufbau einer Verbindung, (6) Entwicklung des PEP, (7) Förderung der Lernfähigkeit, (8) Motivierende Umgebung und (9) ethische Verantwortlichkeit. Für die Entwicklung der Dialoge, insbesondere um das Feedback zu den Dialogen schnell aufgreifen und nutzen zu können, wurde sowohl die Arbeit in einem kollaborativen Word-Dokument als auch das Tool „Voiceflow“ verwendet. Im Rahmen der Entwicklungsarbeit wurde auf agile Projektmanagement-Methoden Bezug genommen. Dabei fand in besonderer Weise eine Orientierung an der Scrum-Methode statt (Kniberg & Ivarsson 2012).

Der Einstieg der Nutzer erfolgt über einen Begrüßungsdialog durch den Prototypen Botty. Ziel der von Botty initiierten Dialoge war das Schaffen einer vertrauensvollen Basis für die weitere Interaktion mit den Nutzern. Bei der ersten Interaktion des Nutzers mit Botty findet eine Vorstellung von Botty statt. Er weist auf seine Hauptfunktionalitäten hin und erläutert das zentrale Menü. Darüber hinaus hebt er hervor, dass er jederzeit rund um die Uhr alle sieben Tage in der Woche über die Eingabe „Hilfe“ erreichbar ist. Vor dem Hintergrund der Nutzung einer Vielzahl von KI-Anwendungen, wie z. B. ChatGPT sind in letzter Zeit die Erwartungen an KI-Anwendungen erheblich gestiegen. Dies wurde bei der Implementierung und dem Einsatz des virtuellen Lern–assistenten Botty deutlich. Um so wichtiger war es, dass Botty die Nutzer konkret da–rauf hinweist, was er leisten kann und was nicht.

Da das Zielpublikum vor allem junge Menschen umfasst, war es ein zentrales Ziel des Projekts „Career Intelligence“, die Interaktion mit Botty möglichst unterhaltsam zu gestalten. Um dies zu erreichen, wurde Botty so konzipiert, dass er seinen individu–ellen Stil verändern kann. Dies umfasst die Möglichkeit, aus einer Vielzahl von Avata–ren auszuwählen, die den persönlichen Vorlieben der Jugendlichen entsprechen. Darüber hinaus passt sich Botty automatisch an die Landessprache des Nutzers an, um eine personalisierte Nutzung zu gewährleisten.

6. Empirische Studien

Im Rahmen des Projekts „Career Intelligence“ wurden zwei empirische Studien durchgeführt, um die Nützlichkeit und die Benutzerfreundlichkeit des virtuellen Lern–assistenten (VLA) „Botty“ zu bewerten (Kröll & Keßler-Burova 2024a,2024b). Während der Pre-Test-Phase in Finnland, Bulgarien, Ungarn und Griechenland wurde untersucht, wie der virtuelle Lernassistent (VLA) „Botty“ aus der Sicht der Jugendlichen wahrgenommen wird und inwieweit er die Designprinzipien erfüllt. Insgesamt nahmen 42 Personen an der Befragung teil. Die Teilnehmenden betonten, dass „Botty“ besonders gut beim PEP unterstützt und die SMART-Methode effektiv vermittelt. Auch die Navigation auf der Lernplattform wurde als erleichtert wahrgenommen. Zudem wird der Chatbot als kompetent und sachkundig eingestuft. Kritisiert wurden die mangelnde soziale Präsenz, komplizierte und zu lange Sätze sowie technische Probleme. An der zweiten Studie nahmen über 60 Mentoren aus verschiedenen EU-Ländern im Frühjahr 2024 an einer Befragung teil, um die Potenziale und Widerstände im Hinblick auf die Nutzung von Botty aus Mentorenperspektive zu erfassen. Der VLA wird als wertvolles Tool angesehen, da er Jugendlichen rund um die Uhr Unterstützung bietet. Besonders

hervorgehoben wurde seine Fähigkeit, Fragen zur Plattformnutzung zu beantworten und die Arbeit mit dem PEP zu erleichtern. Künftige Entwicklungen könnten diese Stärken weiter ausbauen. Der VLA wird von Mentoren nicht als effektiver oder entlastend für ihre Arbeit wahrgenommen. Er löst Lernprobleme nicht schneller und unterstützt kaum die Vorbereitung von Mentorengesprächen. Technische Probleme und die Qualität der Antworten werden als zentrale Herausforderungen gesehen, aber als veränderbar eingeschätzt. Bedenken hinsichtlich einer Entwertung der Mentorentätigkeit sind gering.

7. Ausblick

Die durchgeführten empirischen Studien, Mentorenschulungen und Expertenforen haben gezeigt, dass Mentoren im Umgang mit dem KI-gestützten VLA-Prototypen oft unsicher sind und dessen Mehrwert für ihre Arbeit im Mentoringprozess nicht ohne weiteres erkennen. Die personalisierten Lernempfehlungen scheinen Fragen aufzuwerfen, wie diese konstruktiv von den Mentoren aufgegriffen werden sollen. Außerdem ist die Rolle von VLA im Lernprozess weiter zu klären. Dabei geht es insbesondere darum, wie die Interaktion zwischen den VLA und den Mentoren verbessert werden kann und welche Voraussetzungen dazu geschaffen werden sollten. Deswegen scheint es sinnvoll zu sein, sich im nächsten Schritt intensiver mit der neuen Rolle der Mentoren auseinander zu setzen und die Frage zu beantworten, wie die Mentoren bei ihrer neuen Rolle und Aufgabenstellung unterstützt werden könnten.

8. Literaturverzeichnis

Aamodt, A. & Plaza, E. (1994). Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations and system approaches. AI Communications 7(1), 39–59.

Bergmann, R., Minor, M., Bach, K., Althoff, K. D., & Muñoz-Avila, H. (2021). Fallbasiertes Schließen. In G.. Görz, U. Schmid & T. Braun: Handbuch der Künstlichen Intelligenz (S. 343-393). Degruyter.

Hemmler, Y. & Ifenthaler, D. (2024). Adaptive Lernumgebungen für die Weiterbildung-Möglichkeiten, Chancen und Herausforderungen. Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis: BWP, 53(1), 28–29.

Fischer, A., Pabst, C., Lorenz, S., Schley, T. & Jöchner, A. (2023). KI-basierte Personalisierung berufsbezogener Weiterbildung: Ein Praxisleitfaden für Bildungsanbieter, 73. wbv.

Kniberg, H.; Ivarsson, A. (2012): Scaling Agile @ Spotify with Tribes, Squads, Chapters & Guilds.

Kröll, M. & Burova-Keßler, K. (2024a). AI-based learning recommendations - possibilities and limitations. In: Tareq Ahram, Jay Kalra and Waldemar Karwowski (eds) Artificial Intelligence and Social Computing. AHFE (2024) International Conference. AHFE Open Access, vol 122. AHFE International, USA.http://doi.org/10.54941/ahfe1004648

Kröll, M. & Burova-Keßler, K. (2024b): KI basierte Lernassistenz und Entrepreneurship Education, In: Loerwald, D. u.a. (Hrsg.): Digitalisierung in der ökonomischen Bildung. Berlin Springer-Verlag.

Ninaus, M. & Sailer, M. (2022). Zwischen Mensch und Maschine: Künstliche Intelligenz zur Förderung von Lernprozessen. Lernen und Lernstörungen, 11(4), 213–224

Reichow, I., Buntins, K., Paaßen, B., Abu-Rasheed, H., Weber, C. & Dornhöfer, M. (2022). Recommendersysteme in der beruflichen Weiterbildung.

Richter, M. M. (1998). Introduction. In: Case-Based Reasoning Technology-From Foundations to Applications, S. 1–15. Springer Verlag, 1998.

Richter, M. M. & Weber, R. O (2013). Case-Based Reasoning: A Textbook. Springer Publishing Company, Incorporated.

Uhly, A.; Neises, F. (2023). Vorzeitige Vertragslösungen in der dualen Berufsausbildung Aktuelle empirische Befunde der Berufsbildungsstatistik und Maßnahmen–Ein Überblick.

Watson, I. (1999). Case-based reasoning is a methodology not a technology. In Research and Development in Expert Systems XV, S. 213–223. Springer.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Schwerter und Pflugscharen: Entscheidungsdilemmata und Kontrollierbarkeit (Meaningful Human Control) für die menschzentrierte Arbeit 5.0

Frank FLEMISCH[1,2], Paul WEISER[1], Michael PREUTENBORBECK[1]

[1] Institut für Areitswissenschaft, RWTH Aachen,
Eilfschornsteinstr. 18, D-52062 Aachen
[2] Fraunhofer FKIE,
Fraunhoferstraße 20, D-53343 Wachtberg

Kurzfassung: Die Arbeitswissenschaft hat sich von der Analyse von Arbeitsvorgängen hin zur Mitgestaltung von Arbeitssystemen entwickelt, wobei heute insbesondere das Spannungsfeld zwischen natürlicher und künstlicher Intelligenz im Fokus steht. Im militärischen Bereich wird untersucht, wie KI-basierte Systeme sicherheitskritische Vorgänge wie den Waffeneinsatz unterstützen oder übernehmen können. Konzepte wie „Meaningful Human Control“ (MHC) und Entscheidungsdilemmata, die sowohl eine menschenzentrierte als auch eine balancierte Perspektive auf die Automatisierung bieten, finden zunehmend auch in zivilen Bereichen Anwendung. Der Beitrag beleuchtet, wie diese militärischen Modelle auf zivile Anwendungsfelder wie automatisiertes Fahren und Industrie 4.0 übertragen werden.

Schlüsselwörter: Meaningful Human Control, Entscheidungsdilemma, Mensch-Maschine Interaktion, Mensch-Maschine-Kooperation, Human Systems Integration

1. Einführung

Durch Jahrzehnte unverdrossenen Brückenbauens und Integrierens zwischen technischen, an Menschen und an Organisationen orientierten Disziplinen hat sich die Arbeitswissenschaft immer weiter von der reinen Analyse hin zur Mitgestaltung von Arbeitssystemen und -prozessen emanzipiert. Der Fokus auf die Menschen als wesentliche Stakeholder in Arbeitssystemen (international als Human Factors & Ergonomics) wird dabei zunehmend um weitere Perspektiven, z. B. der Integration zwischen Menschen, Technik, Organisation und Umwelt (international als Human Systems Integration) mit ihren jeweils repräsentierenden Stakeholdern ergänzt. Ein besonderes Spannungsfeld dabei ist das zwischen natürlicher Intelligenz von Menschen, Organi–sationen, Gesellschaften und Natur sowie künstlicher Intelligenz, z. B. in Form von Automation und Assistenzsystemen. Dieses Spannungsfeld betrifft alle Arbeitsdomänen von Verkehr, Produktion, Medizin bis hin zur Verteidigung.

In der Arbeitsdomäne Verteidigung wird seit Jahrzehnten geforscht, wie sicherheitskritische Vorgänge wie Waffeneinsatz durch KI-basierte Assistenz- und Automationssysteme unterstützt oder sogar vollständig durch Maschinen übernommen werden können (z. B. Scharre 2018), um militärische Prozesse zu beschleunigen (z. B. als Hyperwar, Husain et al. 2024). Um diesen militärischen Forderungen nach Beschleunigung eine mensch-gerechtere Perspektive entgegenzusetzen, werden in der NATO

Modelle von Entscheidungsdilemmata (z. B. Flemisch & Nitsch 2023; Flemisch et al. 2024) sowie von Meaningful Human Control (z. B. van Diggelen & Draper 2024) entworfen und zunehmend im wissenschaftlichen und politischen Diskurs genutzt. Insbesondere Meaningful Human Control wird mittlerweile auch im zivilen Bereich aufgegriffen, z. B. mit der Eröffnung eines domänenübergreifenden Centers for Meaningful Human Control an der TU Delft (10/24) sowie einem Research Handbook for Meaningful Human Control (Mecacci et al. 2024) mit Beispielen aus zivilen und militärischen Arbeitsdomänen.

Inspiriert durch das historische Motto der Friedensbewegung „Schwerter zu Pflugscharen“ untersucht der Beitrag die Konversion und Anwendung der o.g. ursprünglich im militärischen Bereich entstandenen Modelle in zivilen Anwendungsdomänen, insbesondere in den Bereichen Verkehr und Industrie 5.0. Nachdem die Modelle in ihrem ursprünglichen militärischen Kontext kurz vorgestellt werden, werden erste zivile Anwendungen der Modelle in einem DFG-Schwerpunktprogramm CoInCar sowie dem Exzellenzcluster Internet of Production skizziert und die Übertragbarkeit auf weitere zivile Sachverhalte diskutiert.

2. Modelle für Meaningful Human Control im Militärischen Kontext

Ein frühes Beispiel von Meaningful Human Control im militärischen Kontext ist Oberstleutnant Stanislaw Jewgrafowitsch Petrow, der am 26.9.1983 als leitender Offizier einer sowjetischen Kommandozentrale einen vom technischen System gemeldeten Angriff mit nuklearen Interkontinentalraketen der USA als Fehlalarm einstufte und damit einen nuklearen Holocaust verhinderte. Die Entscheidung musste er unter erheblicher Unsicherheit, unsicherer Datenlage und hohem Risiko von Bestrafung wegen Zuwiderhandelns gegen Einsatzdoktrin treffen. Erst im Nachhinein stellte sich heraus, dass Sonnenreflektionen das satellitengestützte sowjetische Frühwarnsystem in die Irre geführt hatten.

Das Beispiel von Stanislav Petrov ist nur die Spitze eines Eisberges von Entscheidungs- und Kontroll-Dilemmata, denen militärische Entscheider ausgesetzt sind. Abbildung 1 (links) zeigt das Beispiel des Flugabwehrraketensystems Patriot, das entsprechend autorisierte Flugziele automatisch abschießen kann, weil Menschen dafür zu langsam sind. Im Golfkrieg II hat diese Funktion bereits zum Verlust eines britischen Tornado Kampfflugzeuges geführt. Weiterhin sind Abschüsse wie Iran-Air-Flug 655 1988 durch die USS Vincesses, der niederländischen MH-17 durch russische Flugabwehrsysteme 2014, der ukrainischen PS752 2020 in Teheran sowie eines aserbeidschanischen Verkehrsflugzeuges 2024 durch Russland auf vergleichbare Sachverhalte zurückzuführen. Verschärft wird das Spannungsfeld noch mit der technologisch getriebenen Entwicklung hin zu KI in Verteidigungssystemen.



***Abbildung 1**: Links: Flugabwehr-Raketen-System Patriot; Rechts: Meaningful Human Control über KI-basierte Systeme, basiert auf Diggelen, Draper et al. (2024).*

In der Diskussion der NATO um die Verhinderungen solcher Unfälle und sinnvoller Einbindung von KI wurde in einer NATO-Arbeitsgruppe die umfangreiche Forschung der vergangenen Jahrzehnte zusammengefasst sowie neue Modelle entwickelt. Eine entscheidende Einsicht zeigt Abbildung 1 (rechts): Kontrolle muss effektiv, aber gleichzeitig in Einklang mit den rechtlichen und ethischen Anforderungen sein.

Abbildung 2 (links) beschreibt den lokalen Sachverhalt der Kontrolle mit Dilemmata, dass Operateure unter Zeitdruck eine Entscheidung für eine Aktion oder Nicht-Aktion treffen müssen, und erst hinterher wissen, ob es die korrekte oder falsche Aktion oder Nicht-Aktion war. Eines der Dilemmata besteht darin, dass eine Nicht-Handlung z. B. wegen zu unsicherer Daten ebenfalls zu einer schlechten Situation führen kann, z. B. zum Verlust des eigenen oder anderer Leben. Diese Entscheidungs- und Handlungskette, hier durch den sog. OODA-Loop (Observe Orient Decide Act) von Boyd (1996) beschrieben, wird nun durch KI-basierte Systeme wesentlich mit beeinflusst, in der Abbildung dargestellt mit zwei miteinander verschränkten OODA-Loops von Mensch und Technik.

Abbildung 2 (rechts) zeigt, dass diese Entscheidungs-Dilemmata in ein Netzwerk von Fähigkeiten, Absichten, Vertrauen, Kontrolle und Verantwortung eingebunden sind, die alle Schichten wie Natur, Gesellschaft, Organisation, Team und Individuum miteinander verbindet. Grundlage dieses Modells ist ein aus dem Bowtie-Diagramm der Risikoforschung abgeleitetes holistisches Bowtie-Diagramm, das besonders kritische Situationen und Teilsysteme ins Zentrum stellt, und das Wirken verschiedener Schichten vor und nach den kritischen Situationen darstellt. Damit ist es möglich, auch komplexere, verschiedene Systemschichten überspannende Zusammenhänge prägnant darzustellen und zu begreifen.

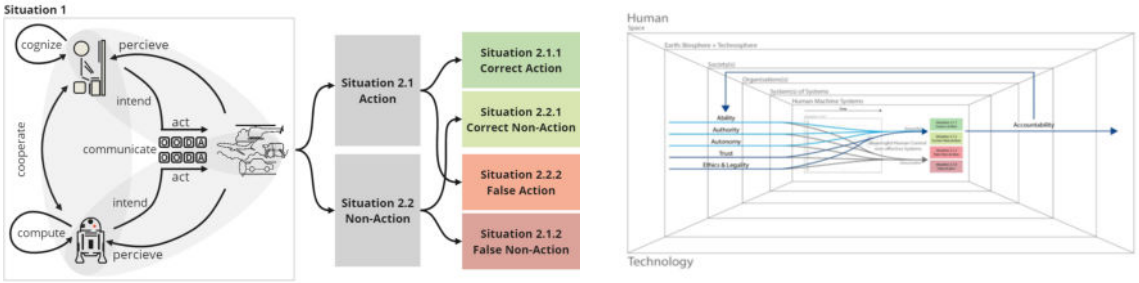


***Abbildung 2**: Links: Dilemma-Modell der kooperativen Führung und Kontrolle (Flemisch et al. 2024); Rechts: Meaningful Human Control als gerichtetes Netzwerk aus Fähigkeiten, Absichten, Vertrauen, Kontrolle und Verantwortung (Flemisch et al. 2024 in van Diggelen et al. 2024; Flemisch und Nitsch 2023).*

3. Exemplarische Übertragung in den zivilen Bereich: Automobil

Ein potenzieller Anwendungsbereich dieser Modelle im zivilen Bereich ist die Automatisierung von Fahrzeugsystemen. Genauso wie bei militärischen Systemen handeln Mensch und Automation in einem Fahrzeug häufig parallel. Hoch automatisierte Fahrzeuge können in vielen Situationen schon weitgehend selbstständig handeln. Sollte sich die Situation jedoch ändern, obliegt es wiederum der fahrenden Person, in einem häufig kurzen zeitlichen Rahmen die Situation zu verstehen und zu handeln. Eine Studie zu diesem Thema wurde im Kontext des DFG-Schwerpunktprogramms CoInCar durchgeführt (Usai et al. 2024). Die Studie befasst sich mit sogenannten Take-Over Requests (TOR), also der Aufforderung des Systems, dass die fahrende Person die Kontrolle übernehmen soll, um einen Unfall zu vermeiden. Die Überle-

gungs- und Reaktionszeit spielt dabei eine entscheidende Rolle (vgl. Kahneman 2011). Ein schnelles, aber unüberlegtes Handeln hatte in der Studie vereinzelt ein Ausweichen in fahrenden Verkehr zur Folge. Bei überlegtem, aber langsamem Handeln hingegen führten manche Teilnehmende zu spät eine Vollbremsung durch, sodass es dennoch zu einem Auffahrunfall kam. Übertragen auf das Dilemma Modell sind diese beiden Fälle eine falsche Aktion. Eine richtige Aktion wäre das rechtzeitige Bremsen oder das Ausweichen auf eine freie Fahrbahn. Bezüglich des Nicht-Handelns ist dies richtig im Fall eines fehlerhaften TOR, oder wenn das Fahrzeug selbst ein Minimal Risk Manöver durchführen kann. Sollte das nicht der Fall sein, führt Nicht-Handeln zu einem Unfall und ist damit eine falsche Nicht-Aktion (Abbildung 3 links).

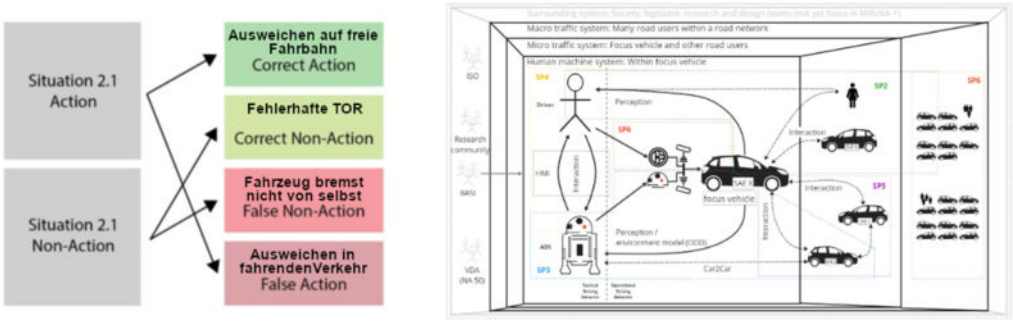


***Abbildung 3**: Links: exemplarische Kategorien für verschiedene Entscheidungen während Autofahrt. Rechts: Nutzung des Bowtie Modells zur Veranschaulichung der Mikro- und Makro-Verkehrssysteme um das Mensch-Maschine System.*

Auch das Konzept von Meaningful Human Control findet bereits Anwendung im Bereich der Fahrzeugautomatisierung. So gab es in der Vergangenheit bereits Forschungsprojekte mit dem Ziel, dieses ursprünglich militärische Konzept auf den Automobilsektor anzuwenden (z. B. Calvert et al. 2018). Dort wird es genutzt, um Frameworks zu schaffen, die es Fahrzeugherstellern, Software-Entwickelnden und Gesetzgebenden erleichtern sollen, die vielen Herausforderungen im Zusammenhang mit der Gestaltung und Erhaltung der menschlichen Kontrolle in automatisierten Fahrzeugen anzugehen (z. B. Sio et al. 2022; Calvert et al. 2020).

Das ganzheitliche (holistische) Bowtie Modell (Flemisch et al. 2024), birgt ebenfalls Potenzial für den zivilen Sektor. So war es Blaupause für das zentrale Systemmodell einer BASt-Arbeitsgruppe zum Forschungsbedarf für Teleoperiertes Fahren (Gasser et al. 2024). Weiterhin wird es im DFG-Antrag für die Forschungsgruppe MiRoVA genutzt (siehe Abbildung 3 rechts), um das Verkehrssystem um das integrale Mensch-Maschine System in einem Fahrzeug zu veranschaulichen (Flemisch et al. 2024; Weiser et al. 2025).

4. Exemplarische Übertragung in den zivilen Bereich: Fertigungsanlagen

Das beschriebene Dilemma-Modell der kooperativen Führung und Kontrolle ist im zivilen Bereich nicht nur auf den Bereich der Fahrzeugführung beschränkt, sondern allgemein auf zeitkritische Interaktionen zwischen Menschen und Co-Systemen anwendbar. Flemisch et al. (2024) illustrieren die Anwendung dieses Modells exemplarisch anhand einer hochautomatisierten Fertigungsanlage. In dem beschriebenen Szenario überwacht und steuert ein Co-System die Produktionslinie. Im Falle von unregelmäßigen Maschinenparametern entscheidet das Co-System die Anlage zu stoppen. Da ein Stillstand der Anlage mit erheblichen Kosten verbunden ist, informiert das Co-

System eine Produktionsfachkraft, welche die finale Entscheidung trifft/ treffen soll. Im Rahmen des Dilemma-Modells lassen sich die möglichen Handlungsoptionen des Menschen in dieser zeitkritischen und mit Unsicherheit behafteten Situation wie folgt charakterisieren:

Führt die Fachkraft eine korrekte Aktion aus, stoppt sie die Produktionslinie, sobald ein Weiterbetrieb tatsächlich fehlerhafte Produkte hervorbringen würde. Entscheidet sie sich hingegen für eine korrekte Nicht-Aktion, läuft die Produktion weiter, sofern eine Abweichung die Produktqualität nicht beeinträchtigt. Im Fall einer falschen Aktion stoppt die Fachkraft die Produktion fälschlicherweise, obwohl die Produkte weiterhin innerhalb der zulässigen Toleranzen liegen. Schließlich liegt eine falsche Nicht-Aktion vor, wenn die Produktionsfachkraft den Hinweis des Systems ignoriert und die Produktion fortsetzt, obwohl die Abweichung tatsächlich zu fehlerhaften Produkten führt. Diese Zusammenhänge sind nachfolgend in Abbildung 4 dargestellt.



***Abbildung 4**: Links: exemplarische Kategorien für verschiedene Entscheidungen im Produktionskontext. Rechts eine automatisierte Fertigungsanlage für Solarpanele.*

Das Dilemma-Modell der kooperativen Führung und Kontrolle ermöglicht es, Handlungsoptionen systematisch zu analysieren und den Entscheidungsprozess bzw. Interaktionsmuster zwischen Mensch und Co-System so zu gestalten, dass die Wahrscheinlichkeit korrekter Entscheidungen erhöht wird.

Die beschriebene Entscheidungssituation fokussiert zunächst auf ein lokales Mensch-Maschine-System. Diese isolierte Betrachtung lässt sich durch die Einbindung eines ganzheitlichen Modells erweitern, da das lokale System lediglich einen Teilbereich der Fertigung repräsentiert. Eine Produktionsfachkraft interagiert häufig mit mehreren Anlagen, die ähnliche Anforderungen und Abhängigkeiten aufweisen. Das holistische Bowtie-Modell ermöglicht es, diese Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zwischen den Systemen systematisch zu erfassen und abzubilden.

5. Ausblick: Meaningful Human Control und das Wechselspiel zivil-militärischer Forschung und Entwicklung

Meaningful Human Control ist ein prägnantes Beispiel, wie zivile und militärische Forschung sich sinnvoll befruchten kann. Ob man militärische Forschung im Prinzip gut findet oder nicht, sollte man doch den Austausch zwischen diesen beiden Domänen fördern. Gerade in Zeiten, in denen – in unseren Systemen durch demokratische Prozesse legitimiert – mehr Ressourcen in Verteidigungsforschung gesteckt wird, z. B. in Reaktion auf den russischen Angriffskrieg in der Ukraine, kann es sinnvoll sein, den Austausch zwischen ziviler und militärischer Forschung zu stärken. Damit kann auch die zivile Forschung und Entwicklung von diesen Entwicklungen profitieren, was in

einem Systemwettbewerb z. B. mit China den eigenen zivilen Standort stärken kann. In Zeiten, in denen Länder wie Russland nachweislich Forschungs- und Entwicklungsleistung im militärischen Bereich deutlich steigern, kann auch eine schnellere Anwendung von ziviler Forschung für unsere eigene Verteidigung, für unsere Streitkräfte, und damit für unsere Gesellschaft nicht nur sinnvoll, sondern überlebensnotwendig sein. In Zeiten wie diesen sollten Schwerter und Pflugscharen zusammen gedacht und gehandelt werden.

6. Literatur

Boyd JR (1996) The essence of winning and losing. https://ooda.de/media/john_boyd_-_the_essence_of_winning_and_losing.pdf. Zugegriffen: 09. November 2023.

Calvert SC, Heikoop DD, Mecacci G, van Arem B (2020) A human centric framework for the analysis of automated driving systems based on meaningful human control. Theoretical Issues in Ergonomics Science 21:478–506. doi:10.1080/1463922X.2019.1697390.

Calvert, S., Heikoop, D., Mecacci, G., Hagenzieker, M., De Sio, F. S., van Arem, B. (2018) Meaningful Human Control over Automated Driving Systems. In NWO-MVI conference.

Flemisch F, Nitsch V (2023) Kooperative Systeme und hybride Intelligenz; Plädoyer für ganzheitliche Mensch-Maschine-Integration. In: Lammert N, Koch W (Hrsg) Bundeswehr der Zukunft. Konrad-Adenauer-Stiftung.

Flemisch F, Preutenborbeck M, Burlage L, Ripkens A (2024) Dilemma Model of Cooperative Guidance and Control to solve the speed-certainty-dilemma in Human-Autonomy Teaming: First Sketch 2024 IEEE 4th International Conference on Human-Machine Systems (ICHMS). IEEE, S 1–4.

Flemisch, F., Baltzer, M., Abbink, D., Siebert, L.C., van Diggelen, J., Herzberger, N.D., Draper, M., Boardman, M., Pacaux-Lemoine, M., Wasser, J. (2024) Towards a Dynamic Balance between Humans and AI-based Systems Multidisciplinary Reserach Handbook on Meaningful Human Control over Artificial Intelligence Systems.

Flemisch, F., Abendroth, B., Peters, S., Bengler, K., Vortisch, P. (2024) MiRoVA Migration of Road Vehicle Automation, proposal to the DFG under grant no. 523663459.

Gasser, T., Frey, A., Baumann, M., Bengler, K., Berndt-Tolzmann, S., Brettin, L., Diermeyer, F., Fastenmeier, W., Fleischer, T., Flemisch, F., Gräcmann, N., Hardes, T., Herzberger, N., Hesse, T., Huetten, M., Klingler, F., Meike, J., Kolarova, V., Kuehn, M., Wietfeld, C. (2024) Forschungsbedarf Teleoperation - Abschlussbericht der Arbeitsgruppe.

Husain, A., Allen, J. R., Work, R. O. (2024) Hyperwar: Conflict and Competition in the AI Century. Am Press.

Kahneman, D. (2011) Thinking, fast and slow. Farrar, Straus and Giroux.

Mecacci G, Amoroso D, Cavalcante Siebert L, Abbink D, van den Hoven J, Santoni F (Hrsg) (2024) Research handbook on meaningful human control of artificial intelligence systems. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK, Northampton, MA.

Scharre P (2018) Army of None; Autonomous Weapons and the Future of War. W. W. Norton & Company Incorporated.

Sio FS de, Mecacci G, Calvert S, Heikoop D, Hagenzieker M, van Arem B (2022) Realising Meaningful Human Control Over Automated Driving Systems: A Multidisciplinary Approach. Minds and machines:1–25. doi:10.1007/s11023-022-09608-8.

Usai M, Schäfer P, Daniel Herzberger N, Flemisch F (2024) Participants' speed-accuracy trade-off behavior in high-stress situations in simulator studies Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2024): Integrating People and Intelligent Systems. AHFE International.

van Diggelen J., Draper M. (2024) Meaningful Human Control over AI-based systems; Final report of NATO-HFM-RTG-330. NATO.

Danksagung: Die hier vorgestellten Gedanken entstanden in fruchtbarer Diskussion zwischen Forschern und Forscherinnen des NATO-ET-356 Cognitive Warfare, NATO-RTG-330 Meaningful Human Control over AI-based systems, DFG-Exzellenzcluster Internet of Production, sowie des DFG-Schwerpunktprogramms CoInCar.

GfA, Dortmund (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Unterstützende Methoden zur systematischen KI-Einführung in Unternehmen

Rico GANßAUGE, Alexander EZZELDIN, Roberto KOCKROW, Lukas BURCHARD

Arbeitsgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie (Awip), Brandenburgische Technische Universität Cottbus – Senftenberg, Siemens-Halske-Ring 14, D-03046 Cottbus

Kurzfassung: Die unsystematische und nicht-partizipative Einführung technischer Innovationen ist aus allgemein arbeitswissenschaftlicher Sicht kein geeignetes Vorgehen. Vielmehr muss eine Systematik durch entsprechende Ressourcen auf Seiten der Mitarbeiter, Organisation und Technik/Technologie sichergestellt werden. Das Projekt „PerspektiveArbeit Lausitz“ (PAL) hat sich in diesem Zusammenhang in einem Arbeitspaket zum Ziel gesetzt, Anwendungserfahrungen und im Projekt durchgeführte Forschung als spezifisches Bewertungskonzept für KI-Implementationen zu generalisieren und zu bündeln sowie für Anwender innerhalb und außerhalb des Projektes nutzbar zu machen. Bündeln lassen sich diese angesprochenen Bausteine in Form einer komplexen Methode, welche wiederum als Leitfaden oder Toolbox dargeboten werden kann. Damit die Umsetzung in der Praxis nachvollziehbar ist und angewandt werden kann, muss sie jedoch gewissen Kriterien genügen, wie z. B. Nachvollziehbarkeit, Transparenz und Handhabbarkeit für die Zielgruppe. Der Beitrag stellt daher einen Ansatz vor, wie ein solches Konzept aufgebaut werden kann und welchen Kriterien es genügen sollte.

Schlüsselwörter: Arbeitsgestaltung, Künstliche Intelligenz, Bewertungskonzept, Leitfaden

1. Theoretischer Hintergrund

Damit ein handelnder Mensch bestmöglich durch die Technik unterstützt wird, und diese ein angemessenes Werkzeug für ihn ist, sind einige wichtige Grundlagen zu beachten. So soll die Benutzung der Technik zielführend, einfach und beeinträchtigungsfrei sein sowie das Aufkommen von möglichem Technikstress (Hoppe 2009) verhindern. Aus der Forschung speziell zum Technikstress sind einige Empfehlungen abgeleitet. So wird gefordert, nutzergerechte Funktionalität anzubieten, also die Technik nicht mit unnötigen Funktionen zu überfrachten (ebd., S. 131). Unnötige Komplexität soll vermieden und die hauptsächlichen Nutzungsmöglichkeiten deutlich gemacht werden (ebd., S. 132). Dies sind z. B. die Aufgabenangemessenheit, also die bestmögliche Unterstützung bei der Erledigung definierter Aufgaben, die Selbstbeschreibungsfähigkeit, bei der angemessene Informationen über das System und dessen Nutzung einfach zugänglich sind. Zudem ist auch Erwartungskonformität von Bedeutung, dass Systemverhalten sollte also vorhersehbar anhand allgemein anerkannter Konventionen sein. Nutzer haben in der Regel mentale Modelle aufgebaut, die sich an typischen, bisher genutzten Software-Anwendungen orientieren, was bei neuer Technik einbezogen und beachtet werden sollte. Psychische Fehlbelastungen

sollen ebenfalls verhindern werden, indem durch die Nutzung digitaler Technik keine kontinuierlichen zeitlichen Zwänge entstehen oder Entscheidungsspielräume beschnitten werden. Beides kann sonst die Entwicklung psychischer Fehlbeanspruchung (wie z. B. Ermüdung oder Sättigung, vgl. DIN EN ISO 10075-2:2023, S. 15) begünstigen. In diesem Zusammenhang soll folgend die Menschgerechtigkeit auf verschiedenen Ebenen bewertet werden.

2. Menschgerechte Gestaltung von Arbeit

In neueren Ansätzen werden für die Bewertung von Arbeitsgestaltung fünf Ebenen herangezogen. Eine relativ neue Eben bezieht *Sozialverträglichkeit der Arbeit/Beteiligung der Arbeitenden an der Gestaltung* (Abbildung 1) ein, welche die Partizipation durch Beteiligung beschreibt.

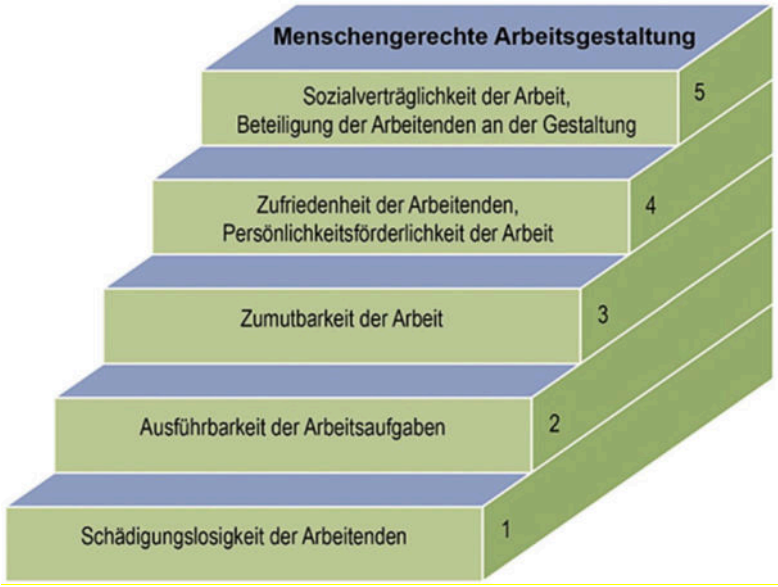


***Abbildung 1**: Arbeitswissenschaftliche Bewertungsebenen, Quelle: Zink et al. 2021, S.195.*

Diese fünf arbeitswissenschaftlichen Bewertungsebenen, welche folgend einzeln betrachtet werden, können für jeden beliebigen Arbeitsplatz innerhalb einer Wertschöpfungskette über Ländergrenzen hinweg zur Bewertung von Arbeitstätigkeiten herangezogen werden (vgl. Zink et al. 2021, S.196).

2.1 Schädigungslosigkeit

Das erste Kriterium lautet: Arbeit muss schädigungslos und erträglich sein. Das setzt voraus, dass keine physiologischen Prinzipien verletzt werden. Dies ist auch unter dem Gesichtspunkt der Langfristigkeit zu sehen. Die Arbeit darf nicht nur einmalig oder kurzfristig ausführbar sein, sondern muss mehrmalig über ein ganzes Arbeitsleben hinweg ohne Gesundheitsschäden wiederholt werden können. Hier spielen vor allem die Arbeitsdauer, die Arbeitsschwere und auch die Umgebungsbedingungen (z. B. Lärm, Klima) eine Rolle (vgl. Zink et al. 2021, S.195).

Im Hinblick auf das PAL-Projekt ist in diesem Zusammenhang z. B. darauf zu achten, dass die Arbeitstätigkeit mit der KI-Lösung langfristig betrachtet zu keinen Schädigungen der physischen oder psychischen Gesundheit führen.

2.2 Ausführbarkeit

Arbeitsaufgaben, vor allem Operationen mit Werkzeugen und Maschinen, müssen ausführbar sein. Der Spielraum wird festgelegt durch die menschliche Biomechanik zum einen und die mentale Kapazität der Arbeitsperson zum anderen. Die individuellen Leistungsvoraussetzungen müssen berücksichtigt werden. Konkret bedeutet dies z. B. die Erreichbarkeit von Stellteilen, die Verständlichkeit von Informationen oder die Möglichkeit, ausreichend Kraft zur Ausführung einer Tätigkeit aufzubringen (vgl. Zink et al. 2021, S.195-196).

Im Rahmen des PAL-Projektes sollte hierbei u. a. berücksichtigt werden, dass die Arbeitstätigkeit mit der KI-Lösung ausführbar bleiben muss, d. h. die KI-Lösung darf nicht zur Verhinderung des Arbeitszieles führen. Bei physischen Unterstützungssystemen mit KI-Integration muss zudem geprüft werden, inwieweit diese Gefahren verursachen können. Dies spielt vor allem in der Mensch-Roboter-Kollaboration sowie bei körpernahen physischen Unterstützungssystemen, wie z. B. bei Exoskeletten, eine elementare Rolle.

2.3 Zumutbarkeit/Beeinträchtigungsfreiheit

Die Frage der Zumutbarkeit hängt von den individuellen Erwartungen und Präferenzen ab. Das persönliche Erleben steht dabei jedoch in Beziehung zum kulturellen Umfeld und eventuell vorhandener Erfahrung. Zumutbare Arbeit soll nach diesem Kriterium dem Einzelnen einen Handlungsspielraum, bezogen auf die Gestaltung der Arbeitsaufgaben und der Arbeitsumgebung, einräumen (vgl. Zink et al. 2021, S.196).

Dies wird im Rahmen von PAL auf mehreren Ebenen untersucht. Dies umfasst z. B. die Vermeidung unerwünschter arbeitsbedingter Beanspruchungsfolgen, wie psychische Ermüdung, Monotonie, psychische Sättigung und Stress (DIN EN ISO 10075-1:2018). Weiterhin lässt sich eine angemessene Gestaltung durch Beachtung softwareergonomischer Grundkriterien (DIN 9241-110:2020) unterstützen. Idealerweise mündet die Gestaltung in einer durch den Anwender als nützlich empfundenen und akzeptierten Technik, wie dies z. B. in Ansätzen im Technikakzeptanzmodell TAM (Venkatesh & Davies 2000) festgehalten ist.

2.4 Zufriedenheit/Persönlichkeitsförderlichkeit

Arbeit soll bei den Arbeitenden Zufriedenheit auslösen und persönlichkeitsfördernd sein. Bei der Gestaltung von Arbeit kann dieses nur durch die Umsetzung der Erkenntnisse der Arbeitspsychologie und durch Berücksichtigung des kulturellen Umfelds erreicht werden. Möglichkeiten der persönlichen Gestaltung der Arbeit, Anerkennung, Motivation, Entlohnung, Führungsverhalten der Vorgesetzten etc. spielen eine Rolle (vgl. Zink et al. 2021, S.196).

Im Kontext von PAL ist z. B. zu berücksichtigen, dass die für die Nutzung des KI-Systems nötigen Kompetenzen und Qualifikationen sichergestellt werden (ggf. durch Weiterbildung). Das System gestattet es, sich auch während der Tätigkeit mit ihm weiterzuentwickeln und Neues zu lernen. Zudem sollen hierbei durch gute Gestaltung der technischen Neuerung positive Folgen eintreten, wie z. B. Lern- und Übungseffekte und längerfristig die persönliche Kompetenzentwicklung.

2.5 Sozialverträglichkeit der Arbeit/Beteiligung der Arbeitenden an der Gestaltung

Sozialverträglichkeit bedeutet, dass die Arbeitenden an der Gestaltung der Arbeit, bezogen auf die kooperative Organisation der Produktion oder Dienstleistung, beteiligt werden. Besonders die unter dem Stichwort „Gruppenarbeit“ bekannten Arbeitsstrukturen erfüllen dieses Kriterium, da hier alle an dem Produktionsprozess Beteiligten aktiv in den Arbeitsgestaltungsprozess mit einbezogen werden (vgl. Zink et al. 2021, S.196).

Generell ist seitens der Mitarbeiter insbesondere auf Partizipation durch Beteiligung, Maßnahmen der Sensibilisierung, Information und des Mitnehmens zu achten, um mögliche Befürchtungen oder Widerstände seitens der Belegschaft möglichst zu vermeiden bzw. frühzeitig im Rahmen des Transformationsprozesses abzubauen Dies kann durch verständliche und umsetzbare Handreichungen, angemessene Beteiligung und Einbringen von Erfahrungen erfolgen. Auf der organisationalen Ebene sollten z. B. neue Ansprechpartner, Helpdesks oder Schulungen und Weiterbildungen zur Verfügung gestellt werden.

3. KI-Implementation in Unternehmen

Eine wichtige Aufgabe in arbeitswissenschaftlichen Projekten besteht in der Begleitung der Einführung neuer Technik in verschiedenen Arbeitssystemen. Um die Aufgaben an jenen Arbeitssystemen erfüllen zu können, müssen Informationen zielgerichtet verarbeitet werden. Beachtenswerte Zielgrößen sind dahingehend die Effektivität, die Effizienz und die Zufriedenheit, ohne Gefährdung der Sicherheit und ohne den Menschen zu unter- oder zu überfordern (DIN EN ISO 9241-110:2020-10). Ein besonderes Augenmerk liegt daher insbesondere auf der Gestaltung der Benutzeroberfläche und der Vermeidung von Technikstress.

3.1 Ganzheitliche Tätigkeitsgestaltung

Störende Einflüsse durch fehlerhafte oder nicht ergonomisch gestaltete Interaktionssysteme belasten das Individuum stärker und haben einen direkten sowie indirekten Einfluss auf die Leistung der arbeitenden Person. Das bedeutet, dass sich, neben der grundsätzlichen Vermeidung von gesundheitlichen Beeinträchtigungen, über eine höhere Nutzungsqualität auch eine geringere psychische Belastung ergibt. (DIN EN ISO 9241-1:2002-02, S. 4) Die diesbezüglich adäquaten Normen geben Auskunft zu den Interaktionsprinzipien, welche für die Gestaltung und Bewertung jener Systeme grundlegend zu beachten und somit wichtig sind. Dies bezieht sich z. B. auf grundlegende Fragestellungen (vgl. DIN EN ISO 9241-110:2020-10) und bereits in Hoppe et al. (2023) dargestellt wurden.

Ansatzpunkte für Digitalisierung und KI-Einsatz finden sich, indem diese Prozesse in Richtung verringertem Einsatz analoger Ressourcen, unter Berücksichtigung der zuvor dargelegten Fragestellungen, weiterentwickelt werden. Dabei werden jedoch zahlreiche Aspekte des bisherigen Arbeitssystems verändert: die Anforderungsvielfalt könnte möglicherweise sinken, so dass die eigene Tätigkeit als ein bloßes Abarbeiten von vorgegebenen Checklistenpunkten ohne eigenen Entscheidungsspielraum wahrgenommen wird. In PAL wird daher in arbeitswissenschaftlichen Untersuchungen unter frühzeitigem Einbezug der Beschäftigten an einer adäquaten Lösung gearbeitet. Grundsatz ist hier, mögliche Neben- und Fernwirkungen einer Umgestal-

tungsmaßnahme zu berücksichtigen, um wünschenswerte Tätigkeitsanforderungen möglichst zu erhalten, während belastende Anteile minimiert werden sollen.

Die Handlungsempfehlungen zur Technikstressvermeidung bilden hierbei zusätzlich eine wichtige Basis für die Gestaltung. So soll eine möglichst nutzergerechte Funktionsvielfalt gewährleistet sein (Hoppe 2009, S. 129). Dies beinhaltet, dass die Technik möglichst ihren Einsatzzweck und ihre Hauptfunktionen übersichtlich deutlich macht und nicht überfordert.

Im Rahmen ganzheitlicher Tätigkeitsgestaltung spielt auch die Kompetenzentwicklung bei den Beschäftigten eine wichtige Rolle. Zur Belastungsminimierung gehört es hierbei ebenso, die Kompetenzen im Umgang mit den Systemen weiterzuentwickeln, deren Möglichkeiten und Grenzen zu kennen, um sie bestmöglich einsetzen zu können. Der direkt wahrgenommene Nutzen sowie die entsprechend angepassten und weiterentwickelten Kompetenzen der Beschäftigten spielen eine entscheidende Rolle, welche die Akzeptanz der neuen Technik positiv beeinflusst.

3.2 Unterstützende Methoden zur systematischen KI-Einführung

Im siebten Arbeitspaket des PAL-Projektes soll u. a. ein „Bewertungskonzept für menschgerechte KI-Lösung“ entwickelt werden, welches Erhebungsinstrumente und validierte Bewertungsmaßstäbe zur Prognose von Belastungspotentialen, Beanspruchungswirkung, möglichen Qualifikationsbedarfen, Arbeitszufriedenheit, Motivation sowie Akzeptanz bereitstellt. Die notwendigen Ausgangsdaten hierfür kommen aus abgeschlossenen und validierten Schwerpunktprojekten sowie ersten Erkenntnissen zum Einfluss der entwickelten, eingesetzten und analysierten KI-Systeme auf Mensch und Arbeit im PAL-Projekt. An dieser Stelle sollen lediglich einzelne Beispiele genannt werden, da eine allumfassende Beschreibung über den Rahmen dieses Überblicksartikels hinausgehen würde.

Technikstress kann mit Hilfe der Kriterien von Hoppe (2009) gemessen und gewährleistet werden. Es bieten sich Ansätze, dies in ein standardisiertes Vorgehen in Richtung digitaler Technik/KI weiterzuentwickeln. Ebenso kann die Technologieakzeptanzskala (DTAS) nach Schorr (2020) ein Ansatzpunkt für Weiterentwicklungen sein.

Die Grundprüfung digitaler Systeme hinsichtlich Softwareergonomie ist ebenfalls bedeutsam, weil ansonsten die Gefahr besteht, dass die Ausführbarkeit der Tätigkeit nicht gegeben ist oder Stress wegen unpassender Arbeitsmittel und –prozesse entsteht. In diesem Kontext kann z. B. die in 2020 überarbeitete DIN 9241-110 eingesetzt werden. Weiterentwicklungen sollen speziell auf den KI-Einsatz fokussieren.

Werden durch KI-System konkrete Lösungs- oder Handlungsvorschläge generiert, sollten diese Nachvollziehbar sein, was im Projektrahmen als „KI-Transparenz“ bezeichnet wird. Ansonsten kann durch den Nutzer nicht nachvollzogen werden, auf welche Art und Weise und aus welchen Datengrundlagen die Vorschläge generiert wurden. Dies bedeutet, dass die genutzten Datengrundlagen und Verknüpfungsregeln auf Anforderung der Beschäftigten mit vertretbarem Aufwand zu erlangen sind und nachvollziehbar dargestellt werden. Ein möglicher Ansatzpunkt besteht hierbei in der gezielten Erweiterung bereits vorhandener Systeme gezielt durch eine Skala zur „Systemtransparenz“. Mit dieser kann abgestuft die Nachvollziehbarkeit der Lösungsfindung durch ein KI-System bewertet werden. Auch dieses Instrumentarium bedarf schließlich einer umfassenden Evaluation im Rahmen des PAL-Projektes. Mangelnde Systemtransparenz kann ansonsten die Ausführbarkeit der Tätigkeit gefährden und das Aufkommen von Stress begünstigen.

Weiterhin sollten die Auswirkungen der organisationalen Einbindung der Tätigkeit untersucht werden, da diese Einfluss auf Kommunikations- und Austauschbeziehungen, auf das Verhältnis von Vorgesetztem und Mitarbeitern als auch auf das Teamgefüge und die Motivation des Einzelnen haben können. Hierzu soll z. B. eine, auf Anregungen aus dem Expertenverfahren KPB (Sandrock, Stahn 2017) basierende Checkliste zur Messung eingesetzt werden.

In Bezug auf Arbeitszufriedenheit, Motivation oder allgemeiner Akzeptanz sollen mit Ansatzpunkten aus dem Technologieakzeptanzmodells, der der Kurzskala Technikbereitschaft (Neyer et al. 2016), sowie der Technologieakzeptanzskala von Schorr (2020) erweiterte Möglichkeiten gefunden werden, speziell hinsichtlich KI-Einsatz Bewertungslösungen zu erstellen.

4. Literatur

Bakker, A., Demerouti, E. (2007). The Job Demands-Resources model: State of the art. In: Journal of Managerial Psychology, 22 (3), S. 309 - 328.

Dviwedi, R., Devam Dave, H., Singhal, S., Omer, R., Patel, P. et al. (2023): Explainable AI (XAI): Core Ideas, Techniques, an Solutions. In: ACM Comput. Surv. 55, 9, Article 194.

DIN EN ISO 10075-1:2018. Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung - Teil 1: Allgemeine Aspekte und Konzepte und Begriffe. Berlin: Beuth.

DIN EN ISO 10075-2:2024. Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung - Teil 2: Gestaltungsgrundsätze. Berlin: Beuth.

DIN EN ISO 9241-110:2020. Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 110: Interaktionsprinzipien. Berlin: Beuth.

Hoppe, A. (2009). Technikstress – Theoretische Grundlagen, Praxisuntersuchungen und Handlungsregularien. Habilitationsschrift. Aachen: Shaker Verlag.

Hoppe, A., Ganßauge, R., Ezzeldin, A., Reßut, N., Kockrow, R. (2023). Entwicklung von Vorgehensweisen zur Unterstützung von Lernprozessen und zur menschengerechten Arbeitsgestaltung bei Tätigkeiten mit digitalen Arbeitsmitteln. In: Nachhaltig Arbeiten und Lernen – Analyse und Gestaltung lernförderlicher und nachhaltiger Arbeitssysteme und Arbeits- und Lernprozesse, 69. GfA-Frühjahrskongress 2023, Hannover 01.03.-03.03.2023, S. 231 – 236. St. Augustin: GfA Press.

Neyer, F., Felber, J., Gebhardt, C. (2016). Kurzskala Technikbereitschaft. In: Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen (ZIS). https://doi.org/10.6102/zis244.

Reßut, N. (2021). Das Lidschlagverhalten als Indikator psychischer Belastung. Dissertationsschrift. Wiesbaden: Springer.

Sandrock, S.; Stahn, C. (2017). KPB – Kompaktverfahren Psychische Belastung. Werkzeug zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung, 2. Auflage, ifaa (Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V.) (Hrsg.), Springer Berlin.

Schlick, C., Bruder, R., Luczack, H. (2018). Arbeitswissenschaft. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg

Schorr, A. (2020): Skala zur Erfassung der Digitalen Technologieakzeptanz – Weiterentwicklung zum testtheoretisch geprüften Instrument, in: Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch?, GfA, Dortmund (Hrsg.) Frühjahrskongress 2020, Berlin.

Venkatesh, V., Davis, F. (2000): A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. In: Management science, 46 (2), S. 186–204.

Zink, K.J.; Schmauder, M.; Bengler, K. (2021): Konsequenzen der Globalisierung für die Arbeitswissenschaft. Ein Zwischenfazit. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, Volume 75, S. 193-200.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Digitalisierung – Herausforderungen und Potentiale für die berufliche Aus- und Weiterbildung: Status Quo

Matthias BECKER[1], Simon HEINEN[2], Mattia MÜLLER[3], Viven SCHWARZ[4], Georg SPÖTTL[5], Lars WINDELBAND[6]

[1] Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik, Universität Hannover, Appelstraße 9, D-30167 Hannover
[2] Goldenberg Europakolleg, Berufskolleg für Technik, Chemie und Gestaltung des Rhein-Erft-Kreises, Duffesbachstraße 7, D-50354 Hürth
[3] Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen University, Eilfschornsteinstraße 18, D-52062 Aachen
[4] AgenturQ, Stuttgart, Lindenspürstraße 32, D-70176 Stuttgart
[5] Zentrum für Technik, Arbeit und Berufsbildung, Universität Bremen, Universitätsallee 11-13, D-28359 Bremen
[6] Institut für Berufspädagogik und Allgemeine Pädagogik (IBAP), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Hertzstr. 16, D-76187 Karlsruhe

Kurzfassung: Im Zuge der Digitalisierung verändern sich Arbeits- und Geschäftsprozesse. Aus den digitalisierungsbedingten Veränderungen ergeben sich umfangreiche Auswirkungen auf die Qualifizierungsanforderungen von Fachkräften. Die berufliche Aus- und Weiterbildung ist in besonderem Maße von den digitalisierungsbedingten Veränderungen betroffen und muss auf vielfältig neue Anforderungen reagieren. Zum einen nimmt der Bedarf an qualifizierten Fachkräften mit fachspezifischen und überfachlichen digitalen Kompetenzen zu. Zum anderen ergeben sich umfangreiche Potentiale durch den Einsatz digitaler Anwendungen in der Bildungsarbeit.

Schlüsselwörter: Digitalisierung, Aus- und Weiterbildung, digitale Kompetenzen, Berufsbilder, Lernen in einer digitalen Welt

1. Digitaler Wandel in der Arbeitswelt und Herausforderungen für die berufliche Aus- und Weiterbildung (Windelband)

Die Auswirkungen der digitalen Transformation auf die Arbeitswelt sind weitreichend. Automatisierung, Künstliche Intelligenz und eine immer stärkere Vernetzung der Arbeits- und Geschäftsprozesse verändern nicht nur die Art und Weise, wie Produkte hergestellt und Dienstleistungen erbracht werden, sondern auch die Anforderungen für die Beschäftigten auf der Shop-floor-Ebene. Die Konsequenzen für die berufliche Bildung von der Gestaltung der Berufsbilder, Veränderungen in den Weiterbildungsangeboten bis hin zum Einsatz von neuen digitalisierten Lernsystemen sind massiv. Dabei werden Flexibilität, Anpassungsfähigkeit und lebenslanges Lernen immer mehr zu den Schlüsselqualifikationen für die Beschäftigungsfähigkeit in einer digitalen Arbeitswelt (vgl. AgenturQ 2021).

Gleichzeitig sind berufs- und fachspezifische Kompetenzen gefordert, die zugleich breiter und tiefer und auch spezifischer angelegt sein müssen als bisher. Die darin liegende Widersprüchlichkeit muss durch gründliche Analysen der beruflichen Arbeit aufgeklärt und durch passende Berufe, Ausbildungskonzepte und Weiterbildung aufgelöst werden.

2. Veränderungen in den M+E Berufen durch die digitale Transformation (Becker/Spöttl)

Während sich in der Metall- und Elektroindustrie in Folge der Wirkung der Digitalisierungsveränderungen Erwerbsberufe entwickelt haben, die metalltechnische, informationstechnische und elektrotechnische Kompetenzen mit klarem Bezug auf die Produktions- und Dienstleistungsprozesse vereinen, ist die Aus- und Weiterbildung doch eher tradierten Ausbildungsmustern und -konzepten verhaftet. Ausbildungsberufe sind und werden immer noch von den Disziplinen „Metalltechnik, Elektrotechnik und Informationstechnik“ her gedacht – selbst beim etablierten Ausbildungsberuf Mechatroniker*in. Es wird versucht, den neuen Herausforderungen durch optionale Zusatzqualifikationen (M+E-Berufe), die Schaffung neuer Fachrichtungen (z. B. Digitale Vernetzung oder Daten und Prozessanalyse bei Fachinformatiker*innen) oder durch Ergänzungen im Bereich der Weiterbildung (Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten) zu begegnen. Jeweils disziplinäre Ausbildungsinhalte werden durch Inhalte anderer Disziplinen ergänzt. In der Umsetzung ist dies kaum oder gar nicht durch das Bildungspersonal und von den Auszubildenden zu bewältigen.

In den vergangenen Neuordnungsnovellen gab es daher stets eine Neuausrichtung der Ausbildung – zunächst auf den Bereich der Handlungsorientierung, später dann auf die Arbeits- und Geschäftsprozesse, begleitet von Tendenzen, umfassendere aber generalisiertere Kompetenzen in den Ordnungsmitteln zu beschreiben (EVA M+E 2022, S. 99 f. und Tabelle 1). Aktuell wird die Notwendigkeit einer weiteren Neuausrichtung der Ausbildung in den M+E-Berufen sichtbar, die in Tabelle 1 in der dritten Spalte beschrieben ist. Kern der notwendigen Veränderung ist ein neues Verständnis von Grundbildung und Fachbildung als berufsqualifizierende Qualifikation für betriebliche Aufgaben, die zugleich gesellschaftliche Veränderungen zum Selbstverständnis von Berufsbildung und Beruflichkeit mit aufnimmt (vgl. Becker et al. 2023). Digitalisierung wird dabei als Querschnittskompetenz bei einem Kernberuf „Industriemechatroniker*in“ verstanden, die nicht als eigenständige Qualifikation, sondern integriert und auf die veränderten betrieblichen Aufgaben ausgerichtet erscheint und ebenso ausgebildet werden muss.

Strukturell betrachtet ist so eine Veränderung der Ausbildung durch eine Ausrichtung auf relevante berufliche Handlungsfelder (Instandhaltungsaufgaben, Fertigungsaufgaben, Produktionsaufgaben und Aufgaben des Erstellens von Konstruktionen), in denen Digitalisierungsinhalte enthalten sind, in der M+E-Industrie notwendig.

Tabelle 1: *Veränderungen in den Ausbildungsphilosophien.*

1987/89	2003/04	2025
Verlängerung der Ausbildungszeit auf 3 ½ Jahre 12 Wochen Berufsschulunterricht	2018: optionale kodifizierte Zusatzqualifikationen	Konzentration (und Beschränkung) auf beschäftigungsrelevante und beherrschbare Handlungsfelder der M+E-Industrie

1987/89	2003/04	2025
Reduktion der Berufe (Zusammenlegungen/ Spezialisierung)	Industrielle Kernberufe (Berufsfeldbreit)	Kernberuf Industriemechatroniker für die industriellen Handlungsfelder der M+E-Industrie
Handlungsorientierung	+ Geschäfts- und Arbeitsprozessorientierung	Handlungsorientierung+ Kompetenzorientierung+ Prozessorientierung mit Bezug zu Handlungsfeldern; Systemische, holistische und zirkuläre Orientierung
Berufsfeldbreite Grundbildung im 1. Ausbildungsjahr; Berufsübergreifende Fachbildung im 2. Ausbildungsjahr; Fachrichtungsspezifische Fachbildung ab dem 3. Ausbildungsjahr	Kernqualifikationen Fachqualifikationen (über die gesamte Ausbildungszeit)	Handlungsfeldübergreifende, mechatronisch geprägte Kernqualifikationen über die gesamte Ausbildungszeit; Handlungsfeldbezogene (mechatronische) Fachqualifikationen (ab dem 2. Ausbildungsjahr)
Fachrichtungen	Einsatzgebiete (zu Ausbildungsbeginn festgelegt)	Handlungsfelder (im Ausbildungsverlauf nach dem 1. Ausbildungsjahr festgelegt)
Technologieorientierung	Disziplinäre Prozessorientierung	Systemische, holistische, zirkuläre und anlagenbezogene Prozessorientierung
Praxis: Betrieb (Fertigkeiten +Kenntnisse) Theorie: Berufsschule	Zeitrahmen	Verzahnung aller Lernorte über Berufsschule und Betrieb hinaus
Lerngebiete	Berufsfeldbreite Lernfelder; Berufsbezogene Lernfelder	kernberufsbezogene Lernfelder; handlungsfeldbezogene Lernfelder
Fertigkeiten und Kenntnisse	Kompetenzorientierung bei den Lernfeldern	Kompetenzorientierung auch im ARP
Fachrichtungsbezogene Prüfung (Fertigkeits- und Kenntnisprüfung)	Berufsbezogene gestreckte und integrierte Prüfung	Handlungsfeldbezogene gestreckte und integrierte Prüfung; Neu: Portfolio als gestreckte Prüfungsform

3. Organisationsstrukturen und Lernsituationen im Kontext der Förderung digitaler Kompetenzen in industriellen M+E Berufen in NRW (Müller)

Der Schwerpunkt geht der Frage nach, wie digitale Kompetenzen in der dualen beruflichen Ausbildung in Deutschland gefördert werden. Dabei werden Organisationsstrukturen und Lehr-Lernprozesse im Kontext der Förderung digitaler Kompetenzen an den Lernorten berufsbildende Schule und Betrieb in den Blick genommen. Dazu wurde die Perspektive von Lehrkräften an berufsbildenden Schulen und Ausbil–der*innen im Rahmen von leitfadengestützten Expert*innen-Interviews erhoben (Kruse 2015; Kühl et al. 2009; Meuser & Nagel 2005). Der Fokus liegt dabei auf den Berufs–gruppen der industriellen Metall- und Elektroberufe in Nordrhein-Westfalen.

Die Interviewstudie wurde im Zeitraum von Oktober bis November 2022 mit insgesamt 23 Befragten in 16 Interviews durchgeführt und mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz und Rädiker ausgewertet (Kuckartz & Rädiker 2022).

Es hat sich gezeigt, dass in den letzten Jahren und insbesondere während der Covid-19-Pandemie das Thema der Förderung digitaler Kompetenzen für die beiden Lernorte Berufsschule und Betrieb in den Fokus gerückt ist. In den berufsbildenden Schulen wurden digitale Anwendungen in der Schulorganisation etabliert und auch die allgemeine und fachspezifische digitale Ausstattung in den berufsbildenden Schulen und Betrieben wurde erweitert. Mit Blick auf hemmende und fördernde Faktoren bei der Förderung digitaler Kompetenzen können für die berufsbildenden Schulen und Betriebe als wesentlicher Faktor die zeitlichen Ressourcen genannt werden. Sowohl die Lehrkräfte der berufsbildenden Schulen als auch die Ausbilder*innen begründen eine Vielzahl von Herausforderungen mit Zeitmangel. Umgekehrt wird deutlich, dass viele Initiativen zur Förderung digitaler Kompetenzen, vor allem mit fachspezifischem Bezug, nur deshalb umgesetzt werden können, weil Lehrer*innen bzw. Ausbilder*innen diese teilweise in ihre Freizeit verlagern. Die unzureichende Betreuung der IT-Infrastruktur (inkl. WLAN), das Lizenzmanagement sowie die Hardwarebeschaffung können insbesondere für berufsbildende Schulen als weitere große Herausforderungen genannt werden. Auch die Strukturen und die Qualität der Weiterbildungsangebote im Kontext der Digitalisierung werden von den Berufsschullehrer*innen kritisch gesehen.

Der Beitrag schließt mit einigen aus der Studie abgeleiteten Gestaltungsempfehlungen, um den genannten Herausforderungen zu begegnen.

4. Veränderungen in den Lernprozessen aus der Perspektive Berufskolleg (Heinen)

Im Juli 2024 wurde an einem Berufskolleg eine Befragung von 53 Lehrkräften und 368 Lernenden aus verschiedenen Bildungsgängen der Schule zum Thema „Wie lernen wir an der Schule?“ durchgeführt (GEK 2024). Ziele der Befragung waren eine schulspezifische Erhebung des Ist-Zustandes in der Unterrichtsqualität und der Lernbedingungen. In diesem Kapitel werden ausgewählte Ergebnisse der Befragung als Reflexionsanlass für die Herausforderungen und Chancen der Digitalisierung bei der Gestaltung von Lernprozessen genommen und mögliche Gelingensbedingungen zur Förderung digitaler Kompetenzen aufgezeigt.

Als besonders relevant für eine hohe Unterrichtsqualität und gute Lernbedingungen wurden von den Lernenden wie auch Lehrenden u. a. herausgestellt: Optimale Nutzbarkeit der digitalen Infrastruktur (stabiler WLAN-Zugang, Verfügbarkeit digitaler Endgeräte, Einsatz digitaler Medien), aktive Anwendung von Wissen in praktischen Zusammenhängen, Arbeiten in offenen, projektbasierten Lernformen, Alltags- bzw. Praxisbezug in Lernszenarien.

Eine gut ausgebaute, kontinuierlich gepflegte IT-Infrastruktur ist eine Grundvoraussetzung für die Gestaltung digitaler Lernprozesse im Berufskolleg. Denn digitale Anwendungsprogramme und Medien bieten als Lernträger wie auch als Lernwerkzeuge breitgefächerte Möglichkeiten, auf gut strukturiertes Wissen zuzugreifen, z. B. über Remote Systeme, VR/AR-Anwendungen, digitale Wikis und KI-Systeme oder digitale Handbücher. Lehrkräfte fungieren zunehmend als Lernbegleiter/Coaches, um die Lernenden dabei zu unterstützen, z. B. berufliche Aufgabenstellungen zu analysieren, zu strukturieren, das notwendige Wissen zielgerichtet zur Problemlösung auszuwählen,

verfügbar zu machen und anzuwenden oder die Lösungen zu reflektieren und in diesem Kontext digitale Schlüsselkompetenzen zu entwickeln (u. a. MSB 2021). Eine besondere Herausforderung besteht hierbei darin, wie Künstliche Intelligenz als Werkzeug bei der Gestaltung der Lernprozesse durch die Lehrkräfte und beim Lernen als generatives Assistenzsystem gezielt eingesetzt werden kann. Didaktisch-methodisch gewinnen hierbei selbstorganisierte, offene Lernformen und projektorientiertes Arbeiten weiter an Bedeutung und haben die Etablierung alternativer Prüfungsformate wie Präsentationsprüfungen zur Folge.

In diesem Kontext stehen Berufskollegs vor der Herausforderung, die Lernprozesse auf durch die Digitalisierung veränderte berufliche Tätigkeiten auszurichten und diese für die Unterrichtsgestaltung didaktisch aufzubereiten. Erforderlich ist hierbei der strukturelle Ausbau von Angeboten an auf Berufskollegs zugeschnittenen, niederschwellig nutzbaren und finanzierbaren Lernsystemen (z. B. Lernfabriken, betriebliche Anwendungsprogramme), Fortbildungsangeboten sowie eine Stärkung der Vernetzung von Schulen untereinander.

5. Herausforderungen und Potentiale für die berufliche Weiterbildung durch die Digitalisierung – Future Skills Studie (Schwarz)

Die Future Skills Studie 2030 untersucht die zukünftigen Kompetenzanforderungen in der Arbeitswelt mit besonderem Fokus auf die Metall- und Elektroindustrie in Baden-Württemberg. Ziel der Studie ist es, Unternehmen und Beschäftigte auf die Herausforderungen des digitalen und technologischen Wandels vorzubereiten und konkrete Handlungsempfehlungen für die Entwicklung notwendiger Zukunfts-kompetenzen zu geben.

Im Kern analysiert die Studie die Auswirkungen von Megatrends wie Digitalisierung, Automatisierung und Nachhaltigkeit auf berufliche Anforderungen. Dabei werden zentrale Kompetenzen identifiziert, die bis 2030 an Bedeutung gewinnen werden. Zu den Future Skills Clustern gehören:

- Kompetenzen im Bereich Technologie und Digitalisierung
- Industrielle Kompetenzen
- Überfachliche Kompetenzen
- Kompetenzen zur Sicherstellung zentraler Geschäftsprozesse

Die Studie kombiniert wissenschaftliche Analysen mit praktischen Ansätzen und bietet Unternehmen fundierte Einblicke, wie sie ihre Weiterbildungsstrategien und Organisationsstrukturen anpassen können. Dabei betont sie die Bedeutung von lebenslangem Lernen und der Weiterqualifizierung von Mitarbeitenden, um die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zu sichern.

Ein weiteres wichtiges Ergebnis der Studie ist die Erkenntnis, dass die Entwicklung von Future Skills nicht isoliert betrachtet werden kann. Vielmehr ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Unternehmen, Bildungsinstitutionen und politischen Akteuren notwendig, um nachhaltige Qualifizierungsstrategien zu etablieren.

Im Rahmen des Vortrags werden die wesentlichen Ergebnisse der Future Skills Studie 2030 präsentiert und aufgezeigt, wie diese Erkenntnisse auf die spezifischen Bedürfnisse und Herausforderungen der Industrie angewendet werden können. Ziel ist es, einen gemeinsamen Dialog darüber zu starten, wie wir heute die Weichen für die Arbeitswelt von morgen stellen können.

6. Zusammenfassung

Für die berufliche Aus- und Weiterbildung lassen sich die folgende Handlungsfelder im Kontext der digitalen Transformation ableiten:

- Anpassung bestehender Curricula an die Bedarfe einer digitalisierten Arbeitswelt und die Etablierung neuer Ausbildungsberufe,
- Förderung digitaler Kompetenzen als Querschnittsaufgabe,
- Förderung von Digitalisierung als Gegenstand beruflicher Bildungsprozesse,
- Didaktisch begründete Integration digitaler Medien in Lehr-Lernprozesse.
- Implementierung digitaler Anwendungen zur Organisationsentwicklung,
- Netzwerke zur gemeinsamen Gestaltung/Nutzung digitaler Anwendungen.

Um diese Handlungsfelder zu adressieren, können die Haltung der beteiligten Akteure, die Ausstattung mit digitalen Anwendungen sowie die Entwicklung digitaler Kompetenzen des Bildungspersonals als notwendige (jedoch keineswegs hinreichende) Voraussetzung angesehen werden.

Klar ist, dass die beschriebenen Handlungsfelder nicht immer eine Neuerung darstellen, sondern die berufliche Aus- und Weiterbildung bereits seit einigen Jahren an deren Umsetzung arbeitet. Dennoch liegen nach wie vor umfangreiche Herausforderungen zu deren Bewältigung vor. Gegenstand des Workshops ist es, das vorhandene Bild zur digitalen Transformation der beruflichen Aus- und Weiterbildung zu schärfen sowie Problemfelder und Lösungsansätze aufzuzeigen und zu diskutieren.

7. Literatur

AgenturQ (2021) Future Skills: Welche Kompetenzen für den Standort Baden-Württemberg heute und in Zukunft erfolgskritisch sind. https://www.bw.igm.de/news/meldung.html?id=101055 (Zugriff am: 08.04.2024).

Becker M, Spöttl G, Windelband, L (2023) Beruflichkeit – nur ein Mythos? In: bwp@Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online, 45: 1–35.

EVA-M+E (2022) Evaluation der modernisierten M+E-Berufe – Herausforderungen der digitalisierten Arbeitswelt und Umsetzung in der Berufsbildung. Bremen, Hannover, Köln, Schwäbisch-Gmünd. DOI: 10.15488/11927.

GEK (2024) Arbeitsgruppe Unterrichtsentwicklung des Goldenberg Europakollegs. Befragung: Wie lernen wir an der Schule? Befragung der Lernenden und Lehrenden. Schulinternes Dokument.

Kruse J (2015) Qualitative Interviewforschung: Ein integrativer Ansatz (2. Aufl.). Beltz Juventa.

Kuckartz U, Rädiker S (2022) Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden (5. Auflage). Grundlagentexte Methoden. Beltz Juventa.

Kühl S, Strodtholz P, Taffertshofer A (2009) Qualitative und quantitative Methoden der Organisationsforschung – ein Überblick. In Kühl S, Strodtholz P, Taffertshofer A (Hrsg.) Handbuch Methoden der Organisationsforschung: Quantitative und Qualitative Methoden. Verl. für Sozialwiss. / GWV Fachverl. https://doi.org/10.1007/978-3-531-91570-8_2.

Meuser M, Nagel U (2005) ExpertInneninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht Ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In Bogner A, Littig B, Menz, W (Hrsg.) Das Experteninterview: Theorie, Methode, Anwendung (2. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften.

MSB (2021) Handreichung zur Integration digitaler Schlüsselkompetenzen in die Berufliche Bildung. MSB Düsseldorf.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Gelingende Einführung von datenbasierten Assistenzsystemen

Gritt OTT[1], Sebastian ROCH[2], Robert ECKARDT[2]

[1] TU Dresden, CIMTT Zentrum für Produktionstechnik und Organisation, Helmholtzstraße 10, D-01062 Dresden
[2] Hochschule Mittweida - Fakultät Ingenieurwissenschaften, Institut InnArbeit – Zentrum für innovative Arbeitsplanung und Arbeitswissenschaft, Technikumplatz 17, D-09648 Mittweida

Kurzfassung: Fast täglich wird über neue KI-Lösungen berichtet. Erfolgsversprechende Einführungsstrategien stehen aber immer noch am Anfang. Im PAL-Projekt erfolgen mit Unternehmen in der Lausitz Forschungsarbeiten zur Einführung von datenbasierten Assistenzsystemen. Diese fokussieren eine menschzentrierte Einführungsstrategie und folgen methodisch der Aktionsforschung. Die Fallbeispiele werden hinsichtlich der Erfolgsfaktoren ausgewertet. Eine erste Zwischenauswertung bestätigt die besondere Relevanz partizipative Arbeitsformen, die bspw. durch Living Labs besonders gefördert werden kann. Thematisiert werden außerdem die kontinuierliche Unterstützung durch Schlüsselakteure im Unternehmen, die notwendige Interdisziplinarität und Breite der Akteure sowie die besondere Bedeutung der Datenverfügbarkeit und -zugänglichkeit.

Schlüsselwörter: datenbasierte Assistenzsysteme, menschzentrierte Einführungsprozesse, Erfolgsfaktoren

1. Motivation

Der Einsatz von KI (im vorliegenden Verständnis als datenbasierte Assistenzsysteme bezeichnet) findet derzeit große Aufmerksamkeit in zahlreichen nationalen und internationalen Publikationen. Seit der Einführung generativer KI mit Veröffentlichung von ChatGPT im Jahr 2022 wird fast täglich über neue KI-Lösungen berichtet. Eine genauere Analyse zeigt jedoch, dass der Fokus häufig auf generativer KI liegt, während es für Unternehmen nach wie vor herausfordernd ist, weitere relevante Anwendungsfälle, z. B. zur KI-unterstützten Datenauswertung, zu identifizieren. Zudem stellen die zu schaffenden Voraussetzungen und die erforderliche ganzheitliche Herangehensweise die Unternehmen vor große Herausforderungen.

Im Rahmen des Verbundforschungsprojekt PerspektiveArbeit Lausitz (PAL) wird eine systematische Herangehensweise entwickelt, die diese Herausforderungen aufgreift und die menschzentrierte Gestaltung datenbasierter Assistenzsysteme in den Fokus rückt. Die im Folgenden dargestellten vorläufigen Ergebnisse basieren auf 13 Fallbeispielen, die im Rahmen des Projektes in Unternehmen umgesetzt werden (Abbildung 1). Die thematische Clusterung der Fallbeispiele erfolgt dabei wie folgt:

- Einbeziehung von Mitarbeitererfahrungswissen bei der Datenmodellierung
- Aktivierung der Mitarbeitenden durch praxisnahe visualisierte Konzepte/ Entwürfe
- Dashboards zur Datenvisualisierung für unterschiedliche Einsatzzwecke
- Implementation von Retrieval-Augmented Generation (RAG)
- Dokumentations- und Projektmanagementsysteme unter Berücksichtigung der Bedürfnisse von Mitarbeitenden (und Unternehmen)

Tabelle 1: *Daten der Unternehmen in den Fallbeispielen.*

Branche	**Lokalisierung**	**Anzahl Beschäftigte**	**Branche**	**Lokalisierung**	**Anzahl Beschäftigte**
Produzierendes Unternehmen	Brandenburg	189	Produzierendes Unternehmen	Brandenburg	187
Produzierendes Unternehmen	Brandenburg	160	Produzierendes Unternehmen	Brandenburg	157
Produzierendes Unternehmen	Brandenburg	62	Produzierendes Unternehmen	Brandenburg	420
Produzierendes Unternehmen	Brandenburg	42	Produzierendes Unternehmen	Sachsen	137
Produzierendes Unternehmen	Sachsen	39	Produzierendes Unternehmen	Sachsen	220
Produzierendes Unternehmen	Sachsen	466	Produzierendes Unternehmen	Brandenburg	489
Handelsunternehmen	Brandenburg	6			

In den PAL-Projektunternehmen zeigen sich bisher kaum direkte Anwendungsmöglichkeiten für generative KI. Sprachmodelle finden in den Unternehmen dann Anwendung, wenn es darum geht, Erfahrungswissen und Handlungsanweisungen mittels RAG im täglichen Arbeitsprozess bereitzustellen. Stattdessen fokussieren die Unternehmen stark das Thema KI-unterstützte Dokumentation, Datenauswertungen und deren Umsetzung in zielgruppenspezifischen Dashboards. Die Herausforderungen besteht hierbei in folgenden Aspekten:

- digitale Verfügbarkeit aller erforderlichen Daten
- Zugriff und Zusammenführung von Daten aus unterschiedlicher Software
- Schaffung von Arbeitsweisen und Werkzeugen für eine systematische Erfassung der gewünschten Daten
- Kenntnis und Umsetzung der spezifischen Aufbereitungsanforderungen je Zielgruppe und Aufgabe

2. Konzept der Implementationsstrategie

In den Fallbeispielen wird anhand der in Gröllich et. al (2023) beschriebenen Vorgehensweise vorgegangen. Diese wurde als Modell konzipiert und wird im Rahmen der Bearbeitung der Fallbeispiele präzisiert, detailliert und validiert.

Die Forschenden treten nicht als passive Beobachter, sondern als Aktionsforscher auf, d. h. sie verknüpfen ihre Mitwirkung bei der konkreten Lösungsentwicklung in den Unternehmen mit wissenschaftlichem Erkenntnisgewinn. Das in



Abbildung **1** dargestellte Untersuchungsschema bildet die Basis zur Qualifizierung des Vorgehensmodells und zur Identifikation der Erfolgsfaktoren. Es ist vorgesehen, alle Fallbeispiele hinsichtlich der genannten Aspekte zu vergleichen und daraus Schlussfolgerungen sowie Empfehlungen für die ganzheitliche Einführungsstrategie abzuleiten.

3. Erste Erkenntnisse zu Einflussfaktoren

Im Laufe der bisher durchgeführten Arbeiten in den Fallbeispielen kristallisieren sich bereits mehrere Einflussfaktoren heraus, die für den Erfolg des Einführungsprozesses von großer Bedeutung sind. Diese werden im Folgenden kurz erläutert.



***Abbildung 1**: Untersuchungsschema mit Operationalisierungen.*

Es zeigt sich in den PAL-Unternehmen, dass vor einer KI-Implementierung zunächst Voraussetzungen hinsichtlich IT-Infrastruktur und Datenverfügbarkeit zu schaffen sind. Zu bewältigende Probleme sind unter anderem Zugriffsregelungen durch eine evtl. vorhandenen Group-IT bzw. die Zugriffsmöglichkeit auf eigene Daten in proprietärer Software. Auch bei bereits verfügbaren digitalen Daten ist häufig eine zusätzliche Datenvorbereitung bzw. -bereinigung erforderlich, bevor automatisierte Verarbeitungsprozesse möglich werden. Dies hat u. a. Konsequenzen für die Arbeitstätigkeiten, insb. in Bezug auf die notwendigen Dokumentations- oder Erfassungspflichten der einzelnen Beschäftigten. Weiteres zentrales Hindernis bei der Einführung KI-unterstützter Lösungen sind die fehlenden Bearbeitungskapazitäten, praktischen Erfahrungen und

fachspezifischen Kompetenzen in den Unternehmen. Dies reduziert aktuell die Chancen bei kleinen und mittleren Unternehmen, die erforderlichen Einführungsschritte eigenständig zu bewältigen.

Insgesamt ist zudem auch der Wissensstand der Arbeitsforschung und der Produktionstechnik zu den Einsatzbedingungen datenbasierter Assistenzsysteme im Wissenschaftsbereich noch gering, was sich auch in neuen Gestaltungsaspekten (z. B. Einbeziehung der Betriebsräte, Berücksichtigung von DSGVO, KI-Act bzw. Data Act) für die Arbeitsforschung niederschlägt. Zugleich entwickelt die Informatik neue KI-Lösungen mit rasanter Geschwindigkeit. Dies unterstreicht die Rolle der Wissenschaftler als Aktionsforscher und die große Relevanz einer interdisziplinären Zusammenarbeit.

Das schlägt sich in der Bündelung verschiedener Kompetenzen und Ressourcen bei der Bearbeitung der verschiedenen Fallbeispiele in den Projektteams nieder. Abbildung 2 veranschaulicht schematisch die verschiedenen Akteure mit ihren Rollen im Einführungsprozess, wie sie in den Fallbeispielen zu finden sind. Auf der einen Seite fließen spezifische wissenschaftliche Kompetenzen ein, die insbesondere den Stand der Technik in den Lösungsentwicklungsprozess einbringen. Auf der anderen Seite tragen die betrieblichen Akteure mit ihrem Wissen aus der praktischen Umsetzung dazu bei, die Lösung bedarfsgerecht auszugestalten und potenzielle Auswirkungen neuartiger Lösungen auf betriebliche Prozesse abzuschätzen

Da die Fallbeispiele noch nicht abgeschlossen sind, handelt es sich dabei um eine erste Zwischenbilanz. Es ist aber bereits sichtbar, dass es keinen betrieblichen Akteur gibt, der explizit arbeitswissenschaftliche Anforderungen bzw. die Gestaltung der Arbeitsbedingungen im Lösungsprozess bearbeitet. Aufgrund der geringen Anzahl von Unternehmen mit Betriebsräten (12 % im Jahr 2022 in Sachsen, 8 % in 2022 in Brandenburg, Quelle IAB-Betriebspanel) ist auch die Mitwirkung der Betriebsräte als zweite Säule bei der Betrachtung von Arbeitsbedingungen bisher marginal. Die entscheidende Rolle kommt dem betrieblichen Projektmanager zu, der u. a. als Verbindungsglied zwischen den betrieblichen und Wissenschaftsakteuren fungiert. Von seinem Agieren, ins. seinem Eigeninteresse am Thema und seiner Akzeptanz im Unternehmen ist der Erfolg der Projektbearbeitung extrem abhängig.

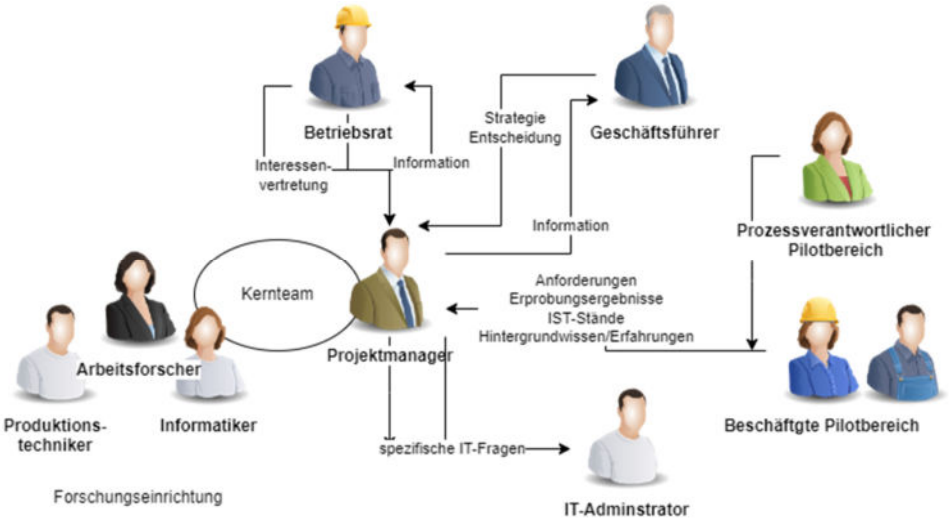


***Abbildung 2**: Akteure im Lösungserarbeitungsprozess.*

Abweichend von klassischen Projektmanagementansätzen, die die Konzentration auf einen Pilotbereich empfehlen, zeigte sich in den Fallbeispielen sehr schnell, dass

eine integrative Sicht auf die durch Assistenzsysteme modifizierten Prozesse und die Antizipation von Auswirkungen auf andere Bereiche notwendig ist. Aufgrund der digitalen Lösung ist der IT-Administrator ein möglicher Akteur mit einem erweiterten Rollenverständnis. Allerdings zeigen die Fallbeispiele, dass diese Funktion in den meisten Unternehmen als Nebenjob existiert bzw. IT-Verantwortung von der Group-IT wahrgenommen wird, die wiederum keinen Einblick in die spezifischen Prozesse hat. Diese Erkenntnis stützt die Forderung in der Literatur nach einer KI-Stabstelle (Stowasser et. al 2024) in den Unternehmen.

Die konkrete Lösungsentwicklung und Implementation steht zudem vor der Herausforderung, die Kontinuität der Bearbeitung und die Kommunikation zwischen den vielen Akteuren über einen längeren Zeitraum aufrecht zu erhalten, und zwar vor dem Hintergrund, dass es sich um zusätzliche Aufgaben neben dem Tagesgeschäft in den Unternehmen handelt. Die kontinuierliche Unterstützung durch Schlüsselakteure (GF, IT) im Unternehmen ist daher unerlässlich. Außerdem bewährt sich ein agiles Projektmanagement mit kleinen Schritten und Zwischenergebnissen. Dies erlaubt die kontinuierliche Anpassung an veränderte betriebliche Rahmenbedingungen, die z. B. durch Personalwechsel, Kurzarbeitsphasen oder strategische Entscheidungen der Konzernmutter entstehen.

Ein entscheidender Fokus liegt auf der frühzeitigen Einbeziehung der Beschäftigten, was einerseits entscheidende Bedingung für die Akzeptanz von datenbasierten Assistenzsystemen durch die Beschäftigten ist. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt realisierte Partizipationsformate in den Fallbeispielen.

Andererseits ist die Partizipation der betroffenen Beschäftigten erforderlich, um deren Erfahrungen bei der Formulierung der Datenmodelle zu nutzen. Nur sie verfügen über das entsprechende know-how zur Interpretation von Daten, die noch nicht im erforderlichen Umfang oder der erforderlichen Qualität für den Einsatz von Algorithmen des Maschinellen Lernens vorliegen. Auf Grundlage dieser Erfahrungen können die notwendigen Erfassungstool gestaltet bzw. Sensorik implementiert werden, die dann später zu einer objektiv begründeten Entscheidung beitragen. Neben den Erfahrungen der Beschäftigten ist deren direkte Partizipation auch von elementarer Bedeutung, um deren Bedürfnisse zu erfassen und zielgerichtet umsetzen zu können.

Tabell 2: *Realisierte Partizipationsformate in den Fallbeispielen.*

Partizipationsform	**Eingeschätzte Wirksamkeit und Machbarkeit für**		
	Geschäftsführer	**Projektteam**	**Beschäftigte**
Anforderungsworkshop	◕	◕	◕
Rückmeldung zu formulierten Anforderungen	◔	◕	◔
Befragung zu Arbeitsbedingungen	○	◕	◕
Experteninterviews zu Prozessen	◑	●	●
Sensibilisierungsworkshop	◑	◑	◑
Regelmäßige Information	◔	◕	○
Mitwirkung bei Lösungsentwicklung	○	●	◔
Mock-Ups	○	◑	◔
Erprobung und Feedback zu Prototypen	○	●	◑

In den Fallbeispielen zeigt sich, dass trotz des Aufwandes der erforderlich ist, Beschäftigte aus dem Arbeitsprozess für konkrete Partizipationsaktivitäten herauszulösen, diese letztendlich erfolgreich und nutzbringend für die Lösungsentwicklung sind. Als besonders herausfordernd erweist sich jedoch, die Kontinuität der Partizipation zu gewährleisten. Dazu zählt auch das Erfordernis, in einer frühen Entwicklungsphase die angedachte Lösung so umfänglich erläutern zu können, dass ein Feedback der Beschäftigten möglich ist. (Collingridge-Dilemma). Dies anhand erster Prototypen zu realisieren hat sich aufgrund der vielen zu klärenden Fragen hinsichtlich der Datenzugriffe als äußerst schwierig erwiesen.

Hingegen kann der frühe Einsatz von Mock-Ups eines Frontend die Partizipation sehr gut unterstützen, da diese unabhängig von der Backend-Entwicklung sind. Damit bekommen die Beschäftigten einen sehr guten Eindruck von der neuen Arbeitsweise und dem Funktionsumfang des geplanten Assistenzsystems. In Gesprächen mit den Beschäftigten hat sich unter anderem gezeigt, dass nur die aktuell verwendeten Systeme mit deren Arbeitsweise und Funktionsumfang bekannt sind. Durch die Verwendung dieser Visualisierungen werden sie motiviert, neue Funktionen und neue Workflows zu diskutieren und dabei eigene Ideen zu entwickeln.

Ein weiterer Ansatz ist der Ausbau der Laborausstattungen der wissenschaftlichen Partner zu Living- und Learning-Labs. Diese Labs dienen dann als Demonstrationszentren, Entwicklungsumgebung, der Präsentation von Forschungsergebnissen und dem technologienahen Dialog mit den betrieblichen Akteuren, wobei nach dem prozessorientierten Arbeitsforschungsansatz der Mensch weiterhin im Vordergrund steht.

In den Labs ist es für die Unternehmen möglich, verschiedene aktuelle Technologien in Hinblick auf die eigenen Problemstellungen zu betrachten und zu testen. Dies bietet einen praxisnahen Eindruck möglicher einzusetzender Technologien. Im Vergleich zu Messen bietet der Lab-Ansatz neben der exemplarischen Umsetzung betrieblicher Problemstellungen den Vorteil anbieterunabhängiger Beratung. Geschäftsführer sowie Projektleiter können konkrete Frage- und Aufgabenstellung im Kontext ihrer jeweiligen Unternehmensprodukte im Lab auf Umsetzbarkeit prüfen (lassen). So können z. B. Einsatzgrenzen festgestellt und der Technologieeinsatz wissenschaftlich begleitet und wirtschaftlich geprüft werden. Darüber hinaus kann der Umgang mit der zukünftigen Technologie bereits im Vorfeld erprobt werden, um Handlungsbedarf für den späteren Betrieb zu antizipieren und in unternehmens- und nutzungsspezifische Einführungsstrategien einfließen zu lassen.

Die Living Labs der Hochschule Mittweida zeigen Fallbeispiele für das gelingende Einführen von datenbasierten Assistenzsystemen. Das Living Lab „Hybride Arbeitssysteme“ umfasst die drei Labore Adaptiv Manuelle Montage, Mobile Robotik sowie Virtual Reality. Die Laborausrüstungen und zugehöriger Versuchsaufbauten des Living Labs verfügen über moderne, innovative und industrieorientierte Technologien, inkl. IT-Infrastruktur im Kontext mobiler Funktionsdemonstratoren für verfahrensorientiertes, intuitives Teachen sowie virtueller Inbetriebnahmen entlang des gesamten Unternehmensumfelds. Die Zielgruppe der Living Labs sind neben Geschäftsführern, Projektleitern und Studierenden aus technischen Studiengängen auch Beschäftigte und Betriebsräte. Das Lab konnte bereits Interessierten aus Wirtschaft und Bildung erfolgreich demonstriert werden, wodurch das Anforderungsprofil geschärft und die potenzielle Wirkung auf die Zielgruppen verbessert werden konnte.

4. Ausblick

In den Fallbeispielen werden die Erfolgsfaktoren andere wiss. Quellen bestätigt. Als wesentliche Erfolgsfaktoren zur Implementation erweisen sich nach unseren Erkenntnissen die Themen Datenverfügbarkeit und -zugriff in den Unternehmen sowie die aktive Integration der Beschäftigten in den Entwicklungsprozess. In den nächsten 1,5 Jahren werden anhand der Fallbeispiele weiterhin Lösungsansätze zu den identifizierten Erfolgsfaktoren herausgearbeitet und deren Effektivität und Wirkung in den Unternehmen erprobt. Die Ergebnisse fließen in Handlungsempfehlungen zum Implementationsprozess für Unternehmen ein.

5. Literatur

MWAE Brandenburg (2023) Entwicklung von Betrieben und Beschäftigung in Brandenburg. Ergebnisse der 27. Welle des Betriebspanels Brandenburg. https://mwae.brandenburg.de/media/bb1.a.3814.de/Ergebnisse_27. Welle_ Betriebspanel_Brandenburg.pdf. Accessed 7 Jan 2025.

Gröllich D, Hahmann M, Ott G, Graf-Pfohl C (2023) Vorgehensweise zur Implementation von datenbasierten Assistenzsystemen. In: Entwicklung hybrider Arbeitssysteme Herausgeber: Scientific Report der Hochschule Mittweida. ISSN: 1437-7624.

IAB-Betriebspanel 2022 27. Welle Kurzfassung zum Bericht für den Freistaat Sachsen. https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/42896.

Stowasser S (Hrsg.) (2024) Arbeitsorganisation neu gedacht - Erfolgsfaktoren für die KI-Einführung. https://www.arbeitswissenschaft.net/fileadmin/user_upload/Broschuere_KI_Arbeitsorganisation_7_final.pdf.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Erfolgsfaktoren der Partizipation bei der Leitbildentwicklung durch Aufgabenbezogenen Informationsaustausch

Michael GÜHNE, Katrin LANG, Ulrike PIETRZYK

Arbeitsgruppe Wissen-Denken-Handeln, Fakultät Psychologie,
TU Dresden,
Chemnitzer Straße 46, D-01187 Dresden

Kurzfassung: Für eine erfolgreiche Bottom-Up Leitbildentwicklung ist die Partizipation der Beschäftigten essenziell. Theoretisch fundierte und empirisch erprobte Verfahren fehlen jedoch in der Literatur. Eine Lösung besteht in der Übertragung theoretisch fundierter und empirisch erprobter partizipativer Verfahren der Gruppenarbeit auf die Bottom-Up Leitbildentwicklung. Eine Herausforderung dabei ist, wie die allgemeinen partizipationsförderlichen Prinzipien der übertragenen Ansätze im Kontext der Bottom-Up Leitbildentwicklung umgesetzt werden können. Im Beitrag wird untersucht, welche Erfolgsfaktoren bei der Bottom-Up Leitbildentwicklung durch Aufgabenbezogenen Informationsaustausch die Partizipation fördern können. Im Ergebnis konnten mittels Fallstudiendesign 15 Erfolgsfaktoren mit 22 Suberfolgsfaktoren identifiziert werden.

Schlüsselwörter: Leitbildentwicklung, Veränderungsmanagement, Aufgabenbezogener Informationsaustausch, Partizipation, Erfolgsfaktoren

1. Problemlage

Der demografische Wandel, der Kohleausstieg und die Digitalisierung stellen Unternehmen der Lausitz vor mannigfaltige Herausforderungen. Die adäquate Anpassung an diese Herausforderungen ist essenziell, um die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zu erhalten und damit den Fortbestand der Betriebe sowie der Arbeitsplätze zu sichern. Vor dem Hintergrund eines zunehmenden Arbeitnehmermarkts bei vielen Berufsgruppen stehen bei der Anpassung an diese Herausforderungen insbesondere die Beschäftigten der Unternehmen im Fokus.

Eine Vorgehensweise aus dem Veränderungsmanagement, um Aspekten dieser Herausforderungen zu begegnen, ist die Leitbildentwicklung, welche in Abhängigkeit vom konkreten Unternehmens- und Herausforderungskontext auf verschiedene Arten umgesetzt werden kann. Ist der Fokus der Leitbildentwicklung primär auf die Beschäftigten, d. h. nach innen, gerichtet (u. a. Integration und Koordination, Orientierung sowie Motivation der Beschäftigten), sind Bottom-Up-Ansätze Top-Down-Ansätzen vorzuziehen (Klaußner 2016). Gleichwohl Partizipation bei Veränderungsprojekten allgemein wichtig ist (Lauer 2019), ist das erfolgreiche Einbeziehen der Beschäftigten bei Bottom-Up-Ansätzen insbesondere essenziell für den Umsetzungserfolg, welcher vor dem Hintergrund einer Misserfolgsquote von 60 % bis 80 % bei Veränderungsinitiativen nicht trivial ist (Beer & Nohria 2000; Houben et al. 2007). Die in der Literatur dargestellten Bottom-Up-Ansätze der Leitbildentwicklung sind, wie auch Top-Down-Ansätze und die vielfältigen Mischformen, überwiegend praxisgetrieben auf Best Practice basierend, wenig theoretisch fundiert und deren Anwendung wurde kaum

methodisch-reflektiert begleitet (Alegre et al. 2018). Dies hat zur Folge, dass deren Wirksamkeit in anderen Fällen nur schwer abschätzbar ist. Eine Lösung besteht darin, theoretisch fundierte und empirisch erprobte Verfahren auf die Bottom-Up Leitbildentwicklung zu übertragen. Ein dafür potentiell ertragreiches Verfahren ist der Aufgabenbezogene Informationsaustausch (Neubert & Tomczyk 1986; Pietzcker & Looks 2013; Hacker 2016), ein Verfahren für partizipative und effektive Kleingruppenarbeit. Für die Anwendung in Unternehmen stellt sich jedoch die Herausforderung, wie die allgemeinen partizipationsförderlichen Prinzipien des Aufgabenbezogenen Informationsaustauschs im Kontext der Bottom-Up Leitbildentwicklung umgesetzt und gegebenenfalls erweitert werden können.

Daran anschließend wird im Beitrag untersucht, welche Erfolgsfaktoren bei der Bottom-Up Leitbildentwicklung durch Aufgabenbezogenen Informationsaustausch die Partizipation fördern können.

2. Vorüberlegungen

Das Verfahren des Aufgabenbezogenen Informationsaustauschs umfasst verschiedene in der Literatur verankerte Prinzipien zur Förderung der Partizipation im Prozess der Verfahrensumsetzung.

Vor der Verfahrensumsetzung können diese partizipationsförderlichen Prinzipien in die beiden Bereiche „Anpassung an die Zielgruppe“ und „Auswahl der Teilnehmenden“ unterteilt werden. Bei der „Anpassung an die Zielgruppe“ sind insbesondere die Berücksichtigung fallspezifischer Besonderheiten (z. B. Inhalte und Sprachstil), die Planung integrativer Kommunikation mit Nicht-Gruppenmitgliedern und die Anpassung der Methode an die konkrete Zielgruppe hervorzuheben. In der Literatur finden sich verschiedene Variationen des Aufgabenbezogenen Informationsaustauschs, an welche angeschlossen werden kann (Pietzcker & Looks 2010). Die „Auswahl der Teilnehmenden“ hat das Ziel, effektive Gruppenarbeit zu ermöglichen und negative Gruppeneffekte zu minimieren. Dafür soll die Gruppengröße mit maximal 6-8 Personen kleiner als in verschiedenen anderen Empfehlungen gehalten werden (Hacker 2016). Zudem wird die Relevanz der Gruppenzusammensetzung betont, wobei horizontale und vertikale Heterogenität abgebildet werden soll (Hacker 2016, Wetzstein 2007). Im Unterschied zu anderen Verfahren (Klaußner 2016) wird die Teilnahme der Geschäftsführung explizit betont, um die Umsetzung der Gruppenarbeitsergebnisse zu erleichtern.

Bei der Verfahrensumsetzung können neun Bereiche von Prinzipien zur Förderung der Partizipation gebildet werden. Der „Zeitrahmen“ der einzelnen Gruppenarbeitstreffen sollte 90 Minuten nicht übersteigen (Hacker 2016) und die Zeit zwischen den Treffen sollte möglichst kurz sein (Pietzcker & Looks 2010). Von zentraler Bedeutung ist die „neutrale Moderation“ durch eine adäquat ausgebildete Person, was in den meisten Unternehmen nur durch externe Personen gewährleistet werden kann (Hacker 2016). Ebenso ist die Wahl der „passenden Räumlichkeiten“ von Relevanz (Pietzcker & Looks 2010). Eine wichtige Besonderheit des Verfahrens ist die „hybride Organisationsform“, die Kombination von Individualarbeit und Gruppenarbeit mit dem Ziel, die Vorteile beider Vorgehensweisen zu kombinieren und die Nachteile zu verringern (Hacker 2016; Pietzcker & Looks 2010). Zudem bietet diese Verschränkung einen Ansatzpunkt für die Einbeziehung von Personen, welche nicht Teil der Gruppe sind. Für die effiziente Erhebung und Verwaltung der Informationen ist die Auswahl der passenden Unterstützungssoftware zu beachten (Pietzcker & Looks 2010). Zentral

für den Erfolg des Verfahrens ist die Sicherstellung der Anonymität der Individualarbeitsphase. Eine „klare Struktur bei der Lösungsentwicklung“ wird empfohlen. Dafür sollen die Analyse der Situation und die Suche der Lösung getrennt werden, ebenso das Sammeln von Informationen von der Bewertung. Unterstützt werden soll das Vorgehen durch Techniken der Externalisierung von Informationen (Pietzcker & Looks 2010). Weiterhin sind „Gesprächsregeln“ explizit festzulegen und die „Gleichheit“ aller teilnehmenden Personen ist zu kommunizieren und gegebenenfalls von der moderierenden Person durchzusetzen (Pietzcker & Looks 2010). Abschließend wird betont, dass die „Information von Nicht-Gruppenmitgliedern“ und das Schaffen von „Partizipationsmöglichkeiten für Nicht-Gruppenmitglieder“ zu planen und sicherzustellen sind (Pietzcker & Looks 2010).

Fasst man dies zusammen, so können in der Literatur zum Aufgabenbezogenen Informationsaustausch zwei Erfolgsfaktorgruppen, 9 Erfolgsfaktoren und 10 Suberfolgsfaktoren der Partizipation identifiziert werden.

3. Methodik und Vorgehen

Die Untersuchung der Frage, welche Erfolgsfaktoren bei der Bottom-Up Leitbildentwicklung durch Aufgabenbezogenen Informationsaustausch die Partizipation fördern können, erfolgte mittels einer Fallstudie (Yin 2018) mit Aktionsforschungsansatz (Bergold & Thomas 2020). Die Fallstudie wurde bei einem Maschinenbauunternehmen in der sächsischen Lausitz mit 48 Beschäftigten (KMU) umgesetzt, welches durch den Kohleausstieg vor der Herausforderung steht, sein Geschäftsmodell weiterzuentwickeln und auf diesem Weg die Beschäftigten umfassend einzubeziehen.

Die Umsetzung der Bottom-Up Leitbildentwicklung durch Aufgabenbezogenen Informationsaustausch erfolgte über 3 Monate. Zuerst erfolgte die Information aller Beschäftigten und die Planung des Vorgehens sowie die Zusammenstellung der Gruppe (6 Personen) in einer Kick-Off Veranstaltung mit der Geschäftsführung. Die Umsetzung mit der Gruppe umfasste vier Treffen mit Gruppenarbeit, vor welchen jeweils eine Phase der Individualarbeit stattfand. Nach jedem Treffen erfolgte die Information der Nicht-Gruppenmitglieder. Wurden bei der Umsetzung Verbesserungsansätze identifiziert, so wurde versucht, diese im weiteren Verlauf umzusetzen. Den Abschluss der Leitbildentwicklung bildete eine Abschlussveranstaltung mit der Geschäftsführung. In einem Jahr Abstand ist ein Reflexionstreffen geplant, bei welchem ausgewertet werden soll, ob das erarbeitete Leitbild seine Funktion erfüllt und ob Anpassungen bzw. eine Weiterentwicklung notwendig sind.

Die Datenerhebung erfolgte durch teilstrukturierte Interviews mit den Gruppenmitgliedern und vier Nicht-Gruppenmitgliedern vor und nach der Leitbilderstellung (insgesamt 16 Interviews). Die beiden in der Gruppe involvierten Geschäftsführer wurden nicht einzeln interviewt, sondern im Rahmen der Kick-Off Veranstaltung und der Abschlussveranstaltung befragt. Die Interviews hatten das Ziel, den Kontext der Leitbildentwicklung umfassend zu erfassen. Zudem wurden Fragebögen zur Evaluation (offene und geschlossene Fragen) nach jedem Gruppentreffen ausgefüllt. Beobachtungen während der Treffen wurden notiert und protokolliert und die in den einzelnen Arbeitsphasen erarbeiteten Dokumente wurden gespeichert. Durch die verschiedenen Formen der Datenerhebung war es möglich, den Leitbilderstellungsprozess umfassend abzubilden.

Die erhobenen Daten wurden mittels inhaltsstrukturierender qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz 2018) ausgewertet. Das Verfahren umfasst regelbasierte deduktive und

induktive Elemente mit dem Ziel der Erarbeitung eines Kategoriensystems. Den Ausgangspunkt bildete das aus der Literatur zum Aufgabenbezogenen Informationsaustausch erarbeitete Startkategoriensystem (deduktiv), welches durch die Auswertung der erhobenen Daten sukzessive erweitert wurde (induktiv). Zur Unterstützung der Datenauswertung wurde die Open-Source-Software QualCoder (Curtain 2023) verwendet.

4. Ergebnisse

In einem ersten Schritt wurde die Partizipation der Beschäftigten im Prozess der Bottom-Up Leitbildentwicklung durch Aufgabenbezogenen Informationsaustausch ausgewertet. In den vier Phasen der anonymen Individualarbeit lag die Beteiligung der Gruppenmitglieder bei 100 % und bei den zwei Individualarbeitsphasen, an welchen weitere Beschäftigte des Unternehmens teilnehmen konnten, bei 42 % der Gesamtbeschäftigten. Die Auswertung der Interviews und die Auswertung der Beteiligung bei der Gruppenarbeit zeigten, dass die Beschäftigten die Partizipationsmöglichkeiten positiv bewerteten und auch aktiv nutzten.

In einem zweiten Schritt wurde der Prozess der Leitbildentwicklung ausgewertet. Das Prozessziel wurde mit der erfolgreichen Erstellung des Leitbilds erreicht. Die Auswertung der Interviews und der Evaluationsbögen zeigte, dass die Beschäftigten den Prozess und Ablauf positiv bewerteten und im offenen Teil verschiedene Verfahrensprinzipien explizit als förderlich bewerteten.

Da die Auswertung der ersten beiden Schritte gezeigt hatte, dass der Leitbilderstellungsprozess erfolgreich und partizipativ umgesetzt worden war, wurden in einem dritten Schritt die dafür relevanten Erfolgsfaktoren identifiziert. Bei der Auswertung der erhobenen Daten wurden 620 Codes in das finale Kategoriensystem eingeordnet. Dieses erweiterte Kategoriensystem umfasst im Ergebnis drei Erfolgsfaktorgruppen, 15 Erfolgsfaktoren und 24 Suberfolgsfaktoren der Partizipation bei der Bottom-Up Leitbildentwicklung durch Aufgabenbezogenen Informationsaustausch. Neben dem Hinzufügen einer Erfolgsfaktorengruppe für Erfolgsfaktoren nach der Verfahrensumsetzung, wurden sowohl Erfolgsfaktoren neu gebildet (z. B. „konstruktive Gruppendynamik“ mit vier Suberfolgsfaktoren) als auch vorhanden Erfolgsfaktoren und Suberfolgsfaktoren neu sortiert (z. B. wurden „Gesprächsregeln“ dem neu erstellen Erfolgsfaktor „respektvolle Diskussionskultur“ als Suberfolgsfaktor zugeordnet).

5. Diskussion

Der Aufgabenbezogene Informationsaustausch wurde in einer Fallstudie erfolgreich umgesetzt und es konnten wichtige Erfolgsfaktoren der Partizipation bei der Bottom-Up Leitbildentwicklung identifiziert werden. In weiteren Fallstudien sollten die identifizierten Erfolgsfaktoren angewandt und gegebenenfalls modifiziert und erweitert werden. Durch den Rückgriff auf einen theoretisch fundierten und in anderen Kontexten empirisch vielfach geprüften Ansatz ist die sukzessive und stringente Weiterentwicklung möglich.

Der Beitrag erweitert die Literatur zur Leitbildentwicklung, die Veränderungsmanagementliteratur und die Literatur zum Aufgabenbezogenen Informationsaustausch. Bei der Umsetzung des Verfahrens in der Unternehmenspraxis sollten die identifizierten Erfolgsfaktoren Beachtung finden, sodass die Partizipation der Beschäftigten erhöht

und damit die Wahrscheinlichkeit des Scheiterns des Leitbildentwicklungsprozesses verringert werden kann.

6. Literatur

Alegre I, Berbegal-Mirabent J, Guerrero A, Mas-Machuca M (2018) The real mission of the mission statement: A systematic review of the literature. Journal of Management & Organization 24:456–473.

Beer M, Nohria N (2000) Cracking the code of change. Harvard Business Review 78:133–141.

Bergold J, Thomas S (2020) Partizipative Forschung. In Mey G & Mruck K (Hrsg) Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie. Band 2: Designs und Verfahren. Wiesbaden: Springer, 113-133.

Curtain C (2023) QualCoder. Version 3.5. Computer Software. https://github.com/ccbogel/QualCoder/releases/tag/3.5.

Hacker W (2016) Zeitweilige Gruppenarbeit für Prozessinnovationen: Grundlagen, Organisation und Wirkungen. In Jöns I (Hrsg) Erfolgreiche Gruppenarbeit: Konzepte, Instrumente, Erfahrungen. Wiesbaden: Gabler Verlag, 25-35.

Houben A, Frigge C, Pongratz HJ, Trinczek R (2007) Veränderungen erfolgreich gestalten. Repräsentative Untersuchung über Erfolg und Misserfolg im Veränderungsmanagement. C4 Consulting GmbH, Technische Universität München. https://docplayer.org/31113478-Veraenderungen-erfolgreichgestalten.html.

Klaußner S (2016) Partizipative Leitbildentwicklung: Grundlagen, Prozesse und Methoden. Wiesbaden: Springer Gabler.

Kuckartz U (2018) Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim: Beltz Juventa.

Lauer T (2019) Change management: Grundlagen und Erfolgsfaktoren. Berlin: Springer Gabler.

Neubert J, Tomczyk R (1986) Gruppenverfahren der Arbeitsanalyse und Arbeitsgestaltung. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.

Pietzcker F, Looks P (2010) Der Aufgabenbezogene Informationsaustausch - Zeitweilige partizipative Gruppenarbeit zur Problemlösung. Zürich: vdf Hochschulverlag AG.

Wetzstein A (2007) Betriebliche Veränderungsprozesse zur Optimierung von Arbeitsprozessen partizipativ gestalten. Sozialwissenschaften und Berufspraxis 30:117–126.

Yin R (2018) Case study research: Design and method. Thousand Oaks: SAGE Inc.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Ergonomiefeedback – Eine Untersuchung der verschiedenen Formen von Rückmeldung und ihre Anwendungsmöglichkeiten

Daniel FREITAG, Daniel KNICKMEIER, Oliver STRÄTER

Institut für Arbeitswissenschaft und Prozessmanagement,
Fachgebiet Arbeits- und Organisationspsychologie, Universität Kassel,
Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel

Kurzfassung: Im BMBF-Projekt ErgoBest wurden ergonomische Best Practices für Produktions- und Montageprozesse untersucht. Ein Fokus lag auf den Feedbackmodalitäten (auditiv, taktil, visuell) für ein Ergonomie-Assistenzsystem. In einem exemplarischen Montageszenario bewerteten Probanden Beanspruchung und Gebrauchstauglichkeit des Assistenzsystems bezüglich der Modalitäten. Während alle Feedbackarten eine zusätzliche Belastung darstellten, wurde das taktile Feedback als am besten empfunden, während das visuelle Feedback am ungünstigsten war. Die Studie zeigt das Potenzial taktilen Feedbacks, betont jedoch die Notwendigkeit einer arbeitsplatzspezifischen Anpassung und weiterführender Tests.

Schlüsselwörter: Arbeitsgestaltung, Assistenzsysteme, Ergonomie, Ergonomiefeedback, Interferenz

1. Einleitung

Im Rahmen des BMBF Projekts ErgoBest (Freitag et al. 2022) wurden Arbeitsprozesse in Produktion und Montage systematisch erhoben und hinsichtlich der Ergonomie Best Practices für die Ausführung abgeleitet. Beschäftigten wurde es so ermöglicht, situationsgerechte ergonomische Assistenz zur Prävention ergonomisch ungünstiger Haltungen zu erhalten. Die Untersuchung verschiedener Feedback-Gestaltungsformen war entscheidend, da Assistenzsysteme potenziell zusätzliche Belastungen erzeugen und den Arbeitsprozess beeinträchtigen können.

Die Untersuchungen konzentrierten sich auf Feedback in den Modalitäten auditiv, taktil und visuell mit einem Schwerpunkt auf der menschlichen Informationsverarbeitung und der Kompatibilität von Reiz und Reaktion (Földes et al. 2017). Als zentrale theoretische Grundlage diente die Multiple Resource Theory (Wickens 2008), die begrenzte kognitive Ressourcen für visuelle und auditive Reize beschreibt und um die taktile Modalität ergänzt wurde (Burghardt 2019).

Dabei ist zu beachten, dass es sich bei Arbeitsprozessen in Produktion und Montage in der Regel um visuelle Aufgaben handelt. Das Ergonomiefeedback zielt auf eine manuelle Reaktion ab, da es der Korrektur der Körperhaltung dient.

Basierend auf der Reiz-Reaktions-Kompatibilität ist zu erwarten, dass taktiles Feedback die geringste zusätzliche Beanspruchung verursacht. Dies konnte auch bereits in anderen Studien gezeigt werden – z. B. durch Burghardt (2019) im Kontext von U-Linien. Dabei muss allerdings beachtet werden, dass neben der Modalität auch die allgemeine Gestaltung des Feedbacks eine große Rolle spielt. So kann eine auf Vergleichbarkeit ausgelegte Gestaltung des Feedbacks (z. B. gleiche Kodierung der Informationen) zu Lasten der Praktikabilität gehen.

Tabelle 1: *Kompatibilität und Interferenz bei Ergonomiefeedback.*

Feedbackmodalität	Kompatibilität zur manuellen Reaktion	Interferenz zur visuellen Aufgabe
Visuell	Kompatibel	Interferenz
Auditiv	Inkompatibel	Keine Interferenz
Taktil	Kompatibel	Keine Interferenz

2. Methodik

Für die Versuche, die auch im Rahmen einer Abschlussarbeit durchgeführt wurden (Gräbe 2024), wurde ein quantitativer Ansatz mittels Fragebogenverfahren gewählt. Die Probanden sollten dabei neben der empfundenen Beanspruchung bei der Aufgabe auch die Gebrauchstauglichkeit des Assistenzsystems bewerten. Dazu wurden der Driving Activity Load Index (DALI) (Pauzié & Pachiaudi 1997) und die System Usability Scale (SUS) (Brooke 1996) verwendet. Auf eine Bewertung der Feedbackmodalitäten durch eine Leistungsmessung wurde verzichtet, da der Fokus auf der psychischen Beanspruchung der Nutzenden lag.

Die Fragebögen wurden im Rahmen eines exemplarischen Montageszenarios eingesetzt. Übermittelt wurde das Feedback durch eine reduzierte Variante des im Rahmen des Projekts entwickelten Assistenzsystems. Beim Feedback selbst wurde nur zwischen keinem, leichtem und starkem Feedback entsprechend der Kritikalität der ergonomisch ungünstigen Haltung unterschieden. Die Auslösewerte orientierten sich dabei an den Grenzwerten des EAWS-Verfahrens (Schaub et al. 2013).

2.1 Feedback-Mockup

Zur Untersuchung der verschiedenen Feedbackarten wurde ein Mockup eines Assistenzsystems entwickelt, das Feedback in allen Modalitäten geben kann. Das visuelle Feedback wurde in Form eines gelben bzw. roten Warnsymbols in einer Microsoft HoloLens 2 dargestellt. Für auditives und taktiles Feedback kam eine Google Pixel Watch zum Einsatz, die von einem Google Pixel 7a gesteuert wurde. Während das auditive Feedback aus einfachen Warntönen bestand, wurde das taktile Feedback über Vibrationsmuster der Uhr am Handgelenk vermittelt.



Abbildung 1*: Microsoft HoloLens 2 (links), Google Pixel 7a (mitte) und Google Pixel Watch (rechts).*

Um die Abhängigkeit von der korrekten Funktionsweise einer Ergonomiebewertung zu reduzieren und gleichzeitig mehr Spielraum beim Einsatz des Feedbacks zu erhalten, wurde für die Evaluation der Feedbackmodalitäten auf eine manuelle Steuerung des Feedbacks zurückgegriffen. Dazu wurde eine Webapp entwickelt, die eine direkte Steuerung des Feedbacks ermöglichte.

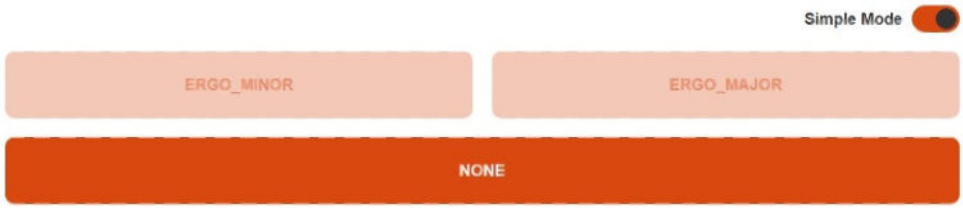


***Abbildung 2**: Übersicht der Steuerung des Ergonomiefeedback-Mockups im „Simple Mode“ (nur Unterscheidung zwischen keinem, leichtem und starkem Feedback).*

2.2 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau orientierte sich an den betrachteten Anwendungsszenarien des ErgoBest Projekts. Daher handelte es sich um eine zentrale Arbeitsstation mit Materialen links und rechts des Arbeitsplatzes. Um zuverlässig ergonomisch ungünstige Haltungen wie Beugung, Neigung, Torsion und Über-Kopf-Arbeit zu provozieren, wurden notwenige Materialien bewusst ungünstig platziert. Die Montageaufgabe bestand schließlich aus Zusammenbau und Verpackung eines Modellautos.



***Abbildung 3**: Versuchsaufbau zur Evaluation der Feedbackarten.*

Nach einem Baseline-Durchlauf ohne Feedback zur Erhebung der empfundenen Beanspruchung durch die Arbeitsaufgabe selbst, durchliefen alle 20 Probanden jede Feedbackart in randomisierter Reihenfolge. Nach jedem Durchlauf wurden die Fragebögen ausgefüllt. Daraus ergaben sich vier (DALI) bzw. drei (SUS) abhängige Stichproben.

3. Ergebnisse

Die erhobenen Daten wurden zunächst aufbereitet und anschließend sowohl deskriptiv als auch inferenzstatistisch analysiert. Abhängig von den Verteilungsannahmen kamen geeignete Signifikanztests zum Einsatz: Für normalverteilte Daten wurde eine ANOVA durchgeführt, während für nicht-normalverteilte Daten der Friedman-Test verwendet wurde. Zur genaueren Untersuchung signifikanter Unterschiede wurden Post-hoc-Tests (paarweiser t-Test oder Wilcoxon-Test) berechnet. Das Signifikanzniveau wurde auf 5 % (α = 0,05) festgelegt.

3.1 Driving Activity Load Index (DALI)

Bei der Betrachtung der Beanspruchung zeigten alle Feedbackmodalitäten einen signifikanten Unterschied zur Baseline-Messung ohne Feedback. Zwischen den Modalitäten zeigten sich keine signifikanten Unterschiede, wobei das taktile Feedback deskriptiv am besten abschnitt.

Tabelle 2: *Deskriptive Statistik DALI Gesamtbeanspruchung*

	ohne	**visuell**	**taktil**	**auditiv**
Mittelwert	38,6 %	52,9 %	48,9 %	51,7 %
Standardabweichung	11,8 %	14,3 %	11,6 %	14,2 %
Min.	16,7 %	28,6 %	26,2 %	26,2 %
Max.	61,1 %	85,7 %	71,4 %	92,9 %

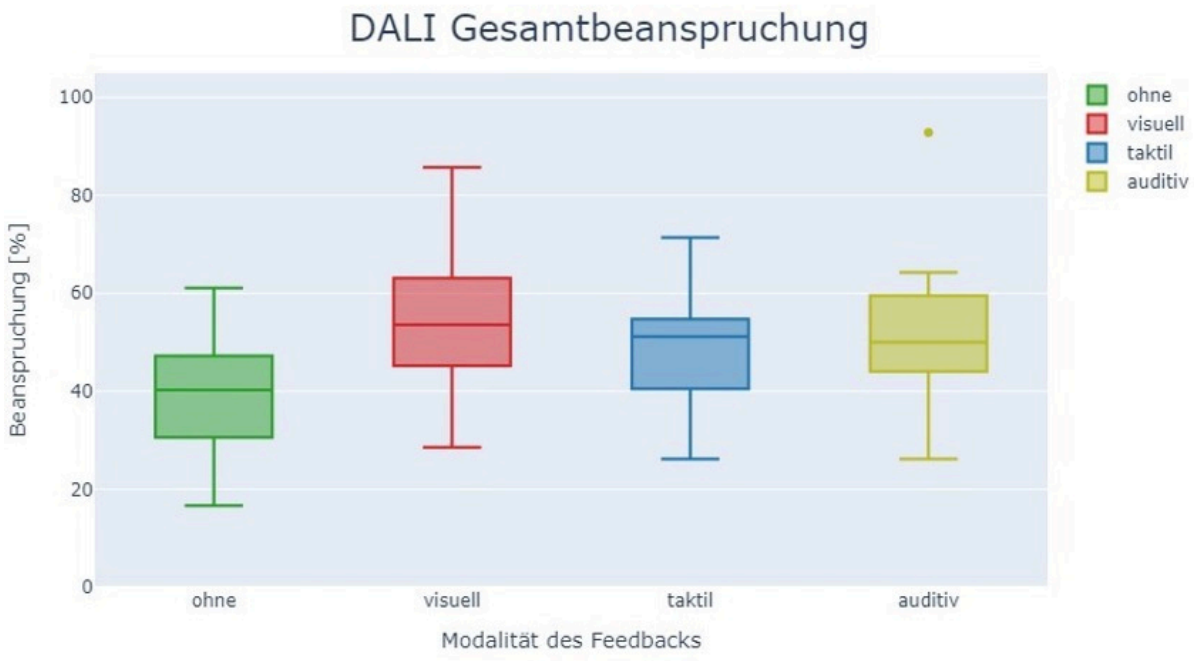


Abbildung 4*: DALI Gesamtbeanspruchung.*

3.2 System Usability Scale (SUS)

Bezogen auf die Gebrauchstauglichkeit zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen visueller und auditiver bzw. visueller und taktiler Modalität. Das taktile Feedback schnitt deskriptiv am besten ab, wies aber keinen signifikanten Unterschied zum auditiven Feedback auf.

Tabelle 3: *Deskriptive Statistik SUS Gesamtscore.*

	visuell	**taktil**	**auditiv**
Mittelwert	63,75	82,75	78,75
Standardabweichung	18,1	14,6	12,9
Min.	30	50	50
Max.	92,5	100	97,5

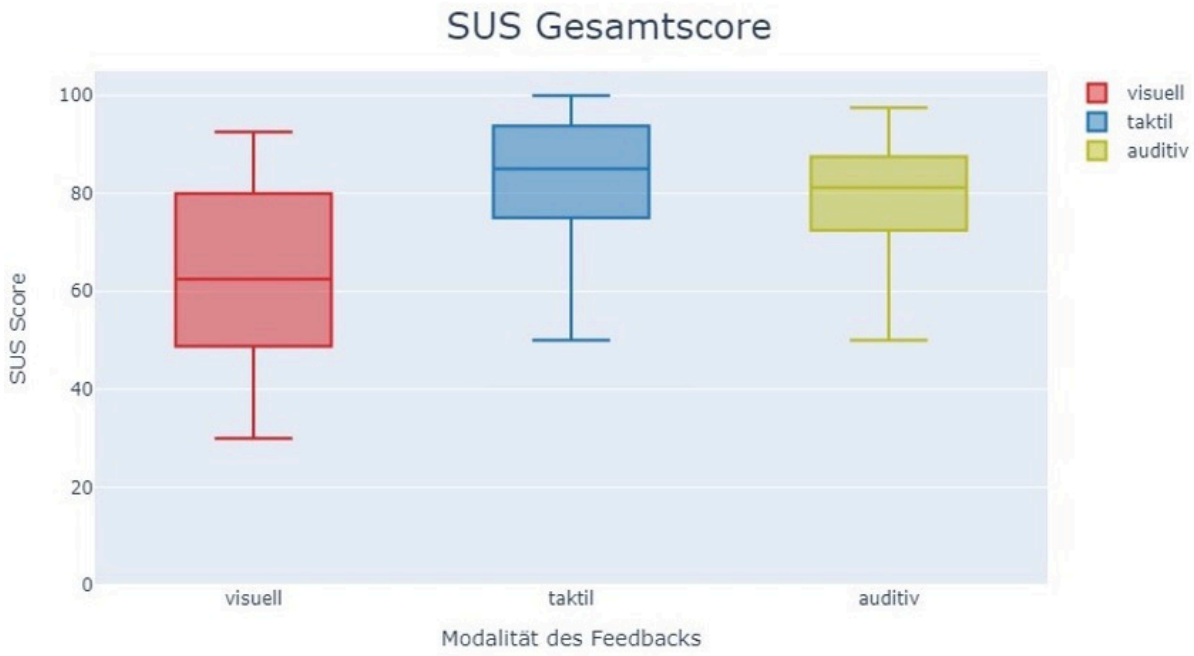


Abbildung 5*:* *SUS Gesamtscore.*

4. Diskussion

Die Untersuchung zeigte vor allem, dass das Assistenzsystem, das in diesem Fall keine direkte Unterstützung bei der Arbeitsaufgabe bot, unabhängig von der Feedbackmodalität als zusätzliche Belastung empfunden wurde. Wie zu erwarten, schnitt das taktile Feedback im direkten Vergleich zumindest deskriptiv am besten ab. Das

visuelle Feedback wurde sowohl bei der Gesamtbeanspruchung als auch bei der Gebrauchstauglichkeit als am ungünstigsten wahrgenommen, was wahrscheinlich auf die Interferenz mit der visuellen Hauptaufgabe zurückzuführen ist.

In den durchgeführten Versuchen wurde nur eine geringe Menge an Informationen über das Feedback vermittelt. Es ist anzunehmen, dass die Ergebnisse abhängig von der Gestaltung und dem Informationsgehalt variieren können. Einige Probanden könnten den Informationsgehalt auch als unzureichend empfunden haben. Dabei sollte jedoch berücksichtigt werden, dass insbesondere das taktile Feedback in seiner Fähigkeit zur Darstellung komplexer Informationen stark eingeschränkt ist.

Eine Einschränkung der Untersuchung liegt in der Gestaltung des Versuchsaufbaus. Die gezielt ungünstige Platzierung von Materialien zur Erzeugung ergonomisch ungünstiger Körperhaltungen erschwert es den Probanden, angemessen auf das Feedback zu reagieren. Obwohl dies eine realitätsnahe Situation widerspiegeln kann, führt es gleichzeitig zu Frustration, die die Bewertung des Feedbacks negativ beeinflussen könnte. Dieser Effekt könnte je nach Modalität unterschiedlich stark ausfallen – beispielsweise könnte ein unvermeidbares Blinken im peripheren Sichtfeld belastender sein als ein Vibrieren am Handgelenk.

5. Ausblick

Die Studie zeigt, dass taktiles Feedback zur ergonomischen Unterstützung vielversprechend ist, da es den Informationsgehalt gezielt reduziert und die Aufmerksamkeit effizient lenken kann. Allerdings lässt sich keine allgemeingültige Empfehlung ableiten, da im betrieblichen Umfeld zahlreiche weitere Faktoren eine Rolle spielen. So können beispielsweise Vibrationen oder Lärm am Arbeitsplatz die Wirksamkeit einer Feedbackmodalität beeinträchtigen. Daher ist es essenziell, die Wahl der geeigneten Modalität für ergonomisches Feedback stets an die spezifischen Bedingungen des jeweiligen Arbeitsplatzes anzupassen. Um eine verlässliche Aussage über die Praxistauglichkeit zu treffen, sind umfassende Tests hinsichtlich zusätzlicher Beanspruchung und der Gebrauchstauglichkeit unerlässlich.

6. Literatur

Brooke J (1996) SUS-A quick and dirty usability scale. Usability evaluation in industry 189(194):4-7.

Burghardt T (2019) Ergonomieassistenz: Entwicklung und Evaluierung von Assistenzkonzepten in der visuellen, auditiven und taktilen Modalität zur Verbesserung ergonomischen Verhaltens. Universitätsbibliothek Kassel, Dissertation.

Freitag D, Knickmeier D, Hildebrand AK, Emrich A (2022) ErgoBest – Erhebung ergonomischer Best Practices in industriellen Arbeitsprozessen mittels Internet of Things und Mixed Reality. Zeitschrift für medizinische Prävention 10:620-623.

Földes N, Philipp AM, Badets A, Koch I (2017) Exploring Modality Compatibility in the Response-Effect Compatibility Paradigm. Advances in cognitive psychology 13(1):97-104.

Gräbe J (2024) Vergleich verschiedener Modalitäten für Ergonomie-Feedback. Masterarbeit.

Pauzié A, Pachiaudi G (1997) Subjective evaluation of the mental workload in the driving context. Traffic & Transport Psychology: Theory and Application, 173-182.

Schaub K, Caragnano G, Britzke B, Bruder R (2013) The European assembly worksheet. Theoretical Issues in Ergonomics Science, 14(6):616-639.

Wickens CD (2008) Multiple Resources and Mental Workload. Human Factors, 50(3):449-455.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Beteiligungsorientierte Entwicklung datenbasierter Assistenz für ergonomische Montage

Katharina MÜLLER-EPPENDORFER[1], Sarah GRUß[1], Katrin MEUSINGER[2], Alexander ENGELSBERGER[3], Leif GOLDHAHN[1]

[1] Institut InnArbeit – Zentrum für Innovative Arbeitsplanung und Arbeitswissenschaft, Hochschule Mittweida, Technikumplatz 17, D-09648 Mittweida
[2] Silicon Saxony e.V., Manfred-von-Ardenne-Ring 20F, D-01099 Dresden
[3] Fakultät Angewandte Computer- und Biowissenschaften, Professur Computational Intelligence, Hochschule Mittweida, Technikumplatz 17, D-09648 Mittweida

Kurzfassung: Während die Automatisierung in der Serienfertigung weit fortgeschritten ist, wird in der variantenreichen Fertigung weiterhin manuell gearbeitet. Diese Arbeitsplätze müssen verbessert werden, um wirtschaftlich und nachhaltig zu produzieren. Die Herausforderung besteht darin, wie KI-basierte Assistenzsysteme ergonomische Arbeitsbedingungen verbessern können, ohne gesetzliche Vorgaben zu verletzen. Die Beteiligung der Mitarbeitenden im Entwicklungsprozess ist entscheidend.
Ein Beispiel hierfür ist ein Projekt bei einem Elektronik-Dienstleister, das in Zusammenarbeit mit der Hochschule Mittweida und dem Netzwerkpartner Silicon Saxony durchgeführt wird. Ziel ist es, die Ergonomie am Arbeitsplatz durch Kameras zu unterstützen, die diesen erfassen und bei unergonomischen Haltungen der arbeitenden Person Rückmeldungen geben. Ein System-MockUp wurde entwickelt und in Workshops mit Mitarbeitenden überprüft. Ein virtuelles Modell des Arbeitsplatzes konnte zudem erkundet und mit weiteren Ideen gestaltet werden.
Das Ziel ist die Entwicklung eines praxistauglichen Assistenzsystems, welches auch regulatorische Vorgaben wie DSGVO und EU AI Act berücksichtigt.

Schlüsselwörter: Assistenzsystem, Montage, Ergonomie, Workshops

1. Einleitung

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sind ein zentraler Bestandteil der deutschen Wirtschaft. Sie tragen maßgeblich zur Innovationskraft und Beschäftigung bei, stehen jedoch vor zahlreichen Herausforderungen. Die wirtschaftliche Lage von KMU ist oft geprägt von begrenzten finanziellen Ressourcen, einem hohen Wettbewerbsdruck und der Notwendigkeit, sich ständig an neue Marktbedingungen anzupassen.

Ein zentrales Problemfeld für viele KMU ist die Optimierung ihrer Produktionsprozesse. Effiziente und ergonomische Montageprozesse (Müller-Eppendorfer 2024) sind entscheidend, um die Produktivität zu steigern und gleichzeitig die Gesundheit der Mitarbeitenden zu schützen und sie zu einem tendenziell längeren Arbeitsleben zu befähigen. Hier können Assistenzsysteme eine unterstützende Lösung sein, insbesondere bei der Durchführung einer Arbeitsaufgabe, indem sie beispielsweise Anweisungen in Echtzeit geben, ergonomische Haltungen oder Bewegungen fördern und

Fehler durch gezielte Anweisungen reduzieren (Hoene et al. 2019).

Durch den Einsatz von Ergonomie-Assistenzsystemen können KMU die Arbeitsbedingungen verbessern und auch Prozesse effizienter gestalten. Dies führt zu einer höheren Mitarbeiterzufriedenheit und -gesundheit, was wiederum die Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens steigert. (Goldhahn et al. 2023)

2. Innovative Einführung eines Assistenzsystems in einer Pilotfirma

Das mittelständische Unternehmen IMM electronics GmbH in Mittweida fertigt seit mehr als 30 Jahren verschiedenste elektronische Komponenten in kleinen Serien, insb. Leiterplatten. Während sich die Produktpalette im Lauf der Jahre erweitert hat, blieb die Art der Arbeitsplätze in der manuellen Montage nahezu unverändert. Die Anzahl der Einzelteile und Arbeitsmittel, die pro Arbeitsplatz im Einsatz sind, haben sich jedoch deutlich erhöht, so dass inzwischen keine ergonomische Arbeitsabfolge aufgrund mangelnder Arbeitsplatzgestaltung mehr gewährleistet werden kann.

2.1 Nutzung eines VR-Modells zur Arbeitsplatzgestaltung

Die zeitparallel zum Forschungsprojekt PerspektiveArbeit Lausitz (PAL) neu angeschafften Arbeitsplätze wurden in ein digitales Modell überführt und für eine VR-Session aufbereitet. Die Gestaltung der Arbeitsplätze wurde weiter vorangetrieben, mit dem Ziel, sowohl effiziente Abläufe als auch ergonomische Arbeitsbedingungen zu ermöglichen. Schritt für Schritt wurden diese Planungen in die virtuelle Szene integriert. Die Mitarbeitenden wurden aktiv in den Planungsprozess einbezogen und ihre Ideen, Bedenken und Erfahrungen hinsichtlich der manuellen Leiterplattenmontage berücksichtigt. Im Rahmen der Modellerarbeitung fand ein Workshop an der VR-Powerwall des Instituts InnArbeit statt, bei dem die Mitarbeitenden in der virtuellen Szene interagieren und verschiedene Aspekte ausprobieren konnten (Abbildung 1).



***Abbildung 1**: Mitarbeitende der Firma IMM electronics GmbH beim VR-Workshop an der Hochschule Mittweida.*

Dies führte zu weiteren Anpassungen und Verbesserungen des Modells. Abschließend entstand ein Arbeitsplatzmodell, das nun innerhalb der Firma für zwei Pilotarbeitsplätze umgesetzt wird. Dabei werden besonders die Absaugung sowie das Bereitstellequipment auf Grundlage der Ergebnisse angepasst.

2.2 Menschzentrierter Ansatz

Hacker (2022) betrachtet die menschzentrierte Gestaltung aus einer arbeitswissenschaftlichen Perspektive und betont, dass Arbeitssysteme so gestaltet werden sollten, dass sie den Menschen aktiv unterstützen und in den Mittelpunkt stellen. Menschzentrierte Gestaltung bedeutet, Arbeitsprozesse, Technologien und Systeme so zu entwickeln, dass sie sich an den Bedürfnissen, Fähigkeiten und Zielen der Mitarbeitenden orientieren, wobei Aspekte wie Ausführbarkeit, Schädigungslosigkeit, Beeinträchtigungsfreiheit sowie Persönlichkeitsförderlichkeit im Vordergrund stehen. Seine Ansätze, die auf den Grundprinzipien der Arbeitspsychologie und der Arbeitswissenschaft basieren, unterstreichen den präventiven Charakter dieser Gestaltung: Arbeitssysteme sollen mögliche Belastungen und Gesundheitsrisiken bereits im Vorfeld minimieren, um langfristig die Leistungsfähigkeit und das Wohlbefinden der Mitarbeitenden zu fördern. Assistenzsysteme können in diesem Kontext eine zentrale Rolle spielen, indem sie die Ergonomie am Arbeitsplatz verbessern sowie Arbeitsprozesse individuell an die körperlichen und psychischen Bedürfnisse der Mitarbeitenden anpassen und somit nachhaltig zur Entlastung und Gesundheit beitragen.

Assistenzsysteme sollen ein unterstützendes Instrument zur Gestaltung ergonomischer Arbeitsplätze bilden. Sie stehen den Menschen zur Verfügung, um die Arbeitsbedingungen zu verbessern. Durch die Integration von Echtzeit-Feedback und ergonomischen Empfehlungen unterstützen diese Systeme die Mitarbeitenden dabei, gesündere und effizientere Arbeitsweisen zu entwickeln, die gesundheitserhaltend wirken. Dies führt nicht nur zu einer höheren Produktivität, sondern auch zu einer gesteigerten Zufriedenheit und langfristigen Gesundheit der Beschäftigten.

2.3 Workshops zur aktiven Beteiligung der Mitarbeitenden

Der zunehmende Einsatz von Technologien im Arbeitsumfeld birgt seitens der Beschäftigten das Risiko fehlender Akzeptanz und Überforderung. Um dem entgegenzuwirken und das Assistenzsystem nicht gegen den Willen der Mitarbeitenden, sondern gemeinsam mit ihnen zu entwickeln, fand zu Beginn des Forschungsprojektes ein Akzeptanz-Workshop statt. Dies ist von besonderer Wichtigkeit, da das Assistenzsystem lokal mit persönlichen Daten der Mitarbeitenden arbeiten soll.

Sämtliche technologischen Anwendungen, bei denen personenbezogene Daten verarbeitet werden, stehen unter der Regulierung durch die DSGVO, bei der zusätzlichen Nutzung von KI muss darüber hinaus die europäische KI-Verordnung (AI-Act) berücksichtigt werden.

Die Einbeziehung der Mitarbeitenden bei der Einführung von Assistenzsystemen ist von essenzieller Bedeutung, da sie die Akzeptanz der Technologie fördern kann und eine bedarfsorientierte Gestaltung ermöglicht, die auf die spezifischen Anforderungen der Arbeitsprozesse abgestimmt ist. Gleichzeitig stärkt die aktive Partizipation der Beschäftigten ihre Identifikation mit den Veränderungen und trägt zur langfristigen Nutzungseffizienz und Motivation bei. Ein Einführungsworkshop stellt hierfür eine geeignete Vorgehensweise dar, um die Mitarbeitenden frühzeitig in den Prozess einzubinden und Transparenz

zu schaffen. In diesem Rahmen erhalten die Mitarbeitenden einen umfassenden Überblick über das geplante Vorhaben, relevante Informationen zur rechtlichen Situation sowie die Möglichkeit, ihre Bedenken zu äußern und Fragen zu stellen.

Im Verlauf der Entwicklung des Assistenzsystems ist insbesondere bei der Gestaltung des Front-Ends eine partizipative Herangehensweise von zentraler Bedeutung. Eine effektive Methode hierfür bildet das Format des Anti-Brainstormings, bei dem gezielt mögliche Schwächen, Probleme oder unerwünschte Funktionen des Systems identifiziert werden, um potenzielle Fehlerquellen frühzeitig zu erkennen und gezielt zu vermeiden. Anti-Brainstorming ist eine kreative Methode, die die Mitarbeitenden dazu anregt, kritisch über mögliche Herausforderungen nachzudenken, wodurch innovative Lösungen gefördert werden. Dieser Ansatz ermöglicht es, die Perspektiven und Erfahrungen der Mitarbeitenden direkt in die Gestaltung des Assistenzsystems einfließen zu lassen, was zu einer höheren Benutzerfreundlichkeit und Akzeptanz beiträgt.

2.4 Entwicklung von Hard- und Software für das Assistenzsystem: Das Vorgehen

Aufbauend auf dem Entwicklungsansatz eines datenbasierten Assistenzsystems zur dynamischen Ergonomiebewertung (vgl. Müller-Eppendorfer et. al 2023) wurde auf Basis firmenspezifischer und gesetzlicher Bedingungen mit der Erstellung des Assistenzsystems begonnen.

Das Assistenzsystem besteht aus verzahnten Hardware- und Software-Komponenten mit klar definierten Schnittstellen, um Anpassungen während der Entwicklung zu erleichtern. Auf der Hardware-Seite kommt ein Computer mit professioneller Grafikkarte und vier handelsübliche Webcams zum Einsatz. Die lokale Ausführung der KI-Modelle gewährleistet Datensicherheit, während spezialisierte Hardware kostengünstigere Lösungen ermöglicht, jedoch mehr Entwicklungsaufwand erfordert.

Die Software nutzt Simulationen zur Evaluation und ist modular aufgebaut, was die Wartung erleichtert. Es gibt eine einfache Benutzeroberfläche für Endnutzer und eine erweiterte Version für Entwickler. Standardaufgaben wie Gelenkpunkterkennung benötigen keine Trainingsdaten, während Spezialaufgaben wie Aktionserkennung und Ergonomie-Bewertung auf Trainingsdaten angewiesen sind.

Die Software und Modellgewichte werden lizenziert veröffentlicht, wobei die kommerzielle Nutzbarkeit und Lizenz-Viralität berücksichtigt werden. Ziel ist es, Bewegungen eines manuellen Arbeitsprozesses mittels Motion-Tracking in ein 3D-Modell zu übertragen und in virtuellen Umgebungen automatisiert zu evaluieren.

3. Herausforderungen bei der Implementierung des Assistenzsystems: Rechtliche Regularien und Vorgaben

KMU, die individuelle KI-Lösungen für ihr eigenes Unternehmen entwickeln (lassen), stehen vor vielfältigen Herausforderungen. Sowohl Ressourcen als auch verfügbares Budget wirken hierbei oft einschränkend, häufig fehlt es im eigenen Haus auch an technischem Know-how. Auf technologischer Ebene muss geprüft werden, ob die neue Lösung in bestehende Systeme integriert werden kann und welche Hard- und Software zum Einsatz kommen soll. Auch die bereits erwähnten rechtlichen Regularien wirken einschränkend und müssen im Detail geprüft und berücksichtigt werden. (Müller-Eppendorfer & Meusinger 2024)

Der durch die DSGVO und neu auch durch die europäische KI-Verordnung vorgegebene Schutz personenbezogener, insb. biometrischer Daten erfordert einen sensiblen Umgang mit der Erfassung eben dieser. Für die Entwicklung eines solchen Assistenzsystems ergeben sich aus den gesetzlichen Regelungen klare Anforderungen hinsichtlich der technischen Gestaltung (z. B. automatische Protokollierung, Einbau einer Mensch-Maschine-Schnittstelle) sowie der Dokumentation und (insb. Transparenzpflichten, z. B. DSFA, Qualitätsmanagement, Konformitätsbewertung, Risikomanagementsystem, technische Dokumentation, Daten-Governance-System, Bedienungsanleitung).

Zwar ist eine entsprechende Datenerfassung im Kontext eines Ergonomie-unterstützenden Assistenzsystems unvermeidlich, es gilt allerdings, schon in der Technologieentwicklung entsprechende Überlegungen anzustellen und geeignete Lösungen zu finden. Die im untersuchten Fall gewählte Lösung hierfür besteht aus drei Komponenten:

1. Das Assistenzsystem verarbeitet Daten nur lokal am Arbeitsplatz und überträgt diese nicht auf einen Server.
2. Die per Kamera erfassten Bewegungsabläufe werden anonymisiert in das Assistenzsystem eingespielt.
3. Die das Assistenzsystem benutzende Person hat durch eine einfache An- und Ausschaltfunktion jederzeit die Möglichkeit, auf die Unterstützung zu verzichten.

Zwar bleibt bei dieser Vorgehensweise ein geringes Restrisiko, da theoretisch die Möglichkeit besteht, anhand der Belegung des jeweiligen Arbeitsplatzes einen Rückschluss auf die entsprechende Person zu ziehen. Dies würde allerdings voraussetzen, dass eine Person gezielt das am Arbeitsplatz installierte Assistenzsystem bzgl. der erfassten Daten untersucht – eine Vorgehensweise, die wesentlich mehr Aufmerksamkeit erzielen würde als zum Beispiel die Nutzung von Serverdaten.

4. Zusammenfassung und Fazit

Die Arbeit beleuchtet die Entwicklung eines innovativen Assistenzsystems zur Verbesserung ergonomischer Arbeitsplätze in der variantenreichen Fertigung. Ziel ist es, mithilfe von KI-Technologien eine effizientere, gesündere und menschzentrierte Arbeitsumgebung zu schaffen. Besondere Herausforderungen liegen dabei in der Vereinbarkeit von Technologieeinsatz und den rechtlichen Vorgaben, insbesondere der DSGVO und der europäischen KI-Verordnung. Am Beispiel des Pilotprojekts bei der IMM electronics GmbH wird gezeigt, wie durch den Einsatz von VR und die aktive Beteiligung der Mitarbeitenden Arbeitsplätze effizienter und ergonomischer gestaltet werden können. Workshops und partizipative Methoden (Arbeit und Zukunft e. V. ed. 2006) spielen eine zentrale Rolle, um die Akzeptanz und Praxistauglichkeit des Systems zu gewährleisten. Diese ordnen sich in die Systematik zur Entwicklung hybrider Arbeitssysteme ein, bestätigen diese und zeigen in Teilen eine spezifizierte Ausprägung. Die technische Umsetzung setzt auf lokal ausgeführte KI, um Datensicherheit und Benutzerfreundlichkeit zu vereinen.

Bisher zeigt sich im Projektverlauf, dass die partizipative Vorgehensweise bereits in der Entwicklungsphase des Assistenzsystems von enormem Vorteil ist, insbesondere hinsichtlich der Akzeptanz und der sich daraus ergebenden Bereitschaft zur aktiven Mitarbeit durch die Mitarbeitenden im Unternehmen. Damit wird eine nutzerzentrierte Entwicklung des Assistenzsystems und seine Akzeptanz bereits vor der Implementierung im Unternehmen sichergestellt.

6. Literatur

Arbeit und Zukunft e. V. ed. (2006) Dialoge verändern: Partizipative Arbeitsgestaltung – Voraussetzungen, Methoden und Erfahrungen für eine zukunftsfähige Arbeitsforschung. Edition KWV. https://doi.org/10.1007/978-3-658-24718-8.

DIN e.V. - Deutsche Normungsroadmap innovativer Arbeitswelt. (2021) Accessed July 10, 2023. https://www.din.de/resource/blob/788766/9fb5b7f6df05948374badf569b43b947/nrm-innovative-arbeitswelt-data.pdf.

Goldhahn L, Pietschmann C, Müller-Eppendorfer K (2023) Systematik datenbasierter Assistenzsysteme im Bereich dynamischer Ergonomiegestaltung für Montagearbeitsplätze. In Nachhaltig Arbeiten und Lernen. Analyse und Gestaltung lernförderlicher und nachhaltiger Arbeitssysteme und Arbeits- und Lernprozesse. Bericht zum 69. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft vom 01.-03. März 2023, herausgegeben von Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V., Sankt Augustin: GfA Press, 2023. ISBN 978-3-936804-32-4: A.2.1, 1-6.

Goldhahn, L (2023) Entwicklung hybrider Arbeitssysteme. In: Entwicklung hybrider Arbeitssysteme. Scientific Reports. Hochschule Mittweida, ISSN 1437-7624, 2023, Nr. 1, doi.org/10.48446/opus-14344, 1 – 5.

Hacker W (2022) Arbeitsgestaltung bei Digitalisierung. Z. Arb. Wiss. 76. https://doi.org/10.1007/s41449-022-00302-0: 90–98.

Hoene A et al. (2019) Bewertung von Technologielösungen für Automatisierung und Ergonomieunterstützung der Intralogistik, ild Schriftenreihe der FOM, No. 64, ISBN 978-3-89275-100-7, MA Akademie Verlags- und Druck-Gesellschaft mbH Essen.

Müller-Eppendorfer K, Meusinger K (2024) Ergonomic support for manual assembly through data-based assistance systems - challenges and solution ideas considering the legal framework conditions. In: Isabel L. Nunes (eds): Human Factors and Systems Interaction. AHFE International Conference. AHFE Open Access, vol 154. AHFE Internat., USA. http://doi.org/10.54941/ahfe1005350: 32 - 38.

Müller-Eppendorfer K (2024) Systematik zur Planung menschengerechter Materialbereitstellung mit Hilfe von Virtual Reality. Dissertation. Hoppe, Annette (Hrsg.) Forschungsberichte Arbeitswissenschaft/Arbeitspsychologie. Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Düren: Shaker, 2024. ISBN 978-3-8440-9454-1.

Müller-Eppendorfer K, Pietschmann C, Engelberger A, Davies T, Goldhahn L (2023) Entwicklungsansatz eines datenbasierten Assistenzsystems zur dynamischen Ergonomiebewertung. In: Entwicklung hybrider Arbeitssysteme. Scientific Reports. Hochschule Mittweida, ISSN 1437-7624, 2023, Nr. 1, doi.org/10.48446/opus-14350, 6 – 10.

Danksagung: Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Unterstützung sowie dem Projektträger Karlsruhe (PTKA) für die Betreuung des Forschungsprojektes „PerspektiveArbeit Lausitz (PAL)“, Förderkennzeichen 02L19C300.

GenAI literacy in the workplace – A study of organizational measures to promote essential competencies

Niklas OBERMANN, Valentin LANGHOLF, Uta WILKENS

Institut für Arbeitswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, D-44801 Bochum

Abstract: The rapid spread and use of Generative Artificial Intelligence (GenAI) enables productivity and efficiency gains in organizations, although they are accompanied by considerable concerns. This raises the question for organizations of what measures they can take to empower their employees to use GenAI responsibly. While there is already some work on GenAI literacy from an educational context, the specific implications for management research have not yet been considered. Based on two case studies, this study explores measures that organizations can use to promote employees' GenAI literacy.

Keywords: Generative Artificial Intelligence, EU AI Act, GenAI Literacy, Competencies, Organizational measures, Case Study Design

1. Introduction

Generative Artificial Intelligence (GenAI) applications such as Microsoft's Copilot, OpenAI's ChatGPT or GitHub's Copilot are increasingly being introduced in organizations for the creation of texts, images, and videos to make processes more efficient and effective. Aside from the many benefits, there are also significant concerns about the negative effects of GenAI, for example related to ethical aspects or data privacy (Schneider et al. 2024). The extent of the risks of GenAI is leading some organizations to ban its use altogether, as in the case of Samsung, after the data leak using ChatGPT (Mok 2023).

To manage the risks associated with the use of GenAI, the EU AI Act explicitly states that organizations have "to ensure, to their best extent, a sufficient level of AI literacy of their staff" (EU AI Act 2025). Concurrently, an extensive discussion has emerged in research on central aspects of AI literacy and considerations regarding the design of learning and training approaches to promote it (e.g., Long & Magerko 2020; Ng et al. 2021; Mikalef & Gupta 2021). Hereby, AI literacy refers to the skills needed to enable employees to critically evaluate, effectively collaborate with, and actively use AI technologies (Long & Magerko 2020).

With the proliferation and use of GenAI, the notion emerged that literacy must be rethought to especially consider the ethical and social implications of GenAI. This led researchers to bundle these considerations under the term GenAI literacy (e.g., Annapureddy et al. 2024). One of the first overviews of essential competencies of GenAI literacy was provided by Annapureddy et al. (2024). The authors proposed a total of 12 competencies from a literature review that, in addition to facets of AI literacy, also considers GenAI-specific requirements with regard to ethical and social aspects.

Despite the increasing attention paid to GenAI literacy in research, implications for

promoting GenAI literacy in organizations remain underexplored (Annapureddy et al. 2024). One body of literature that provides initial insights into measures that organizations can take can be traced back to discourses on GenAI governance. Even if these are only initial conceptual considerations, they can provide a starting point for the promotion of GenAI literacy (Schneider et al. 2024). This is vital in view of the legal requirements of the EU AI Act, which will soon come into force.

Against this backdrop, the aim of the study is to examine what measures organizations can take to promote employees' GenAI literacy. Practical insights are incorporated into the study by means of two case studies from an industrial context, in which the introduction of GenAI is accompanied by specific organizational measures. The combination of theoretical findings and practical examples is used to initiate a discourse on measures that organizations can take to comply with legal requirements and promote responsible use of GenAI.

2. GenAI literacy - an emerging field of research

The capabilities of GenAI tools, exemplified by ChatGPT's ability to generate a significant amount of content based on a short prompt, are changing the concept of AI and, in turn, the requirements for AI literacy (Zhao et al. 2024). Compared to other AI applications, GenAI tools are more accessible due to the reduction of technical barriers and can also be used independently of organizational implementation (Schneider et al. 2024). This poses significantly higher risks for organizations (Lao & You 2024). Accordingly, the way in which GenAI tools are used plays a crucial role. That said, the EU AI Act primarily targets the technical knowledge, experience, education, and training of employees. It also considers the context in which AI systems are used and the individuals and groups affected by the use of the AI systems (EU AI Act 2025). Research on GenAI literacy, on the other hand, gets much more specific and emphasizes ethical concerns, biases and limitations related to the use of GenAI (Lao & You 2024). As such, the literature draws attention to the necessary knowledge and skills to use GenAI in an ethical, responsible and thoughtful way (Bozkurt 2023).

While there are extensive reviews and various conceptualizations for AI literacy (Long & Magerko 2020; Ng et al. 2021; Cetindamar et al. 2024), the need for research on GenAI literacy is recognized, but so far only addressed to a limited extent. Few isolated studies approach the topic from an educational perspective (e.g., Bozkurt 2023; Annapureddy et al. 2024). A particularly relevant contribution comes from Annapureddy and colleagues (2024), who propose 12 competencies of GenAI literacy (see table 1).

The 12 competencies combine aspects related to knowledge, application and evaluation of GenAI and complement these with ethical and legal implications. This results in a comprehensive understanding of GenAI literacy (O'Dea et al. 2024; Zhao et al. 2024). Furthermore, they follow a logical structure, so that a structural learning path can be designed that first imparts basic knowledge, then considers increasingly complex skills, and finally raises awareness of ethical and legal aspects. At the same time, Annapureddy et al., (2024) imply that all competencies should be developed in combination, as otherwise, the potential risks increase.

While the proposed competencies allow a general applicability, the authors point out that a context-specific adaptation might be needed. Factors to be considered include, for example, the different implications of generative and predictive models or general and AI-specific previous experience (Annapureddy et al. 2024; Bego et al.

2024; O'Dea 2024). Thus, a background in computer science will likely make it easier to understand the more technical aspects of GenAI tools (O'Dea et al. 2024).

Table 1: *Competencies of GenAI literacy according to Annapureddy et al. (2024).*

No	Competency	Descriptions
1	Basic AI literacy	Establishes a baseline understanding of AI concepts, laying down the groundwork for familiarity with generative AI.
2	Knowledge of generative AI models	Provides a peripheral understanding of the workings of generative AI.
3	Knowledge of the capacity and limitations of generative AI tools	Equips individuals with the proficiency to assess the capabilities and constraints of generative AI tools.
4	Skill to use generative AI tools	Promotes practical proficiency to effectively leverage generative AI tools in diverse contexts.
5	Ability to detect AI generated content	Teaches the skill of discerning AI-generated content.
6	Ability to assess the output of generative AI tools	Provides the ability to critically assess output quality, relevance, and potential biases.
7	Skill in prompting generative AI tools (Prompt Engineering)	Nurtures the creative aspect of working with generative AI, allowing individuals to tailor personalized outputs to specific objectives or creative efforts.
8	Ability to program and fine-tune	Provides the technical know-how necessary for the customization and optimization of generative AI models to suit specific needs.
9	Knowledge of the contexts where generative AI is used	Understand the diverse applications and limitations of generative AI across situations, institutions, and professions to assess the appropriateness of using generative AI tools.
10	Knowledge of the Ethical Implications	Augments technical proficiency with ethical considerations and inculcates a sense of responsibility by making individuals aware of the ethical considerations tied to the use of generative AI.
11	Knowledge of Legal Aspects	Addresses legal dimensions, ensuring individuals operate within the bounds of intellectual property and other legal frameworks associated with the use of generative AI.
12	Ability to continuously learn	Promotes a mindset of continuous learning to stay updated with evolving generative AI technologies, methodologies, and ethical considerations.

So far, most of the findings on measures to promote GenAI literacy come from the educational literature. Simms (2025), for example, recommends lessons on AI fundamentals and workshops that give participants hands-on experience with AI tools. In addition, more technical measures are suggested like projects or sessions that foster critical evaluation of AI-generated content, workshops on query formulation or the integration of templates that enable users to generate more effective prompts (Lyu et al. 2024; Simms 2025). Lyu et al. (2024) also emphasize the benefit of exchanging experiences and sharing ideas and best practices. They also see educators as role models for the ethical use of GenAI. Overall, the study by Sullivan et al. (2024) suggests that the training requirements for basic knowledge and skills may not be that high, although ongoing and comprehensive training may be needed to keep pace with rapid technological developments in the long term.

Noteworthy is the increasing intersection of literature on AI literacy and governance (Annapureddy et al. 2024; Lao & You 2024). Latest studies on GenAI governance show that the free access to and diverse applications of GenAI are making the requirements for the measures that organizations must take increasingly complex. This is because

organizations may assess the use of GenAI as unproblematic in one case and as posing increased risks in another (e.g., Schneider et al. 2024).

As a result, it is necessary to provide employees with needs-based training (O'Dea 2024). The contextual factors mentioned, which relate to the choice of tool, its use, and the previous experience of those involved, are of particular importance here. Using two case studies from an industrial context, the specific measures taken by the organizations are presented and analyzed in terms of the extent to which they contribute to the competencies defined by Annapureddy et al. (2024).

3. Organizational measure for promoting GenAI literacy

The case study design makes it possible to gain insights into what measures can be taken to promote GenAI literacy by examining the approaches of two organizations in an industrial context. Both organizations (A and B) are part of the HUMAINE project (HUMAINE 2025) and are in the process of introducing GenAI. Building on several years of cooperation in the context of the project and several workshops specifically designed to provide scientific support for the implementation processes, the collected data allowed to be processed in two case studies. The data material provides a comprehensive impression of the organization-specific measures taken to ensure responsible use in the context of the introduction of GenAI. After a brief general introduction of the two cases, the measures taken in both cases are examined in relation to the competencies defined by Annapureddy et al. (2024).

In the first case, organization A adopts Microsoft Copilot across all departments in the entire organization. By adding GenAI-based capabilities to Microsoft applications, the organization aims to improve work results, reduce processing time, and realize the potential of GenAI. Since employees from different departments are involved, the technical knowledge and associated skills vary among users. By contrast, in the case of organization B different prerequisites can be seen due to the greater importance of software development in the organization. In this case, a locally hosted LLM is rolled out in the software development department. On the one hand, the organization hopes that this will increase productivity and efficiency, while at the same time it is trying to exploit the potential of GenAI for software development, for example in the area of quality improvement. The employees involved have a high level of technical affinity, particularly in the field of computer science.

In both cases, it can be seen that training is provided and supporting materials are made available (see table 2). While organization A provides both general and tool-specific support, organization B provides training and material in form of a general introduction to GenAI. Accordingly, it can be assumed that in both cases basic knowledge of AI is taught (competency 1). The other knowledge-based competencies (competencies 2, 3, 9, 10, and 11) relate to very specific topics around the technical properties and possible uses of GenAI as well as their related risks. It can only be assumed that impulses that address these competencies are included in the selected training approaches and materials. Depending on the design of the training program (especially regarding the opportunities for participants to interact with generative AI themselves), the ability-based competencies (4, 5, 6, 7, 8) can also be addressed. The train-the-trainer approach adopted by organization A suggests that the competencies (1-9) addressed by the training program and accompanying materials can also developed through "multipliers" in the individual departments. Instead, organization B chooses a more self-directed approach in which employees can explore the provided

tool themselves. Since these are employees from the software development department, it can be assumed that they can independently improve their skills (competencies 4-8) by using the tool.

Both cases have in common regular evaluations and reviews of the use of the respective tool and possible improvements in relation to the materials provided and their basic use in the organizations. This promotes the ability to continuously learn (competency 12) and to further improve the way GenAI is used. In addition to "formal" reviews, organization B uses informal exchanges within the department or within a team to further improve the use of the GenAI tool. Through active exchange and opportunities to learn from one another, competencies 2 to 9 can be addressed, depending on the topics discussed. The same applies to the targeted exchange of best practices initiated by the organization. Noteworthy, is the guideline developed by organization B for the use of AI. This is how the organization clearly positions itself on the use of AI by referring to ethical principles and thus addressing competency 10. Since organizations often also position themselves in guidelines with regard to legal regulations, it can be assumed that organization B also addresses competency 11.

Table 2: *Organizational measures and addressed competencies of GenAI literacy.*

	Organizational measures	**Addressed Competencies**
Organization A	General and tool-specific training and support materials are provided for employees	1; d*epending on the training program:* 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11
	A train-the-trainer approach is used to train GenAI experts in each department	1,2,3,4,5,6,7,8,9
	Accompanying evaluations, regarding user behavior, acceptance and trust in the GenAI tool, and the need for adjustments to the training concept	12
	Further development of the training concept through feedback and evaluations	12
Organization B	Organizational guideline for the responsible use of AI	10, 11
	Basic training and support materials about GenAI are provided for employees	1; d*epending on the training program:* 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11
	Self-directed exploration of the tool without any instructions regarding its use	*Through trial and error: 4,*5,6,7,8
	Regular (informal) exchange and feedback sessions within the division/team	*If properly discussed:* 2,3,4,5,6,7,8,9
	Regular targeted evaluations with a special focus on user behavior, perceptions of role development and changes, improvement of workflows, and adaptation needs of accompanying materials	12
	Exchange of best practices	*If properly discussed:* 2,3,4,5,6,7,8,9

The result shows that the measures chosen by both organizations appear to be formally suitable for addressing the 12 competencies. In the case of organization B, it is clear that ethical and legal aspects in particular can be covered by the supplementary organizational guideline. This aspect is not explicitly considered by organization A at the present time. However, it should be noted that for all the measures discussed, it depends crucially on how the measures are designed to address the individual competencies.

4. Discussion and Outlook

Promoting GenAI literacy is a task for society as a whole (O'Dea et al. 2024). Organizations can make a decisive contribution to this in their own interest by taking appropriate measures to promote GenAI literacy. The findings from this study show that the context-specific design of these measures is particularly important. Accordingly, a high degree of sensitivity for the respective organizational context is required to provide employees with needs-based training and adequate exchange formats. The two case studies show that valid insights can be gained into how organizations can achieve this. However, it should be noted that both organizations have not finished the activities yet, limiting the analysis to overarching relationships between the approaches and the competencies by Annapureddy et al. (2024). Future research is encouraged to take a closer look at the design of the organizational measures so that a structured learning approach can be pursued that trains employees in the 12 interrelated competencies. This will not only enable organizations to comply with the legal requirements, but also to tap the potential of GenAI.

6. References

Annapureddy, R, Fornaroli, A, Gatica-Perez, D (2024) Generative AI literacy: Twelve defining competencies. Digit. Gov.: Res. Pract. Just Accepted (August 2024).

Bego, CR, Withorn, T, Danovitch, J, Thompson, A, Thomas, E, Gatsos, G. E, Tran, A (2024) Working Towards GenAI Literacy: Assessing First-Year Engineering Students' Attitudes towards, Trust in, and Ethical Opinions of ChatGPT. In 2024 ASEE Annual Conference & Exposition.

Bozkurt, A (Ed.) (2023) Unleashing the potential of generative AI, conversational agents and chatbots in educational praxis: A systematic review and bibliometric analysis of GenAI in education. Open Praxis 15(4):261-270.

Cetindamar, D, Kitto, K, Wu, M, Zhang, Y, Abedin, B, & Knight, S (2022) Explicating AI literacy of employees at digital workplaces. IEEE transactions on engineering management 71:810-823.

EU AI Act (2025) Article 4: AI literacy. Accessed Jan 06, 2025. https://artificialintelligenceact.eu/de/article/4/.

HUMAINE (2025) Research project. Accessed Jan 06, 2025. https://humaine.info/.

Lao, Y, You, Y (2024) Unraveling generative AI in BBC News: application, impact, literacy and governance. Transforming Government: People, Process and Policy.

Long, D, Magerko, B (2020) What is AI literacy? Competencies and design considerations. In Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems 1-16.

Mikalef, P, Gupta, M (2021) Artificial intelligence capability: Conceptualization, measurement calibration, and empirical study on its impact on organizational creativity and firm performance. Information & management 58(3):103434.

Mok, A (2023) Amazon, Apple, and 12 other major companies that have restricted employees from using ChatGPT. Accessed Jan 08, 2025. https://www.businessinsider.com/chatgpt-companies-issued-bans-restrictions-openai-ai-amazon-apple-2023-7.

Ng, DTK, Leung, JKL, Chu, SKW, Qiao, MS (2021) Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. Computers and Education: Artificial Intelligence 2:100041.

O'Dea, X, Tsz Kit Ng, D, O'Dea, M, Shkuratskyy, V (2024) Factors affecting university students' generative AI literacy: Evidence and evaluation in the UK and Hong Kong contexts. Policy Futures in Education 14782103241287401.

Schneider, J, Abraham, R, Meske, C (2024) Governance of generative artificial intelligence for companies. arXiv preprint arXiv:2403.08802.

Simms, RC (2025) Generative artificial intelligence (AI) literacy in nursing education: A crucial call to action. Nurse Education Today 146:106544.

Sullivan, M, McAuley, M, Degiorgio, D, McLaughlan, P (2024) Improving students' generative AI literacy: A single workshop can improve confidence and understanding. Journal of Applied Learning and Teaching 7(2):88-97.

Zhao, X, Cox, A, Cai, L (2024) ChatGPT and the digitisation of writing. Humanities and Social Sciences Communications 11(1):1-9.

Soziotechnisches Lastenheft Digitalisierte Personalentwicklung – ein Werkzeug für den digitalen Transformationsprozess

Claudia GRAF-PFOHL, Tobias SANDERS, Simon FRONCZEK

ATB Arbeit, Technik und Bildung gGmbH,
Neefestraße 76, D-09119 Chemnitz

Kurzfassung: Die fortschreitende Digitalisierung erfordert innovative Ansätze in der Personalentwicklung, insbesondere in KMU, um neue Kompetenzanforderungen, digitale Lernformate und partizipative Transformationsprozesse zu bewältigen. Das empirisch fundierte „Soziotechnische Lastenheft Digitalisierte Personalentwicklung“ dient als praxisnahes Werkzeug zur Implementierung datenbasierter Assistenzsysteme. Es integriert technische, organisationale und soziale Anforderungen, berücksichtigt IT-Infrastrukturen, adaptive Lernumgebungen und Lernkulturen und unterstützt die nachhaltige Verankerung digitaler Lösungen. Führungskräfte und Mitarbeitende werden partizipativ durch Analyse- und Entscheidungsprozesse begleitet, um menschenzentrierte, flexible Lernarrangements zu etablieren und die digitale Transformation zu fördern.

Schlüsselwörter: Digitalisierung, Personalentwicklung, soziotechnisches Lastenheft, KMU, partizipative Transformation, adaptive Lernumgebungen

1. Digitalisierung in der Personalentwicklung vorantreiben

Die fortschreitende Digitalisierung in Unternehmen erfordert neue Ansätze zur Personalentwicklung, insbesondere im Kontext der Implementierung von Künstlicher Intelligenz (KI) (Joachims 2022). Mitarbeitende, Personalverantwortliche und Geschäftsführende sehen sich neben den neuen digitalen Arbeitsmitteln sowie neuer Kompetenzanforderungen auch der Transformation bisheriger Personalentwicklungsprozesse ausgesetzt (Kintz et al. 2024; OECD 2024; Pfeiffer 2022; Rammer et al. 2022). Neue Lernformate und Lernarrangements stellen dabei Mitarbeitende und Personalverantwortliche gleichermaßen vor Herausforderungen (Armutat et al. 2023; Muehlburger 2021; Winkler & Fink 2022; Yu et al. 2023). Gerade die frühzeitige Partizipation der Mitarbeitenden ist dabei von Relevanz, um eine nachhaltige und menschenzentrierte Lösungsentwicklung zu erreichen, da dies das Gelingen des Transformationsprozesses begünstigt (Böhme et al. 2024; Gröllich et al. 2023; Keller et al. 2021 2023; Ruess et al. 2024).

2. Vorgehensweise

Auf der Grundlage eines Mixed-Method-Designs (vgl. Creswell 2009) wurden Anforderungen der digitalen Unterstützung der Personalentwicklung mit Hilfe adaptiver Lern- und Monitoringsysteme in kleinen und mittelständischen Unternehmen in der Strukturwandelregion Lausitz erhoben und analysiert. Unter Einbezug von zwei Anwendungsunternehmen wurden im Zeitraum zwischen September 2023 und März

2024 Prozessdokumente (Onboarding, Qualifikationsnachweise, Schulungsunterlagen, Arbeitsanweisungen, Schulungspläne), Stellenbeschreibungen, Qualifikationsmatrizen, die technische Infrastruktur, Führungskraft- und Mitarbeitendeninterviews bzw. -fragebögen, Beobachtungsprotokolle aus Rundgängen in Labor bzw. Produktion sowie leitfadengestützte Interviews mit Multiplkator*innen im Bereich der regionalen Bildungslandschaft analysiert und ausgewertet (Flick 2006; Przyborski & Wohlrab-Sahr 2014).

Ein erstellter Fragenkatalog des Konsortiums wurde als deduktives Kriteriengerüst für die inhaltsanalytische Zusammenfassung nach Mayring (2015) genutzt. Es entstand ein Anforderungskatalog mit 338 Einzelanforderungen für die betriebliche Gestaltung der digitalisierten Personalentwicklung, gegliedert in 83 Hauptkategorien, die induktiv aus dem Material entwickelt wurden. Diese wurden wiederum aus Perspektive einzelner Rollen im Unternehmen in zeitlicher Abfolge kartiert und in Form einer niedrigschwelligen Handlungshilfe auf einzelne Tabellenblätter einer Excel-Datei übertragen (vgl. Gröllich et al. 2023).

3 Soziotechnisches Lastenheft als Implementationshilfe datenbasierter Assistenzsysteme in der Personalentwicklung von KMU

Das empirisch fundierte „Soziotechnische Lastenheft Digitalisierte Personalentwicklung berücksichtigt technische, organisationale und soziale Anforderungen gleichermaßen (vgl. Bendel & Latniak 2023; Lennings & Terstegen 2019; Roth & Kötter 2020). Hierbei können vier Abschnitte unterteilt werden, die für Unternehmensvertreter*innen Stück für Stück den Weg durch das Digitalisierungsprojekt aufzeigen (siehe Abbildung 1). Prüfpunkte sind als Checkliste und als erweiterbare Textbox hinterlegt, sodass Handlungsbedarfe schnell übersichtlich dokumentiert werden können. Auf die Nutzung externer Hilfe aus Arbeitswissenschaft und IT-Dienstleistung im Bedarfsfalle wird verwiesen.

2.1 Indikatorenaufnahme und Projektplanung im Einführungsprozess

Nach der Erklärung des Nutzens und der Verwendung des soziotechnischen Lastenheftes für das betriebliche Digitalisierungsprojekt innerhalb der Personalentwicklung können Mitarbeitende und Führungskräfte auf den Tabellenblättern Projektsteckbrief, Start(-bedingungen), GANTT und Monitoring Einführung verantwortliche Personen, eine Ausgangsbeschreibung in der Abteilung oder am Arbeitsplatz, zu erreichende Ziele, die zeitliche Planung und Betroffenheit einzelner Stakeholder sowie Erfolgskriterien festhalten. Eine Erweiterung und Konkretisierung einzelner Kategorien ist im laufenden Einführungsprozess betriebsspezifisch möglich.

2.2 Betriebliche Integration

Hinsichtlich der betrieblichen Integration des Digitalisierungsprojektes in der Personalentwicklung werden Kategorien aus den Bereichen betriebliches Lernmanagement, Gestaltung des Lernprozesses und Schulungsinhalten erfragt. Anforderungen sind so formuliert, dass sie Wissen über attraktive Arbeitsbedingungen an spezifischen Arbeitsplätzen und die betroffenen Mitarbeitenden voraussetzen und die Dokumentation

einfordern. Beispielsweise ist eine Anforderung folgendermaßen formuliert: „Personalentwicklungsmethoden basieren auf flexiblen, qualifikationsgebundenen Entwicklungsperspektiven."

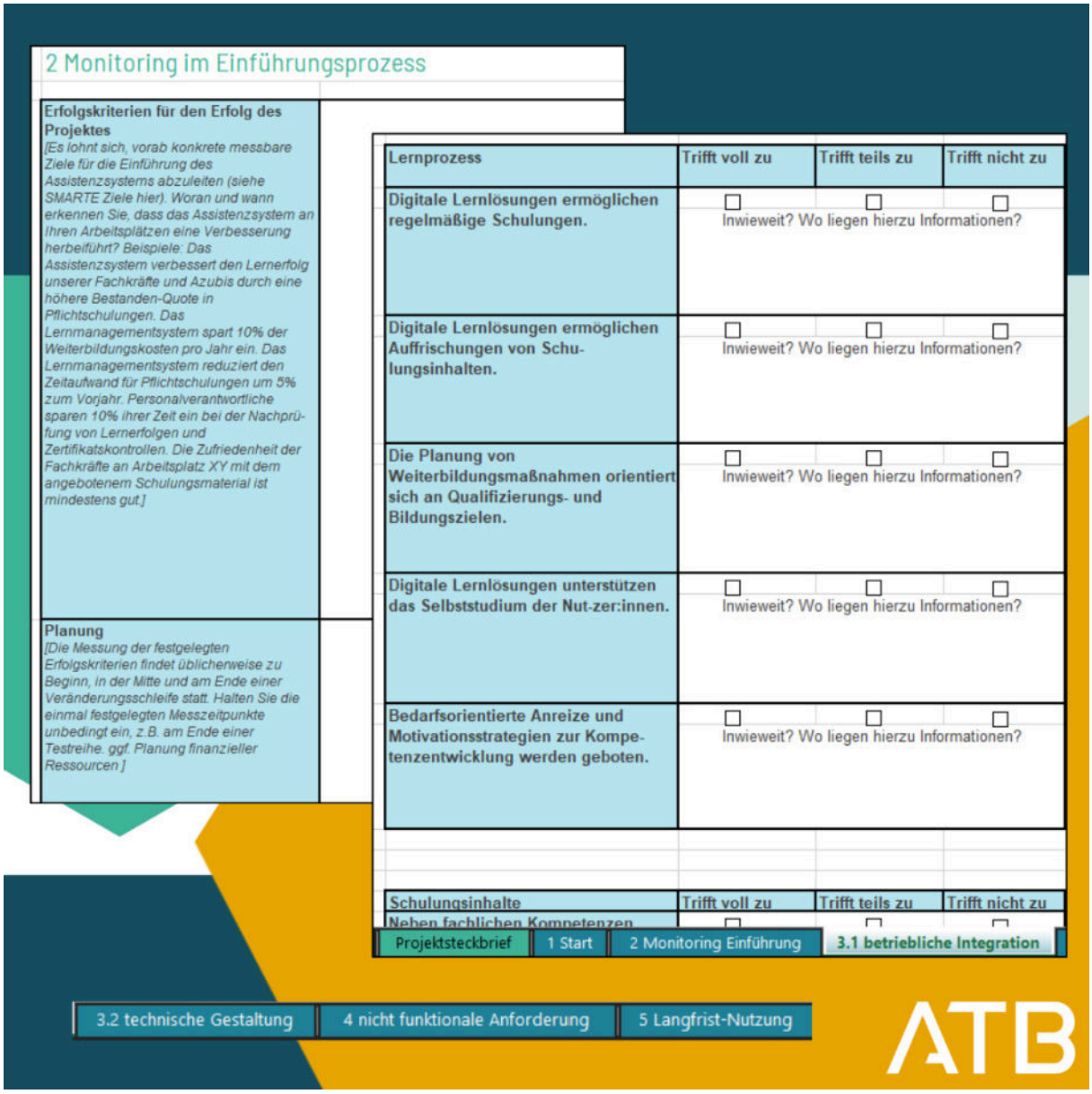


***Abbildung 1**: Auszug aus dem „Soziotechnischen Lastenheft Digitalisierte Personalentwicklung als Werkzeug für KMU und Arbeitswissenschaftler*innen (@ATB)*

2.2 Technische Gestaltung

Hinsichtlich der technischen Gestaltung werden Informationen zum Datenmanagement, Lernförderlichkeit, Ergonomie, Barrierefreiheit, Partizipation sowie im Bedarfsfalle zur Adaptivität gewünschter Lösungen erfragt. Beispielsweise muss geprüft werden, welche Mitarbeitenden wie oft an welchen Orten mit welchen Informationen unterstützt werden sollen. Auch die vorhandene betriebliche Infrastruktur wie die Internetabdeckung sowie vorhandene Endgeräte entscheiden darüber, ob Investitionen getätigt oder Datenleitungen ausgebaut werden müssen.

2.2 Nicht-funktionale Anforderungen & Nachhaltigkeit

Im Abschnitt der nicht-funktionalen Anforderungen werden allgemeine, betriebsspezifische Bestimmungen, Betriebsvereinbarungen sowie gesetzliche Vorschriften dokumentiert, die evtl. Auswirkungen oder auch Beschränkungen für die Wahl der digitalen Lernlösungen bieten. Ferner wird die Neubewertung von Arbeitssicherungsvorschriften für die konkreten Arbeitsplätze von vornherein mitgedacht. Im Falle eines Einsatzes von Künstlicher Intelligenz im Zuge adaptiver Lernmanagementsysteme müssen beispielsweise Regelungen zur Datenverarbeitung und Arbeitsschutzbelehrungen angepasst werden.

Im Abschnitt Langfrist-Nutzen werden die Unternehmensbeteiligten bereits vorab auf einzuhaltende Wartungs- und Sicherheitsintervalle sowie laufende Kosten befragt sowie auf die notwendige Festlegung einer Ansprechperson im Betrieb verwiesen, die für Fragen zum laufenden Betrieb der digitalen Lösung der Personalentwicklung zur Verfügung steht. Ebenso können gewonnene Erkenntnisse und Empfehlungen für zukünftige Projekte dokumentiert werden, was den Erfahrungstransfer sowie den Kompetenzaufbau für zukünftige Digitalisierungsprojekte unterstützt.

3. Diskussion und Nutzen für den betrieblichen Einsatz

Das Lastenheft ermöglicht die systematische Analyse der betrieblichen Voraussetzungen für digitalisierte Personalentwicklung, z. B. die Ermittlung von Kompetenzbedarfen, Verantwortlichkeiten sowie Evaluationskriterien im Transformationsprozess. Dieses Werkzeug ermöglicht es zudem, Mitarbeitende zu beteiligen sowie externe Dienstleistende konkret zu instruieren. Damit unterstützt das „Soziotechnische Lastenheft Digitalisierte Personalentwicklung“ den betrieblichen Transformationsprozess, insbesondere hinsichtlich adaptiver und flexibler Lernarrangements (Altepost et al. 2024; Hemmler & Ifenthaler 2024; Rick et al. 2024). Es stellt insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen ohne eigene Personalabteilung ein niedrigschwelliges Instrument des digitalen Veränderungsprozesses dar, da es folgende Merkmale aufweist:

- Prozessübersicht: Führungskräfte und Mitarbeitende werden Schritt für Schritt durch den Erst-Analyse-Prozess im je eigenen Unternehmenskontext geführt und zur Dokumentation einzelner Schritte angeleitet. Dies bietet Transparenz und Nachvollziehbarkeit auch für involvierte Dritte (z. B. Forschende, Dienstleistungsunternehmen).
- Menschzentrierung im Umsetzungsprozess: Es berücksichtigt die partizipative Einbeziehung von Mitarbeitenden sowie der Arbeitnehmendenvertretung, die Berücksichtigung von Kriterien für eine nutzerfreundliche und sichere (Um)gestaltung von Arbeitsplätzen und -abläufen. Ferner zeigte sich, dass technische und organisationale Anforderungen im hohem Maße von der Adaption und Akzeptanz der Nutzer*innen abhängig, sodass ein menschzentrierter Umsetzungsweg im Sinne eines Human-Centered-Designs aufgezeigt wird (vgl. Böhme et al. 2024).
- Einfachheit: Jede auszufüllende Kategorie ist mit einer Erklärung, Leitfragen oder Beispielen versehen, sodass eine Orientierung auch für ungeübte Projektkoordinator*innen in KMU, beispielsweise Mitarbeitenden mit der Quer-

schnittsaufgabe Personal, gegeben ist (vgl. Uhlmann et al. 2018). Neuerungen im Einführungsprozess können ergänzt werden, sodass sukzessive eine Dokumentation entsteht.

- Lernförderlichkeit: Ausgehend von den betrieblichen Ausgangsbedingungen und Ressourcen im Betrieb leiten Fragen die Lösungssuche und Informationsbeschaffung und dienen damit als Befähigungsinstrument für Mitarbeitende und Führungskräfte. Sukzessive bauen sich Unternehmen mithilfe des „Soziotechnischen Lastenheftes Digitalisierte Personalentwicklung“ Wissen für weitere digitale Umsetzungsprojekte in der Personalentwicklung auf.
- Skalierbarkeit: Es können sowohl eine unterschiedliche Ausgangslage z. B. der IT-Infrastruktur, unterschiedliche Lerntypen und -anforderungen der Belegschaft, die Lernkultur sowie verschiedene digitale Tools bis hin zu adaptiven Lernumgebungen berücksichtigt werden, um die Auswahl und Möglichkeiten digitaler Unterstützungssysteme im jeweiligen Betriebskontext vorzubereiten. Fragen zur nachhaltigen Pflege neu einzuführender Software oder IT-Infrastruktur zeigen Kompetenz- bzw. Schulungsbedarfe auf, die parallel zur Technikeinführung entwickelt werden müssen. Weitere Digitalisierungsbedarfe und -möglichkeiten können aufgedeckt werden.

Als nächste Schritte ist die Erprobung und Evaluation im Rahmen zweier Betriebsprojekte geplant, die die Verbesserung und Ableitung als digitale Vorlage für kleine und mittelständische Unternehmen auf der PAL-Webseite sowie der CoCo-Plattform der Regionalen Kompetenzzentren der Arbeitsforschung ermöglicht.

6. Literatur

Altepost A, Elaroussi F, Hansen-Ampah A, Harlacher M, Merx W (2024) Assessing organizational framework conditions for the successful, human-centered introduction of AI applications. Zeitschrift Für Arbeitswissenschaft 79: 335-348.

Armutat S, Mauritz N, Wattenberg M, Bormann F (2023) Digitalisiertes Lernen in der Betrieblichen Weiterbildung – Zielgruppenorientierte Akzeptanz-Anforderungen an Virtuelle Produktschulungen, Am Beispiel Der Weidmüller Interface GmbH & Co. KG. Bwp@ Berufs- Und Wirtschaftspädagogik – Online 45: 1–22.

Bendel A, Latniak E (2023) Weiter so mit MTO? Konzeptionelle Entwicklungsbedarfe soziotechnischer Arbeits- und Systemgestaltung. Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO) 54(1): 9–26.

Böhme C, Graf-Pfohl C, Meusinger K (2024) Human Centered Implementation Process of AI in SMEs – Conditions for Success. In: Zinke-Wehlmann C, Friedrich J (Ed) AI Tomorrow—Working Conference on Artificial Intelligence Development for a Resilient and Sustainable Tomorrow. AIDRST 2023. Informatik aktuell. Wiesbaden: Springer Vieweg, 83–99.

Creswell JW (2009) Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (3rd ed). California: Sage Publications.

Flick U (2006) Qualitative Forschung. Konzepte, Methoden, Umsetzung (12. Auflage, Originalausgabe). Reinbek: Rowohlt Taschenbuch Verlag.

Gröllich D, Hahmann M, Ott G, Graf-Pfohl C (2023) Vorgehensweise zur Implementation von datenbasierten Assistenzsystemen. In: Tolkmitt V, Mahn U (Ed) Entwicklung hybrider Arbeitssysteme. Mittweida: Hochschule Mittweida, 35–38.

Hemmler YM, Ifenthaler D (2024) Adaptive Lernumgebungen für die Weiterbildung – Möglichkeiten, Chancen und Herausforderungen. Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis 53(3): 28–29.

Joachims J (2022) Digitalisierung der Personalentwicklung: Der neue Möglichkeitsraum zwischen individuellem Lernen und kollektiven Wachstumsprozessen. Baden-Baden: Nomos.

Keller A, Schöner J, Barré J, Groß H, Ehlers T, Schulze M, Kühnel H, Motsch C, Haase T, Weber S (2023) Erfahrungen und Lösungsansätze für die Einführung eines digitalen Assistenzsystems in der

Instandhaltung. In: Nitsch V, Brandl C, Häußling R, Roth P, Gries T, Schmenk B (Ed) Digitalisierung der Arbeitswelt im Mittelstand. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 297–342.
Keller A, Weber SM, Rentzsch M, Haase T (2021) Lern- und Assistenzsysteme partizipativ integrieren – Entwicklung einer Systematik zur Prozessgestaltung auf Basis eines organisationspädagogischen Ansatzes. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 75(4): 455–469.
Kintz M, Beinhauer W, Bienzeisler B, Drawehn J, Dworschak B, Engelbach M, Haner UE, Kaiser S, Klau D, Mackensen J, Mozer P, Peissner M, Renner T, Uhler L, Wulf J (2024) Potenziale Generativer KI für den Mittelstand. Stuttgart: Fraunhofer IAO.
Lennings F, Terstegen S (2019) APRODI – arbeits- und prozessorientierte Digitalisierung in Industrieunternehmen. Betriebspraxis & Arbeitsforschung, 236, 34–37.
Mayring P (2015) Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (12., überarbeitete Auflage). Weinheim Basel: Beltz Verlag.
Muehlburger M (2021) Individuelle Digitalisierungsbereitschaft in der Praxis. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 58(6): 1566–1580.
OECD (2024) OECD-Bericht zu Künstlicher Intelligenz in Deutschland. Paris: OECD-Publishing.
Pfeiffer S (2022) KI als Kollegin (KIK). Repräsentative Beschäftigtenbefragung zu Künstlicher Intelligenz am Arbeitsplatz. Bericht aus dem Forschungsprojekt „Künstliche Intelligenz, Mensch und Gesellschaft“. Working Paper.
Przyborski A, Wohlrab-Sahr M (2014) Qualitative Sozialforschung: Ein Arbeitsbuch (4., erweiterte Auflage). München: Oldenbourg Verlag.
Rammer C, Fernández G P, Czarnitzki D (2022) Artificial intelligence and industrial innovation: Evidence from German firm-level data. Research Policy 51(7): 104555.
Rick VB, Stebner M, Dräger L, Franken A, Mertens A, & Nitsch, V. (2024). Effects of AI-based technologies on employees' work engagement: Implications for the human-centered design of digital work. Zeitschrift Für Arbeitswissenschaft 78: 323-334.
Roth S, Kötter W (2020) Soziotechnisches Lastenheft: Herangehensweise bei der Anforderungsermittlung an digitale Assistenzsysteme am Beispiel eines mittelständisch geprägten Industrieunternehmens. GfA-Frühjahrskongress 2020, Berlin. https://gfa2020.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de/inhalt/B.5.4.pdf.
Ruess P, Staffa A, Kreutz A, Busch C, Saba Gayoso CO, Pollmann K (2024) Künstliche Intelligenz in betrieblichen Prozessen: Ein Vorgehensmodell zur partizipativen Gestaltung von KI-Anwendungen. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 61(2): 485–502.
Uhlmann M, Fißmer T, Goldberg K (2018) Betriebliche Kümmerer als Begleiter der sozialen und arbeitsorganisatorischen Veränderungen im digitalen Wandel. In: Schlüter N, Reiche M (Ed) Umgang mit Anforderungen in agilen Organisationen. Aachen: Shaker Verlag.
Winkler K, Fink J (2022) Personalentwicklung in der digitalisierten Arbeitswelt – Das individuelle, lebenslange Lernen im Mittelpunkt. In: Cloots A (Ed) Hybride Arbeitsgestaltung. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 61–85.
Yu X, Xu S, Ashton M (2023) Antecedents and outcomes of artificial intelligence adoption and application in the workplace: The socio-technical system theory perspective. Information Technology & People 36(1): 454–474.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt Kathleen Lehmann, Anne Leidenroth, Max Lange (Team Umweltanalytik GmbH) sowie Bettina Voßberg und Dr. Stefan Lippitsch (Packwell GmbH & Co. KG). Ferner danken wir Sarah Kelschebach (FNO) für Anregungen und Kommentare hinsichtlich der Anwendung des soziotechnischen Lastenheftes im betrieblichen Einsatz. Diese Publikation entstand im Regionalen Kompetenzzentrum der Arbeitsforschung „PerspektiveArbeit Lausitz“ (PAL). PAL wird im Rahmen der Förderrichtlinie „Zukunft der Arbeit: Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung. Erste Wettbewerbsrunde: Gestaltung neuer Arbeitsformen durch Künstliche Intelligenz“ im Programm „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter der Fördernummer 02L19C306 mit einer Projektlaufzeit vom 01.11.2021 – 31.10.2026 gefördert. Weitere Informationen unter www.pal-lausitz.de.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

KI-Leitlinien für Unternehmen: ein partizipativer Ansatz für einen verantwortungsvollen Einsatz Künstlicher Intelligenz

Bianca ZICKERICK

Technologieberatungsstelle beim DGB NRW e.V. / Zukunftszentrum KI NRW, Westenhellweg 92-94, D-44137 Dortmund

Kurzfassung: Künstliche Intelligenz (KI) stellt Unternehmen vor neue Herausforderungen und erfordert eine strukturierte und menschenzentrierte Einführung. Die partizipative Erarbeitung von unternehmensinternen KI-Leitlinien kann Unternehmen bei der frühzeitigen Risiko- und Folgenabschätzung unterstützen, sowie Vertrauen in den Umgang mit der neuen Technologie bei den Beschäftigten schaffen. Das Zukunftszentrum KI NRW hat in diesem Zusammenhang ein innovatives Lehr- und Lernkonzept entwickelt, das sich an betriebliche Interessenvertretungen, Führungskräfte, Gleichstellungs-, Datenschutzbeauftragte, sowie weitere relevante Akteure im Unternehmen richtet. Gemeinsam wird dieser Personenkreis zum Thema KI geschult und erarbeitet eine interne Leitlinie für den verantwortungsbewussten Einsatz von KI im Unternehmen. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Relevanz und Inhalte von KI-Leitlinien und stellt anschließend das Konzept vor, welches eine Grundlage für die menschenzentrierte Einführung von KI bietet.

Schlüsselwörter: Künstliche Intelligenz, Leitlinien, Partizipation, Betriebliche Interessenvertretungen, Lehr- und Lernkonzept

1. Relevanz von KI-Leitlinien für Unternehmen

Immer mehr Unternehmen in Deutschland setzen Künstliche Intelligenz (KI) ein oder haben den Einsatz von KI geplant (Bitkom Research 2024). Gleichzeitig wächst das Bewusstsein für die Risiken, die mit KI-Systemen einhergehen. So können KI-Systeme fehlerhafte Informationen generieren, Datenschutzprobleme verursachen oder diskriminierende Entscheidungen treffen.

Mit der KI-Verordnung (EU-AI-Act 2024) hat die Europäische Union eine Kategorisierung von KI-Systemen nach ihrem Risikopotenzial eingeführt. Dabei reicht die Skala von einem geringen Risiko über Hochrisiko-Anwendungen, die besonders strengen Regulierungen unterliegen, bis hin zu einem unannehmbaren Risiko für Anwendungen, die verboten werden. Diese gesetzliche Einordnung verdeutlicht die Notwendigkeit eines verantwortungsvollen Umgangs mit KI in Unternehmen und setzt eine menschenzentrierte Einführung Künstlicher Intelligenz voraus.

Vor diesem Hintergrund gewinnt die Erarbeitung von internen KI-Leitlinien für Unternehmen zunehmend an Bedeutung. In Anlehnung an den Human Friendly Automation Ansatz (Kämpf et al. 2023) stellt die Schaffung einer wertekonformen Basis und Zielklärung einen wichtigen ersten Schritt für eine erfolgreiche menschenzentrierte Einführung von KI dar. KI-Leitlinien bilden genau eine solche Wertegrundlage im Umgang mit KI, auf das sich ein Unternehmen auf freiwilliger Basis verständigt. Sie dienen

damit als Orientierungshilfe und Rahmen für die ethische Nutzung von KI. Dadurch können potenzielle Risiken und Folgen frühzeitig abgeschätzt werden und somit vor Fehlentscheidungen, Diskriminierung und Datenschutzverletzungen bewahren Darüber hinaus fördern KI-Leitlinien das Vertrauen in die neue Technologie – sowohl auf Seiten der Beschäftigten als auch bei Kunden, Partnern und der Öffentlichkeit.

2. Inhalte und Erarbeitung von KI-Leitlinien

KI-Leitlinien definieren die Werte für den verantwortungsvollen Einsatz von KI in einem Unternehmen. Sie dienen damit als Grundlage der betrieblichen KI-Governance, unterscheiden sich jedoch deutlich von dieser: Während die KI-Governance rechtliche Vorgaben fokussiert, setzen KI-Leitlinien den Schwerpunkt auf Werte und ethische Prinzipien für eine moralisch fundierte Entscheidungsfindung im Umgang mit KI.

Bis dato haben bereits viele große Unternehmen wie z. B. die Telekom oder Bosch, aber auch Einrichtungen, Institutionen sowie Ministerien KI-Leitlinien erarbeitet, um KI verantwortungsbewusst einzuführen. Besonders erwähnenswert ist das Netzwerk „KI in der Arbeits- und Sozialverwaltung“. Das Netzwerk hat auf Basis der Ethik-Leitlinien für eine vertrauenswürdige KI der High-Level Expert Group on Artificial Intelligence (AI HLEG) der Europäischen Kommission sowie weiterer relevanter Akteure wie der Enquete-Kommission zu KI des Deutschen Bundestages folgende zentralen Wertepaare für KI-Leitlinien herausgestellt (Denkfabrik Digitale Arbeitsgesellschaft im Bundesministerium für Arbeit und Soziales 2022):

- „Menschenzentrierung & Gemeinwohl
- Fairness & Nichtdiskriminierung
- Erklärbarkeit& Transparenz
- Privatsphäre & Persönlichkeitsschutz
- Sicherheit & Robustheit
- Intervenierbarkeit & Verantwortung
- Ökologische Nachhaltigkeit & Ressourcenschonung“

Diese Werte lassen sich in vielen existierenden Leitlinien und Fallbeispielen (z. B. Stahl et al. 2023) finden und bieten damit eine Grundlage für die Erarbeitung unternehmensspezifischer KI-Leitlinien. Neben der Definition zentraler Werte enthalten solche Leitlinien in der Regel eine Beschreibung der Prinzipien sowie weitere Aspekte wie eine Präambel oder allgemeine Zielsetzung für den KI-Einsatz im Unternehmen.

Die genaue Bedeutung dieser Werte, bzw. Prinzipien ist jedoch für jedes Unternehmen individuell zu betrachten. Eine standardisierte KI-Leitlinie erscheint daher wenig sinnvoll, da sich KI-Leitlinien an dem jeweiligen Leitbild des Unternehmens sowie der Unternehmenswerte orientieren sollten. Damit bieten KI-Leitlinien einen strukturierten Ansatz, um sicherzustellen, dass KI-Systeme in Einklang mit den Zielen und Werten eines Unternehmens eingesetzt werden. Zudem sollte die KI-Leitlinie nicht nur abstrakte Prinzipien formulieren (z. B. „Wir setzen KI menschenzentriert ein“), sondern ebenfalls ergänzende Maßnahmen und Ansätze enthalten, die aufzeigen, wie die jeweiligen Prinzipien der KI-Leitlinie im Unternehmen in der Praxis umgesetzt werden können.

Die Erarbeitung solcher Leitlinien erfordert Zeit, Ressourcen und vor allem die Beteiligung unterschiedlicher Stakeholder im Unternehmen, um möglichst viele Perspektiven und Risikoeinschätzungen in der KI-Leitlinie zu berücksichtigen. Insbesondere die frühzeitige Beteiligung der betrieblichen Interessenvertretungen beim Einsatz von

KI hat bei Beschäftigten zu mehr Vertrauen und Produktivitätssteigerungen geführt (Lane et al. 2023). Auch Datenschutz-, Gleichstellungs-, IT-Verantwortliche und betroffene Beschäftigte sollten aktiv in den Prozess der Erarbeitung von Leitlinien einbezogen werden, um mögliche Risiken und Möglichkeiten von KI aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten und einzubinden. Eine solche sozialpartnerschaftliche Vorgehensweise steht im Fokus des geförderten Projekts „Zukunftszentrum KI NRW“ und setzt daher den Ausgangspunkt für das hier vorgestellte innovative Lehr- und Lernkonzept.

3. Unser innovatives Lehr- und Lernkonzept „Sozialpartnerschaftliche Erarbeitung von KI-Leitlinien“

Das Zukunftszentrum KI NRW setzt sich für eine sozialpartnerschaftliche Unterstützung von insbesondere kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) aus NRW bei Digitalisierungs- und KI-Themen ein. Die Erarbeitung von internen KI-Leitlinien bietet in diesem Rahmen eine herausragende Möglichkeit, Künstliche Intelligenz nicht nur strukturiert, sondern vor allem partizipativ einzuführen. In Anlehnung an Stowasser et al. (2020) gehen wir dabei schrittweise vor und haben eine dreiteilige Workshopreihe entwickelt.

3.1 Ziel

Das Lehr- und Lernkonzept verfolgt zwei Hauptziele:

- Die Schulung verschiedener Stakeholder im Umgang mit KI sowie die Vermittlung grundlegender KI-Kenntnisse. Dies ermöglich die Identifikation von relevanten Handlungs- und Risikofeldern, die in einer KI-Leitlinie berücksichtigt werden sollten.
- Die gemeinsame partizipative Erarbeitung einer internen KI-Leitlinie, die das Unternehmen eigenständig weiterentwickeln kann.

3.2 Zielgruppe

Wie in Abschnitt 2 geschildert, ist die Einbindung verschiedener Stakeholder für die erfolgreiche Erarbeitung von KI-Leitlinien essenziell. Die Themenfelder Datenschutz, Ethik und organisationale Aspekte erfordern vielfältige Perspektiven. Empfohlene Teilnehmende sind:

- Betriebsratsmitglieder
- Datenschutzbeauftragte
- Gleichstellungsbeauftragte
- IT-Verantwortliche
- Geschäftsführung
- Betroffene Beschäftigte und Führungskräfte

Die Zusammensetzung der unterschiedlichen Teilnehmenden wird gemeinsam in Vorgesprächen mit den Verantwortlichen festgelegt. Eine Gruppengröße von 10 bis maximal 15 Personen wird empfohlen, um sowohl produktive Diskussionen als auch effiziente Gruppenarbeiten zu ermöglichen.

3.3 Methodik

Das Lehr- und Lernkonzept basiert auf einer interaktiven dreiteiligen Workshopreihe, die vor Ort im Unternehmen stattfindet. Die ersten beiden Workshops dauern in der Regel vier Stunden, der Abschlussworkshop zwei Stunden. Zwischen den Workshops liegen mehrere Wochen Abstand, welches den Verantwortlichen ausreichend Zeit gibt, den Entwurf der KI-Leitlinien zu verschriftlichen.

Innerhalb der Workshops geben die Referierenden fachliche Impulse zu den Themen KI und KI-Leitlinien, und moderieren Gruppenarbeiten sowie Diskussionen. Ergänzend sind Online-Termine für Rückfragen sowie E-Mail-Feedbackrunden zur Evaluation des KI-Leitlinien-Entwurfs vorgesehen.

3.4 Inhalte & Ablauf

Nach einer ersten virtuellen Abstimmung zu den Rahmenbedingungen, findet mit den Teilnehmenden ein Auftaktworkshop statt. In diesem Workshop erhalten die Teilnehmenden eine grundlegende Einführung in das Themenfeld der Künstlichen Intelligenz.



***Abbildung 1**: Ablauf und Inhalte des Lehr- und Lernkonzepts „Sozialpartnerschaftliche Erarbeitung von KI-Leitlinien“, welches sich aus drei interaktiven Workshops zusammensetzt.*

Konkrete Inhalte des Auftaktworkshops sind:

- Definition und Funktionsweise von KI
- Einsatzmöglichkeiten von KI
- Herausforderungen und Möglichkeiten im Umgang mit KI
- KI-Verordnung der Europäischen Union (EU-AI-Act)
- Mitbestimmung und KI
- Kritische Handlungsfelder wie Datenschutz, Diskriminierung und Fehlentscheidungen durch KI

Letztere bilden die Grundlage für die Erarbeitung der KI-Leitlinien. Zudem erfolgt eine Zielklärung: Welche Ziele verfolgt das Unternehmen mit dem KI-Einsatz? Welche Werte vertritt das Unternehmen? Eine Bestandsaufnahme aktueller KI-Projekte im

Unternehmen (IST-Zustand) sowie die Betrachtung bereits bestehender Unternehmensleitlinien hilft, mögliche Bedenken und Fragestellungen der Teilnehmenden sichtbar zu machen.

Im darauffolgenden Praxisworkshop werden anhand konkreter Use-Cases unternehmensspezifische Herausforderungen und Möglichkeiten von KI diskutiert. In Gruppenarbeiten erarbeiten die Teilnehmenden zentrale Themen und Maßnahmen für die KI-Leitlinie. Diese Ergebnisse werden anschließend von einer kleineren Gruppe zusammengefasst und vor dem Abschlussworkshop allen Beteiligten zur Verfügung gestellt.

Im Abschlussworkshop werden die Rückmeldungen besprochen und der KI-Leitlinien-Entwurf finalisiert. Der genaue Ablauf kann je nach Unternehmensbedarf angepasst werden, um eine optimale Integration der Leitlinien in die bestehende Unternehmenskultur zu gewährleisten.

4. Fazit und Ausblick

Die sozialpartnerschaftliche Erarbeitung von unternehmensinternen KI-Leitlinien ist ein zentraler erster Schritt für eine verantwortungsbewusste und menschenzentrierte Einführung von KI. Durch die partizipative Erarbeitung und insbesondere der Einbindung der betrieblichen Interessenvertretung können Risiken und Möglichkeiten von KI aus unterschiedlichen Perspektiven beleuchtet und in einer Leitlinie erfasst werden.

Bisher hat das Zukunftszentrum KI NRW drei Unternehmen bei der Erarbeitung begleitet und verzeichnet eine große Nachfrage für das kommende Jahr mit weiteren geplanten Workshopreihen. Während sich daraus noch keine repräsentativen Ergebnisse ableiten, zeichnet sich eine klare Tendenz ab: Alle Teilnehmenden betonen insbesondere den Wert der „Menschenzentrierung“. KI wird als unterstützendes Werkzeug gesehen, das Prozesse effizienter gestalten kann und soll, ohne den Menschen dabei zu ersetzen. Finale Entscheidungen sollen weiterhin durch den Menschen und nicht durch ein KI-System getroffen werden.

Für die Ableitung weiterer Erkenntnisse ist eine engere Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Akteuren angedacht, um strukturierte Vorgehensweisen, z. B. in Form einer unterstützenden Checkliste, zu entwickeln.

Im Anschluss an die Erarbeitung von KI-Leitlinien können weitere Schritte für eine erfolgreiche Einführung von KI erfolgen. Dazu gehören im Rahmen einer Beratung durch das Zukunftszentrums KI NRW z. B. die Entwicklung von (weiteren) Use-Cases in Form einer Ideenwerkstatt sowie der gezielte Kompetenzaufbau der Belegschaft durch Einführungsworkshop in KI, Prompt Engineering oder Change Management. Zu den weiteren nächsten Schritten zählt zudem die Schaffung rechtlicher Rahmenbedingungen wie die Erarbeitung konkreter Betriebsvereinbarungen mit dem Betriebsrat. Hier verweist das Zukunftszentrum die Unternehmen auf entsprechende Ansprechpartner, wie die TBS NRW.

In dem Zusammenhang sei angemerkt, dass viele Unternehmen KI-Leitlinien mit formellen Richtlinien bzw. einer KI-Governance verwechseln und falsche Erwartungen an das Lehr- und Lernkonzept haben. Die Unterschiede zwischen beiden müssen daher frühzeitig kommuniziert und die Notwendigkeit von Leitlinien (vor einer „Richtlinie“) deutlich gemacht werden. Die neutrale und externe Rolle der Moderatoren der Workshopreihe kann dabei unterstützend sein und konstruktive Diskussionen fördern.

Entscheidend dabei ist, dass die Erarbeitung von KI-Leitlinien nicht als erster und damit abgeschlossener Prozess betrachtet wird. Da sich KI-Technologien kontinuierlich weiterentwickeln, müssen auch die KI-Leitlinien regelmäßig überprüft und angepasst werden. Dies kann durch die Etablierung von Ethikräten, Audits oder KI-Zirkeln geschehen, die sich kontinuierlich mit der Thematik befassen. Die Gründung einer solchen Instanz wird daher im Abschlussworkshop mit den Teilnehmenden thematisiert.

Auch das vorgestellte Lehr- und Lernkonzept selbst muss dahingehend regelmäßig evaluiert und an die äußeren Faktoren sowie die Bedarfe der Unternehmen angepasst werden. Unsere bisherigen Erfahrungen zeigen eine wachsende Nachfrage nach möglichst praxisnahen Ansätzen. Die Einbindung eines konkreten Use-Cases für die Erarbeitung der KI-Leitlinien hat sich daher besonders bewährt, um das Thema KI greifbarer zu machen. Um unser Angebot weiter zu optimieren, ist der Einsatz zusätzlicher Methoden und Tools geplant, wie Perspektivkarten oder spielerische Ansätze wie Lego Serious Play. Solche Formate fördern die Reflexion und praxisnahe Leitlinienentwicklung, sodass Unternehmen KI nicht nur zielführend integrieren, sondern auch zentrale Werte und Prinzipien für einen verantwortungsvollen Umgang mit KI ableiten können.

5. Literatur

Bitkom Research (2024) Künstliche Intelligenz in Deutschland. Perspektiven aus Bevölkerung & Unternehmen. https://www.bitkom.org/sites/main/files/2024-10/241016-bitkom-charts-ki.pdf.

Denkfabrik Digitale Arbeitsgesellschaft im Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Hrsg.) (2022) Selbstverpflichtende Leitlinien für den KI-Einsatz in der behördlichen Praxis der Arbeits- und Sozialverwaltung. Netzwerk KI in der Arbeits- und Sozialverwaltung. Stand Oktober 2022. https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/a862-01-leitlinien-ki-einsatz-behoerdliche-praxis-arbeits-sozialverwaltung.pdf?__blob=publicationFile&v=2.

Kämpf T, Langes B, Schatilow L, Gergs HJ (Hrsg.) (2023) Human Friendly Automation: Arbeit und Künstliche Intelligenz neu denken. Frankfurt am Main: Frankfurter Allgemeine Buch.

Lane M, Williams M, Broecke S (2023) The impact of AI on the workplace: Main findings from the OECD AI survey of employers and workers. OECD Social, Employment and Migration Working papers 288, Paris: OECD Publishing.

Stahl BC, Schroeder D, Rodrigues R (2023) Ethics of Artificial Intelligence. Case studies and options for addressing ethical challenges. Springer.

Stowasser S, Suchy O, Huchler N, Müller N, Peissner M, Stich A, Vögel H-J, Werne J, Henkelmann T, Schindler T, Scholz M (2020) Einführung von KI-Systemen in Unternehmen. Gestaltungsansätze für das Change-Management. München: Whitepaper aus der Plattform Lernende Systeme.

Danksagung: Die Autorin dankt allen Beteiligten und Mitwirkenden bei der Planung, Gestaltung und Umsetzung der Workshopreihe, darunter vor allem Daniela Kreklow, Nils Bremhorst, Alfredo Virgillito, Johanna Renker und Urs Peter Ruf. Das Projekt Zukunftszentrum KI NRW wird im Rahmen des Programms „Zukunftszentren“ durch das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) und vom Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales NRW (MAGS), sowie durch das Europäische Sozialfonds Plus (ESF Plus) gefördert. Die Verantwortung für diesen Beitrag liegt bei der Autorin.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Enhancing Ergonomics with Anthropomorph Robotics: Requirement Analysis for Humanoids

Sascha WISCHNIEWSKI[1], Rebecca ERLEBACH[1],
Falk LIEBERS[2], Patricia Helen ROSEN[1]

[1] Unit Human Factors, Ergonomics
[2] Unit Prevention of Work-related Diseases
Federal Institute for Occupational Safety and Health (BAuA)
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, 44149 Dortmund, Germany

Abstract: Anthropomorphic robotic systems (humanoids) have advanced significantly, with first pilot applications appearing particularly in the automotive industry. These robots are supposed to show human-like performance when handling loads, performing more complex movements and manual tasks. However, the question arises if such robots may primarily automate easy and repetitive tasks, leaving humans to perform highly complex, physically demanding, and non-ergonomic tasks. This begs the question: What tasks should humanoids perform? Ideally, they should address tasks that are hazardous to humans. Using ergonomic assessment tools such as the key indicator methods, harmful forces, postures, and movements can easily be identified and in this conceptional paper, we transfer them into skill requirements for humanoids. This provides manufacturers with a reference for development, enabling robots to complement the workforce and contribute to safer, more efficient work environments while promoting human-centered design.

Keywords: Humanoids, Anthropomorphic Robots, Ergonomic Assessment, Key Indicator Methods, Occupational Safety and Health

1. Introduction

Humanoid robots are moving out of the research labs and into the real world. Defined by their anthropomorphic, bipedal shape (Vianello et al. 2021), these robots are designed to function in human environments, assisting or even replacing humans in various tasks. Their integration into the workplace has the potential to transform industries by eliminating labor-intensive, repetitive, or dangerous tasks that can negatively impact human health and well-being. From a human-centered perspective, humanoid robots should prioritize assisting with tasks that are harmful or detrimental to human workers, rather than ones that are easy or enjoyable to perform.

The Key Indicator Methods (KIM 2025) are workplace risk assessment methods designed to identify physically demanding tasks that are overly strenuous or pose long-term health risks for employees like the manual handling of heavy loads. By delegating such tasks to robots, work safety and health outcomes can improve while maintaining productivity. This is consistent with the growing interest in humanoid development, which began in the 1990s and has since expanded into broader markets and diverse applications. Advances in robotics in the early 2000s shifted the focus from industrial settings to less technologized environments (Siciliano & Khatib 2019).

Furthermore, disasters in the past highlighted the potential of humanoids. Robots capable of performing complex tasks in hazardous environments could reduce risks to human workers. Future humanoids will need to navigate narrow passageways, climb ladders and use functions designed for human use, taking advantage of existing accommodations in human environments. This would eliminate the need to modify the environment, making collaborations with humans in shared spaces possible. For example, the HRP-1S robot demonstrated its ability to remotely operate an excavator without drive-by-wire controls (Fitzpatrick et al. 2016).

The International Federation of Robotics (IFR) named Humanoids as one of their top five global robotics trends for 2024, highlighting their potential for use in the workplace and seamless integration into existing infrastructure. Similarly, China's Ministry of Industry and Information Technology (MIIT) highlighted humanoids as a disruptive technology and announced plans for mass production by 2025 (IFR 2025). While the current market reflects growing interest in humanoids, many are still in the developmental stage and face significant technical and practical challenges. Nonetheless, the increasing focus on specific industrial, healthcare, and service needs signals a promising future for humanoids as transformative tools in human environments.

2. Market overview and current technical status of humanoid robotics

Humanoids are advancing rapidly, driven by diverse applications ranging from logistics and industrial automation to customer service and rehabilitation. The current market includes a mix of commercially available robots and prototypes in development, with varying degrees of technical sophistication and specialization. Table 1 provides a short overview of different humanoids that are currently either market leaders or the subject of much discussion in research as well as in media.

From this overview, several conclusions can be drawn about the current state of humanoid robotics. Humanoids range from commercially available models such as Digit and H1 to prototypes such as Optimus and Atlas. This indicates a maturing market that is still in its infancy for many applications. While some humanoids have reached the market, their use is still largely limited to specialized tasks in research, logistics, and niche industrial applications. Broad consumer adoption or widespread use in public-facing roles remain a future goal.

Many developers are focusing on creating versatile humanoids equipped with AI for navigation, interaction, and problem solving, with the goal of adapting robots to unstructured environments and human needs. However, challenges such as battery life, payload capacity, and human-like dexterity remain critical technical hurdles. These technical hurdles limit the operational efficiency of humanoids and their ability to perform complex, real-world tasks for extended periods of time. Trends such as modular designs (e.g., Apollo) and higher-level intelligence (e.g., Optimus) suggest that future humanoids will be more flexible, efficient, and capable of autonomous decision-making. Currently, humanoid robots are in a transitional phase, showing impressive progress while still facing fundamental challenges. The field holds great promise, and continued innovation is likely to expand its role in industry, research, and society. However, achieving widespread integration will require overcoming significant technical and market barriers.

Table 1: *Overview of various humanoid robots that are already in production or are the subject of much discussion.*

Robot (Manufacturer)	H/W	Battery	Payload	Applications	Market Status	Key Features
Digit (Agility Robotics)	1.75 m, 63.5 kg	N/A	Up to 16 kg	Logistics, warehousing	On the market	Human-like; LiDAR navigation
GR-2 (Fourier Intelligence)	1.75 m, 63 kg	2 h	3kg (Single-Arm)	Industry, rehab, research, household	In development & on the market	12 DoF Dexterous Hands
H1 (Unitree)	1.80 m, 47 kg	N/A	N/A	Research, industry	On the market	ROS integration, precise navigation
Optimus Gen 2 (Tesla)	N/A, 57 kg	N/A	N/A	Industry	In development	Industrial use, launch planned
Apollo (Apptronik)	1.77 m, 72kg	4 h	25kg	Warehousing, retail, logistics	In development & on the market	Modular, swappable battery
Atlas (Boston Dynamics)	1.50 m, 89 kg	N/A	Up to 11 kg	Research, specialized tasks	In development	Advanced motion, dynamic movements
CyberOne (Xiaomi)	1.77 m, 52 kg	2.5 h	Up to 5 kg	Entertainment, customer service	On the market	AI-powered interaction, 3D perception
Booster T1 (Booster Robotics)	1.20m, 30 kg	3.5 h	N/A	Research and Development	On the market	Wear-resistant, anti-fall

Founded in 2000, the IEEE RAS Conference on Humanoid Robots has become a cornerstone event in the humanoid robotics community. Held annually, the conference provides an important platform for researchers from various disciplines to share their latest findings and innovations in humanoid robotics Recent themes such as "Research Outcomes for a Growing Application Landscape" (2023) and "Humanoid Robots for Humanity" (2022) highlight the evolving focus of the field. The 2024 conference in Nancy featured 30 exhibitors, including six that showcased market-ready humanoids such as the Unitree H1. However, these robots still face significant gaps in meeting workplace needs.

At present, humanoids excel at basic tasks such as walking, lifting, and carrying objects. However, they lack the adaptability and flexibility of humans, particularly in complex or constrained postures. For example, tasks that require kneeling or working close to the ground remain challenging for humanoids, despite their importance in various jobs. Developers are addressing these limitations by exploring designs that incorporate tendon- and muscle-like structures to enhance motion and flexibility (Inoue et al. 2024). These innovations are bringing robots closer to mimicking human physicality and enabling their use in hazardous or physically demanding environments.

As research progresses, the integration of humanoids in the workplace is moving from aspiration to reality. With continued advances, humanoids have the potential to transform industries by augmenting employees and performing tasks that are unsafe or physically demanding for humans. Established workplace risk assessment tools can be used to identify such unsafe or physically demanding work situations in which robots should support employees.

3. Physical activities with a high risk of physical strain

The Key Indicator Methods (KIM) as other ergonomics tool such as EAWS, RULA, REBA etc. are risk assessment tools for systematic workplace screening and used to evaluate workplaces and identify structural deficits in the ergonomic design of a workplace. In addition, they provide information on ergonomic and organizational measures that have the potential to reduce the risk of adverse health effects. The KIM identify the following as especially strenuous and potentially harmful:

1. **Activities involving static postures**
    a. Remaining in one position for a prolonged period of time: any activity that requires holding a certain posture for a prolonged period of time can lead to static strain. This applies in particular to positions that deviate from the neutral posture, such as bending forward, overstretching or twisting.
    b. Work with limited freedom of movement: Activities in confined spaces or with limited freedom of movement can lead to unfavorable postures and static stress.

2. **Activities involving repetitive movements**
    a. Repetitive movements with low force: even repetitive movements with low force can lead to fatigue and overload if performed frequently, especially in the hands, wrists and arms.
    b. Cyclical activities with short cycle times: Work with very short cycle times and repetitive movements increase the risk of overload, as there is little time for recovery and variation of movement patterns.

3. **Activities that require application of muscle force**
    a. Handling heavy loads: Lifting, carrying, pushing or pulling heavy loads can put a lot of strain on the muscles, joints and skeleton.
    b. Exerting force with the whole body: Activities that require a high level of force with the whole body, e.g. pushing or pulling heavy objects, pose a considerable risk of overloading.
    c. Force impulses: Sudden, strong force impulses, e.g. when hammering or pushing, represent a particular strain on the body.

4. **Activities in unfavorable environmental conditions**
    a. Working in unfavorable climatic conditions: Heat, cold, wet or draughts can further increase physical strain and increase the risk of discomfort and injury.
    b. Working on uneven or slippery floors: Uneven floors, tripping hazards or slippery surfaces increase the risk of falls and injuries and make it more

difficult to perform strenuous activities safely.
c. Working in confined spaces: Cramped, poorly lit or unclear work areas increase physical strain and the risk of accidents.

5. **Activities with high mental workload**
   a. High concentration work: tasks that require a high level of concentration and attention can increase physical strain due to static postures and repetitive movements.

Of course, is has to be said, that the likelihood of physical overload depends on various factors, such as the duration of the activity, the frequency of repetition and the individual's ability to cope with stress. The six KIM for the main archetypes of physical workload (manual handling of loads, manual operations, pushing and pulling, whole body forces, work pastures, body movements) provide detailed guidance on how to assess the risk of physical overload for these different types of activities. They enable a systematic analysis of workplaces and work processes for a whole working day in order to identify potential hazards and take appropriate measures. It is important to note that this list is not exhaustive. Physical exposures like exposures to mechanical vibration etc. should also be considered. The combination of different physical workloads, exposures and organizational and psychosocial conditions at a workplace can further increase the risk of physical overload.

4. Discussion

Humanoid robots have significant potential as tools to assist humans in a variety of industries. In this paper we used the Key Indicator Methods to provide a helpful list for identifying potential use cases for humanoids and guiding research and development efforts. The presented generic aspects derived from these standardized assessment tools provide guidelines for defining where humanoid robots can have the greatest impact for a human-centered design by highlighting the tasks that are most detrimental to human health and well-being. By prioritizing these high-risk tasks, developers and researchers can develop humanoids that effectively address these specific workplace hazards. To assist or replace humans in these roles, humanoid robots must have capabilities that match the demands of the identified tasks. Achieving this requires a focused approach to robotic design that aligns humanoid attributes such as range of motion, strength, and precision with KIM expectations. By bridging this gap, humanoids can be seamlessly integrated into the workplace, reducing human exposure to harmful conditions while maintaining or even increasing productivity. On the other hand, integration of humanoid robots in the production is only a new approach of industrial automatization. All the well-established knowledge of ergonomic design of machineries should be considered also in construction of humanoid robots.

Another aspect next to this list is the integration of humanoids during night shifts. Unlike tasks designed to reduce physical strain during standard shifts, humanoids could eventually automate human tasks at night, thereby mitigating the well-documented health risks associated with such work. Since night shifts are widely recognized as detrimental to well-being, removing humans from this type of work could have significant societal benefits.

However, the human-like appearance of those systems might introduce unique psychological risks, such as discomfort or mistrust toward these systems. Additionally,

their presence could affect acceptance among employees Addressing these challenges requires careful design, clear communication and early involvement of workers.

As humanoid robots evolve, their role in assisting human workers is likely to expand. By focusing on applications that reduce harmful workloads, the robotics community can ensure that these technologies contribute to safer and more human-centered work environments. Established risk assessments tools should be used to identify such task with high physical workload for humans. At the same time, these advances of humanoid robots will meet broader societal and economic goals by improving workplace safety and enabling humans to focus on creative and complex decision-making tasks.

5. References

Fitzpatrick, P., Harada, K., Kemp, C.C., Matsumoto, Y., Yokoi, K., Yoshida, E. (2016). Humanoids. In: Siciliano, B., Khatib, O. (eds) Springer Handbook of Robotics. Springer Handbooks. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32552-1_67.

IFR International Federation of Robotics. (2025). Top 5 Robot Trends 2024. IFR International Federation Of Robotics. https://ifr.org/ifr-press-releases/news/top-5-robot-trends-2024, accessed 17 January 2025.

Inoue, S., Kawaharazuka, K., Suzuku, T., Yuzaki, S., Ribayashi, Y., Sahara, Y., Okada, K. (2024). CubiXMusashi: Fusion of Wire-Driven CubiX and Musculoskeletal Humanoid Musashi toward Unlimited Performance. Proceedings of the 2024 IEEE-RAS 23rd International Conference on Humanoid Robots (Humanoids). http://dx.doi.org/10.1109/Humanoids58906.2024.10769840.

KIM (2025). https://www.baua.de/EN/Topics/Work-design/Risk-assessment/Key-indicator-method, accessed 17 January 2025.

Siciliano, B., Khatib, O. (2019). Humanoid Robots: Historical Perspective, Overview, and Scope. In: Goswami, A., Vadakkepat, P. (eds) Humanoid Robotics: A Reference. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6046-2_64.

Vianello, L., Penco, L., Gomes, W., You, Y., Anzalone, S. M., Maurice, P., Thomas, V., Ivaldi, S. (2021). Human-Humanoid Interaction and Cooperation: A Review. Curr Robot Rep 2, 441-454. https://doi.org/10.1007/s43154-021-00068-z.

Acknowledgement: The authors would like to acknowledge the use of NotebookLM in supporting the analysis of preselected and public available documents by the authors for this paper. DeepL was used for language and copy editing of the final text.

Einfluss von Megatrends und deren Marktveränderungspotenziale auf Geschäftsmodelle für Veranstaltungen im Arbeitskontext

Tilman NAUJOKS, Milena BOCKSTAHLER, Mitja JURECIC, Dr. Stefan RIEF

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO,
Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart

Kurzfassung: In einem dynamischen Umfeld, das durch den fortschreitenden technologischen Wandel, demografische Verschiebungen sowie die zunehmende Personalisierung von Inhalten geprägt ist, unterliegen auch die Anforderungen an Business Events einem kontinuierlichen Transformationsprozess. Diese Veränderungen eröffnen jedoch zugleich Chancen für Veranstaltende und Teilnehmende, insbesondere dann, wenn Business Events nicht nur als Reaktion auf den Wandel verstanden werden, sondern aktiv als dessen Mitgestalter agieren. Vor diesem Hintergrund widmet sich das Fraunhofer IAO der Identifikation potenzieller Marktveränderungen, aus denen sich fundierte Handlungsempfehlungen für Akteure der Business-Event-Branche ableiten lassen. Diese Potenziale wurden im Rahmen qualitativer Interviews mit ausgewiesenen Marktanalystinnen und -analysten systematisch erfasst, deren Expertise wertvolle Einblicke in aktuelle Entwicklungen und zukünftige Marktchancen ermöglicht hat. Auf Basis dieser Erkenntnisse konnten gezielt Business Opportunities identifiziert und evaluiert sowie praxisnahe Handlungsempfehlungen formuliert werden.

Schlüsselwörter: Business Events, Future Events, Marktveränderungspotenziale, Handlungsempfehlungen, Veranstaltungswandel, Business Opportunities

1. Business Events im Wandel

Die Welt befindet sich derzeit in einem tiefgreifenden Wandel, der von vielfältigen Trends geprägt ist. Diese aufkommenden Trends, wie die Digitalisierung und Konnektivität oder die Neo-Ökologie und Nachhaltigkeit, machen sich auch im Ökosystem rund um Geschäftsveranstaltungen bemerkbar und bringen sowohl neue Potenziale als auch Herausforderungen mit sich. Aus diesem Grund beschäftigt sich die Forschungsphase 2024 des Innovationsverbundes „Future Meeting Space“ des Fraunhofer IAO und des German Convention Bureau e. V. unter dem Motto „Künftige Chancen in einem sich verändernden Ökosystem von Geschäftsveranstaltungen“ mit dieser Thematik.

Um diese Problemstellung geeignet bearbeiten und um Megatrends ausfindig machen zu können, wurde eine systematische Analyse von vielfältigen Veröffentlichungen zur Trendforschung durchgeführt. Mithilfe dieser wurden 13 Megatrends identifiziert und zu den jeweiligen identifizierten Trends gesamtgesellschaftlichen Auswirkungen und insbesondere die Wirkung auf Business Events abgeleitet. Diese Megatrends, als treibende Kräfte für Marktveränderungen, sind: Individualisierung und Selbstverwirklichung, Gesundheit und Achtsamkeit, (De-)Globalisierung und Geopolitik, Digitalisierung und Konnektivität, New Work und Work-Life-Integration, Demografischer Wan-

del, Lebenslanges Lernen und Wissenstransfer, Sicherheit und Datenschutz, Automatisierung und Künstliche Intelligenz, Neo-Ökologie und Nachhaltigkeit, Mobilität und autonomes Fahren, Diversität und Gender Shift sowie Urbanisierung und Smart Cities.

In einem weiteren Schritt wurden Interviews mit Expertinnen und Experten durchgeführt, um Marktveränderungspotenziale der identifizierten Megatrends erfassen zu können. Anschließend wurden die 13 Megatrends in einer Heatmap eingeordnet und darauf aufbauend mögliche Business Opportunities entwickelt und evaluiert.

2. Megatrends als Treiber des Wandels

Die 13 Megatrends mir ihrer Veränderungswirkung auf die Gesellschaft und auf das Ökosystem von Business Events entfalten auf der Makro-, Meso- und Mikro-Ebene unterschiedliche Wirkungen. Auf der Makro-Ebene bewirken sie eine tiefgreifende Transformationen, die das gesamte Ökosystem rund um Business Events nachhaltig verändern. Auf der Meso-Ebene beeinflussen sie Organisationen direkt und wirken sich auf deren Produkte, Services und Geschäftsmodelle aus. Auf der Mikro-Ebene schließlich zeigen sich Effekte, die die Teilnehmenden als individuelle Nutzende unmittelbar betreffen.

Ein Beispiel aus den im vorherigen Kapitel genannten Megatrends ist die Automatisierung und Künstliche Intelligenz, deren Auswirkungen sowohl auf die Gesellschaft als auch auf die Ausrichtung von Business Events im Folgenden betrachtet werden. Die gesellschaftlichen Auswirkungen umfassen beispielsweise Veränderungen auf dem Arbeitsmarkt, die Entstehung neuer Berufsbilder oder die Ethikfragen im Umgang mit diesen Technologien. Auf der anderen Seite beeinflussen diese Entwicklungen zunehmend, wie Business Events geplant, durchgeführt und erlebt werden. Wie durch die Automatisierung administrativer Prozesse bis hin zum Einsatz von KI für die personalisierte Teilnehmendenerfahrung.

Ein weiterer Megatrend bezieht sich auf die Neo-Ökologie und Nachhaltigkeit. Der Megatrend spiegelt das wachsende Bewusstsein und die zunehmende Bedeutung von Umwelt- und Nachhaltigkeitsfragen wider, die eng mit den globalen Herausforderungen wie dem Klimawandel und der Ressourcenknappheit verbunden sind. Diese Entwicklung hat nicht nur gesellschaftliche Auswirkungen, indem sie zum Beispiel den Lebensstil und das Konsumverhalten beeinflusst, sondern auch einen starken Einfluss auf das Ökosystem von Business Events. Unternehmen und Veranstalter setzen vermehrt auf nachhaltige Praktiken, um ihre Veranstaltungen umweltfreundlicher zu gestalten, etwa durch die Reduktion von Abfällen oder die Wahl von nachhaltigen Partnern und Veranstaltungsorten. Durch das Engagement für Nachhaltigkeit können Unternehmen nicht nur das Image stärken, sondern auch das Vertrauen und die Loyalität der Teilnehmenden fördern.

Diese Veränderungen wurden auch in der Evaluation der Marktveränderungspotenziale deutlich, die auf den Einschätzungen von Marktanalystinnen und -analysten basieren.

3. Identifikation von Marktveränderungspotenzialen

Die Expertinnen und Experten berichteten in den qualitativen Interviews über zentrale Themen und Trends, welche in der Zukunft die Veranstaltungsbranche und Arbeitswelt prägen werden. Die insgesamt acht Analystinnen und Analysten stammen

aus Bereichen, die das Ökosystem von Business Events beeinflussen, darunter unter anderem die Hotellerie oder das Travel Management. Neben unterschiedlichen und gemeinsamen Einschätzungen konnten auf Basis diese Prognosen Marktveränderungspotenziale entdeckt und identifiziert werden, die von den befragten Marktanalystinnen und -Analysten als aufkommende und bedeutende Faktoren für die Zukunft erwähnt wurden. Die vier wesentlichen resultierenden Marktveränderungspotenziale sind in den Bereichen: Individualisierung und Hyper-Personalisierung von Erlebnissen, Nachhaltigkeit und ESG-Kriterien, Hybride und immersive Veranstaltungen und gesellschaftliche Polarisierung und Dialogfähigkeit verortet.

3.1 Individualisierung und Hyper-Personalisierung von Erlebnissen

Die Individualisierung und Hyper-Personalisierung von Erlebnissen als Marktveränderungspotenzial resultiert aus den Erwartungen von Teilnehmenden an maßgeschneiderten Erlebnissen. Wie die Expertinnen und Experten in den Interviews betonten gibt es aktuell einen Trend zur Personalisierung, welcher sich durch individuell angepasste Erlebnisse auf die Personen äußert, die auf die einzelnen Präferenzen und Bedürfnisse zugeschnitten sind. Die besondere Relevanz für die Veranstaltungsbranche wurde in diesem Hinblick hervorgebracht, da diese Entwicklungen mithilfe von Tools, wie der Künstlichen Intelligenz, umgesetzt werden und somit personalisierte Erfahrungen und Erlebnisse die Attraktivität der Events steigern könnten (Bockstahler et al. 2024). Ebenfalls wurde darauf hingewiesen, dass durch diesen Trend neue Marktchancen entstehen könnten für datenbasierte Plattformen und Technologien, die mithilfe von Datenanalysen eine fortschreitende Personalisierung ermöglichen und somit auf die individuellen Wünsche der Teilnehmenden eingehen.

3.2 Nachhaltigkeit und ESG-Kriterien

Ein weiteres Marktveränderungspotenzial stellen Nachhaltigkeit und ESG-Kriterien (Environmental, Social, Governance) dar. Die Expertinnen und Experten hoben in den qualitativen Interviews hervor, dass durch Nachhaltigkeitszertifizierung und die zunehmende Bedeutung von nachhaltigen Geschäftspraktiken neue Marktchancen für Unternehmen entstehen, die authentische Nachhaltigkeitsinitiativen durchsetzen. Des Weiteren beschreiben sie einen steigenden gesellschaftlichen Wandel Unternehmen zu bevorzugen, welche kein „Greenwashing“ betreiben und dadurch gleichzeitig im Hinblick auf Business Events eine erhöhte Nachfrage nach umweltfreundlichen Unterkünften und Veranstaltungsorten. Dieser Trend kann daher neue Potenziale und Märkte eröffnen hinsichtlich ESG-konformen Dienstleistungen, Immobilien und Eventmanagement-Lösungen.

3.3 Hybride und immersive Veranstaltungen

Hybride und immersive Veranstaltungen stellen ein weiteres Marktveränderungspotenzial dar, da mithilfe der daraus resultierenden Möglichkeiten bei Business Events ein globales Publikum erreicht werden kann und interaktive Erlebnisse geschaffen werden können. Wie die Marktanalystinnen und -analysten verdeutlichten, können auf der Grundlage dieses Trends neue Veranstaltungsformate und Chancen für Unternehmen entstehen. Beispielsweise durch den Einsatz von VR und AR um immersive Erlebnisse auf Events zu ermöglichen, aber auch die effiziente Einbindung von physischen und virtuellen Teilnehmenden und den Ausbau der Kundenbindung. Dadurch

können innovative und effiziente Formate entstehen, die traditionelle Formate verdrängen werden.

3.4 Gesellschaftliche Polarisierung und Dialogfähigkeit

Das Marktveränderungspotenzial zur gesellschaftlichen Polarisierung und Dialogfähigkeit begründet sich durch die zunehmende gesellschaftliche Polarisierung und der Notwendigkeit die Dialogfähigkeit zu fördern. Denn einige der Expertinnen und Experten heben hervor, dass die Attraktivität von Unternehmen als Partner durch gezielte soziale Unternehmensstrategien und Geschäftsmodelle steigt, wenn sie Diversität und Inklusion in den Vordergrund stellen und sich dafür engagieren.

4. Entwicklung und Evaluation von Business Opportunities

Mit der Grundlage der angeführten Marktveränderungspotenziale und dem Input aus den qualitativen Interviews wurden, die vorab identifizierten, 13 Megatrends, mithilfe einer Heatmap-Analyse in Zusammenhang mit dem Eventlifecycle betrachtet. Durch die Identifikation von Hot and Cold Spots konnten gezielt Business Opportunities entwickelt werden. Diese Konzepte wurden mit einem besonderen Fokus auf Flexibilität und Anpassungsfähigkeit entwickelt, um den stetig wachsenden Anforderungen einer dynamischen Welt gerecht zu werden. Die fünf am Ende im Fokus stehenden Business Opportunities ExpertDetect, EventTwin, InsAIght, SustainPoints und LearnLoop wurden anschließend weiterentwickelt und in Veranstaltendensicht und Teilnehmendensicht eingeteilt. Die Business Opportunity ExpertDetect aus Veranstaltendensicht stellt eine Plattform zur Identifikation und Peer-to-Peer Nominierung von aufkommenden Expertinnen und Experten dar, um diese für Events buchen zu können. EventTwin als digitaler Zwilling für eine effiziente Veranstaltungsplanung ermöglicht unter anderem eine Echtzeitüberwachung und Visualisierung und Simulation von Geschehnissen bei Business Events. Eine weitere Business Opportunity aus Veranstaltendensicht ist InsAIght als KI-basiertes Analyse- und Optimierungswerkzeug, mithilfe dieser Kennzahlen eines Events zu datengestützten Empfehlungen identifiziert werden können. SustainPoints als Opportunity aus Teilnehmendensicht soll als Belohnungssystem für eine klimafreundliche Anreise fungieren, um Event-Teilnehmende dazu zu motivieren umweltfreundliche Transportmittel zu wählen. Eine weitere Business Opportunity aus Teilnehmendensicht stellt LearnLoop dar, als automatisierte Lern-Nugget-Produktion und Bereitstellung, um personalisierte „Takeaways“ den Teilnehmenden nach den Events zukommen lassen zu können. Um die Akzeptanz und ihr Potenzial für eine erfolgreiche Umsetzung bewerten zu können wurden die fünf Business Opportunities mithilfe einer Online-Umfrage im Rahmen einer Nutzerakzeptanzanalyse evaluiert. Anhand von Likert-Skalen konnte eine einheitliche Messung von Zufriedenheit und Akzeptanz ermöglicht werden. In dem Befragungszeitraum vom 21. Oktober bis zum 6. November 2024 nahmen insgesamt 80 Personen teil. Die Befragung richtete sich dabei an Teilnehmende und Veranstaltende, welche zielgerichtet angesprochen wurden.

Wie in Abbildung 1 in der Übersicht zur Nutzungsbereitschaft zu erkennen ist, herrscht eine hohe allgemeine Bereitschaft zur Nutzung der Tools. Gerade Sustain Points mit insgesamt 74 % Zustimmung („Stimme ich voll und ganz zu“ und „Stimme ich eher zu“) erhielt eine sehr hohe Zustimmung. InsAIght hingegen erhielt im Vergleich eher niedrige Zustimmungswerte mit 45 %.

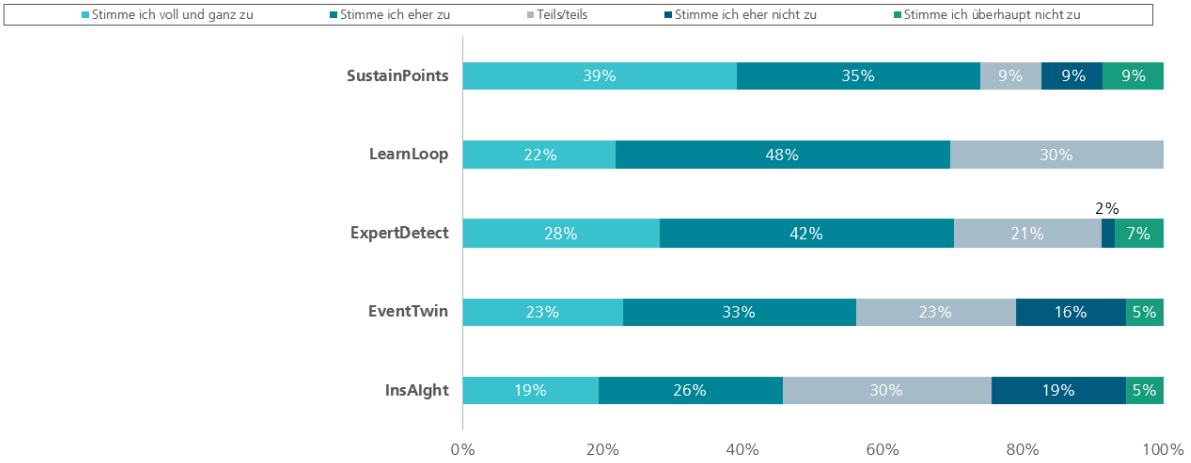


***Abbildung 1**: Übersicht der Nutzungsbereitschaft der einzelnen Business Opportunities im Vergleich (n=80).*

Im Hinblick auf die Effizienzbewertung der einzelnen Business Opportunites, wie in Abbildung 2 dargestellt. Lässt sich erkennen, dass hingegen der Bewertung zur Nutzungsbereitschaft SustainPoints mit insgesamt nur 26 % Zustimmung sehr niedrig bewertet wurde. Ebenfalls auffällig ist die hohe Unentschlossenheit hinsichtlich der Effizienz mit 52 %. Die höchste Zustimmung erhielt LearnLoop mit 78 %.

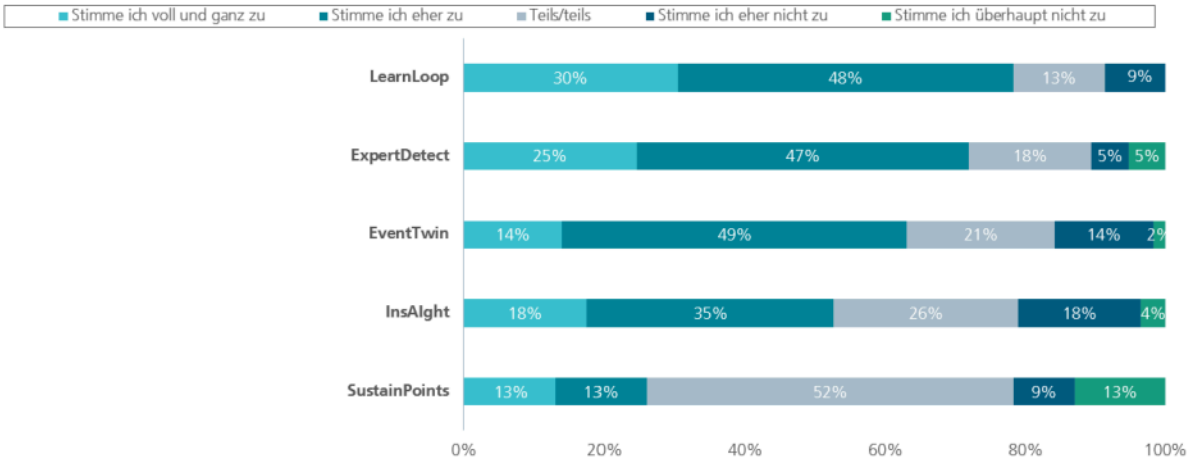


***Abbildung 2**: Übersicht der bewerteten Effizienz/Impact der einzelnen Business Opportunities im Vergleich (n=80).*

Anhand der Ergebnisse aus der Umfrage lässt sich eine insgesamt hohe Zustimmung zu den untersuchten Business Opportunities erkennen und ein erhöhtes Interesse an innovativen Eventlösungen und digitalen Tools, da die Zustimmungswerte hinsichtlich der Nutzungsbereitschaft bei allen Opportunties im Durchschnitt bei circa 63 % liegen. Besonders hervorzuheben sind KI-gestützte Plattformen wie LearnLoop, InsAIght und EventTwin, die vielversprechendes Potenzial bieten, um die Effizienz und Personalisierung von Veranstaltungen weiter zu steigern. Die Bereitschaft digitale Tools und KI-basierte Lösungen einzusetzen, signalisiert eine Offenheit und ein Interesse der Branche gegenüber neuen Technologien. Unternehmen sollten diese Gelegenheit nutzen, um bestehende Daten effektiver auszuwerten. Des Weiteren sollten

übersichtliche Dashboards genutzt werden, um Informationen aufzubereiten und Entscheidungsprozesse erleichtern zu können. Denn durch datenbasierte Ansätze können fundierte Entscheidungen getroffen und Veranstaltungsprozesse optimiert werden.

Trotz des von den Expertinnen und Experten betonten Potenzials für Marktveränderungen im Bereich Nachhaltigkeit und ESG-Kriterien sowie dem Megatrend Neo-Ökologie und Nachhaltigkeit, wurde der tatsächliche Nutzen von SustainPoints kritisch bewertet, wie in Abbildung 2 zu erkennen ist. Unter anderem könnte die Teils/Teils-Bewertung mit 52% darauf hindeuten, dass das Konzept und dessen Vorteile nicht ausreichend verständlich formuliert wurde. Hinsichtlich des geringen Zuspruches ist jedoch auch abzuleiten, dass das Bewusstsein für konkrete Auswirkungen auf den CO_2-Ausstoß in Zukunft geschärft werden muss.

5. Resümee

Mithilfe der Expertise der Expertinnen und Experten konnten vier zentrale Marktveränderungspotenziale in den Themengebieten der Individualisierung und Hyper-Personalisierung, Nachhaltigkeit und ESG-Kriterien, hybride und immersive Veranstaltungsformate und der gesellschaftlichen Polarisierung und Dialogfähigkeit identifiziert und evaluiert werden. In Hinblick auf die Bewertung von den fünf Business Opportunities konnten aus der Nutzerakzeptanzanalyse dieser Opportunities Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Diese Empfehlungen verdeutlichen die Bedeutung von digitalen Tools zur Effizienzsteigerung und Optimierung, aber auch zur Personalisierung von Inhalten, um die Teilnehmendenbindung zu stärken und um auf individuelle Bedürfnisse besser eingehen zu können. Wie die Bewertung der Effizienzsteigerung aus der Umfrage in Abbildung 2 zeigt, wird beispielsweise LearnLoop als Tool zur automatisierten Lern-Nugget Produktion mit 78 % Zustimmung als effizient bewertet. Mithilfe der vorgebrachten Opportunities und deren Erweiterung könnte daher ein Mehrwert für Business Events geschaffen werden, welcher sich durch die Akzeptanzbewertung aus der Umfrage bestätigen lässt, welche im Durchschnitt bei 63 % Zustimmung liegt und teilweise, wie im Fall von SustainPoints sogar bei 74 %.

Um den steigenden Erwartungen gerecht zu werden, stellt sich daher als unverzichtbar heraus sich auf die neuen Technologien und deren Potenziale für die Veranstaltungsbranche und den Teilnehmenden einzulassen. Da eine strategische Ausrichtung auf die identifizierten Trends entscheidend für den langfristigen Erfolg von Geschäftsmodellen in einem sich stetig wandelnden Ökosystem ist.

6. Literatur

Bockstahler M, Naujoks T, Rief S (2024) Creating Meaningful Events in Challenging Times. Entwicklung innovativer Event-Elemente zur Steigerung eines nachhaltigen Veranstaltungserlebnisses. Stuttgart: Fraunhofer IAO.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Anwendungsfälle für Adaptivität im Lkw – Ergebnisse von Fokusgruppen mit Fahrer*innen und Expert*innen

Anna ECKL[1], Svenja MERTENS[2], Eric HILLENMEIER[1], Lena RITTGER[3], Klaus BENGLER[1]

[1] Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München, Boltzmannstraße 15, D-85748 Garching bei München
[2] MAN Truck & Bus SE, Dachauer Straße 667, D-80995 München
[3]Audi AG, Auto-Union-Straße 1, D-85057 Ingolstadt

Kurzfassung: Studien im Pkw- und Digitalbereich zeigen, dass Systeme, die sich an verschiedene Situationen und Nutzende anpassen, Bedienbarkeit und Sicherheit verbessern können. Um das Potenzial adaptiver Systeme für den Lkw zu identifizieren, wurden explorative Fokusgruppen mit Lkw-Fahrer*innen und Branchenexpert*innen zur Identifikation von Anwendungsfällen durchgeführt. Mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse wurden Problemfelder identifiziert, die durch adaptive Funktionen adressiert werden sollen. Darunter fallen individuelle Bedürfnisse der Fahrenden sowie komplexe Menüstrukturen. Die erarbeiteten Lösungsvorschläge, wie beispielsweise Personalisierung, sollen in weiterführender Forschung genauer betrachtet werden.

Schlüsselwörter: Adaptivität; Lkw; HMI; Personalisierung; Fokusgruppen; qualitative Inhaltsanalyse

1. Einleitung

Die Bedienung eines Lkw stellt Fahrende vor Herausforderungen, beispielsweise durch die Vielzahl an Anzeige- und Bedienelementen (Schölkopf 2023). Eine im Pkw- und Digitalbereich bereits umfassend untersuchte Möglichkeit zur nutzerzentrierten Verbesserung der Mensch-Maschine-Interaktion ist Adaptivität (Walter et al. 2015). Adaptive Mensch-Maschine-Schnittstellen (HMI) sind in der Lage, ihre Anzeigen und verfügbaren Aktionen an die aktuellen Ziele und Fähigkeiten Nutzender anzupassen (Rothrock et al. 2002). So zeigten Thompson et al. (2004), dass sich Bedienzeiten durch adaptive Navigationsvorschläge verringerten. Vergleichbare Ergebnisse erzielte ein fahrerzustandsadaptives Informationskonzept im Pkw (Köhler 2019). Darüber hinaus können adaptive Systeme besser auf Nutzende eingehen. Unter anderem führte adaptiver kartografischer Inhalt in einer Untersuchung von Kiefer et al. (2017) zu einem verbesserten Nutzungserlebnis. Des Weiteren ließen sich positive Effekte von Adaptivität auf Sicherheitsaspekte nachweisen (Köhler 2019; Reinmüller 2019). Zu Adaptivität im Lkw finden sich jedoch kaum Forschungsergebnisse (Schölkopf 2023). Um das Potenzial von Adaptivität im Nutzfahrzeugbereich zu realisieren, gilt es daher, weitere Anwendungsbereiche für Adaptivität zu identifizieren. Hierfür wurden drei semistrukturierte Fokusgruppen durchgeführt, um folgende explorative Forschungsfragen zu beantworten:

1) An welchen Stellen bestehen Schwierigkeiten im Arbeitsalltag Lkw-Fahrender?
2) Welche Ansatzpunkte gibt es in diesem Zusammenhang für Adaptivität im HMI?

2. Methodik

2.1 Teilnehmende

Um die Forschungsfragen aus unterschiedlichen Perspektiven zu beleuchten, wurden mehrere Stakeholdergruppen befragt: Lkw-Fahrer*innen sowie Branchenexpert*innen aus den Bereichen HMI und Human Factors (s. Tabelle 1). Die Studie schloss basierend auf der empfohlenen Anzahl von vier bis acht Personen pro Fokusgruppe (Krueger & Casey 2014) insgesamt N = 19 Proband*innen ein. Die Rekrutierung der Teilnehmenden erfolgte per Mail.

Tabelle 1: *Zusammensetzung der drei befragten Fokusgruppen.*

	Lkw-Fahrer*innen	**Expert*innen HMI Lkw**	**Expert*innen Human Factors**
n	7	7	5
Expertise	Lkw-Fahrer*innen (Fern- und Nahverkehr)	HMI-Entwicklung für Lkw	Human Factors (Mobilität, Mensch-KI-Interaktion)
Berufserfahrung	M = 22,5 Jahre	M = 8,3 Jahre	M = 4,2 Jahre
Alter	M = 46,6 Jahre	M = 36,4 Jahre	M = 30 Jahre
Geschlecht	7 männlich (m)	1 weiblich (w), 6 m	3 w, 2 m

2.2 Fokusgruppen

Die Fokusgruppen basierten auf den Methoden von Krueger und Casey (2014) und wurden von einer unabhängigen Ethikkommission geprüft. Zur Gewährleistung von Konsistenz wandte das Moderationsteam einen Leitfaden an. Jeder der drei Termine umfasste 120 Minuten. Der erste Fragenblock bezog sich auf die Schwierigkeiten im Arbeitsalltag von Lkw-Fahrer*innen, wobei der Fokus auf dem HMI lag. Dieser Fragenblock wurde mit den Fahrer*innen umfassend und mit den Expert*innen kurz thematisiert. Im zweiten Teil folgte eine Einführung ins Themengebiet Adaptivität. Danach wurden Fragen zu potenziellen Anwendungsfällen gestellt. Dieser Fragenblock wurde bei den Expert*innen vertieft. Die favorisierten Anwendungsfälle wurden abschließend mithilfe eines Klebepunktverfahrens identifiziert.

2.3 Datenanalyse

Die Fokusgruppen wurden aufgezeichnet und nach den Richtlinien von Rädiker und Kuckartz (2019) transkribiert. Im Anschluss wurden die Aussagen unter Verwendung der Software MAXQDA (VERBI Software GmbH 2024) in ein Kategoriensystem überführt. Nicht alle Antworten standen in direktem Zusammenhang mit dem HMI. Dennoch wurden sämtliche Aussagen kategorisiert, um möglichst alle Problemfelder und Potenziale aufzudecken. Hierbei wurde der Ansatz der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring & Fenzl 2019) herangezogen. Zwei Codierende nahmen die Kategorisierung zunächst unabhängig voneinander vor. Anhand des von Rädiker und Kuckartz (2019) empfohlenen Vorgehens wurden abweichende Zuordnungen im Anschluss systematisch überprüft, besprochen und finalisiert. Die Aussagen zu Potenzialen für adaptive Funktionen wurden hinsichtlich der Präferenz-Bewertung nach Punkten ausgewertet.

3. Ergebnisse

3.1 Schwierigkeiten im Arbeitsalltag Lkw-Fahrender

Wie beschrieben umfasste der erste Fragenblock Schwierigkeiten im Arbeitsalltag von Lkw-Fahrer*innen. Im Zuge der Inhaltsanalyse wurden aus den Aussagen sieben Cluster gebildet: *(1) psychische Belastungen*, *(2) die Gestaltung des Fahrerhauses*, *(3) komplexe Fahrsituationen*, *(4) Systemfehler- und ausfälle*, *(5) Unzufriedenheit mit Assistenz- und Warnsystemen*, *(6) Probleme in der Routenplanung, Infrastruktur und Logistik* sowie *(7) eine hohe Komplexität in der HMI-Bedienung*. Im Folgenden werden für die Forschungsfragen relevante Aspekte mit hoher Nennungshäufigkeit ausführlicher besprochen. Im Kontext *psychischer Belastungen* (n*=20) wurden Überwachung und Bevormundung am häufigsten thematisiert, hauptsächlich von den Lkw-Fahrer*innen. Dies bezog sich etwa auf die Bevormundung durch Assistenzsysteme sowie auf die Überwachung durch die Arbeitgebenden. Des Weiteren sprachen die Expert*innen Langeweile und Monotonie im Arbeitsalltag an. Zahlreiche Nennungen betrafen außerdem *Systemfehler und Systemausfälle* (n=33). Der Ausfall von Displays und Steuergeräten wurde hier am häufigsten und ausschließlich von Lkw-Fahrer*innen genannt. Im *Bereich Unzufriedenheit mit Assistenz- und Warnsystemen* (n=31) wurde von den Expert*innen angenommen, dass Lkw-Fahrende genervt durch Warnungen seien. Auch eine generelle Aversion gegen technische Systeme wurde als möglich erachtet. Die Fahrer*innen selbst erwähnten die fehlende Konfigurierbarkeit der Assistenzsysteme als Problem, etwa in Bezug auf die Modifizierbarkeit von Warnschwellwerten. Unter *Probleme in der Routenplanung, Infrastruktur und Logistik* (n=33) fallen Fahrzeugwechsel und die vielfältigen Einsatzgebiete von Lkws, wodurch die Fahrer*innen je nach Einsatzzweck unterschiedliche Funktionen benötigen. Am häufigsten wurde die *Komplexität der HMI-Bedienung* (n=55) genannt. Abbildung 1 zeigt die Nennungshäufigkeiten der Subkategorien dieses Clusters. Hier bezogen sich die meisten Aussagen der Lkw-Fahrer*innen auf verschachtelte digitale Menüstrukturen. Die langen Bediensequenzen in den Untermenüs wurden von den Lkw-Fahrer*innen kritisch beleuchtet, da viel Zeit für das Suchen von Funktionen aufgewendet werden muss:

*„Das nächste Problem ist auch, weil sie mittlerweile diese ganzen Steuerungen, Radio, Klima und alles in ein Display reinpferchen. Da sitzt du teilweise drin, wenn du losfahren willst, und zack, zack, zack, zack, zack (wischende Geste), wo ist – ah, da ist das! –- zack, zack, zack, zack, da bist du nur am Suchen“ (B2, Lkw-Fahrer*in).*

Die gesuchten Funktionen reichen von Komfort- und Entertainmentfunktionen bis hin zu Einstellungen für Assistenzsysteme und Kipphydraulik. Sowohl Fahrer*innen als auch Expert*innen vermuten, dass Funktionen dadurch nicht nur schlecht auffindbar, sondern teils gänzlich unbekannt sind. Weitere genannte Aspekte beinhalten Probleme bei der Touch-Bedienung, einen zu hohen Funktionsumfang sowie das Gefühl, ausgeprägte technische Fähigkeiten zur Bedienung der Systeme besitzen zu müssen. Ein*e Teilnehmer*in beschreibt, „*dass du fast schon so ein Systemingenieur wirst, der […] das Fahrzeug […] über Systeme konfigurieren kann“ (B1, Lkw-Fahrer*in)*. Zuletzt sind die fehlende Möglichkeit zur Menükonfiguration sowie die Ablenkung durch die HMI-Bedienung zu erwähnen.

* n bezieht sich auf die summierte Nennungshäufigkeit aller Subkategorien des jeweiligen Clusters

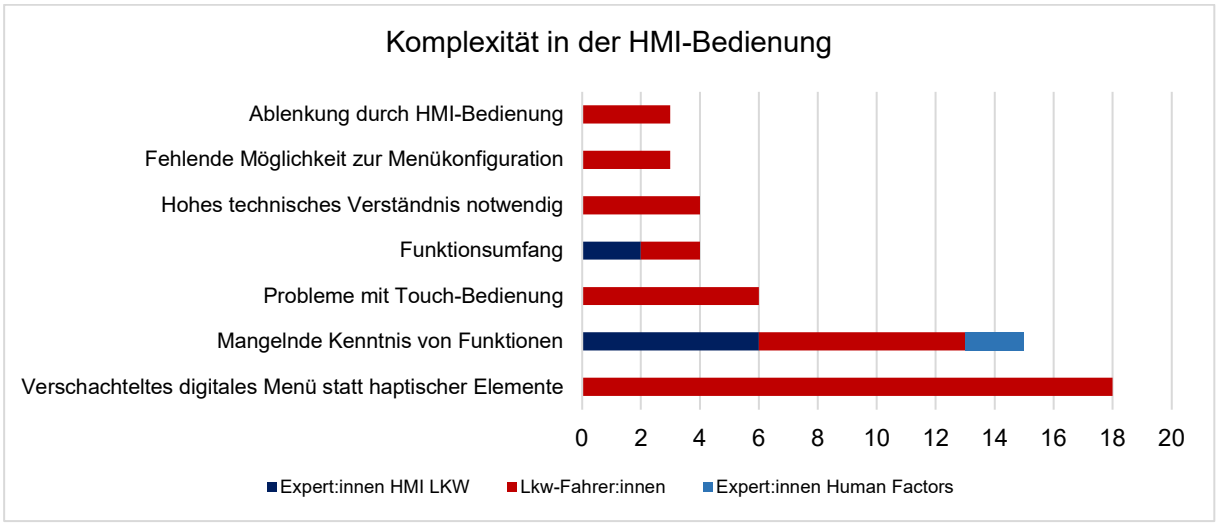


Abbildung 1: *Nennungshäufigkeiten der Subkategorien im Cluster „Komplexität in der HMI-Bedienung“*

3.2 Potenziale für Adaptivität

Abbildung 2 zeigt die Vorschläge für Adaptivität im Nutzfahrzeug, welche im folgenden Kapitel genauer beschrieben werden.

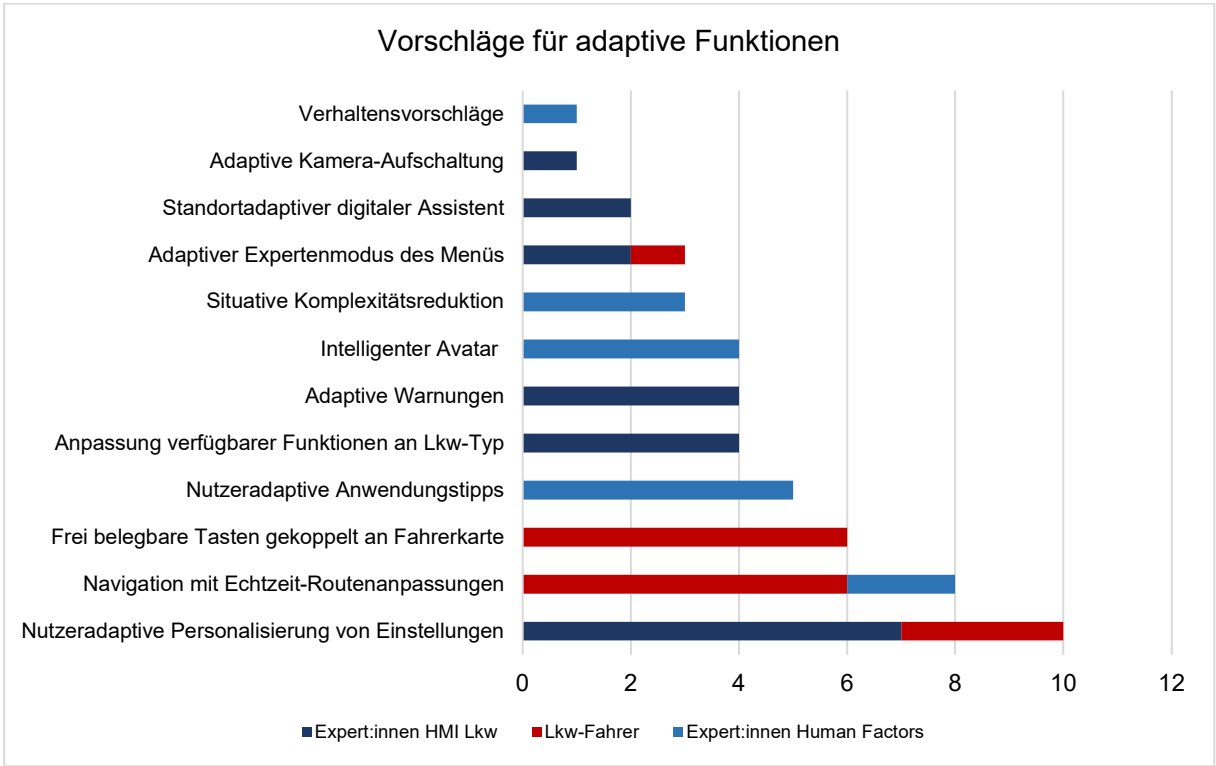


Abbildung 2: *Vorschläge für Adaptivität im Nutzfahrzeug und Häufigkeit geäußerter Präferenzen.*

Potenzial für adaptive Funktionen wurde unter anderem im Rahmen personalisierter Einstellungen genannt. Aus Sicht der Expert*innen könnte dies eine Anpassung des Systems an erlernte Vorlieben sein, aus Fahrersicht eine Speicherung vorgenommener Einstellungen, wie beispielsweise die präferierte System-Sprache. Eine adaptive

Navigation mit Routenanpassungen an Echtzeit-Verkehrsinformationen erhielt ebenfalls viel Zustimmung in beiden Gruppen. Außerdem wurde in der Gruppe der Lkw-Fahrer*innen deutlich, dass frei belegbare, haptische Favoritentasten gewünscht sind. Diese sollten personalisierbar sein im Sinne einer Verknüpfung mit der Fahrerkarte. Die Expert*innen schlugen des Weiteren nutzeradaptive Anwendungstipps vor. Den jeweiligen Nutzenden sollen Funktionen, die nicht oder selten genutzt werden, vorgeschlagen werden. Eine Anpassung des verfügbaren Funktionsspektrums an den Lkw-Typ sowie adaptive Warnungen fanden ebenfalls Erwähnung. Auch ein intelligenter Assistent, beispielweise umgesetzt als Avatar, wurde vorgeschlagen. Ebenfalls denkbar wäre eine situative Komplexitätsreduktion des HMI und ein adaptiver Expertenmodus. Einige Zustimmung verzeichneten außerdem ein standortadaptiver digitaler Assistent, adaptive Kamera-Aufschaltung sowie nutzeradaptive Verhaltensvorschläge, beispielsweise Entspannungsübungen.

4. Diskussion

Es wurden vielfältige Schwierigkeiten im Arbeitsalltag Lkw-Fahrender identifiziert. Zunächst wurden psychische Belastungen wie Monotonie und Einsamkeit als Problem genannt. Diese und weitere Stressfaktoren wurden in zahlreichen Untersuchungen nachgewiesen (Lemke et al. 2020; Williams et al. 2017). Eine Idee der Expert*innen war, Aspekte dessen mittels eines intelligenten Assistenten, beispielsweise in Form eines Avatars für Gespräche, zu reduzieren. Es ist jedoch fragwürdig, ob ein strukturelles Problem im Rahmen der HMI-Gestaltung zu lösen ist. Auch sämtliche komplexe Fahrsituationen wurden genannt, welche beispielsweise mithilfe der vorgeschlagenen adaptiven Komplexitätsreduktion entschärft werden könnten. Da ein adaptives Informationsmanagement im Lkw bereits als vielversprechend eingestuft wurde (Seitz 2013), wäre dies ein sinnvoller Ansatzpunkt. Des Weiteren wurden Systemfehler- und ausfälle als Stressfaktor erwähnt. Adaptive Warnungen vor Ausfällen wären eine potenzielle Lösungsstrategie. Im Bereich Infrastruktur und Logistik war eine Anpassung des verfügbaren Funktionsspektrums an den Lkw-Typ ein Lösungsvorschlag für die Vielfältigkeit von Lkws. Im Agrarbereich wurde bereits erforscht, wie sich Bedienelemente und Anzeigen je nach aktuell genutztem Arbeitsgerät eines Ackerschleppers adaptieren können (Racs et al. 2022). Eine ähnliche Lösung für unterschiedliche Lkw-Typen oder Auflieger wäre denkbar. Zuletzt wurde die Komplexität in der HMI-Bedienung fokussiert. Dieses Thema wurde wiederholt aufgegriffen und wies die höchste Nennungshäufigkeit auf. Auch in der Literatur fand diese Perspektive bereits Erwähnung (Schölkopf 2023). Im Rahmen der Fokusgruppen konnten wir nun konkretisieren, welche Aspekte diesem weit gefassten Begriff zugrunde liegen. Die Komplexität umfasst in diesem Zusammenhang nach Aussage der Fahrer*innen drei Gesichtspunkte: Eine verschachtelte Menüstruktur, einen hohen Funktionsumfang, sowie erhebliche technische Anforderungen an die Bedienung. Es wurde der Wunsch nach Speicherung personalisierter Einstellungen sowie nach frei belegbaren Favoritentastern deutlich, um eine Vereinfachung der Menüstruktur und eine Priorisierung des Funktionsumfangs zu erzielen. Außerdem würden haptische Schalter die technischen Anforderungen minimieren. Dies entspricht einer nicht selbstlernenden Version der von den Expert*innen vorgeschlagenen Anpassung an Präferenzen. In jedem Fall erscheint adaptierbare oder adaptive Personalisierung im Lkw als vielversprechendes Forschungsfeld. Hier wird ein sorgfältiges Abwägen zwischen Adaptierbarkeit und

Adaptivität relevant, denn besonders bei automatischer Adaption oder hoher Intelligenz von Funktionen besteht das Risiko empfundener Bevormundung – ein kritischer Punkt aus Sicht Lkw-Fahrender (vgl. Kapitel 3.1). Außerdem muss vermieden werden, dass technische Anforderungen an die Fahrenden durch neuartige intelligente Systeme zusätzlich ansteigen. Daher sollte im Rahmen weiterführender Forschung evaluiert werden, wie das Spannungsfeld zwischen intelligenter Fahrerunterstützung, Bevormundung und Überforderung aufgelöst werden kann.

5. Literatur

Kiefer, P., Giannopoulos, I., Athanasios Anagnostopoulos, V., Schöning, J. & Raubal, M. (2017). Controllability matters: The user experience of adaptive maps. GeoInformatica, 21(3), 619–641.

Köhler, L. (2019). Adaptives Informationskonzept für beanspruchende urbane Fahrsituationen [Dissertation, München]. K10plus.

Krueger, R. A. & Casey, M. A. (2014). Focus Groups: A Practical Guide for Applied Research (5. Aufl.). SAGE Publications.

Lemke, M. K., Apostolopoulos, Y. & Sönmez, S. (2020). A novel COVID-19 based truck driver syndemic? Implications for public health, safety, and vital supply chains. American Journal of Industrial Medicine, 63(8), 659–662. https://doi.org/10.1002/ajim.23138.

Mayring, P. & Fenzl, T. (2019). Qualitative Inhaltsanalyse. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), Springer eBook Collection. Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung (2. Auflage, S. 633–648). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21308-4_42.

Racs, M., Kaufmann, A., Meiners, A. & Maier, T. (2022). aISA 2.0–Adaptive Interfacesysteme in Ackerschleppern 2.0. In Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (Vorsitz), 23. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium: Arbeit unter einem D-A-CH: Der Landwirt im 4.0-Modus, Potsdam. https://opus4.kobv.de/opus4-slbp/files/17047/akal_2022.pdf#page=91.

Rädiker, S. & Kuckartz, U. (2019). Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA: Text, Audio und Video. Lehrbuch. Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-22095-2.

Reinmüller, K. (2019). Towards the adaptation of warning driver assistance: behavioral effects and implications [Cumulative Dissertation, Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt]. RIS.

Rothrock, L., Koubek, R., Fuchs, F., Haas, M. & Salvendy, G. (2002). Review and reappraisal of adaptive interfaces: Toward biologically inspired paradigms. Theoretical Issues in Ergonomics Science, 3(1), 47–84. https://doi.org/10.1080/14639220110110342.

Schölkopf, L. (2023). Entwicklung und Evaluation einer adaptiven Mensch-Maschine-Schnittstelle für Nutzfahrzeuge [Dissertation, Technische Universität München].

Seitz, M. (2013). Informationsmanagement im Nutzfahrzeug [Dissertation, Technische Universität München]. mediatum.ub.tum.de. https://mediatum.ub.tum.de/1163428.

Thompson, C. A., Goker, M. H. & Langley, P. (2004). A Personalized System for Conversational Recommendations. Journal of Artificial Intelligence Research, 21, 393–428. https://doi.org/10.1613/jair.1318.

VERBI Software GmbH. (2024, 12. Dezember). MAXQDA | Die #1 Software für Qualitative & Mixed-Methods-Forschung. https://www.maxqda.com/de/.

Walter, N., Kaplan, B., Wettemann, C., Altmüller, T. & Bengler, K. (2015). What Are the Expectations of Users of an Adaptive Recommendation Service Which Aims to Reduce Driver Distraction? In A. Marcus (Hrsg.), Lecture notes in computer science: Bd. 9188, Design, user experience, and usability: 4th international conference, DUXU 2015, held as a part of HCI International 2015, Los Angeles, CA, USA, August 2-7, 2015; proceedings (S. 517–528). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20889-3_48.

Williams, D. F., Thomas, S. P. & Liao-Troth, S. (2017). The Truck Driver Experience: Identifying Psychological Stressors from the Voice of the Driver. Transportation Journal, 56(1), 54–76. https://doi.org/10.5325/transportationj.56.1.0054.

Danksagung: Diese Forschung wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Rahmen des Projekts SALSA (19A24002C) gefördert. Besonderer Dank gilt zudem Christiane Wölfel und Verena Pongratz für den wertvollen Input.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Who is My User? Investigating User Characteristics Influencing the Intention to Use Symptom Checkers

Rutuja JOSHI, Selina SCHLESINGER, Klaus BENGLER

Chair of Ergonomics, TUM School of Engineering and Design,
Technical University of Munich, Boltzmannstr. 15, D-85748 Garching

Abstract: Chat-based symptom checkers have significant potential to reduce the workload of medical personnel, especially with advancements in large language models (LLMs). Despite technical advancements, user acceptance of such systems remains low. This quantitative online user study investigates the impact of user-related factors on the intention to use chat-based symptom checkers, using ADA Health as an example. Based on literature and previous empirical research, this study selected variables such as health awareness (HA), health competence (HC), internet use for health research (IN), perceived data privacy risk (DPR), perceived compatibility (PC), personal innovativeness (PI), and individual trust beliefs (TB). The results of 91 valid datasets showed a significant positive effect of the factors - IN and PC on users' intention to use.

Keywords: Chatbots, Symptom Checkers, Human-AI Interaction, Acceptance, User characteristics

1. Introduction

Healthcare systems are strained and overworked, due to growing demands and a shortage of medical professionals, often leading to inefficiencies in doctor-patient interaction. Digital health technologies, particularly chatbots, are emerging as potential solutions to address these challenges. Chatbots, such as symptom checkers, can improve communication, reduce unnecessary visits, and guide patients through healthcare systems (Chambers et al. 2019). Chatbots can help streamline the diagnostic process by advising users on whether a visit to a medical professional is needed, thereby improving efficiency and reducing the strain on healthcare systems (Müschenich & Wamprecht 2018).

Despite these advantages, chatbots face significant acceptance issues. Apps like Ada Health have received mixed reactions initially, with many users doubting their ability to deliver meaningful value. However, after first use, these tools often earn high ratings and demonstrate their potential to enhance communication and care delivery (Laumer et al. 2019). Previous studies have identified issues related to trust, privacy concerns, perceived compatibility, and the perceived accuracy of chatbots in providing medical advice (Belen Saglam et al. 2021; Clark et al. 2019; Lennart Seitz et al. 2022). Furthermore, acceptance levels vary across demographic groups, with younger users being more open to such technologies compared to older populations (Chambers et al. 2019). While technological advances have significantly improved chatbot performance, they also introduce ethical concerns, particularly around the misuse of sensitive health data (Belen Saglam et al. 2021).

This research aims to focus on the factors influencing user's intention to adopt chatbots in healthcare. By focusing on aspects such as perceived compatibility, trust, and

privacy concerns, this study investigates user-related factors and their effects on users' intention to use such symptom checkers.

2. Methodology

User acceptance of conversational agents is based on multiple factors, including usage-related, system-related, and user-related factors (Ling et al. 2021). This paper focuses on investigating user-related factors and their impact on users' intention to use through a quantitative survey. Figure 1 illustrates the theoretical model used in this study.

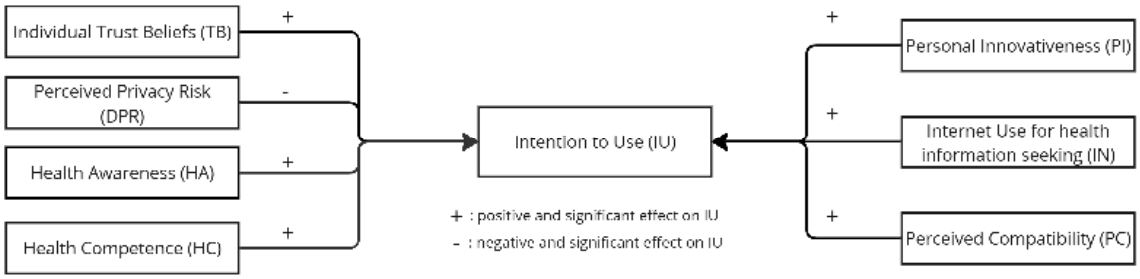


***Figure 1**: Research model used for the survey.*

This research uses technology acceptance model 2 (TAM2) by Venkatesh and Davis (2000) as a basis with modified external factors (Venkatesh & Davis 2000). Human factors can be divided into physiological, psychological, and social factors (Ernst 2014). In this research, we focus on the psychological factors since they affect the users' motivation to use (Ernst 2014). Our research model was a combination of existing research models from the healthcare and finance branches. In a previous study conducted by Chang et al. (2022), they identified that health awareness (HA) influenced attitudes towards technology, in turn affecting motivation to use (Chang et al. 2022). The capability to comprehend information and affinity towards using technology can also influence users' behavioral intention (Biro et al. 2023; Ling et al. 2021). In the case of healthcare, health competence (HC), and internet use for health research (IN) cover these categories. Previous research has shown that perceived compatibility (PC) and personal innovativeness (PI) can be considered as external factors in TAM (June Lu et al. 2005; Schierz et al. 2010). These factors have also been investigated in other branches like finance that handle sensitive data like healthcare (Kwasniok & Bora 2022). In addition to this, individual trust beliefs (TB) and perceived privacy risk (DPR) were considered in this survey. With the help of multiple linear regression, the effect of these predictors on intention to use (IU) was investigated. The study design went through an ethics committee approval process.

2.1 Survey construction

Existing standardized questionnaires for all the factors were used in the survey. The scale used by Rathmann et al. (2022) to gather data about health consciousness and literacy among people with disabilities was adapted for the determinants HC and HA (Rathmann et al. 2022). The questionnaire for PC was a combination of items used by Alt et al. (2021)and Kwasniok and Bora (2022) where they investigated factors affecting acceptance in a banking chatbot (Alt et al. 2021; Kwasniok & Bora 2022). Similarly, scales for PI and TB were questionnaires used in Kwasniok and Bora (2022) and for

DPR and IU in Alt et al. (2021). The scale for IN was adapted from a study by Ahadzadeh et al. (2015) focusing on health-related internet use (Ahadzadeh et al. 2015).

The items were translated into German, and a pre-test was conducted to verify comprehensibility. In a think-aloud approach, 10 participants (6 Females) in the age range 20 to 54 years took part in the pre-test. Apart from minor grammatical and syntax errors, items in the scales HC, PC, and TB were adjusted to ensure understanding. For example, for item HC1, the part about 'mental health problems' was replaced with the more generic 'health problems' to address a broader audience.

2.2 Statistical analysis

The responses were gathered on a 5-point Likert scale and were later assigned values between -2 and 2. Since Likert scale data can be treated as interval data, descriptive statistical analysis was conducted to visualize trends (Huiping Wu & Shing-On Leung 2017). Later, to answer the research question that explores the relationship between the selected factors and users' intention to use, a multiple linear regression (MLR) analysis was conducted on the data collected through the survey. The assumptions of MLR were verified before fitting the model.

2.3 Sample description

The final survey involved 100 participants (59 males, 41 females) aged between 19 and 64 (M = 37). The sample was predominantly young, with around 45 % of participants younger than 30 years. 15 participants had a professional background in healthcare and 6 participants had used the application, ADA Health.

3. Results

For the statistical analysis, 91 complete datasets were considered. Descriptive statistics of the predictors and the dependent variable are summarized in Figure 2.

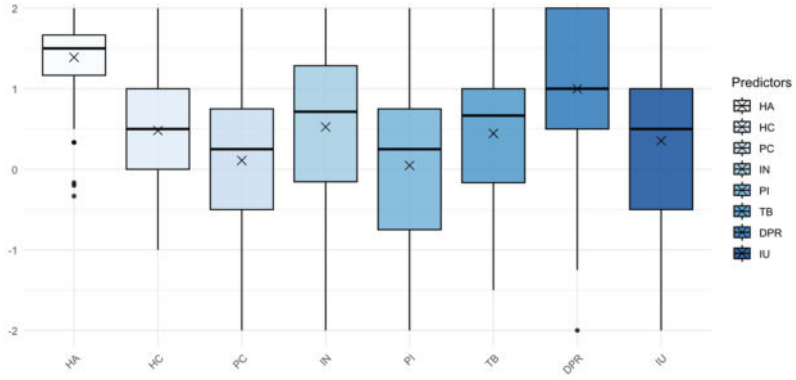


***Figure 2**: Box plots for descriptive statistics of individual predictor variables (HA, HC, PC, IN, PI, TB, DPR) and dependent variable (IU); x denotes mean scores.*

Participants reported relatively high HA (M = 1.39, SD = 1.05) and a moderate IU (M = 0.35, SD = 0.95). A weak negative correlation was found between age and IU (ρ = -0.207, p = 0.049). Analysis by age groups further confirmed that younger groups

(G1:18 – 29 and G2: 30 – 39) had a relatively higher mean IU (M_{G1} = 0.61, M_{G2} = 0.72) than the other groups.

In the assumption checks, predictor variables displayed a linear relationship with the dependent variable – IU. For the gathered dataset (N=91), the analysis of influential data points with Cook's distance showed values less than 1 (see Figure 3L). Thus, it can be considered that no data points significantly disrupt the regression model. The homoscedasticity and independence of errors are visible in Figure 3R, showing no specific trends in the scatter plot.

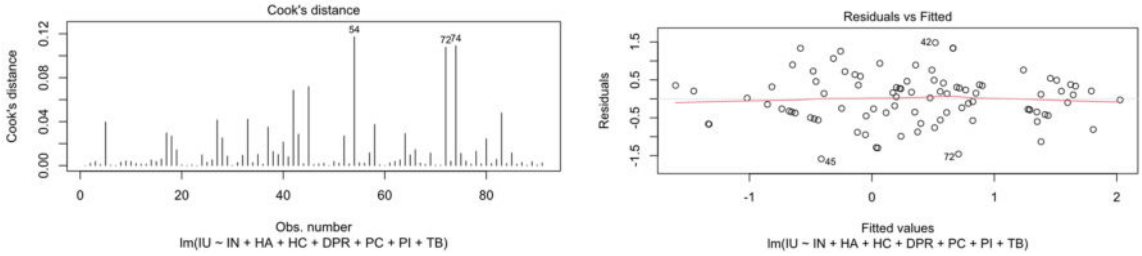


***Figure 3**: (L) Analysis of influential points: Cook's distance; (R)Homoscedasticity check: Scatteplot (Residuals vs Fitted values)*

The Shapiro-Wilk test is non-significant (W = 0.99, p = 0.73), thus proving the normal distribution of residuals. 10 – 15 samples per predictor are considered adequate; the dataset of 91 samples for 7 predictor variables is thus acceptable (Field et al. 2012). The variation inflation factor (VIF) values for all predictors (see Table 1) lie between 1 and 2 and are well below the limit of 10, indicating that multicollinearity is not present (Field et al. 2012).

***Table 1**: Multicollinearity check: Variation inflation factor (VIF) values.*

Predictor	IN	HA	HC	DPR	PC	PI	TB
VIF	1.351	1.122	1.066	1.254	1.724	1.238	1.541

In the MLR analysis, see Table 2, the overall model was statistically significant, *$F(7,83) = 19.28$, $p<.001$*, and explained approximately *59%* of the variance in IU *($R^2=0.619$, adjusted $R^2=0.587$).* Among the predictors, PC *($\beta = 0.538$, $p < .001$)* and IN *($\beta = 0.312$, $p < .001$)* demonstrated statistically significant positive effects on IU. HC and TB only showed marginally significant effects *($p < .1$)* on IU. While other predictors were correlated with IU, the effects were not statistically significant. Including demographic variables, age, and gender did not improve the model fit.

***Table 2:** Multiple linear regression model for IU*

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.58623	-0.39394	0.05089	0.366	1.48169
Co-efficients:				
	ß	Std. Error	t	p
(Intercept)	0.03358	0.22989	0.146	0.884
IN	0.31241	0.08737	3.576	<.001 *
HA	0.11263	0.15136	0.744	0.459
HC	-0.20622	0.11464	-1.799	0.076

DPR	-0.05092	0.08918	-0.571	0.570
PC	0.53831	0.09833	5.474	<.001 *
PI	0.07269	0.07559	0.962	0.339
TB	0.19804	0.10967	1.806	0.075

*p<.001

Note. $R^2 = 0.619$, *adjusted* $R^2 = 0.587$, $F(7,83) = 19.28$, $p<.001$

4. Discussion

The results of the survey align with previous research, emphasizing the importance of PC in technology adoption (Chang et al. 2022; Koenig-Lewis et al. 2010). Thus, lifestyle and affinity towards technology play a pivotal role in motivating users. People who are inclined to online health research, captured by the predictor IN, are more likely to use chat-based symptom checkers, as the similarities enhance their ease of use.

HA and HC determine the users' ability to navigate health-related information. Although correlated, HA and HC had weaker effects on IU than expected. This contradicts the results of Chang et al. (2022), who found significant effects of HA on motivation to use (Chang et al. 2022). HC further showed a marginally significant negative association with IU, suggesting that users with higher perceived competence in managing their health may feel less need for such tools. However, the scales about HA and HC were seen to have overall higher results than the other predictors, which, on the one hand, suggests that there might be a social desirability bias in responses. On the other hand, it could also be attributed to the cautious behavior of health-conscious users about AI-based tools due to possible concerns about accuracy or data privacy (Morley et al. 2020; Topol 2019). Similarly, TB showed a marginally significant positive effect on IU, indicating that users with higher trust in technology may be more inclined to use such chatbots. However, given the smaller sample size, this factor can be further explored with a more diverse sample.

The other predictors (PI, DPR) did not exhibit a significant effect on IU. This may be due to the study design: the users were shown what the conversation with such a symptom checker could look like but did not interact with the chatbot themselves. Only 6 participants had previous experience with this symptom checker. Thus, the participants' answers were mostly based on the introduction given to them. Furthermore, this study's limitations include the relatively small and predominantly younger sample size. Future research could examine a more diverse population and explore long-term usage patterns of symptom checkers in real-world contexts. Additionally, further studies could investigate how user-related factors evolve with prolonged exposure to these technologies.

5. References

Ahadzadeh, A. S., Pahlevan Sharif, S., Ong, F. S., & Khong, K. W. (2015). Integrating Health Belief Model and Technology Acceptance Model: An Investigation of Health-Related Internet Use. Journal of Medical Internet Research, 17(2), e45. https://doi.org/10.2196/jmir.3564.

Alt, M.-A., Vizeli, I., & Săplăcan, Z. (2021). Banking with a Chatbot – A Study on Technology Acceptance. Studia Universitatis Babes-Bolyai Oeconomica, 66(1), 13–35. https://doi.org/10.2478/subboec-2021-0002.

Belen Saglam, R., Nurse, J. R. C., & Hodges, D. (2021). Privacy Concerns in Chatbot Interactions: When to Trust and When to Worry. In C. Stephanidis, M. Antona, & S. Ntoa (Eds.), HCI International

2021 - Posters (pp. 391–399). Springer International Publishing.
Biro, J., Linder, C., & Neyens, D. (2023). The Effects of a Health Care Chatbot's Complexity and Persona on User Trust, Perceived Usability, and Effectiveness: Mixed Methods Study. JMIR Human Factors, 10, e41017. https://doi.org/10.2196/41017.
Chambers, D., Cantrell, A. J., Johnson, M., Preston, L., Baxter, S. K., Booth, A., & Turner, J. (2019). Digital and online symptom checkers and health assessment/triage services for urgent health problems: Systematic review. BMJ Open, 9(8), e027743. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-027743.
Chang, I.-C., Shih, Y.-S., & Kuo, K.-M. (2022). Why would you use medical chatbots? Interview and survey. International Journal of Medical Informatics, 165, 104827. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2022.104827.
Clark, L., Pantidi, N., Cooney, O., Doyle, P., Garaialde, D., Edwards, J., Spillane, B., Gilmartin, E., Murad, C., Munteanu, C., Wade, V., & Cowan, B. R. (2019). What Makes a Good Conversation? In S. Brewster, G. Fitzpatrick, A. Cox, & V. Kostakos (Eds.), Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1–12). ACM. https://doi.org/10.1145/3290605.3300705.
Ernst, J. (2014). Humanfaktoren in der Produktentwicklung. In M. Eigner, D. Roubanov, & R. Zafirov (Eds.), Modellbasierte virtuelle Produktentwicklung (pp. 349–367). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-43816-9_15.
Field, A. P., Miles, J., & Field, Z. (2012). Discovering statistics using R. Sage.
Huiping Wu, & Shing-On Leung (2017). Can Likert Scales be Treated as Interval Scales?—A Simulation Study. Journal of Social Service Research, 43(4), 527–532. https://doi.org/10.1080/01488376.2017.1329775.
June Lu, James E. Yao, & Chun-Sheng Yu (2005). Personal innovativeness, social influences and adoption of wireless Internet services via mobile technology. The Journal of Strategic Information Systems, 14(3), 245–268. https://doi.org/10.1016/j.jsis.2005.07.003.
Koenig-Lewis, N., Palmer, A., Moll, A., & Karjaluoto, H. (2010). Predicting young consumers' take up of mobile banking services. International Journal of Bank Marketing, 28(5), 410–432. https://doi.org/10.1108/02652321011064917.
Kwasniok, S., & Bora, S. (2022). Kundenseitige Akzeptanz digitaler Finanzassistenten. Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft, 111(3), 277–304. https://doi.org/10.1007/s12297-022-00533-4.
Laumer, S., Maier, C., & Gubler, F. T. (2019). Chatbot ACCEPTANCE IN HEALTHCARE: Explaining USER ADOPTION OF CONVERSATIONAL AGENTS FOR DISEASE DIAGNOSIS. In ECIS, Stockholm & Uppsala, Sweden. https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1087&context=ecis2019_rp.
Lennart Seitz, Sigrid Bekmeier-Feuerhahn, & Krutika Gohil (2022). Can we trust a chatbot like a physician? A qualitative study on understanding the emergence of trust toward diagnostic chatbots. International Journal of Human-Computer Studies, 165, 102848. https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2022.102848.
Ling, E. C., Tussyadiah, I., Tuomi, A., Stienmetz, J., & Ioannou, A. (2021). Factors influencing users' adoption and use of conversational agents: A systematic review. Psychology & Marketing, 38(7), 1031–1051. https://doi.org/10.1002/mar.21491.
Morley, J., Machado, C. C. V., Burr, C., Cowls, J., Joshi, I., Taddeo, M., & Floridi, L. (2020). The ethics of AI in health care: A mapping review. Social Science & Medicine (1982), 260, 113172. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2020.113172.
Müschenich, M., & Wamprecht, L. (2018). Gesundheit 4.0 – Wie gehts uns denn morgen? [Health 4.0 - how are we doing tomorrow?]. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 61(3), 334–339. https://doi.org/10.1007/s00103-018-2702-6.
Rathmann, K., Zelfl, L., Kleine, A., & Dadaczynski, K. (2022). Gesundheitsbewusstsein und Gesund–heitskompetenz von Menschen mit Behinderung. Prävention Und Gesundheitsförderung, 17(1), 59–66. https://doi.org/10.1007/s11553-021-00828-x.
Schierz, P. G., Schilke, O., & Wirtz, B. W. (2010). Understanding consumer acceptance of mobile payment services: An empirical analysis. Electronic Commerce Research and Applications, 9(3), 209–216. https://doi.org/10.1016/j.elerap.2009.07.005.
Topol, E. J. (2019). High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. Nature Medicine, 25(1), 44–56. https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7.
Venkatesh, V., & Davis, F. (2000). A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. Management Science, 46:2, 186–204. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4062393.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

KI-basierte Lern- und Assistenzsysteme – Möglichkeiten und Grenzen –

Martin KRÖLL & Kristina BUROVA-KEßLER

Institut für Arbeitswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, D-44801 Bochum

Kurzfassung: Ausgehend von den Erkenntnissen aus dem EU-Projekt „Digitaler Coach“ und den Zielen und Aufgabenstellung des EU-Projekts „Digitaler Coach Intelligence“ wird im vorliegenden Artikel die Rolle von KI-basierten Lern- und Assistenzsystemen u. a. in Lern- und Forschungsfabriken erörtert. Erst werden als Ausgangspunkt die zentralen Fragestellungen und die Aufgabenfelder, mit denen sich das EU-Projekt „Digitaler Coach Intelligence“ beschäftigt, beschrieben. Im Kontext des theoretischen Bezugsrahmens werden die Affordances-Theorie, sowie der sozio-technische Ansatz erläutert. Zudem werden die Erkenntnisse des Ansatzes der erklärbaren KI aufgegriffen. Vor diesem Hintergrund können die Möglichkeiten und Grenzen der Implementierung von KI-basierten Lösungen herausgearbeitet werden. Des Weiteren beschäftigt sich der vorliegenden Artikel mit dem Forschungsstand der Entwicklung und dem Einsatz von KI-Reifegradmodellen. Die Ergebnisse des Einsatzes dieser Reifegradmodelle können Grundlage für eine inhaltliche und methodisch-didaktische Neuausrichtung der Aktivitäten in den Lern- und Forschungsfabriken sein. Nicht zuletzt wird herausgearbeitet, wie sich das Aufgabenfeld des Digitalen Coach verändert, wenn es u. a. um die Implementierung von KI-Lösungen in kleinen und mittelgroßen Unternehmen in Europa geht

Schlüsselwörter: Digitaler Coach, Künstliche Intelligenz, Lern- und Assistenzsysteme, Lern- und Forschungsfabrik, Teaching Factory Ansatz

1. Ausgangspunkt

Der Beitrag knüpft an die Forschungsergebnisse der EU-Projekte „Digitaler Coach“ und „Digitaler Coach Intelligence“ an, die jeweils über 2 ½ Jahre gefördert wurden bzw. werden. Ausgehend von den Ergebnissen des EU-Projekts „Digitaler Coach“ stehen im Mittelpunkt des Nachfolgeprojekt die Forschungsfragen: (1) Wie kann die Implementierung von KI-Lösungen in der Arbeitswelt insbesondere in kleinen und mittelgroßen Unternehmen (KMU) in Europa gefördert werden? (2) Wie kann die Attraktivität der beruflichen Aus- und Weiterbildung in Europa verbessert werden? Bezogen auf den letzten Punkt wird das Ziel verfolgt einen Beitrag zur Überwindung des Fachkräftemangels sowohl in Deutschland als auch in der EU zu leisten.

Viele KMUs sehen es als Herausforderung KI-Lösungen in ihre Organisation zu implementieren. Obwohl sie grundsätzlich den Nutzen von KI-Lösungen erkennen, stehen sie vor der Aufgabe sich für eine bestimmte KI-Lösung zu entscheiden und diese in geeigneter Weise in den jeweiligen Wertschöpfungsprozess organisatorisch einzubetten. Auch stellt sich für sie die Frage, in welcher Weise sie die Potentiale der KI für ihr Unternehmen ausschöpfen können, um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhalt-

en und zu verbessern. Studien zeigen bereits, dass sogenannte „KI Vorreiter“ sich innerhalb der letzten zwei Jahre bei nahe verdreifacht haben (Vohre 2022).

Bereits besteht in Deutschland aber auch in anderen EU-Ländern ein Fachkräftemangel. Vieles spricht dafür, dass sich dieser Fachkräftemangel noch verschärft. Dabei geht es insbesondere um Arbeitskräfte, die über berufliche Qualifikationen verfügen. Vor diesem Hintergrund wird das Ziel verfolgt die Attraktivität der beruflichen Aus- und Weiterbildung zu verbessern. Im vorliegenden Beitrag stehen dabei Aktivitäten, die im Kontext der Konzeption von Lern- und Forschungsfabriken verfolgt werden im Fokus. Dabei fällt KI-basierten Lern- und Assistenzsystemen eine besondere Rolle zu. Die Aktivitäten in den Lern- und Forschungsfabriken können im Ecosystem der betrieblichen Bildung im Rahmen von entsprechenden Kooperationsnetzwerken im Sinne einer entsprechenden Lernarchitektur eingebettet werden (Dehnbostel 2022). Dabei widmet sich das EU-Projekt drei Aufgabenfeldern:

(1) Entwicklung eines Tools zur Messung des KI-Reifegrads in Unternehmen. Dabei geht es im ersten Schritt einen Überblick über die vorhanden KI-Reifegradmodelle zu verschaffen. Anschließend geht es um die Weiterentwicklung des Reifegradmodells APAPTION, das im vorausgegangen EU-Projekt „Digitaler Coach“ erfolgreich evaluiert und erprobt wurde (Kröll, et. al. 2023). Das Reifegradmodell APAPTION wurde in erster Linie für den Bereich der industriellen Produktion entwickelt und genutzt. Das im Projekt erarbeitet KI-Reifegradmodell soll aber auch für den Dienstleistungsbereich geeignet sein.
(2) Weiterentwicklung des Ansatzes der Lern- und Forschungsfabrik. Die entsprechende Weiterentwicklung bezieht sich auf inhaltliche und methodische Aspekte. Inhaltlich wird exemplarisch auf ausgewählte KI-Anwendungen eingegangen. Methodisch geht es u. a. um die Nutzung von simulationsorientierten Konzepten (Fischer et al. 2017). Zudem erfolgt der Rückgriff auf den Teaching Factory-Ansatz.
(3) Weiterentwicklung des Aufgabenfelds des Digitalen Coach (DC). Durch die Förderung der Implementierung von KI-Lösungen insbesondere in KMU ändert sich das Aufgabenfeld des DC. Zwar übernimmt er weiterhin vor dem Hintergrund des Promotorenkonzepts aus der Innovationsforschung die Aufgabe des Prozesspromotors. Aber er benötigt Kompetenzen über KI-Anwendungen sowie über die möglichen auftretenden Widerstände und Potentiale, die im Kontext der Implementierung von KI-Lösungen in KMU auftreten können. Vor diesem Hintergrund ist ein entsprechendes Qualifizierungsprogramm zu entwickeln, zu erproben und zu evaluieren.

2. Theoretischer Bezugsrahmen

Um die Möglichkeiten und Grenzen der Implementierung von KI-Lösungen zu reflektieren, erweist es sich als vorteilhaft auf die Affordance-Theory Bezug **(**Valbø 2021) zu nehmen. Ausgehend von den Überlegungen von Norman (1999) wurde ein Ansatz der Affordances für die Mensch-Computer-Interaktion entwickelt. Dieses Konzept des Affordances dient dazu, Schnittstellen und Benutzeroberflächen benutzerfreundlicher zu gestalten. Dabei geht es darum die Funktionalität den Nutzenden auf intuitiver Weise zu vermitteln. Es stellt sich die Frage, wie die jeweilige Affordances der KI-Lösungen von den Nutzenden wahrgenommen werden und welche Faktoren diesen Wahrnehmungsprozess beeinflussen können. Dabei ist zu bedenken, dass die Wahrnehmung des jeweiligen Affordances nicht stets ein bewusstes oder geplantes

Handeln voraussetzt (Li et al. 2021). Die Wahrnehmung von Affordances kann von Zufällen abhängen und sie kann sich im Zeitverlauf auch ändern. Es wird hervorgehoben, dass die verschiedenen Affordances sich gegenseitig beeinflussen können. Der Ansatz der Affordance richtet nicht ausschließlich den Blick auf die Funktionalität einer Technologie. Im vorliegenden Fall die von verschiedenen Optionen von KI-Technologien. Vielmehr geht es um die subjektive Wahrnehmung von Möglichkeiten unterschiedlich zu handeln. Diese hängen vom jeweiligen Kontext indem sich die Nutzenden befinden, ab. Es erweist sich als sinnvoll, bei der inhaltlichen und methodischen Weiterentwicklung der Aktivitäten, die in den Lern- und Forschungsfabriken umgesetzt werden, auf die Erkenntnisse aus der Affordances-Forschung Bezug zu nehmen. Inwieweit dies gelingen kann, wird im Rahmen des EU-Projekts „Digitaler Coach Intelligence“ herausgearbeitet. Darüber hinaus wird im Rahmen des Projekts untersucht, inwieweit der Affordance-Ansatz die Komplexität der Interaktion zwischen Technik, Personal und Organisation im Sinne des sozio-technischen Ansatz in angemessener Weise erfasst.

Ein weiterer wissenschaftlicher Ansatz, auf dem in vorliegenden Fall Bezug genommen wird, ist der sozio-technische Ansatz (Kröll 2020). Ausgehend von diesem Ansatz sind bei der Implementierung von KI-basierten Lösungen stets die Dimensionen Technik, Personal und Organisation sowie deren wechselseitige Beeinflussung im Sinne eines komplexen reziproken Systems zu beachten. Dabei ist bei der Implementierung von KI-Lösungen die Differenzierung zwischen schwacher und starker KI zu berücksichtigen (Hirsch-Kreinsen 2023; Schuster, et. al 2021).

Ein weiterer Bezugsrahmen für das vorliegende Projekt bildet der wissenschaftliche Ansatz der erklärbaren KI (Meske et. al. 2022). Dabei wird an dem Problem angeknüpft, dass KI-Lösungen für die Nutzenden häufig Black-Box-Modelle sind. Wie die KI mit Hilfe eines bestimmten Algorithmus zu den Ergebnissen kommt, ist demzufolge für die Nutzenden häufig intransparent. Das Ziel der erklärbaren KI ist es, die Grundlage für die Ergebnisse der KI für die Nutzenden nachvollziehbarer zu machen. Auf diese Weise soll Vertrauen für KI-Lösungen geschaffen werden. Dazu werden die Nutzenden darüber informiert, mit Hilfe welcher Daten die KI gelernt hat. Zudem wird erläutert, wie das Modell entstanden ist und aus welchen zentralen Bestandteilen sich das Modell zusammensetzt. Die jeweiligen Nutzenden werden – soweit möglich – interaktiv in den jeweiligen kontextbezogenen Erklärungsansatz einbezogen. Ausgehend von dem Ansatz der erklärbaren KI wird im vorliegenden EU-Projekt herausgearbeitet, inwieweit sich das Aufgabenfeld des DC ändert bzw. welche Aufgaben er gegebenenfalls übernehmen kann.

3. Nutzung von KI-orientierten Reifegradmodellen

Ziel der Aktivitäten, die in den Lern- und Forschungsfabriken durchgeführt werden, ist es an die Bedarfe der Unternehmen anzuknüpfen, wenn diese das Ziel verfolgen bestimmte KI-Lösungen in ihrem Unternehmen zu implementieren. Im vorliegenden EU-Projekt wird davon ausgegangen, dass sich zur Ermittlung und Analyse des entsprechenden Bedarfs KI-Reifegradmodelle eignen.

Mehrere Reifegradmodelle beschäftigten sich mit der Implementierung von KI-Lösungen und Tools. In einer ersten Recherche zu den entsprechenden Publikationen konnten über 22 verschiedene Reifegradmodelle ermittelt werden. Viele KI-Reifegradmodelle wurden erst in den letzten Jahren ab 2020 entwickelt. Diese KI-Reifegradmodelle zeichnen sich aber dadurch aus, dass sie unterschiedlichen Qualitätsstandards

genügen. Auch ist der Umfang der KI-Reifegradmodelle verschieden. Nicht zuletzt gehen sie teilweise auf sehr unterschiedliche Branchen ein, wie z. B. Marketing, Vertrieb und Kundenservice, Einzelhandel, industrielle Produktion, Logistik, Finanzen, Telekommunikation, Gesundheitswesen und Digitalisierung (IT- und KI-Bereich). Ein evaluiertes KI-Reifegradmodell gibt es nach dem derzeitigen Stand nicht (Schuster et al. 2021). Neben den branchenspezifischen KI-Reifegradmodellen gibt es aber auch branchenübergreifende KI-Reifegradmodelle. Viele dieser Reifegradmodelle gehen auf die zentralen Dimensionen Strategie, Daten, Technologie und Organisation bzw. Organisationskultur ein**.** Bei vielen KI-Reifegradmodellen ist eine mangelnde empirische Validierung festzustellen.

Mit KI-orientierte Reifegradmodelle können unterschiedlichen Ziele verfolgt werden (Schuster et al. 2021). Im Mittelpunkt des vorliegenden Projekts steht u. a. die Integration von KI in bestehende Qualitätsmanagement-(QM)-Systeme. Der Einsatz von KI-Lösungen verändert in grundlegender Art und Weise, wie Unternehmen insbesondere KMU QM betreiben können. Dabei ist zu bedenken, dass die Effektivität von KI-Lösungen im QM von dem Vorhandensein und der Verfügbarkeit der Qualität der entsprechenden Daten abhängt.

Derzeit steht die Integration von KI-Lösungen in die Prozesse der Schaffung und Gewährleistung von Qualität bei vielen insbesondere KMU noch am Anfang. Dabei sind im Sinne des sozio-technischen Ansatzes sowohl technische als auch personelle und organisatorische Aspekte zu berücksichtigen. Die erfolgreiche Integration von KI-Lösungen in das QM erfordert eine kontextspezifische Implementierungsstrategie, die dabei hilft Widerstände und Potentiale im jeweiligen Einzelfall zeitnah aufzudecken und zu gewichten. Ausgehend von diesen Ergebnissen können anschließend geeignete Maßnahmen zum Umgang mit den zentralen Widerständen und Potentialen herausgearbeitet und umgesetzt werden. An dieser Stelle setzt das Aufgabenfeld des Digitalen Coach an.

Ausgehend von dem aktuellen Forschungsstand der Entwicklung und Nutzung von KI-Reifegradmodellen wird im vorliegenden EU-Projekt “Digitaler Coach Intelligence“ das Ziel verfolgt, das im EU-Projekt „Digitaler Coach“ erfolgreich eingesetzte und evaluierte Reifegradmodell ADAPTION weiterzuentwickeln. Zuvor wird aber im Rahmen des Projekts herausgearbeitet, welche Anforderungen an ein KI-Reifegradmodell zu stellen sind. So wäre es sinnvoll, wenn es unterschiedliche Zielgruppen adressiert. Daran anschließend wäre es dann möglich auf die Ergebnisse der Bedarfe der verschiedenen Zielgruppen bei den Aktivitäten in den Lern- und Forschungsfabriken einzugehen.

4. Weiterentwicklung des Konzepts der Lern- und Forschungsfabrik

Die Ermittlung des aktuellen KI-Reifegrads in Organisationen ist ein wichtiger Schritt zur Reflexion über den aktuellen Stand einer Organisation. Entscheidend für die Organisation ist jedoch darauf aufbauend Maßnahmen zu initiieren, die den gezielten Kompetenzerwerb fördern und eine nachhaltige Nutzung von KI im Arbeitsalltag sicherstellen. Dafür eignet sich in besonderer Weise das Konzept der Lern- und Forschungsfabriken in Ergänzung um den Teaching-Factory-Ansatz. Zwar existieren bereits erste Schulungsmaterialien zu den Grundlagen von KI, doch fehlen aktuell praxisnahe, didaktisch aufbereitete Lerneinheiten, um die erfolgreiche Implementierung in Unternehmen noch zu verbessern. Insgesamt liegt der zentrale Vorteil von Lernfabriken in der realitätsnahen Produktionsumgebung, die praxisorientiertes Lernen fördert

(Abele et al. 2024).

Um die inhaltliche und methodische Weiterentwicklung von Aktivitäten in den Lern- und Forschungsfabriken zu gewährleisten, werden im Rahmen des Projekts sieben Selbstlernmodule von den Projektpartnern zu den Themen „KI und Qualitätsmanagement in der Produktion“, „KI und Qualitätsmanagement im Dienstleistungsbereich“, „KI und Entscheidungsprozesse“, „KI-basierte Lern- und Assistenzsysteme“, „KI und Personalmanagement“, „KI und Nachhaltigkeit“ sowie „KI und Computer-Vision“, entwickelt, überprüft und evaluiert.

Eine weitere Möglichkeit der Weiterentwicklung des Konzepts der Lern- und Forschungsfabrik ist der Rückgriff auf KI-basierte Lern- und Assistenzsysteme. Dabei wird auf Ansätze zur Bewegungs- und Beobachtungssensorik zurückgegriffen. Mit den KI-basierten Lern- und Assistenzsystemen wird das Ziel verfolgt, das situationsbezogene personalisierte Lernen am Arbeitsplatz auf Lernbedürfnisse der jeweiligen Akteure zuzuschneiden. Dabei geht es darum, die Lerneinheiten in Echtzeit den jeweiligen Organisationsmitgliedern zur Verfügung zu stellen.

Insgesamt verfolgen die Aktivitäten im Projekt „Digitaler Coach Intelligence“ eine unterschiedliche zielgruppenspezifische Ausrichtung. Neben Studierenden u. a. von ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen gehören auch Mitglieder von KMUs zu den Zielgruppen. Darüber hinaus werden im Projekt auch Schülerinnen und Schüler bei der Entwicklung der Trainingsmaterialien als Zielgruppe aufgenommen. Dabei wird das Ziel verfolgt die Attraktivität der beruflichen Bildung zu steigern.

5. Aufgabenfeld des Digitalen Coach Intelligence

Im vorliegenden Projekt wird untersucht, inwieweit der DC insbesondere KMU bei der Implementierung von KI-Lösungen und deren organisatorischen Einbettung helfen kann. Dabei fällt dem DC die Aufgabe als Prozesspromoter zu. In diesem Kontext ist es entscheidend, dass im Hinblick auf die Nutzung der KI-Lösung bei den betroffenen Organisationsmitgliedern ausreichend Akzeptanz vorliegt. Dies könnte als eine Aufgabe des DC angesehen werden. Entscheidend ist zudem, dass in ausreichender Weise reflektiert wird, inwieweit eine professionelle Einbettung der jeweiligen KI-Lösung in dem entsprechenden organisatorischen Kontext gelingt. Dies erfordert bei den jeweiligen Akteuren, wie z. B. dem DC, dass diese über ausreichende Reflexionskompetenzen verfügen. Vor diesem Hintergrund beschäftigt sich das vorliegende Projekt mit der Frage, welche Aktivitäten geeignet sind, damit der DC und andere verantwortliche Akteure die notwendige Reflexionskompetenzen erwerben können, um die erfolgreiche situations- und kontextbezogene Implementierung von KI-Lösungen zu gewährleisten. Um dieses Ziel zu erreichen, werden im vorliegenden Projekt passgenaue Qualifizierungsprogramme entwickelt, erprobt und evaluiert.

Empirische Studien an denen über 80 Personen aus den EU-Ländern Griechenland, Bulgarien, Ungarn, Deutschland teilnahmen, haben gezeigt, dass das Aufgabenfeld des Digitalen Coach auf große Akzeptanz stößt und dass die Industrie- und Handelskammern in Europa entsprechende erfolgreiche Dienstleistungsangebote für KMUs anbieten (Kröll et al. 2023).

Das Aufgabenfeld des DC könnte zusammenfassend darin bestehen, dass KMUs bei der Nutzung des Reifegradmodells und der Implementierung von KI-Lösungen unterstützt werden. Außerdem kann der DC die Lernortkooperation zwischen (berufsbildenden) Schulen, Lernfabriken und KMUs fördern. Dafür wären Kenntnisse über Herausforderungen und Potenziale dieser Kooperationen für den DC zentral.

6. Ausblick

Im Zusammenhang mit der Implementierung von KI-Lösungen wurde deutlich, dass eine Vielzahl von Qualitätsaspekten bzw. – fragen auftreten. Zwar steht die Implementierung von KI-Lösungen in Qualitätsmanagement-Systeme im Mittelpunkt des EU-Projekts „Digitaler Coach Intelligence“, aber darüber hinaus wäre zu klären, wie die Qualität des Implementierungsprozesses von KI-Lösungen gewährleistet werden kann. Dabei spielen zumindest die Erfassung und der Umgang mit auftretenden Widerständen und der Nutzung von vorhandenen Potentialen eine wichtige Rolle. An dieser Stelle fällt dem Digitalen Coach eine zentrale Rolle zu. Dabei wäre auch zu klären, wie die Qualität der entsprechenden Dienstleistung, die der Digitale Coach anbietet, sichergestellt werden kann. Dazu ist es erforderlich, dass er mit Hilfe von entsprechenden Programmen zur Kompetenzentwicklung, die gewisse Qualitätsstandards erfüllen, zu qualifizieren ist. Gleichzeitig ist zu bedenken, dass die Ergebnisse der KI von der Qualität der Daten abhängen, die der KI zur Verfügung gestellt werden um zu lernen. Darüber hinaus legen die Nutzer von KI-Anwendungen großen Wert darauf, dass die Ergebnisse, zu denen die KI kommt, bestimmte Qualitätsanforderungen erfüllen.

7. Literatur

Abele, E., Metternich, J., Tisch, M. & Kreß, A. (2024): Learning Factories: Featuring New Concepts, Guidelines, Wordwide Best-Practices Examples, 2. Auflage, Springer-Verlag Cham Switzerland.

Dehnbostel, P. (2022). Betriebliche Bildungsarbeit: Kompetenzbasierte Berufs-und Weiterbildung in digitalen Zeiten (Vol. 9).

Fischer, H., Senft, B. & Stahl, K. (2017). Akzeptierte Assistenzsysteme in der Arbeitswelt 4.0 durch systematisches Human-Centered Software Engineering, in: Wissenschaftsforum Intelligente Technische Systeme (WInTeSys), S.197-210.

Hirsch-Kreinsen, H. (2023). Das Versprechen der Künstlichen Intelligenz. Campus Verlag.

Kröll, M. et al. (2024): AI-based learning and assistance systems and their role in learning factories. 18th CIRP Conference, Naple, Italy.

Kröll, M. et al. (2023): EU Digital Coach Project: Integrating the Teaching Factory approach. CLF 2023.

Kröll, M. (2020): Innovationsprojekte und organisationalen Wandel professionell gestalten. Berlin.

Li, M., Molla, A. & Duan, S. (2021). AI Affordances Perception for the Transformation of Mobility Ecosystems. AIS Electronic Library (AISeL). https://aisel.aisnet.org/acis2021/76.

Meske, C., Bunde, E., Schneider, J., & Gersch, M. (2022). Explainable artificial intelligence: objectives, stakeholders, and future research opportunities. Information Systems Management, 39(1), 53-63.

Norman, D. A. (1999). Affordance, conventions, and design. Interactions, 6(3), 38–43. https://doi.org/10.1145/301153.301168.

Schuster, T., Waidelich, L., & Volz, R. (2021). Reifegradmodelle zur Bewertung Künstlicher Intelligenz in kleinen und mittleren Unternehmen. INFORMATIK 2021. DOI: 10.18420/informatik2021-102. Gesellschaft für Informatik, Bonn. PISSN: 1617-5468.

Valbø, B. (2021). The IS-Notion of Affordances: A Mapping of the Application of The IS-Notion of Affordances: A Mapping of the Application of Affordance Theory in Information Systems Research. Selected Papers of The IRIS, Issue Nr 12 (2021), 1–9.

Vohra, S. (2022). Der KI-Reifegrad – Vom ersten Schritt bis zum Wettbewerbsvorteil. https://www.accenture.com/de-de/insights/artificial-intelligence/ai-maturity-and-transformation.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Menschzentrierte Nutzung von Künstlicher Intelligenz in Fertigungsunternehmen: Reduzierung von digitalem Stress und Steigerung der Akzeptanz

David SAUER, Matthias SCHMIDT, Tino SCHMIDT

Institut für Institut für Gesundheit, Altern, Arbeit und Technik (GAT),
Hochschule Zittau/Görlitz,
Brückenstr. 1, D-02628 Görlitz

Kurzfassung: Die fortschreitende Digitalisierung und die zunehmende Integration von Künstlicher Intelligenz (KI) in industrielle Prozesse eröffnen produzierenden Unternehmen bedeutende Chancen, stellen jedoch auch erhebliche Herausforderungen dar. Insbesondere der Einsatz von KI-Assistenzsystemen birgt ein Potenzial zur Optimierung von Effizienz, Qualität und Arbeitsprozessen. Gleichzeitig zeigen Fallstudien, wie jene der Hans-Böckler-Stiftung und der BAuA, dass der digitale Wandel zusätzliche Belastungen für Mitarbeitende schaffen kann, wenn deren Bedürfnisse unzureichend berücksichtigt werden.
Ein zentraler Aspekt ist dabei die menschenzentrierte Gestaltung von KI-Systemen. Diese erfordert nicht nur eine Anpassung an die betrieblichen Abläufe, sondern auch die Einbeziehung der Mitarbeitenden, um deren Akzeptanz und Wohlbefinden zu fördern. Probleme wie unklare Zuständigkeiten, fehlende Informationen und ineffiziente Kommunikation sind häufige Hindernisse, die den Erfolg solcher Systeme beeinträchtigen können.
In dem durchgeführten Workshop wurden spezifische Herausforderungen in der Produktion analysiert, darunter die Verfügbarkeit notwendiger Informationen, die Weitergabe von Änderungen und die Vermeidung von Störungen. Diese Erkenntnisse bildeten die Grundlage für die Entwicklung eines KI-gestützten Ansatzes, der sowohl technische als auch organisatorische Lösungen integriert. Ziel ist es, Arbeitsbedingungen zu verbessern, digitalen Stress zu reduzieren und eine nachhaltige Akzeptanz für neue Technologien zu schaffen.
Die vorliegende Arbeit beleuchtet einen menschenzentrierten Ansatz zur Implementierung von KI-Assistenzsystemen in produzierenden Unternehmen und zeigt anhand der praxisnahe Fallstudie auf, wie für Mitarbeiter relevante Kontext innovative Technologien dazu beitragen können, Effizienz und Arbeitszufriedenheit gleichermaßen zu steigern.

Schlüsselwörter: KI - Assistenzsystem, Produktionsoptimierung, digitaler Stress, Mitarbeiterbeteiligung, Fallstudie

1. Theoretischer Hintergrund

Die fortschreitende digitale Transformation und die zunehmende Integration von Künstlicher Intelligenz (KI) in industrielle Prozesse bieten Fertigungsunternehmen erhebliche Chancen, stellen jedoch auch erhebliche Herausforderungen dar. KI-gestützte Systeme können Effizienz, Qualität und Arbeitsabläufe optimieren, wie in Studien

zur industriellen Digitalisierung hervorgehoben wurde (Wamba-Taguimdje et al. 2020; Brougham & Haar 2018). Gleichzeitig zeigen Fallstudien von Organisationen wie der Hans-Böckler-Stiftung (Seitz & Mertins 2020) und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), dass unzureichende Berücksichtigung der Mitarbeiterbedürfnisse während der digitalen Transformation digitalen Stress verstärken und die erfolgreiche Implementierung behindern kann.

Ein zentraler Aspekt ist die menschzentrierte Gestaltung von KI-Systemen, die eine Anpassung der Systeme an betriebliche Prozesse und die aktive Einbindung von Mitarbeitenden umfasst, um Akzeptanz und Wohlbefinden zu fördern (Gutzwiller et al. 2019). Häufige Hindernisse wie unklare Zuständigkeiten, unzureichende Kommunikation und schwer zugängliche Informationen schränken das Potenzial der KI-Implementierung am Arbeitsplatz erheblich ein (Müller et al. 2021).

Die digitale Transformation verändert die Arbeitswelt grundlegend und bringt sowohl Chancen als auch Herausforderungen mit sich. Digitaler Stress, wie von Seitz und Mertins (2020) definiert, entsteht durch die Wahrnehmung digitaler Technologien als überfordernd oder störend, was zu körperlicher und psychischer Belastung führt. Dieses Phänomen ist besonders in Produktionsumgebungen relevant, in denen KI-gesteuerte Systeme spezifische Stressfaktoren schaffen können (Wißfeld & Wilkesmann 2020).

Auswirkungen von digitalem Stress: Erschöpfung und Reizbarkeit: Die hohe kognitive Belastung durch digitale Systeme führt zu emotionaler Erschöpfung und Reizbarkeit, wie von Tarafdar et al. (2019) gezeigt. Längere Belastung kann zu mentaler Ermüdung führen, die das allgemeine Wohlbefinden der Mitarbeitenden beeinträchtigt.

Psychische Beeinträchtigungen: Dauerhafter digitaler Stress erhöht das Risiko für psychische Gesundheitsprobleme und Muskel-Skelett-Erkrankungen, insbesondere bei sich wiederholenden Fertigungsaufgaben (Mark et al. 2019).

Arbeitsunzufriedenheit und Leistungsabfall: Hohe Stressniveaus korrelieren stark mit geringerer Arbeitszufriedenheit und Produktivität, was sowohl die individuelle Leistung als auch die Ergebnisse des Unternehmens beeinträchtigt (Ayyagari et al. 2011).

Das Konzept der affektiven Bindung, definiert als emotionale Bindung an eine Organisation (Meyer & Allen 1991), spielt eine zentrale Rolle bei der Bewältigung dieser Herausforderungen. Mitarbeitende mit starker affektiver Bindung sind widerstandsfähiger gegenüber digitalem Stress und eher bereit, sich mit den Zielen der Organisation zu identifizieren.

Vorteile eines menschzentrierten Ansatzes

- Erhöhte Akzeptanz: Systeme, die auf die Bedürfnisse der Nutzenden abgestimmt sind, fördern Vertrauen und Akzeptanz, wie empirische Studien zeigen (Müller et al. 2021).
- Reduzierung von Stress: Klare, intuitive Designs minimieren die kognitiven Anforderungen an die Mitarbeitenden und reduzieren den Stress (Gutzwiller et al. 2019).
- Steigerung der Produktivität: Mitarbeitende, die durch technologiegestützte Systeme unterstützt werden, sind motivierter und produktiver (Seitz & Mertins 2020).

Menschzentrierte Ansätze stimmen technologische Möglichkeiten mit den Bedürfnissen der Mitarbeitenden ab und bieten einen Rahmen zur Reduzierung von digitalem Stress sowie zur Steigerung des Werts der digitalen Transformation.

2. Methoden

Um die Herausforderungen der digitalen Transformation in einem mittelständischen Fertigungsunternehmen zu bewältigen, wurde die BASA-IV-Methode (Franke et al. 2019) eingesetzt. Diese Methodik identifizierte systematisch Stressfaktoren und bewertete deren Auswirkungen auf die Arbeitsbedingungen.

Die Fallstudie umfasste drei Phasen:

1. Vorbereitung: Eine Analyse der organisatorischen Arbeitsabläufe, Strukturen und bestehenden Herausforderungen schuf die Grundlage (Wißfeld & Wilkesmann 2020).
2. Befragung (BASA IV): Daten wurden gesammelt, um spezifische Stressoren im Zusammenhang mit organisatorischen und technischen Bedingungen zu identifizieren und ein umfassendes Verständnis der Mitarbeiterbedürfnisse zu gewährleisten (Franke et al. 2019).
3. Workshop: Stakeholder nahmen an kollaborativen Sitzungen teil, um Ergebnisse zu analysieren und umsetzbare Lösungen vorzuschlagen, wobei der Fokus auf die Einbindung der Mitarbeitenden lag (Müller et al. 2021). → In dem Kontext wurde die Implementierung KI-basierte Maßnahmen wie intelligente Informationsverteilung und Werkzeuge zur Arbeitsentlastung durchgespielt.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigten, dass unklare Zuständigkeiten, schwer zugängliche Informationen und Arbeitsablaufstörungen die kritischsten Probleme waren. Die vorgeschlagenen KI-unterstützten Lösungen zielten darauf ab, diese Stressoren zu mildern, indem die Kommunikation optimiert, repetitive Aufgaben automatisiert und eine gerechte Verteilung von Verantwortlichkeiten sichergestellt wurden.

Die Analyse der BASA-IV-Befragung zeigte folgende Hauptstressoren:

- Unklare Zuständigkeiten: 78 % der Befragten gaben an, dass Rollen und Verantwortlichkeiten bei der Nutzung digitaler Systeme nicht klar definiert waren.
- Intransparente Informationsflüsse: 65 % der Mitarbeitenden bemängelten den Zugang zu wichtigen Informationen und die unzureichende Kommunikation technischer Änderungen.
- Wiederkehrende Unterbrechungen: 53 % berichteten von häufigen Arbeitsablaufstörungen durch nicht abgestimmte Systemaktualisierungen oder Kommunikationsdefizite.

Die Workshops erzielten signifikante Verbesserungen in der Identifikation und gemeinsamen Entwicklung von Lösungsansätzen:

- Einbindung der Mitarbeitenden: 92 % der Teilnehmer gaben an, dass ihre Bedürfnisse und Vorschläge angemessen berücksichtigt wurden.
- Verbesserung der Kommunikation: Die Definition von Kommunikationskanälen und Verantwortlichkeiten wurde von den Beteiligten als besonders hilfreich eingestuft.
- Fokus auf technische und organisatorische Integration: Mitarbeitende schätzten die Verbindung von technischen Lösungen mit organisatorischen Veränderungen.

Die von den Gruppen im Rahmen des Workshops entwickelten KI-gestützten Maßnahmen umfassten:

- Intelligente Informationssysteme: Diese Systeme verbessern die Zugänglichkeit zu relevanten Daten und reduzieren den Zeitaufwand für die Informationssuche um durchschnittlich 35 %.
- Automatisierung repetitiver Aufgaben: Aufgaben wie die Erfassung von Produktionsdaten werden automatisiert, was eine Zeitersparnis von 21 % und eine erhöhte Präzision der Prozesse bewirken würde.
- Verantwortlichkeitsmanagement: Die Einführung eines digitalen Tools zur Zuweisung von Verantwortlichkeiten führt zu einer Reduzierung der gemeldeten Konflikte um 43 %.

Die Evaluierung der Simulation der Implementierung von KI im Rahmen der bisherigen eingespielten Organisations- und Prozessmuster Workshop zeigte folgende Effekte, welche für die Einführung in der Praxis zu erwarten wären:

- Reduktion von digitalem Stress: Der durchschnittliche digitale Stresslevel (gemessen anhand der Vergleiche von Ist – Zustand im Vgl. zu persönlicher Wichtigkeit BASA IV) konnte Besonders im neuralgischen Bereich „Einflussmöglichkeiten: Bei meiner Arbeit“ gesenkt werden.
- Steigerung der Akzeptanz: 81 % der Mitarbeitenden bewerteten die KI-gestützten Systeme als positiv für ihre Arbeit.
- Erhöhung der Arbeitszufriedenheit: Die allgemeine Zufriedenheit der Mitarbeitenden stieg um 25 % im Vergleich zum Ausgangswert.

4. Diskussion und Schlussfolgerungen

Ein menschzentrierter Ansatz zur Implementierung von KI zeichnet sich durch mehrere kritische Erfolgsfaktoren aus:

1. Mitarbeiterbeteiligung: Die aktive Einbindung der Mitarbeitenden in den Entwicklungsprozess fördert Vertrauen und Akzeptanz, wie empirische Studien belegen (Gutzwiller et al. 2019; Müller et al. 2021).
2. Bedarfsorientiertes Design: Die Anpassung von Systemen an spezifische Arbeitsumgebungen verbessert die Benutzerfreundlichkeit und Relevanz (Tarafdar et al. 2019).
3. Flexibilität und Anpassungsfähigkeit: Modulare Systeme, die sich an die betrieblichen Anforderungen anpassen, gewährleisten langfristige Nutzbarkeit und Akzeptanz (Mark et al. 2019).
4. Transparenz: Offene Kommunikation über Systemfunktionen und -vorteile reduziert Widerstände (Seitz & Mertins 2020).
5. Überwindung des "Not-Invented-Here"-Syndroms: Eine frühzeitige Einbindung in Entscheidungsprozesse mindert Widerstände gegenüber extern entwickelten Technologien (Wamba-Taguimdje et al. 2020).

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass ein menschzentrierter Ansatz bei der Implementierung von KI in Fertigungsumgebungen erhebliche Vorteile bietet:

a) Für Unternehmen: Menschzentrierte Systeme steigern Effizienz und Innovation, indem sie organisatorische Schmerzpunkte adressieren (Wißfeld & Wilkesmann 2020).
b) Für Mitarbeitende: Die Reduzierung von digitalem Stress fördert Wohlbefinden und Arbeitszufriedenheit, was die Mitarbeiterbindung verbessert (Tarafdar et al. 2019).

c) Für die Technologieakzeptanz: Die Einbindung der Mitarbeitenden in die Systemgestaltung und -umsetzung fördert eine positive Unternehmenskultur und stellt die erfolgreiche Einführung sicher (Müller et al. 2021).

Durch die Bewältigung von Herausforderungen wie unklaren Verantwortlichkeiten und Arbeitsablaufstörungen zeigt die Studie, wie menschzentrierte KI-Designs die Lücke zwischen technologischem Potenzial und betrieblichen Realitäten schließen können. Zukünftige Forschung sollte langfristige Ergebnisse und branchenspezifische Anpassungen untersuchen, um diese Ansätze weiter zu verfeinern.

5. Literatrur

Ayyagari, R., Grover, V., & Purvis, R. (2011). Technostress: Technological antecedents and implications. *MIS Quarterly, 35*(4), 831–858. https://doi.org/10.2307/41409963.

Franke, F., Schmidt, K.-H., & Esser, G. (2019). BASA IV: Psychological assessment of work conditions screening. *Journal of Organizational Psychology, 12*(3), 45–60.

Gutzwiller, R. S., Wickens, C. D., & Clegg, B. A. (2019). Human factors of automation in manufacturing. *Human Factors, 61*(5), 730–743. https://doi.org/10.1177/0018720818819403.

Mark, G., Gudith, D., & Klocke, U. (2019). The impact of stress and misuse in the workplace. *Journal of Organizational Behavior, 40*(3), 235–250. https://doi.org/10.1002/job.2332.

Meyer, J. P., & Allen, N. J. (1991). A three-component conceptualization of organizational commitment. *Human Resource Management Review, 1*(1), 61–89. https://doi.org/10.1016/1053-4822(91)90011-Z.

Müller, J., Strobel, M., & Kranz, J. (2021). Toward sustainable digital workplaces. *Journal of Business Research, 133*, 290–302. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.05.020.

Seitz, S., & Mertins, K. (2020). Digital transformation and employee well-being. *Hans Böckler Foundation Working Paper Series, 20*(7), 112–130.

Tarafdar, M., Cooper, C. L., & Stich, J.-F. (2019). The dark side of digital transformation. *Information Systems Journal, 29*(2), 377–402. https://doi.org/10.1111/isj.12266.

Wamba-Taguimdje, S., Gunasekaran, A., Papadopoulos, T., & Ngai, E. W. (2020). Smart manufacturing and AI-driven systems. *International Journal of Production Research, 58*(9), 2800–2821. https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1660828.

Wißfeld, T., & Wilkesmann, U. (2020). Resistance to digital change in manufacturing. *Journal of Business and Industrial Marketing, 35*(5), 689–702. https://doi.org/10.1108/JBIM-08-2019-0302.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank allen Impulsgebern aus dem gemeinsamen Projekt „Perspektive Arbeit Lausitz“ in dessen Rahmen wir die Fallstudie zum Test der Einführung von KI- Assistenzsystemen entwickelt haben insbesondere den mit uns kooperierenden Unternehmen.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Mitarbeiterzentrierte Erarbeitung von KI-Assistenzsystemen in der Lebensmittelindustrie: Ergebnisse einer Fallstudie zur Effizienz und Akzeptanz

Tino SCHMIDT, Matthias SCHMIDT, David SAUER

Institut für Institut für Gesundheit, Altern, Arbeit und Technik (GAT),
Hochschule Zittau/Görlitz,
Brückenstr. 1, D-02628 Görlitz

Kurzfassung: Die Implementierung von Künstlicher Intelligenz (KI) in der Lebensmittelindustrie bietet Potenzial zur Optimierung von Produktionsprozessen. Diese Studie untersucht die Erfolgs- und Akzeptanzfaktoren eines gemeinsam mit den Mitarbeitern entwickelten KI-Assistenzsystems zur Chargenverfolgung in einem Lebensmittelunternehmen. Ein Workshop zur Einbindung der Teilnehmenden war hierzu der entscheidender Faktor zur Aktivierung der Veränderungsbereitschaft, da die aktive Beteiligung an der Systementwicklung das Vertrauen in die neue Technologie stärkte. Transparenz und Vertrauen waren hierbei entscheidend, um Bedenken frühzeitig zu adressieren.
Jüngere Teilnehmende sahen das System als klare Verbesserung, während ältere Teilnehmende anfangs skeptisch waren. Intensive Schulungen halfen jedoch, das Vertrauen zu stärken und die Akzeptanz zu erhöhen. Ethische Bedenken, insbesondere bezüglich Datenschutz und Datensicherheit, wurden durch transparente Kommunikation und gezielte Schulungen weitgehend ausgeräumt.

Schlüsselwörter: KI - Assistenzsystem, Digitalstress, Change Management, Mitarbeiterbeteiligung, Veränderungsbereitschaft

1. Theoretischer Hintergrund

Die Einführung neuer technischer Systeme in Organisationen stellt häufig eine komplexe Herausforderung dar, insbesondere im Zusammenhang mit Change-Management-Prozessen. Gerade die Einführung von KI- Anwendungen, stellt Unternehmen auch in organisationaler Hinsicht vor große Herausforderungen (Benbya et al. 2020; Bérubé et al. 2021; Haefner et al 2021).

Laut Kotter (1996) umfasst ein effektives Change Management acht Phasen, darunter unter anderem das Schaffen eines Dringlichkeitsgefühls für die Veränderung unter allen Beteiligten und die Einbindung aller relevanten Akteure. Diese Aspekte gelten auch in der aktuellen Forschung als zentrale Einflussgrößen für den Erfolg von Veränderungsprozessen in Unternehmen (Dempsey 2021; Errida und Lotfi 2021; Phillips und Klein 2023). Arbeiten wie die von Maidell (2015), Armenakis und Harris (2009) oder Stouten et al (2018) belegen daher, dass Mitarbeitereinbindung ein zentraler Faktor für die erfolgreiche Durchführung dieser Phasen ist. Denn die Einführung neuer Technologien führt häufig zu Spannungen zwischen bestehenden Prozessen und den Anforderungen der neuen Systeme. Burke (2017) beschreibt, dass Widerstände oft durch Unsicherheit, mangelndes Wissen über die Technologie hervorgerufen werden. Beispiele zeigen, dass solche Widerstände durch aktive Partizipation

und transparente Kommunikation auch hinsichtlich auf das organisatorische Gesamtgefüge signifikant reduziert werden können (Kalogiannidis 2021, Davenport & Prusak 1998).

Laut Cummings und Worley (2014) führt die frühzeitige Einbindung der Teilnehmenden bei der Planung und Entwicklung der Einbindung neuer technischer Lösungen nicht nur zu einer besseren Akzeptanz, sondern erhöht auch die Qualität der entwickelten Lösungen. Studien zur Einbindung von Design-Thinking-Methoden belegen, dass iterative Entwicklungs- Prozesse, in denen Teilnehmende aktiv eingebunden werden, zu höherer Akzeptanz und technischer Machbarkeit führen (Brown 2009; Liedtka 2015). Daher haben wir im vorliegenden Fallbeispiel einen an Design Thinking angelehnten Prozess zur Mitarbeiterbeteiligung bei der Implementierung eines KI- Assistenzsystems für die spezifischen Anforderungen eines produzierenden Unternehmens der Lebensmittelindustrie angepasst und erprobt, da es gerade in letzter Zeit viel ermutigende Ansätze für deren Anwendung gibt (Angström et al 2023; Krishnan et al 2022; Chowdhury 2023; Dragičević et al; 2023).

2. Methoden

2.1 Ziel und Ablauf des Changeprozesses im Unternehmen

Die Fallstudie konzentrierte sich auf die Einführung und Entwicklung der Anforderungen eines KI-Assistenzsystems für die Rückverfolgbarkeit von Chargen in der Lebensmittelproduktion.

Ein Workshop wurde als zentrale Methode zur Mitarbeitereinbindung gewählt.

Die 40 Teilnehmenden (24 weiblich, 16 männlich; M(Alter): 37,2 Jahre; SD: 6,7) wurden in sechs Gruppen aufgeteilt: 2 Produktionsteams 2 Entwicklerteams, 1 Team (externe) Lebensmittelsicherheitskontrolleure und 1 Team Qualitätsmanagement-Spezialisten.

Die Aufteilung geschah randomisiert, so dass die berufliche Rolle der Beteiligten nicht zwangsläufig in ihrer Rolle im Workshop übereinstimmen musste. Diese Konstellation ermöglichte eine umfassende Perspektivenvielfalt und erlaubte folgenden Ablauf:

1. Problemformulierung: Das Problem der Chargenrückverfolgbarkeit wurde analog präsentiert, um den Transfer auf die reale Situation zu erleichtern.
2. Lösungsentwicklung: Die Teilnehmenden entwickelten in iterativen Design-Thinking-Runden Vorschläge, die von anderen Gruppen geprüft wurden.
3. Wechsel der Rollen: Nach den ersten beiden Runden tauschten die Gruppenmitglieder die Rollen, was zu einem Perspektivwechsel führte und gleichzeitig zu heterogenen Gruppen mit gemischten Rollen.
4. Synthese der Anforderungen: Aus den Vorschlägen der ersten beiden Runden wurden konkrete Anforderungen an das KI-System abgeleitet

Iteration von 1-4.: in den folgenden Runden im wiederholten iterativen Rollenwechsel immer wieder neu überprüft. Aus allen Vorschlägen wurden im Anschluss summativ konkrete Anforderungen an das KI-System abgeleitet.

2.2 Erhebung der Akzeptanz der Implementierung des KI- Assistenzsystems

Zur Bewertung der Akzeptanz des neuen KI-Assistenzsystems und der Veränderungsbereitschaft der Teilnehmenden wurde ein standardisierter wissenschaftlicher

Fragebogen eingesetzt, der die Akzeptanz der Einführung des neuen KI – Assistenzsystems auf indirekten Weg zu messen ermöglichte: die Organizational Change Recipients' Belief Scale (OCRBS) von Holt et al. (2007).

Dies geschah, da eine reale Akzeptanz des KI- Assistenzssystems notwendigerweise natürlich erst nach einigen Monaten der Anwendung erfasst werden kann. Da es in dieser Studie jedoch um den Prozess der Entwicklung der Akzeptanz für einen Veränderungsprozess innerhalb eines organisationalen Gefüges ging, erschien es stringenter, die Veränderungsbereitschaft der Teilnehmenden vor dem Einleiten des Veränderungsprozesses an deren Gestaltung sie beteiligt wurden mit der Veränderungsbereitschaft zu vergleichen, die sie danach hatten

OCRBS wurde dabei im verwendet, um die Veränderungsbereitschaft der Teilnehmenden hinsichtlich folgender Aspekte vor – und nach dem Workshop zu analysieren und zu bewerten:

Das Messinstrument basiert auf bestehenden Theorien zu organisatorischen Veränderungen und baut auf vier Dimensionen auf:

- Appropriateness (Angemessenheit): Die Überzeugung, dass die vorgeschlagene Veränderung sinnvoll und notwendig ist. [Cr. Alpha = 0.94]
- Management Support (Managementunterstützung): Die Wahrnehmung, dass die Führungsebene die Veränderung aktiv unterstützt. [Cr. Alpha = 0.87]
- Change Efficacy (Veränderungseffizienz): Das Vertrauen der Teilnehmenden in ihre Fähigkeit, sich an die Veränderung anzupassen und diese erfolgreich umzusetzen. [Cr Alpha = 0.82]
- Personally Beneficial (Persönlicher Nutzen): Die Wahrnehmung, dass die Veränderung für die eigene Position oder Karriere vorteilhaft ist. [Cr. A. = 0.68]

Die Fragebögen wurden vor und nach dem Workshop ausgefüllt, um Veränderungen in Akzeptanz und organisationaler Veränderungsbereitschaft zu dokumentieren.

3. Ergebnisse

3.1 Identifizierte spezifische Anforderungen an das KI- Assistenzsystem

Die Teilnehmenden identifizierten folgende Anforderungen für den Aufbau und die Integration eines KI- Assistenzsystems in die Produktion zum Zwecke einer besseren Chargenrückverfolgbarkeit:

A) Technische Anforderungen: Integration bestehender Systeme, Echtzeit-Datenanalyse, transparente für die Bediener verständliche Algorithmen
B) Bedarf der Organisatorische Änderungen: Anpassung der Arbeitsabläufe, Schulungen in die Funktionsprinzipien des KI- Systems, klar definierte Verantwortlichkeiten, bestehende Abläufe mussten standardisiert werden, um eine einheitliche Datengrundlage für das System zu gewährleisten
C) Notfallvariante bei Ausfall des digitalen Systems: Entwicklung eines analog funktionierenden „physischen" Systems basierend auf Stempeln für den Fall eines Ausfalls des KI – Assistenzsystems, Integration von Kontrollmechanismen für Datenqualität
D) Flexibilität: Anpassbarkeit an verschiedene Produktionsbedingungen und mögliche Änderungen in der Gesetzgebung.

3.2. Vorher-Nachher-Analyse der Mitarbeiterakzeptanz und Veränderungsbereitschaft

Im Folgenden sind für die 4 Skalen der Organizational Change Recipients' Belief Scale (OCRBS) von Holt et al. (2007) die Vergleichswerte vor vs. nach dem Workshop dargestellt [Wertebereich: 1 … 7, wobei höhere Werte eine höhere Bereitschaft zur Veränderung oder eine positive Wahrnehmung der gegebenen Dimension widerspiegeln.]

Die Teilnehmenden zeigten nach dem Workshop eine signifikant höhere Veränderungsbereitschaft. Jüngere Teilnehmende nahmen dabei die Neuerungen deutlich positiver wahr als ältere Teilnehmende. Die Subskalen wiesen vor dem Workshop folgende Mittelwerte (in Klammern sind die dazugehörigen Standartabweichungen) auf:

- allgemeine Notwendigkeit einer Veränderung (Appropriateness):
  - vorher: MW: 3.07 (std: 1.51)
  - nachher: MW: 5.25 (std: 0.99)
- Einschätzung der Unterstützung durch Vorgesetzte (Management Support):
  - vorher MW 3.20 (std: 1.65)
  - nachher: MW 5.46 (std: 1.05)
- Wahrnehmung der eigenen Fähigkeit die Veränderung vollziehen zu können (Change Efficacy):
  - vorher MW: 3.54 (std: 1.69)
  - nachher: 5.67 (std: 0.77)
- Wahrnehmung der persönlichen Bedeutung der geplanten Veränderung (Personal Valence):
  - vorher MW: 2.98 (std: 1.53)
  - nachher: MW: 5.18 (std: 1.27)

Hierdurch zeigte sich folgender (auf allen Skalen nach Wilcoxon-Test mit $p < 0.05$ signifikanter) Unterschied zwischen der Veränderungsbereitschaft vor und nach dem Workshop.

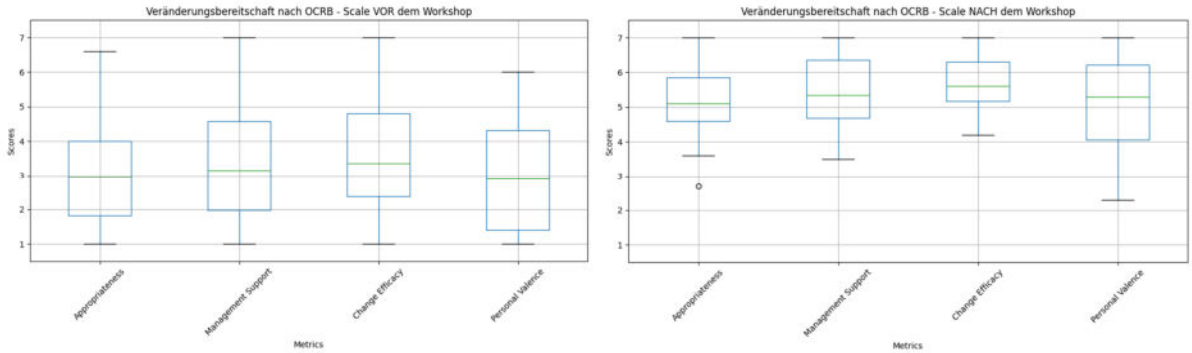


Abbildung 1: *Selbsteinschätzung der Veränderungsbereitschaft in allen Subskalen der Organizational Change Recipients' Belief Scale (OCRBS) von Holt et al. (2007) vor dem Workshop (linkes Boxplotdiagramm) und nach dem Workshop (rechtes Boxplotdiagramm)*

Vor dem Workshop zeigten sich deutlich größere Unterschiede in der Sebsteinschätzung der Veränderungsbereitschaft – insbesondere bei der Einschätzung der Unterstützung durch die Vorgesetzten und der Einschätzung der persönlichen Bedeu-

tung der deplanten Veränderung. Diese interindividuellen Unterschiede waren im Anschluss an den Workshop deutlich geringer ausgeprägt.

4. Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der vorliegenden Fallstudie unterstreichen die Bedeutung der frühzeitigen Mitarbeitereinbindung bei der Einführung neuer technischer Systeme. Die gestiegene Akzeptanz des KI-Assistenzsystems und die erhöhte Veränderungsbereitschaft stehen im Einklang mit den Erkenntnissen von Armenakis und Harris (2009) sowie Cummings und Worley (2014). Beide Studien betonen, dass technologische Veränderungen nur dann nachhaltig implementiert werden können, wenn die Teilnehmenden nicht als passive Empfänger der neuen Systeme betrachtet werden, sondern als aktive Mitgestalter des Veränderungsprozesses.

Die signifikante Verbesserung in der Bewertung der Benutzerfreundlichkeit und der verhaltensbezogenen Absicht, das System zu nutzen, verdeutlicht den Erfolg des partizipativen Ansatzes in der Fallstudie. Dies entspricht den theoretischen Annahmen des Technology Acceptance Models (TAM) von Davis (1989), das besagt, dass die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit und der wahrgenommene Nutzen eines Systems die Haupttreiber für die Akzeptanz sind.

Die Ergebnisse zeigen, dass Vertrauen in die Führung und die Wahrnehmung organisatorischer Unterstützung wichtige Einflussfaktoren sind. Dies wird durch die Forschung von Holt et al. (2007) gestützt, die eine direkte Verbindung zwischen der wahrgenommenen Unterstützung durch die Organisation und der individuellen Bereitschaft zur Veränderung aufzeigt.

Die gezielten Schulungen nach dem Workshop waren ein zentraler Faktor zur Erhöhung der Akzeptanz, insbesondere bei älteren Teilnehmenden. Dies steht im Widerspruch zu einigen Arbeiten, die behaupten, dass ältere Teilnehmende grundsätzlich weniger offen für neue Technologien sind (Burke 2017). Die vorliegende Fallstudie zeigt, dass altersbedingte Skepsis durch intensive Schulungen und gezielte Kommunikationsstrategien reduziert werden kann.

Der in der Fallstudie eingesetzte Design-Thinking-Ansatz ermöglichte den Teilnehmenden, durch den Wechsel der Rollen in den Workshop-Gruppen unterschiedliche Perspektiven einzunehmen. Diese Methode hat sich als besonders effektiv erwiesen, um Verständnis für die Anforderungen und Herausforderungen anderer Abteilungen zu schaffen. Gerade komplexe Einführungen von KI- Tools, stellen besondere Herausforderungen bei ihrer Einführung besonders im organisationalen Bezug eines Unternehmens dar (Kanitz et al; 2023). Im holistischen Prozess einer industriellen Produktion gewinnen Unternehmen durch den iterativen Charakter einer Einbindung nicht nur an Qualität auch die Akzeptanz der beteiligten Akteure erhöht sich und ermöglicht so deren effiziente organisationale Einbindung.

Während frühere Studien, insbesondere von Burke (2017), auf eine langfristige Skepsis älterer Teilnehmender hinweisen, konnte in der vorliegenden Fallstudie eine signifikante Verbesserung der Akzeptanz bei dieser Gruppe festgestellt werden

Während viele Studien betonen, dass solche Bedenken schwer zu überwinden sind (Probst et al. 2013), zeigt die vorliegende Fallstudie, dass transparente Kommunikation und Schulungen eine effektive Strategie darstellen, um diese Herausforderungen zu adressieren. Die Ergebnisse dieser Fallstudie bieten wertvolle Implikationen für die Praxis:

- Unternehmen sollten ihre Teilnehmenden frühzeitig in den Entwicklungs- und

Implementierungsprozess neuer technischer Systeme einbinden, um Akzeptanz und Effizienz zu fördern.
- Altersbedingte Skepsis kann durch intensive Schulungen und individuelle Unterstützung reduziert werden.
- Der Einsatz des Design-Thinking-Ansatzes ermöglicht nicht nur die Entwicklung technisch ausgereifter Systeme und gegenseitiges Verständnis

6. Literatur

Angström, R. C., Björn, M., Dahlander, L., Mähring, M., & Wallin, M. W. (2023). Getting AI Implementation Right: Insights from a Global Survey. California Management Review, 66(1), 5-22.

Armenakis, A. A., & Harris, S. G. (2009). Reflections: Our Journey in Organizational Change Research and Practice. Journal of Change Management, 9(2), 127–142.

Benbya, H., Davenport, T. H., & Pachidi, S. (2020). Artificial intelligence in organizations: Current state and future opportunities. MIS Quarterly Executive, 19(4).

Bérubé, M., Giannelia, T., & Vial, G. (2021). Barriers to the Implementation of AI in Organizations: Findings from a Delphi Study.

Brown, T. (2009). Change by Design: How Design Thinking Creates New Alternatives for Business and Society. Harper Business.

Burke, W. W. (2017). Organization Change: Theory and Practice. SAGE Publications.

Chowdhury, R. (2023). Holistic flexibility for deploying systems thinking as a cognitive skill. Systemic Practice and Action Research, 36(5), 803-825.

Cummings, T. G., & Worley, C. G. (2014). Organization Development and Change. Cengage Learning.

Davenport, T. H., & Prusak, L. (1998). Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know. Harvard Business Review Press.

Dempsey, M., Geitner, L., Brennan, A., & McAvoy, J. (2021). A review of the success and failure factors for change management. IEEE Engineering Management Review, 50(1), 85-93.

Dragičević, N., Vladova, G., & Ullrich, A. (2023). Design thinking capabilities in the digital world: A bibliometric analysis of emerging trends. In Frontiers in education (Vol. 7, p. 1012478). Frontiers Media SA.

Errida, A., & Lotfi, B. (2021). The determinants of organizational change management success: Literature review and case study. International Journal of Engineering Business Management, 13, 18479790211016273.

Haefner, N., Wincent, J., Parida, V., & Gassmann, O. (2021). Artificial intelligence and innovation management: A review, framework, and research agenda☆. Technological Forecasting and Social Change, 162, 120392.

Holt, D. T., Armenakis, A. A., Feild, H. S., & Harris, S. G. (2007). Readiness for organizational change: The systematic development of a scale. The Journal of applied behavioral science, 43(2), 232-255.

Kalogiannidis, S. (2021). Impact of employee motivation on organizational performance. A scoping review paper for public sector. *The Strategic Journal of Business & Change Management, 8 (3), 984*, *996*(3).

Kanitz, R., Gonzalez, K., Briker, R., & Straatmann, T. (2023). Augmenting organizational change and strategy activities: Leveraging generative artificial intelligence. *The Journal of Applied Behavioral Science*, *59*(3), 345-363.

Kotter, J. P. (1996). Leading Change. Harvard Business Review Press.

Krishnan, T. S., Singh, A., Kumar, K., & Ganesh, J. (2022). Leverage design thinking to build enterprise AI. California Management Review Insights.

Liedtka, J. (2015). Perspective: Linking Design Thinking with Innovation Outcomes through Cognitive Bias Reduction. Journal of Product Innovation Management, 32(6), 925–938.

Maidell, T. (2015). Acquisition and merger process through the eyes of employees: A case study on how change management and integration process affected the employees of company X.

Phillips, J., & Klein, J. D. (2023). Change management: from theory to practice. *TechTrends*, *67*(1), 189-197.

Probst, G., Raub, S., & Romhardt, K. (2013). Managing Knowledge: Building Blocks for Success. Wiley.

Stouten, J., Rousseau, D. M., & De Cremer, D. (2018). Successful organizational change: Integrating the management practice and scholarly literatures. *Academy of Management Annals*, *12*(2), 752-788.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Resilienz zwischen Führungshandeln und Strukturbildung: Zwei kontrastierende Fallstudien

Michael DICK

Lehrstuhl für Betriebspädagogik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Zschokkestr. 32, D-39104 Magdeburg

Kurzfassung: Organisationen, besonders KMU, befinden sich in einem zunehmend volatilen und unkalkulierbaren Umfeld. Ihre Resilienz gegenüber disruptiven Ereignissen wird zum Wettbewerbsfaktor. Entlang eines kursorischen Überblicks über den Forschungsstand und zweier Fallbetrachtungen werden Faktoren und Ansätze für eine resiliente Organisation herausgearbeitet. In den Blick rücken eine authentische Führungspraxis, deren Überführung in Strukturen und Prozesse zur Sinnstiftung.

Schlüsselwörter: Resilienz, Organisation, Führung, Sinnstiftung, Reflexion, Fallstudie

1. Resilienz als organisationale Ressource

Organisationen befinden sich in einem zunehmend volatilen und unkalkulierbaren Umfeld. Strategische Vorausschau ist allenfalls kurzfristig und unter hoher Unsicherheit möglich. Unternehmerische Entscheidungen lassen sich aus diesen schwer fassbaren äußeren Umständen heraus immer weniger ableiten und begründen, sondern beziehen zunehmend die eigenen, inneren Ressourcen ein (Dick 2018). Waren dies zuvor das Wissen, die Erfahrungen und die Kompetenzen der Beschäftigten („knowledge based view“; Grant 1996), treten zunehmend die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Organisation in den Vordergrund („dynamic capabilities“ (Teece et al. 1997). Je bedrohlicher die Umweltbedingungen werden, desto eher wird für diese Fähigkeiten auch der Begriff *Resilienz* (Coutu 2002) verwendet, der die unmittelbare Widerstandsfähigkeit einer Organisation auf disruptive Ereignisse beschreibt. Resilienz legt anders als Dynamik oder Flexibilität den Akzent nicht einseitig auf Veränderung, sondern betont auch Stabilität oder Robustheit. *Resilienz verstehen wir in diesem Zusammenhang als die Fähigkeit einer Organisation, ungewisse, dynamische und widersprüchliche Entwicklungen zu antizipieren, sich darauf einstellen und Coping-Strategien abzuleiten*.

KMU sind von gesetzlichen, marktlichen und technologischen Einflüssen unmittelbar, ohne Zeitverzug und existenziell betroffen. Gleichzeitig sind sie aufgrund einer geringeren Organisationstiefe flexibler in ihrer Reaktion als etwa große Konzerne. Sie sollten daher in besonderer Weise über Anpassungsfähigkeiten, Reaktionsvermögen und damit Resilienz verfügen.

Der Begriff Resilienz hat seinen Ursprung in der klinischen Psychologie. Er beschreibt die Fähigkeit von Individuen Bedrohungen, unerwartete Ereignisse, Schicksalsschläge o. a. so zu verarbeiten, dass die Person zuversichtlich bleibt, ihr Verhalten anpassen kann und ggf. daran wachsen kann. Ein in dieser Tradition stehendes Konzept, die Salutogenese (Antonovsky, 1997) betont, dafür seien drei Aspekte wichtig: die Verstehbarkeit, Sinnhaftigkeit und Handhabbarkeit des Unerwarteten oder Bedroh-

lichen der Situation, zusammenfassend als Kohärenzsinn bezeichnet.

Nachdem die Managementforschung sich den inneren Ressourcen einer Organisation zuwandte (Dick 2018), rückte auch die Idee der Resilienz ins Blickfeld. Diane Coutu (2002) definiert in einer frühen Zusammenfassung Resilienz als "the skill and the capacity to be robust under conditions of enormous stress and change" (ebd., p. 529). Sie benennt drei Faktoren, die organisationale Resilienz ausmachen:

- Facing Down Reality (Realitätssinn)
- Search for Meaning (Sinnstiftung)
- Ritualized Ingenuity (Improvisationsfähigkeit).

Karl Weick hat als einer der ersten mit seinem Team Hochrisikoorganisationen untersucht um deren Fähigkeiten im Umgang mit bedrohlichen und folgereichen Rahmenbedingungen, also deren Robustheit zu erforschen (Weick & Sutcliffe 2003). Er identifizierte fünf Aspekte

- die Konzentration auf Fehler
- eine Abneigung gegen vereinfachende Interpretationen
- Sensibilität für betriebliche Prozesse
- Streben nach Flexibilität
- Hochachtung vor fachlichem Wissen und Können.

Daran anknüpfend betonen Forscher*innen die Bedeutung fortgesetzten Trainings besonders in simulierten Umgebungen sowie eine Kultur der Wachsamkeit und Reaktionsfähigkeit (Hagemann et al. 2012). Aktuelle Forschungsarbeiten sind vorwiegend darauf ausgerichtet, Faktoren herauszuarbeiten, die die Resilienz von Organisationen beeinflussen (bspw. Führungsstil, Lernkultur, Partizipation, Agilität). Diese Mechanismen und Ressourcen lassen sich auf den drei Ebenen des Individuums, des Teams und der Organisation betrachten (Raetze et al. 2021; Schulte et al. 2021; Soucek et al. 2016). Für jede Ebene liegen Erkenntnisse vor, beispielsweise zum Zusammenhang von Achtsamkeit und resilientem Verhalten bei erwerbstätigen Erwachsenen (Pauls et al. 2016), zum stärkenden Einfluss von Humor (Fischer et al. 2024), zur Resilienz von Teams in kritischen Ausnahmesituationen (Semling 2023; Semling & Ellwart 2016) oder zu einem auf Resilienz gerichteten organisationskulturellen Wandel (Ritz et al. 2016).

Neben diesen aus der Theorie und bisherigen Forschung abgeleiteten Annahmen und Modellvorstellungen will der hier vorgelegte Beitrag in explorativer Weise aus Praxisbeobachtungen heraus rekonstruieren, was ein resilientes Unternehmen ausmacht. Zwei kontrastierende Fallbeispiele zeigen, welche Strategien und Maßnahmen Unternehmen in Umbruchsituationen ergreifen.

2. Fallstudien

Fallstudien erlauben ein verstehendes Nachvollziehen organisationaler Praxis und werden vor allem in entdeckenden Forschungsdesigns genutzt (Dick et al. 2020). Sie können aber auch als Gedankenexperiment mit didaktischen Absichten eingesetzt werden, etwa als Szenario zur Illustration und Diskussion (Pongratz & Trinczek 2010; Bachmann 2024). Das Gedankenexperiment ist ethisch unbedenklich und ökonomisch, denn „unsere Vorstellungen haben wir leichter und bequemer zur Hand, [sic] als die physikalischen Tatsachen“ (Mach 1991 [1905], S. 187), zudem [sei es] „für alle Disziplinen wichtig, da es die Vorbereitung realer Experimente und die Übersicht über die möglichen Fälle erleichtere“ (zit. nach Burkart 2020, S. 44). Hier nun werden zwei kontrastierende Fälle herangezogen, um in einem Gedankenexperiment nach den

kennzeichnenden Gemeinsamkeiten und Unterschieden zu suchen. Dies kommt einem Ex-post-facto Experiment gleich (Burkart 2020).

Die Fälle beruhen auf realen, dem Autor bekannten Unternehmen, mit denen wir in Forschungsprojekten zusammengearbeitet haben, sie sind aber typisiert aufgearbeitet. Es geht hier nicht um die Dokumentation exakter Aussagen oder Beobachtungen, sondern um typische Muster an den Fällen. Beide Unternehmen sind erfolgreiche Mittelständler, stark regional verankert und wachsen seit ihrer Gründung stetig.

Unternehmen 1, etwa 700 Mitarbeiter, weiter expandierend, entwickelt, produziert und vertreibt Medizinprodukte weltweit. Über die gesamte Wertschöpfungskette sind ein hohes Maß spezialisierten Wissens und verschiedener Kompetenzen (analytische, medizinische, soziale, kulturelle, personale) erforderlich. Bislang hat vor allem der dort seit knapp drei Jahrzehnten tätige, etwa 60-jährige Geschäftsführer die Entwicklung des Unternehmens und vieler seiner Mitarbeiter*innen geprägt. Sein Blick für Herausforderungen, nötige Veränderungen und neue Optionen verband und verbindet strategische, technische und individuelle Entwicklungen zu einem Ganzen. Beispielsweise verfolgt er die Absicht in einen ausländischen Markt zu expandieren und wählt zur vorbereitenden Sondierung einen Mitarbeiter aus, der langjährig im Unternehmen, aktuell aber mit seiner Situation nicht zufrieden ist. Der Mitarbeiter freut sich über das Vertrauen und rückt nach dem Projekt auf die obere Führungsebene. Nun ist das Unternehmen bestrebt, diese Kompetenz des GF strukturell zu verankern und personell auf verschiedene Funktionen zu verteilen. Beispielsweise werden Grundätze und Audits für die Führungskräfteentwicklung entwickelt und implementiert oder eine Stelle für Personalentwicklung eingerichtet.

Unternehmen 2, etwa 100 Mitarbeiter und seit Gründung vor etwa zwanzig Jahren expandierend, vertreibt hochwertige Konsumgüter in einem speziellen Marktsegment und produziert einige davon selbst. Das Unternehmen wurde von einem Ehepaar gegründet, aufgebaut und zum Erfolg geführt. Die familiäre Kultur und besondere Produktpalette waren und sind für alle Beschäftigten stark identitätsstiftend. Diese Identität wird glaubwürdig von beiden Eigentümern vorgelebt und kommuniziert. Noch keine 50 Lebensjahre alt, entschloss sich das Ehepaar das Unternehmen an einen Investor zu verkaufen. Aus strategischen Gründen wurde dieser Eigentümerwechsel den Mitarbeitenden kurzfristig mitgeteilt, sodass sie große Schwierigkeiten hatten diesen zu akzeptieren. Viele verließen daraufhin das Unternehmen, darunter auch die Personalentwicklerin. Auch auf Führungsebene gab es wiederholte Wechsel. Insgesamt entstand große Unruhe.

Beide haben eine regionale, familiäre, authentische und stark ausgeprägte Unternehmenskultur. Unternehmen 1 definiert sich über Technologieführerschaft, ein positiv besetztes Produkt und eine weltweite Vernetzung. Unternehmen 2 baut seine Identität um das Konsumprodukt und den damit verbundenen Lebensstil auf, was den Mitarbeiter*innen ein hohes Identifikationspotenzial bietet. Beide Unternehmen agieren erfolgreich und steigern jährlich Umsatz und Beschäftigtenzahl. Beide agieren auf der Führungsebene agil, obwohl die Wertschöpfungsprozesse standardisiert sind. Schließlich stehen beide vor bzw. kurz nach einem Generationswechsel. Unternehmen 1 bereitet sich auf diesen Wechsel langfristig vor, so wird die Funktion der Personalentwicklung, die zuvor vom GF wahrgenommen wurde, strukturell implementiert, es werden Führungsgrundsätze, die zuvor durch die GF implizit gelebt wurden, expliziert, in Audits überprüft und gefördert. Unternehmen 2 hingegen konnte sich auf den Wechsel nicht vorbereiten, sondern musste ihn mit den bestehenden Strukturen auffangen. Dies ist nicht durchgehend gelungen, insbesondere die Bindung zu den Eigentümern, die sich über das Produkt auf die Mitarbeiter*innen übertrug, konnte nicht ersetzt

werden.

Es zeigen sich zwei Dimensionen, die die Resilienz der beiden Unternehmen ausmachen: Ein charismatisches Führungshandeln ausgehend vom Top Management und getragen durch die weiteren Führungskräfte – und der Aufbau von Strukturen und Prozessen besonders im Qualitätsmanagement und der Personalentwicklung. Diese strukturelle Substitution von Führung (Neuberger 2008) zeichnet besonders Unternehmen 1 aus und macht neben der Größe den Unterschied.

3. Conclusio und Ausblick: Ansätze für organisationale Resilienz

Aus der zitierten Forschung lassen sich vier Dimensionen für organisationale Resilienz ableiten:

1. Realitätssinn, schnelle Verarbeitung von Informationen, Kultur der Neugier und Evidenz
2. Agiles Arbeiten, Experimentierfreude
3. Fähigkeit zu unmittelbarem Feedback, Reflexivität
4. Kommunikationsstärke, stark ausgeprägte korporative Identität, Partizipation

Diese Aspekte konnten wir auch in den Unternehmen, mit denen wir zusammengearbeitet haben, beobachten. Dazu kommt die Führungspraxis. Charismatische und authentische Führungskräfte können insbesondere mittelständische Organisationen stark und positiv beeinflussen (Avolio & Gardner 2005), sind jedoch auch schwer zu ersetzen. Ein Ansatz zur Prävention besteht darin, das praktische Handeln der Gründer*innen und Geschäftsführer*innen zu rekonstruieren, zu explizieren und in Strukturen (bspw. Führungsgrundsätze, Kompetenzprofile) und Prozesse (bspw. Feedback, Qualitätsindikatoren) zu überführen.

Wesentlich für Resilienz ist aber auch die Fähigkeit disruptive Ereignisse retrospektiv zu verarbeiten. Reflexion und Sinnstiftung helfen dabei auch schwierige Entwicklungen zu verstehen und zu handhaben. Auf individueller Ebene können diese Prozesse u. a. über autobiographische Reflexionen gefördert werden (Alheit & Dausien 2002; Schütze 1983). Diese werden bspw. durch narrative Methoden unterstützt, mit denen sich Verlaufskurven (abnehmende Resilienz), spontane Wandlungsprozesse und intentionale Handlungsstrategien (Stärkung von Resilienz) entlang konkreter, durchlebter Erfahrungen rekonstruieren lassen. Auf System- oder Organisationsebene hat Karl Weick den Ansatz des Sensemaking vorgestellt (Weick 1995), mit dem Organisationsmitglieder unter Bedingungen der Unsicherheit interaktiv und gerichtet Interpretationen, Deutungen und Handlungsorientierungen hervorbringen. Konkrete, und erprobte Verfahren und Methoden wären etwa biografiesensible Personalarbeit (Bergmann et al. 2023), Storytelling (Colville et al. 2012; Erlach & Müller 2020) sowie das Triadengespräch zur Explikation und Weitergabe impliziten Wissens (Dick 2006; Dick & Jacob 2010). Hierauf ließe sich eine Methodik und Systematik zur Förderung von organisationaler Resilienz aufbauen.

4. Literatur

Alheit, P, & Dausien, B (2002) Bildungsprozesse über die Lebensspanne und lebenslanges Lernen. In R Tippelt (Ed.), Handbuch Bildungsforschung (S. 565–585). Wiesbaden: VS.

Antonovsky, A (1997) Salutogenese. Zur Entmystifizierung der Gesundheit. Tübingen: Dgvt-Verlag.

Avolio, BJ & Gardner, WL (2005) Authentic leadership development: Getting to the root of positive forms of leadership. The Leadership Quarterly, 16(3), 315–338.

Bachmann, R (2024) Gedankenexperimente als Vermittlungsinstrumente: Eine diskursanalytische und wissenschaftsphilosophische Neuorientierung. Berlin, Heidelberg: Springer.
Bergmann, D, Frosch, U, & Dick, M (2023) Biografische Arbeit als Bestandteil Betrieblicher Bildung. bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online. (45), 1–20.
Burkart, T (2020) Qualitatives Experiment. In G Mey & K Mruck (Eds.), Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie (S. 41–58). Wiesbaden: Springer.
Colville, I, Brown, AD, & Pye, A (2012) Simplexity: Sensemaking, organizing and storytelling for our time. Human Relations, 65(1), 5–15.
Coutu, DL (2002) How Resilience Works. Harvard Business Review, 80(10), 49–54.
Dick, M (2006) Triadengespräche als Methode der Wissenstransformation in Organisationen. In V Luif, G Thoma, & B Boothe (Eds.), Beschreiben - Erschliessen - Erläutern. Psychotherapieforschung als qualitative Wissenschaft (S. 141–166). Lengerich: Pabst Verlag.
Dick, M (2018) Organisationales Lernen. In F Rauner & P Grollmann (Eds.), Handbuch Berufsbildungsforschung (S. 405–413). Bielefeld: wbv, utb.
Dick, M & Jacob, M (2010) Vom Misserfolg jenseits des Fehlers: Das entdeckende Potenzial des Triadengesprächs. Wirtschaftspsychologie, 12(4), 67–77.
Dick, M, Schulze, H, & Wehner, T (2020) Qualitative Forschung in der Arbeits-, Organisations- und Wirtschaftspsychologie. In G Mey & K Mruck (Eds.), Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie Wiesbaden: Springer.
Erlach, C & Müller, M (2020) Narrative Organisationen: Wie die Arbeit mit Geschichten Unternehmen zukunftsfähig macht. Berlin: Springer Gabler.
Fischer, F, Peifer, C & Scheel, TE (Eds.) (2024) Humor - ein ernstzunehmender Gesundheitsfaktor: Grundlagen und Forschung für den praktischen Einsatz. Bern: Hogrefe.
Grant, RM (1996) Toward a Knowledge-based Theory of the Firm. Strategic Management Journal, 17(winter special issue), 109–122.
Hagemann, V, Kluge, A & Ritzmann, S (2012) Flexibility under complexity. Employee Relations, 34(3), 322–338.
Mach, E (1991) Erkenntnis und Irrtum: Skizzen zur Psychologie der Forschung (Nachdruck der 5., mit der 4. übereinstimmenden Aufl., Leipzig 1926). Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
Neuberger, O (2008) Führen und führen lassen: Ansätze, Ergebnisse und Kritik der Führungsforschung. Stuttgart: Lucius & Lucius.
Pauls, N, Schlett, C, Soucek, R, Ziegler, M & Frank, N (2016) Resilienz durch Training personaler Ressourcen stärken: Evaluation einer web-basierten Achtsamkeitsintervention. Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO), 47(2), 105–117.
Pongratz, HJ & Trinczek, R (2010) Industriesoziologische Fallstudien. Impulse zur Methodenreflexion. In HJ Pongratz & R Trinczek (Eds.), Industriesoziologische Fallstudien: Entwicklungspotenziale einer Forschungsstrategie (S. 7–20). Berlin: Edition Sigma.
Raetze, S, Duchek, S, Maynard, MT & Kirkman, BL (2021) Resilience in Organizations: An Integrative Multilevel Review and Editorial Introduction. Group & Organization Management, 46(4), 607–656.
Ritz, F, Kleindienst, C, Koch, J & Brüngger, J (2016). Entwicklung einer auf Resilienz ausgerichteten Organisationskultur. Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO), 47(2), 151–158.
Schulte, E-M, Gessnitzer, S & Kauffeld, S (2021) FITOR – Fragebogen zur individuellen, Team und organisationalen Resilienz: Manual. Berlin, Heidelberg: Springer.
Schütze, F (1983) Biographieforschung und narratives Interview. Neue Praxis (3), 283–293.
Semling, C (2023) Herausforderungen „kranker“ Arbeitskontexte: Teamresilienz als Beitrag zum Umgang mit schwierigen Arbeitssituationen. In M Moser & K Häring (Eds.), Gesund bleiben in kranken Unternehmen. Stressfaktoren erkennen und Resilienzkompetenz aufbauen (S. 339–354). Wiesbaden, Heidelberg: Springer.
Semling, C & Ellwart, T (2016) Entwicklung eines Modells zur Teamresilienz in kritischen Ausnahmesituationen. Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO), 47(2), 119–129.
Soucek, R, Ziegler, M, Schlett, C & Pauls, N (2016) Resilienz im Arbeitsleben – Eine inhaltliche Differenzierung von Resilienz auf den Ebenen von Individuen, Teams und Organisationen. Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO), 47(2), 131–137.
Teece, DJ, Pisano, GP & Shuen, A (1997) Dynamic capabilities and strategic management. Strategic Management Journal, 18(7), 509–533.
Weick, KE (1995) Sensemaking in Organizations. Thousand Oaks CA: Sage.
Weick, KE & Sutcliffe, KM (2003) Das Unerwartete managen: Wie Unternehmen aus Extremsituationen lernen. Stuttgart: Klett-Cotta.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Auswirkung der Bildpolarität auf die Informationserkennung

Roberto KOCKROW, Alexander EZZELDIN

Arbeitsgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie,
Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg,
Siemens-Halske-Ring 14, D-03046 Cottbus

Kurzfassung: In der Praxis stellt sich oft die Frage nach der zu wählenden Bildpolarität. Üblicherweise wird diese Frage mit der Positivdarstellung beantwortet, da für Bildschirm- und Bürotätigkeiten damit diverse Vorteile verbunden werden. Die Regelwerke empfehlen die bevorzugte Verwendung der Positivdarstellung für die Bildschirmarbeit, weil helle Hintergründe für bessere Sehleistungen sorgen und weniger empfindlich für Schleierreflexionen gelten. Negativdarstellungen (helle Zeichen, dunkler Grund) werden durch mobile Endgeräte wieder verstärkt nachgefragt. In Nischenbereichen wie z. B. der Prozessleittechnik sind beide Darstellungsformen, oft auch parallel verwendet, zu finden.
Daraus resultieren Herausforderungen für die Gestaltung der Kontroll- und Steuerräume, da es Wechselwirkungen mit der Beleuchtung, Tageslicht und der menschlichen Wahrnehmung zu berücksichtigen gilt. Schlussendlich scheinen evidenzbasierte Begründungen für eine zielgerichtete Argumentation in diesem speziellen Anwendungskontext nur wenig verfügbar. Wegen dieses wahrgenommenen Mangels wird eine Studie geplant, welche weitere Erkenntnisse liefern soll. Eine dazu durchgeführte Vorstudie mit Studierenden wird nachfolgend vorgestellt.

Schlüsselwörter: Informationsdarstellung, Wahrnehmung, Bildpolarität, Positivdarstellung, Negativdarstellung, Prozessleitsysteme

1. Bildpolarität und Wirkung

Grundsätzlich werden zwei Bildpolaritäten bei der Informationsvisualisierung unterschieden. Im Alltag ist häufig die Positivdarstellung zu finden, bei welcher dunkle Zeichen auf hellem Grund dargeboten werden. Die invertierte Darstellungsform wird Negativdarstellung genannt. Erste CRT-Monitore verwendeten die Negativdarstellung aus pragmatisch-technischen Gründen, was spätestens mit flächendeckender Nutzung von Flachbildschirmen nicht mehr nötig war. In jüngster Vergangenheit werden aber auch negativ polare Visualisierungen wieder verstärkt genutzt, insbesondere auf mobil eingesetzten Bildschirmgeräten. Hier entsteht ebenfalls ein pragmatischer Nutzen im sog. Dark Mode bezüglich der Akkuleistung oder der Anpassung an mobile Umgebungsbedingungen (Li et al. 2021).

1.1 Stand der Kenntnisse bezüglich der Wirkung verschiedener Bildpolaritäten

Die Positivdarstellung ist aus verschiedenen Gründen in allgemein anerkannten Regelwerken und Empfehlungen als präferierte Darstellungsform hervorgehoben, da sie im Anwendungsumfeld wechselnder Tätigkeiten unter Verwendung von Bildschirmen und Papierdokumenten als ermüdungsfreiere Betrachtungsvariante gilt (DIN

9241-303, DGUV 215-410). LUCZAK (1983) spricht in diesem Zusammenhang früh vom „Prinzip der Minimierung der Adaptationsbreite“. Das Auge ist dabei nicht ständig mit veränderten Kontrastverhältnissen beim Fixationswechsel zwischen Textvorlage und Monitor konfrontiert, wodurch das Auge weniger adaptieren muss. Zusätzlich sorgt die höhere Luminanz der Positivdarstellung für eine Verringerung des Pupillendurchmessers im Gegensatz zu tendenziell dunkleren, negativ polaren Flächen. Die dadurch verringerte sphärische Aberration sorgt für eine verzerrungsfreiere und höhere Schärfentiefe (Lombardo & Lombardo 2010). In einer Vielzahl von Studien wird der Vorteil positiver Bildpolarität ebenfalls beschrieben. So wird von einer besseren Korrekturleseleistung (Buchner & Baumgartner 2007) und Buchstabenerkennung (Bauer & Cavonius 1980) sowie schnelleren Lese-geschwindigkeiten (Chan & Lee 2005) und visuellen Suchprozessen (Tsang, Chan & Yu 2012) berichtet. In anderen Studien konnten dem gegenüber keine eindeutigen Unterschiede gefunden werden (z. B. Chen & Muhamad 2022; Wang & Chen 2000, Pastoor 1990). Auch wurde eine verringerte Akkommodationsbreite und steigende Müdigkeit nach visueller Leseaufgabe unabhängig der verwendeten Bildpolarität nachgewiesen (Muhamad et al. 2023).

Allein über die Bildpolarität lässt sich diese Diskussion jedoch ohnehin nicht seriös führen, da starke Abhängigkeiten der Wahrnehmbarkeit und des Sehkomforts von der Luminanz der visualisierten Elemente und den resultierenden Kontrast-verhältnissen bestehen (DIN 9241-303 u.v.m.). CHEN & MUHAMAD wiesen eine deutlich intensivere Wirkung der Kontrastierung nach und konstatierten, dass die Wirkung der Polarität auf die Sehschärfe als vernachlässigbar einzustufen ist. Ebenfalls wurde hier nachgewiesen, dass im Falle abnehmenden Kontrasts der Szene der Farbwahl eine zunehmend bedeutendere Rolle bei der Auflösung feiner Details in beiden Polaritäten zukommt (Chen & Mohamad 2022). LI ET AL. (2021) beschreiben, dass ein höherer Helligkeitskontrast bei Negativdarstellung zu einer höheren Lesbarkeit führt, während die Hintergrundfarbe keine signifikante Wirkung aufwies. Gelber Text reduziert dabei die visuelle Ermüdung unter negativer Polarität (roter Text befördert diese) und sowohl gelb als auch weißer Text verbessern die kognitive Leistungsfähigkeit in dunkleren Arbeitsumgebungen (Qiangqiang et al. 2024). Zudem bildet die Arbeitsumgebung, hier insbesondere die Lichtbedingungen, sowie die Arbeitsplatzgestaltung weitere, relevante Faktoren für eine systemische Betrachtung. Für Hellumgebungen und das bereits von LUCZAK beschriebene Tätigkeitsszenario (siehe oben) werden nach wie vor positiv polare Visualisierungen empfohlen (Schmidtke & Jastrzebska-Fraczek 2013).

Einen interessanten Aspekt liefert darüber hinaus die Studie von ALEMAN ET AL. (2018), welche den Einfluss der Kontrastpolarität beim Lesen auf die Entwicklung von Kurzsichtigkeit (Myopie) untersucht. Es wurde deutlich, dass bei Positivdarstellung eine Überstimulation der Netzhaut eintritt, was die Dicke der Aderhaut beeinflusst. Diese stark durchblutete Gewebeschicht hinter der Netzhaut wurde innerhalb einer Stunde um etwa 16 µm dünner, während das Lesen von weißem Text auf schwarzem Hintergrund eine Verdickung von etwa 10 µm bewirkte. Da eine dünnere Aderhaut mit der Entwicklung von Myopie verbunden scheint (Liu 2021), könnte die Verwendung der Negativdarstellung eine potenzielle Strategie zur Reduzierung von Myopie sein (Aleman et al. 2018). Dies kann auch in Bezug auf die alternde Belegschaft eine wesentliche Komponente sein, wobei bezüglich der Altersabhängigkeit der Wirkeffekte beider Bildpolaritäten ebenfalls widersprüchliche Befunde zu finden sind. Während PIEPENBROCK ET AL. (2013) unter Experimentalbedingungen Leistungsunterschiede nachweisen kann, finden WHILE & SARVGHAD (2024) diese an

Monitorarbeitsplätzen nicht. In der Ableitung wird die Anpassbarkeit der Bildpolarität an die individuellen Nutzerpräferenzen empfohlen.

1.2 Leitwarten und damit verbundene, spezielle Anforderungen

Im Bereich von Leitwarten und Kontrollräumen ist diese Individualisierungs-empfehlung durch technische und sicherheitsrelevante Anforderungen jedoch selten umsetzbar. Gerade ältere Prozessleitsysteme bieten diese Funktion nicht und die verwendeten Farben dienen meist der Informationscodierung, sodass deren konsistente Ausführung und systemweit eineindeutige Interpretierbarkeit aus Sicherheitsgründen oberste Priorität haben muss. Vorzufinden sind heute Informationsdarstellungen in beiden Bildpolaritäten.

Für Leitwarten sollte bei Tageslichteinwirkung ebenfalls die Positivdarstellung verwendet werden, um Spiegelungen und Reflexionen auf den Bildschirmoberflächen zu reduzieren. Die Nutzung der Negativdarstellung ist in abgedunkelten Räumen akzeptabel, da diese (z. B. in Form von Reflex- oder Schleierblendung) bei Negativdarstellung stärker hervortreten würden (DGUV 215-410; Bockelmann et al. 2012). Aus diesem Grund und wegen der höheren erreichbaren Leuchtdichten ist die Positivdarstellung für helle Arbeitsumgebungen praktikabel nutzbar. Eigene Erfahrungen aus einer Vielzahl von Praxisprojekten in verschiedenen Leitwarten zeigen, dass häufig (zu) dunkel justierte Beleuchtungsbedingungen bei Arbeit mit negativer Bildpolarität zu beobachten sind. Weiterhin fällt auf, dass unabhängig vom Tageslichtbezug auch heute noch Prozessleitsysteme in Negativdarstellung neu entwickelt und genutzt werden. Gründe liegen in der Historie der Prozesssteuerung, in Gewohnheitseffekten oder subjektiv wahrgenommenen Vorteilen. Insbesondere im Eisenbahnbetrieb oder in Netzleitstellen ist dies auffällig häufig der Fall.

Verwendung finden auch gemischte Bildpolaritäten, was mit höherem Sehkomfort und besseren Ableseleistungen von Werten und Zeichen bei Positivdarstellung sowie subjektiven Vorteilen der negativen Bildpolarität bei der Ablesbarkeit von Kennlinienfeldern begründet wird. Die Leitwartenakteure bescheinigten in vielen Projektgesprächen eine bessere Differenzierbarkeit eng beieinander liegender Farbkurven. Wissenschaftlich fundieren lässt sich dieser Erfahrungswert jedoch nach Sichtung der Literatur bisher nicht eindeutig, sodass hierin eine Motivation für die nähere Betrachtung dieser Fragestellung liegt.

2. Durchgeführte Studie

Im Rahmen einer studentischen Veranstaltung wurde dazu eine Vorstudie mit Studierenden entwickelt und durchgeführt. Es ging mit Blick auf das zuvor beschriebene, widersprüchliche Befundbild darum, eigene Erkenntnisse zu gewinnen und methodische Ansätze sowie Grundlagen wissenschaftlicher Forschungsarbeit zu erlernen. Die Stichprobe von N = 28 (Alter MW = 25,6 Jahre; Range 21<>32; m:w:d 20:8:0) wurde aus der Studierendenschaft der BTU rekrutiert, wobei die Datenreihen von zwei Versuchspersonen aufgrund mangelnder Datengüte ausgeschlossen werden mussten. Vor dem Versuch fand eine Befragung zu soziodemografischen Daten und möglichen, beeinflussenden Verhaltens- oder Gesundheitsfaktoren statt.

Der methodische Ansatz basiert auf einer vergleichenden Betrachtung der Dauer für die Erkennung des geforderten Zielreizes und für die Transkription dargebotener Informationen. Den Versuchspersonen wurden die Bildinhalte in einem kurzen Ver-

suchsablauf im Awip-Ergonomielabor sowohl in Positiv- als auch in Negativdarstellung dargeboten (Abb.1). Die Aufgabe wurde auf einem ultrabreiten Curved Monitor an einem ergonomisch eingerichteten Arbeitsplatz präsentiert. Umgebungsparameter wie Klima, Lärm und Beleuchtung erfüllten die Anforderungen der Normvorgaben für Leitzentralen (DIN 11064-6). Der Arbeitsplatz hatte keinen Tageslichtbezug. Abwechselnd wurden ein Text und ein Liniendiagramm angezeigt. Im generierten Blindtext („Lorem ipsum…“) wurde jeweils ein Wort bunt hervorgehoben. In der Grafik wiederum waren mehreren Linien abgebildet, welche teils nah beieinander abgebildet waren. Die Aufgabe bestand darin, an einem hervorgehobenen Datenpunkt an der X-Achse die entsprechend farbige Linie zu suchen und den zugehörigen Y-Wert abzulesen. Die Farbwerte der Buchstaben und Linien wurden dabei anhand der Farbcodes rechnerisch als vergleichbar kontrastierend ausgewählt. Zudem wurden die Zielreize in beiden Polaritätsbedingungen ähnlich positioniert.

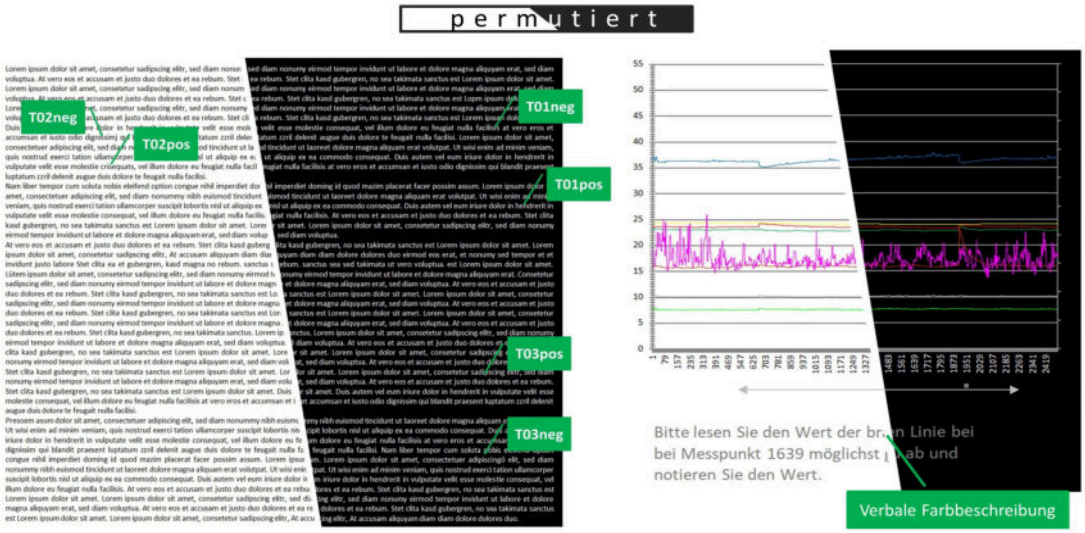


***Abbildung 1**: Blindtext und Grafik jeweils 3 x in Positivdarstellung, 3 x in Negativdarstellung nacheinander dargeboten, identischer Bildschirminhalt. Links: Text mit Positionen der Zielreize, rechts: Punkt entlang der X-Achse mit Zielwert, Farbangabe im Text.*

Während des Versuchs wurden die Probanden durch den Versuchsleiter beobachtet und gefilmt, wobei anhand von Blickbewegungen und Verhalten die Zeitstempel für $t_{SuchStart}$, $t_{SuchEnde}$, $t_{TranskriptStart}$ und $t_{TranskriptEnde}$ zu erfassen waren. Die Videoaufzeichnung ermöglichte eine nachträgliche Werteprüfung und Aufbereitung im Bedarfsfall. Mit den Zeitstempeln konnte Suchdauer, Transkriptions- und Gesamtdauer der jeweiligen Teilaufgabe für eine Weiterverarbeitung errechnet werden. Die Bildschirminhalte wurden mit einer Leuchtdichtekamera erfasst, um reale Kontrastwerte der Visualisierungsszenen ermitteln und bewerten zu können.

3. Auswertung und Erkenntnisse

Die ermittelten Zeitspannen wurden über die Probanden gemittelt und deskriptiv ausgewertet. Es fiel auf, dass in einzelnen Fällen Teilaufgaben mit extrem abweichenden Zeitspannen bearbeitet wurden. Um Verzerrungen zu vermeiden, wurden diese unter Verwendung des Kriteriums dreifacher Standardabweichung ausgeschlossen. Die verbleibenden Daten wurden komprimiert und deskriptiv ausgewertet. In stark komprimierter Form sind wesentliche Ergebnisse in Abb. 1 ersichtlich. Es

zeigt sich, dass es bei der Wortsuche und Transkription geringe Unterschiede gibt, die meistens zugunsten der Negativdarstellung ausfallen. Das wird für die Teilaufgaben im Liniendiagramm besonders deutlich, wobei das Ergebnis des direkten Vergleichs für die gelbe Linie (zweites Balkenpaar von rechts) auf Basis des aufgearbeiteten Wissenschaftsstandes zunächst nicht plausibel erklärbar ist.

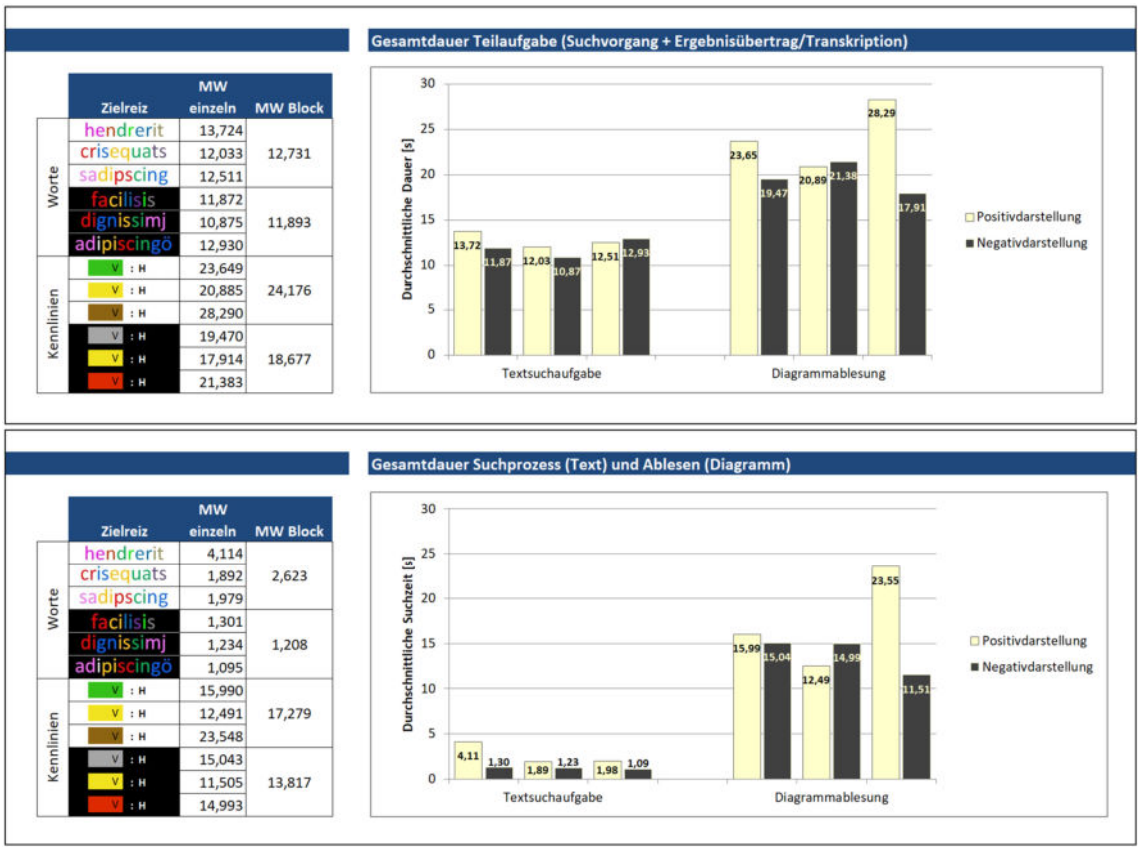


Abbildung 2: *Deskriptive Auswertung und Zuordnung der Zielreize in Tabellenform. oben: Gesamtdauer der Teilaufgabe, unten: Dauer des Such-/Ablesevorgangs*

Die Leuchtdichteaufnahmen zeigten jedoch, dass die rechnerisch bestimmten Kontraste in der realen Szene abweichen und damit nur grobe Vergleichbarkeit erlauben. Das könnte durch die verwendeten ultrabreiten Curved Monitore begünstigt werden, da in einer parallel durchgeführten Studie stark abfallende, vertikale Realkontraste der Visualisierung durch die ungeneigte Aufstellung nachgewiesen wurden (Kockrow 2024).

4. Diskussion

Die Ergebnisse stützen zunächst die subjektive Meinung von Leitwartenpersonal, dass das Ablesen und Interpretieren von Kennlinien mit negativer Polarität günstiger sein könnte. Für den Anwendungsbereich Leitwarten lassen sich die Ergebnisse jedoch auch in der Art interpretieren, dass differenzierte und feingranulare Gestaltungsempfehlungen für diese sicherheitskritischen Infrastrukturen spezifisch für jeden Anwendungsbereich definiert werden müssen, um optimale Arbeits-bedingungen zu schaffen. Erwähnenswert ist, dass in der beschriebenen Studie methodische Vergröberungen das Ergebnis beeinflusst haben könnten. Diese wurden jedoch durch

die Lehrenden in Kauf genommen, um für die Studierenden auch die Herausforderungen wissenschaftlicher Forschungsarbeit erlebbar zu machen. Insgesamt folgte die Studie grundlegenden, wissenschaftlichen Methoden-standards. Sie weist Anhaltspunkte auf, die eine detailliertere Untersuchung aussichtsreich erscheinen lassen. Es wurden dabei Kriterien und Herausforderungen deutlich, die in der methodischen Feinplanung der, am Arbeitsgebiet Awip geplanten, weiterführenden Studie präventiv berücksichtigt werden können.

5. Literatur

Aleman A, Wand M, Schaeffel F (2018) Reading and Myopia: Contrast Polarity Matters. Sci Rep. 2018 Jul 18;8(1):10840. doi: 10.1038/s41598-018-28904-x.

Bauer D, Cavonius CR (1980) Improving the legibility of visual display units through contrast reversal. In: Grandjean E, Vigliani E (Eds.) Ergonomic aspects of Visual display terminals, Taylor & Francis.

Bockelmann I, Nickel P, Nachrainer F (2012) Bildschirmarbeit in Leitwarten. BAuA F2249.

Buchner A, Baumgartner N (2007) Text-background polarity affects performance irrespective of ambient illumination and colour contrast. Ergonomics, 50(7), 1036-1063.

Chan A, Lee P (2005) Effect of display factors on chinese reading times, comprehension scores and preferences. Behaviour & Information Tech, 24(2), 81-91. DOI: 10.1080/0144929042000267073.

Chen A, Muhamad N (2022) Impact of Color and Polarity on Visual Resolution with Varying Contrast Ratios and Different Text Backgrounds. J Ophthalmic Vis Res 2022; 17 (2): 217–224.

DIN EN ISO 11064-6 (2005) Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen - Teil 6: Umgebungsbezogene Anforderungen an Leitzentralen. Beuth.

DIN EN ISO 9241-303 (2012) Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 303: Anforderungen an elektronische optische Anzeigen. Beuth.

DGUV 215-410 (2019) Bildschirm- und Büroarbeitsplätze - Leitfaden für die Gestaltung.

Kockrow R (2024) Effekte des Einsatzes ultrabreiter Curved Monitore in sicherheitskritischen Anwendungsbereichen.Habilitationsschrift. Shaker Verlag.

Li Y, Huang Y, Li X, Zhang J, Li J (2022) The influence of brightness combinations and background colour on legibility and subjective preference under negative polarity. Ergonomics Volume 65, 2022 - Issue 8, 1046-1056, https://doi.org/10.1080/00140139.2021.2013546.

Liu Y, Wang L, Xu Y, Pang Z, Mu G (2021) Studies have demonstrated that thinning choroid is a structural feature of myopia. Acta Ophthalmol. 2021: 99: 730–738.

Lombardo M, Lombardo G (2010) Wave aberration of human eyes and new descriptors of image optical quality and visual performance. Journal of Cataract and Refractive Surgery, 36(2), 313-331. DOI: 10.1016/J.Jcrs.2009.09.026.

Luczak H (1983) Informationstechnische Arbeitsgestaltung. In: Rohmert W & Rutenfranz J (Hrsg.) Praktische Arbeitsphysiologie, 3. Aufl., Thieme Verlag, S. 321-355.

Muhamad N, Moktaeffendi NH, Azni NS (2023) Effect of Display Polarity on Amplitude of Accommodation and Visual Fatigue. Environment-Behaviour Proceedings Journal. DOI:10.21834/ebpj.v8i24.4611.

Pastoor S (1990) Legibility and Subjective Preference for Color Combinations in Text. Human Factors: The Journal of Human Factors and Ergonomics Society, 32, 157-171.

Piepenbrock C, Mayr S, Mund I, Buchner A (2013) ositive display polarity is advantageousfor both younger and older adults. Ergonomics, 56, 1116-1124. doi: 10.1080/00140139.2013.790485.

Qiangqiang F, Xie J, Dong Z, Wanf Y (2024) The Effect of Ambient Illumination and Text Color on Visual Fatigue under Negative Polarity.

Schmidtke H, Jastrzebska-Fraczek I (2013) Ergonomie. Daten zur Systemgestaltung und Begriffsbestimmungen. Carl Hanser.

Tsang S, Chan A, Yu R (2012) Effect of display polarity and luminance contrast on visual lobe shape characteristics. Ergonomics, 55(9), 1028-1042. doi:10.1080/00140139.2012.688876 22676836.

Wang AH, Chen MT(2000) Effects of polarity and luminance contrast on visual performance and VDT display quality. International Journal of Industrial Ergonomics 25(2000), 415-421.

While Z, Sarvghad A (2024) Dark Mode or Light Mode? Exploring the Impact of Contrast Polarity on Visualization Performance Between Age Groups. EEE Visualization and Visual Analytics (VIS), DOI: 10.1109/VIS55277.2024.00050.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Lernen im Spannungsfeld von struktureller und personeller Führung

Wilhelm TERMATH

Professur für Betriebspädagogik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Zschokkestraße 32, D-39104 Magdeburg

Kurzfassung: Im Beitrag wird die Frage nach der Eignung bestimmter Konzeptionen der Unternehmensführung zur Unterstützung der Bewältigung ambivalenter Verhaltensanforderungen in Transformationsprozessen bearbeitet. Anhand der komparativen Analyse von zwei Fallstudien eines ethnografischen Projektes zur betrieblichen Bildung wird ein eher struktureller und ein eher personeller Führungsansatz vorgestellt. Mögliche Handlungsoptionen werden durch die Abwägung von positiven und negativen Gegenhorizonten im Sinne der Dokumentarischen Methode beschrieben. Abschließend wird die Frage diskutiert, inwieweit die Realisierung bestimmter Handlungsoptionen auch als subjektive oder organisationale Lernprozesse verstanden werden kann.

Schlüsselwörter: Unternehmensführung, Betriebliche Weiterbildung, Transformation, Ethnografie, Dokumentarische Methode

1. Ambivalente Anforderungen durch den Wandel der Arbeitswelt

Vielfältige und tiefgreifende gesellschaftliche Veränderungen beeinflussen u. a. auch Bereiche der Arbeitswelt. Viele der in den Jahren einer scheinbar unumkehrbaren Globalisierung weltweiter Produktions- und Handelsbeziehungen mit entsprechenden etablierten Strategien von Unternehmen werden in Frage gestellt. Normative Anforderungen wie das Lieferkettengesetz erfordern ebenfalls die Anpassung ihrer Wertschöpfungsketten. Die digitale Transformation führt u. a. zu teilweise grundlegenden Änderungen von Geschäftsmodellen, Unternehmensstrukturen und Produktionsprozessen.

Unter dem Stichwort der Subjektivierung erleichtern digitale Kommunikationstechnologien einerseits die Verlagerung von Planungs-, Steuerungs- und Kontrollaufgaben auf nachgeordnete Führungsebenen bzw. einzelne Beschäftigte. Andererseits erfordert die Komplexität der Wertschöpfungsprozesse eine hohe Transparenz und wirksame Eingriffsmöglichkeiten für die zentralen Entscheidungsebenen (vgl. Moosbrugger 2012; vgl. Vogelsang 2009).

Damit stellt sich auch die Frage nach Konzeptionen der Führung, die geeignet sind die Bewältigung dieser ambivalenten Anforderungen an die Steuerung von Unternehmen wirksam zu unterstützen.

In einem umfangreichen Sammelband zur Zukunft der Führung haben sich Autoren aus unterschiedlichen Disziplinen und Perspektiven mit der Frage beschäftigt, wie sie künftig erwartbare Anforderungen an Führungskräfte auf dem Hintergrund etablierter Führungsansätze einschätzen (Grote 2012). Angesichts der Zunahme von Arbeitsformen wie der Arbeit in Projekten, Arbeit in Teams an unterschiedlichen Arbeitsorten bzw. virtuellen Teams und heterogenen Belegschaften gehen die Autoren davon aus,

dass Konzepte personalisierter Führung eher keine angemessene Lösungen bieten. Eine Tendenz von eher personenbezogenen zu organisationsbezogenen Führungsansätzen wird auch damit begründet, dass die Komplexität der für Führungsentscheidungen zu berücksichtigenden Faktoren kaum noch von einzelnen Personen zu überschauen ist und stattdessen Führungsarbeit im Sinne der Steuerung mikropolitischer Systeme zu verstehen ist.

2. Strukturelle vs. personelle Führungsansätze – zwei Fallstudien

In ethnografischen Fallstudien zur betrieblichen Bildung wurden unterschiedliche Ansätze der Unternehmensführung gefunden, die branchenspezifisch sowie abhängig von der Unternehmensgröße, der gesellschaftsrechtlichen Struktur und dem Lebenszyklus jeweils für das Unternehmen angemessene Modelle realisiert haben (Dick & Termath 2020).

Neben einem eher strukturell ausgerichteten Verständnis von Führung wurde auch ein personell orientierter Ansatz identifiziert. In der Fallstudie eines Unternehmens der Textilindustrie mit einer sehr hohen Fertigungstiefe kam es nach einem Wechsel des Gesellschafters zu einem Paradigmenwechsel in der Ausrichtung von Führung und Prozessmanagement. Die Fallstudie der IT-Abteilung eines Finanzdienstleisters lässt Potentiale und Grenzen eines am agilen Management orientierten Führungsansatzes erkennen.

Mit der Dokumentarischen Methode wurde im Sinne einer komparativen Analyse rekonstruiert, wie sich Handlungsorientierungen in Abwägung positiver und negativer Gegenhorizonte herausbilden (Bohnsack et al. 2013; Bohnsack 2014, S. 137 ff.).

Demnach bilden die beiden Gegenhorizonte den Erfahrungsraum, in welchem sich die handelnden Personen für die Realisierung bestimmter Handlungsoptionen entscheiden. Ein dritter wesentlicher Faktor für die Entscheidungsfindung ist die Einschätzung der realistischen Chancen auf eine erfolgreiche Durchführung dieser Handlung.

Handlungsorientierung und Enaktierungspotential

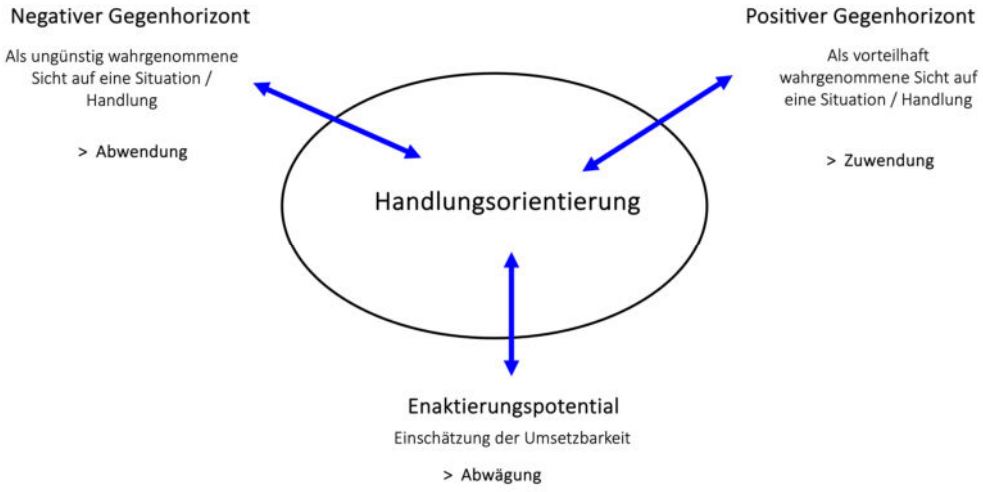


***Abbildung 1**: Handlungsorientierung und Enaktierungspotential*
Eigene Darstellung nach (Dertinger 2022, S. 144).

Das Unternehmen der Textilindustrie hat als familiengeführter Produktionsbetrieb viele Jahre und sehr erfolgreich eine Abteilung zur Forschung und Entwicklung aufgebaut und stetig erweitert. Die unmittelbare Abstimmung zwischen dem Eigentümer des Unternehmens mit dem Leiter der Abteilung F+E und dessen Team hat zu einer kontinuierlichen Erweiterung des Produktportfolios auch durch die Entwicklung und Fertigung völlig neuer Produkte als Ergebnis eigener Forschungsarbeiten geführt. Der Anspruch der Erforschung neuer Produkte oder Technologien wurde nach dem Wechsel des Eigentümers aufgegeben. Die Entwicklungsabteilung wurde daraufhin reorganisiert und unter Einbeziehung weiterer Abteilungen projektbezogen ausgerichtet.

Offensichtlich wurde der personell ausgerichtete Ansatz als negativer Gegenhorizont wahrgenommen. Dazu gehörten konkret Aspekte wie die Abhängigkeit von Einzelpersonen, relativ langwierige F+E-Prozesse bis zur Marktreife von Produkten und ein tendenzieller Kontrollverlust über die Prozesse.

Als positiven Gegenhorizont ging man davon aus, aufgrund geteilter Verantwortung und transparenter Prozesse Risiken minimieren zu können und die Balance zwischen konvergentem und divergentem Handeln besser steuern zu können.

Die Einschätzung der Umsetzbarkeit der neuen Struktur beruhte wesentlich auf der Tatsache, dass der bisherige Leiter der Abteilung F+F altersbedingt aus dem Unternehmen ausgeschieden ist, der Gesellschafter einen neuen Geschäftsführer eingesetzt hat und die Entscheidung in ein umfassendes Reorganisationsprojekt eingebettet hat.

Die IT-Abteilung des Finanzdienstleisters hat als früheres start-up Unternehmen ebenfalls das personenzentrierte Führungskonzept als negativen Gegenhorizont wahrgenommen. Das schnelle Wachstum des Unternehmens, die hohe Fluktuation der Beschäftigten sowie die Dominanz agiler Arbeitsprozesse in der Softwareentwicklung erforderten zunehmend strukturiertes und systematisches Führungshandeln. Als positiver Gegenhorizont erschien die Aussicht, mit Konzepten der Selbstorganisation und -verantwortung, konsequente und gesteuerte Ergebnis- und -kundenorientierung für alle Teams der Abteilung durchzusetzen.

Die Entscheidung für ein strukturelles Führungskonzept beruhte auf der Einschätzung, dass mit dem agilen Selbstverständnis der Abteilung und des Unternehmens insgesamt kurz und mittelfristig entsprechende Ansprüche an die Personalakquise, offene Weiterbildungsformate etabliert werden können. Damit verbunden war die Erwartung, auch die Unternehmenskultur entsprechend fördern zu können.

3. Lernen als individuelle und organisationale Entwicklung

Im subjektwissenschaftlichen Ansatz von Klaus Holzkamp sehen wir Lernen von Individuen als Anspruch, Bedeutungszusammenhänge zu verstehen, daraus Handlungs- bzw. Verfügungsmöglichkeiten zu erweitern und die subjektive Lebensqualität zu verbessern (Holzkamp 1995, S. 190 ff.).

Lernprozesse von Organisationen werden von Yrjö Engeström als wechselseitige Entfaltung von individuellen und organisationalen Handlungsmöglichkeiten interpretiert (Engeström 2011, S. 377 ff.).

In diesem Sinne versteht Guido Becke auch sein Konzept der relationalen Subjektivität (Becke 2019). Er geht davon aus, dass sozial situierte Subjekte mit einer relativen Autonomie fähig sind, sich mit sozialen Verhältnissen auseinanderzusetzen und sie schließlich aktiv mitzugestalten.

Bezogen auf das oben vorgestellte Textilunternehmen stellen wir fest, dass viele der Beschäftigten die Ergebnisse dieser Wende zu einem strukturellen Führungsansatz eher mit Enttäuschung wahrgenommen haben. Das gilt insbesondere für die Mitarbeiter, die mit dem früheren Leiter der F+E Abteilung eng zusammengearbeitet haben. Aber selbst die Mitglieder der neu zusammengestellten Projektteams sind nicht zufrieden. Sie beklagen die relative Unverbindlichkeit, mit der Arbeitsergebnisse der Teams von der Geschäftsführung aufgenommen werden.

Die Mitarbeiter der IT-Abteilung des Finanzdienstleisters hingegen erleben die strukturbezogenen Formate des fachlichen und persönlichen Austausches als Möglichkeit, individuelles Lernen und Beteiligung an der Weiterentwicklung des Unternehmens zu verbinden. Die Geschäftsführung sieht sich bestätigt, mit der Öffnung für dezentrale Steuerungsinstrumente Synergien geschaffen und die Effizienz des Unternehmens gesteigert zu haben.

4. Diskussion

Die Frage nach der Eignung bestimmter Führungskonzepten für die Bewältigung ambivalenter Verhaltensanforderungen lässt sich nicht eindeutig beantworten. Für das Textilunternehmen wurden die Erwartungen an die Verlagerung auf indirekte Führungsinstrumente nicht erfüllt – weder für die Beschäftigten noch für das Unternehmen. Bei dem Finanzdienstleister hingegen zeigten sich Beschäftigte und Unternehmen ausgesprochen zufrieden mit der Einführung dezentraler Steuerungsformate und sind hoch motiviert, den eingeschlagenen Weg weiterzugehen.

Die Gründe für diese unterschiedlichen Ergebnisse sind wahrscheinlich sehr vielfältig. In einer vertiefenden Analyse des Materials sollte der Frage nachgegangen werden, inwieweit die Kategorie des Vertrauens der Beschäftigten untereinander, der Unternehmensführung gegenüber der Belegschaft und auch der Belegschaft gegenüber der Unternehmensführung einen wesentlichen Einfluss auf den Erfolg einer bestimmten Konzeption von Führung hat (Böhle et al. 2014, S. 105 ff.).

5. Literatur

Becke, G. (2019): Relationale Subjektivität in subjektivierten Arbeitsverhältnissen. In: Fritz Böhle und Eva Senghaas-Knobloch (Hrsg.): Andere Sichtweisen auf Subjektivität. Impulse für kritische Arbeitsforschung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 37-59.

Böhle, F.; Bolte, A.; Huchler, N.; Neumer, J.; Porschen-Hueck, S.; Sauer, S. (2014): Vertrauen und Vertrauenswürdigkeit. Arbeitsgestaltung und Arbeitspolitik jenseits formeller Regulierung. 1. Aufl., 1 Band. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. Online verfügbar unter https://opac.lbs-magdeburg.gbv.de/DB=1/SET=3/TTL=1/SHW?FRST=4, zuletzt geprüft am 02.06.2015.

Bohnsack, R. (2014): Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden. 9., überarb. u. erw. Aufl. Leverkusen, Leverkusen: UTB; Budrich, Barbara (UTB, 8242).

Bohnsack, R.; Nentwig-Gesemann, I.; Nohl, A.-M. (Hrsg.) (2013): Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Dertinger, A. (2022): Zwischen normativen Erwartungen und habitueller Handlungspraxis. Dissertation. Wiesbaden: Springer VS (Research, Band 43).

Dick, M.; Termath, W. (2020): Begeisterung und Beharrlichkeit: Erste Ergebnisse einer ethnographischen Rekonstruktion betrieblicher Bildungsarbeit. In: Bünning F., Dick M., Jahn R.W. & Seltrecht A. (Hrsg.): Zwischen Ingenieurpädagogik, Lehrkräftebildung und betrieblicher Praxis. Eine Festschrift für Klaus Jenewein. Bielefeld: wbv Publikation (Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 57), S. 143–160.

Engeström, Y. (Hrsg.) (2011): Lernen durch Expansion. 2., stark erw. Aufl. Berlin: lehmanns media (International cultural-historical human sciences, 36).
Grote, S. (Hrsg.) (2012): Die Zukunft der Führung. Berlin: Springer Verlag (SpringerLink : Bücher).
Holzkamp, K. (1995): Lernen. Subjektwissenschaftliche Grundlegung. Frankfurt / Main: Campus.
Moosbrugger, J. (2012): Subjektivierung von Arbeit: freiwillige Selbstausbeutung. Ein Erklärungsmodell für die Verausgabungsbereitschaft von Hochqualifizierten. 2. Aufl. Wiesbaden: Springer VS.
Vogelsang, J. (2009): Neue Subjektivierung der Arbeit? Neue Formen der Arbeitsorganisation in subjektwissenschaftlicher Perspektive. In: Zander M. (Hrsg.): Praxisforschungs-Kontroverse. "Intensivtäter" – eine empirische Studie. Theorie: Lernen, Emanzipation, Subjektivierung der Arbeit. Analysen und Stellungnahmen: Studierfähigkeit, Gesundheitspolitik, Eigenverantwortung, Reparaturarbeiten. Hamburg: Argument Verlag GmbH Hamburg (Forum Kritische PSychologie, 53), S. 101–118.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Die Rolle der Personalentwicklung zur Entlastung von Führungskräften in der Transformation

Dr. Nathalie WEISENBURGER

Professur für Betriebspädagogik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Zschokkestr. 32, D-39104 Magdeburg

Kurzfassung: Die Anforderungen an Führungskräfte nehmen im Zuge der Transformation stetig zu. Steigende Arbeitsdichte, zunehmende Geschwindigkeit und wachsende Aufgabenkomplexität erfordern ein hohes Maß an Flexibilität und Gestaltungsfähigkeit. Unternehmen sind zunehmend auf Führungskräfte angewiesen, die nicht nur agil auf Veränderungen reagieren, sondern auch effektive Strategien zur Bewältigung von Unsicherheiten entwickeln.
Insbesondere in Krisenzeiten verschärfen sich diese Herausforderungen. Hier zeigt sich die zentrale Rolle der Personal- und Organisationsentwicklung, die durch internes Wissen und Handlungsspielräume dazu beitragen kann, schnelle Lösungen zu finden und die organisationale Resilienz zu stärken. Eine professionalisierte Personalentwicklung kann Führungskräfte gezielt entlasten, indem sie Führungsaufgaben in strukturelle und personelle Bereiche differenziert und unterstützende Maßnahmen bereitstellt.
Der Beitrag untersucht die unterstützende Funktion der Personal-entwicklung in diesem Kontext und integriert aktuelle Studienergebnisse sowie empirische Daten zur Weiterentwicklung von Führung in Transformationsprozessen.

Schlüsselwörter: Personalentwicklung, organisationale Resilienz, Transformation, strukturelle und personelle Führung.

1. Veränderte Anforderungen an Führungskräfte

In Zeiten der digitalen Transformation verändern sich die Anforderungen an Führungskräfte, sie betreffen sowohl technologische als auch soziale und organisatorische Kompetenzen. So erfordert die zunehmende Digitalisierung von Führungskräften umfassende Digitalkompetenzen, um technologische Entwicklungen zu verstehen und gezielt in die Unternehmensstrategie zu integrieren (Sträter 2019).

Neben den Herausforderungen der Digitalisierung spielt auch die Einführung von Künstlicher Intelligenz (KI) eine zentrale Rolle für Führungskräfte. KI verändert bestehende Arbeitsprozesse und erfordert gezielte strategische Anpassungen in der Arbeitsorganisation (Ströhlein et al. 2023). Daher müssen Führungskräfte nicht nur über Kompetenzen im Veränderungsmanagement verfügen, um den Übergang erfolgreich zu gestalten, sondern auch über die Kompetenzentwicklung ihrer Mitarbeitenden verantworten. Zugleich ist eine fundierte Datenkompetenz essenziell, um sicherzustellen, dass z. B. KI-Systeme nachvollziehbar und vertrauenswürdig genutzt werden (ebd.). Eine transparente und zielgerichtete Kommunikationskompetenz ist erforderlich, um Mitarbeitende für neue Technologien zu sensibilisieren und deren Akzeptanz zu steigern. Ebenso nimmt die Personaleinsatzplanung eine entscheidende Rolle

ein. Diese muss flexibel und kompetenzorientiert erfolgen, um den dynamischen Anforderungen der digitalen Arbeitswelt gerecht zu werden (Peifer & Terstegen 2023). Da Führungskräfte als Vermittler zwischen Unternehmensstrategie, Technologie und den Mitarbeitenden agieren, müssen sie über Kompetenz verfügen, die sowohl technische als auch soziale Aspekte berücksichtigen (ebd.).

Zusätzlich zu diesen spezifischen Herausforderungen erfordert die Transformation der Arbeitswelt von Führungskräften Kooperations- und Motivationskompetenz, um Teams für Veränderungen zu begeistern und aktiv einzubinden (Kauffeld & Albrecht 2021). Darüber hinaus sind Autonomie und Selbstgestaltung erforderlich, da die Anforderung der Arbeitswelt verstärkt auf eigenverantwortliche Entscheidungen setzen, es braucht also Führungskräfte, die Veränderungsfähigkeit antreiben und „Strategien zur Unsicherheitsbewältigung“ (Baltes & Freyth 2017, S. 70) bereithalten. Dafür ist eine hohe Resilienz und Belastbarkeit notwendig, um mit Unsicherheiten und dynamischen Veränderungen souverän umgehen zu können und all diesen Anforderungen gerecht zu werden. In Fachbeiträgen und der Managementliteratur finden sich viele Empfehlungen hinsichtlich unterschiedlicher Führungsmodelle wider, die der Komplexität der Führungsanforderungen gerecht werden sollen (Hasenzagl & Müller-Christensen 2023). Ein Hauptteil der hier skizzierten Aufgaben fällt in das Aufgabenspektrum der Personalentwicklung, jedoch wird die unterstützende Funktion der Personalentwicklung im Diskurs zur Führungsrolle und ihren Modellen (Bush & Glover 2014; Weisenburger 2022) vernachlässig.

2. Einordnung der PE im Transformationsprozess

Personalentwicklung gewinnt in Zeiten der Transformationen zunehmend an Bedeutung, sei es durch technologische Veränderungen, kulturelle Anpassungen oder strategische Neuausrichtungen (Meier & Seufert 2016). In solchen Veränderungsprozessen hilft die Personalentwicklung nicht nur dabei, die erforderlichen Kompetenzen und Fähigkeiten aufzubauen, sondern agiert auch als Katalysator für die Anpassung der Mitarbeitenden an neue Anforderungen. In Fragen der Führung kann PE zum „People Management“ (Marchington & Wilkinson 2002) beitragen, indem sie die Führungskräfte bei der Entwicklung und Förderung der Mitarbeitenden unterstützt. Dadurch, dass sie Wissen aus verschiedenen Disziplinen wie Betriebswirtschaft, Psychologie und Pädagogik integriert und durch Zusatzqualifikationen in Bereichen wie Coaching, Beratung, Moderation, e-Learning und Arbeitsrecht ergänzt (Weisenburger 2022), kann nicht nur eine wichtige Rolle bei der Umsetzung der strategischen Ziele der Organisation übernehmen, sondern sorgt auch dafür, dass das Wohl der Belegschaft berücksichtigt wird. Dies wird im Krisenmodus besonders deutlich. Hier greifen Organisationen vermehrt auf Einheiten aus der Personaladministration und der -entwicklung für Krisenstäbe oder Koordinationsfunktionen zurück, zuletzt deutlich geworden in der Bewältigung der Corona-Pandemie (Frommer & Epple 2022). Denn diese Bereiche schränken das laufende Geschäft nicht ein, verfügen über genug Autonomie, um kurzfristige, flexible Lösungen zu entwickeln, und kennen die organisationalen Strukturen. Sie können Führungsaufgaben in Teilen übernehmen und dazu beitragen, die organisationale Widerstandsfähigkeit zu erhalten.

2.1. Führungsaufgaben in der Personalentwicklungsarbeit

In einer qualitativen Interviewstudie von Weisenburger (2022) zu subjektiven Handlungsorientierungen und dem professionellen Selbstverständnis von 15 Personalentwickler*nnen ließen sich die Dimensionen Organisation, Person und Profession gemäß der theoriegenerierenden Analysemethodik für Experteninterviews nach Bogner et al. (2014) kategorial ableiten.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass sich die meisten PE-Verantwortlichen einerseits an den unternehmerischen Vorgaben orientieren, um eine explizit legitimierte Funktion innerhalb der Organisation zu erfüllen (Dimension *Organisation*). Andererseits richten sie ihr Handeln an den Bedürfnissen der Beschäftigten aus, die sie fördern und weiterentwickeln möchten, und pflegen enge Beziehungen zu ihnen (Dimension *Person*). Darüber hinaus gibt es Fachkräfte, die auf Grundlage ihrer fachlichen Expertise und ursprünglichen Ausbildung einen kollektiven Wissensbestand sowie persönliche Überzeugungen in ihre Arbeit einbringen, um gezielte Einzelfalllösungen zu ermöglichen (Dimension *Profession*).

Die Analyse verdeutlicht, dass sich innerhalb der drei Dimensionen Organisation, Person und Profession zentrale Führungskonzepte widerspiegeln – darunter aufgabenbezogene ebenso beziehungsorientierte Führungsansätze. Mit wirksamen Führungsverhalten haben sich Hemphill & Coons bereits 1957 auseinandergesetzt, eine zentrale Erkenntnis ihres LBDQ-Inventars (Leader Behavior Description Questionnaire) sind zwei wesentlichen Dimensionen des Führungsverhaltens: *aufgabenorientierte Führung* (Initiating Structure) und *beziehungsorientierte Führung* (Consideration). Prominente Führungsansätze, die daran anschließen finden sich auch bei Neuberger (1994), später Oelsnitz (2017) sowie kürzlich König (2023) wieder, in der Unterscheidung von struktureller und personeller Führung.

2.2 Strukturelle Führungsaufgaben

Strukturelle Führung, auch als „entpersonalisierte Führung“ (Türk 1995) bezeichnet, steuert das Verhalten von Mitarbeitenden durch vorgegebene Strukturen, Prozesse und Mechanismen wie Hierarchien, Kontrollsysteme, Verfahrensrichtlinien oder Zielvorgaben (König 2023, S. 439). Ein verwandtes Konzept ist die aufgabenorientierte Führung („Initiating Structure“), die beschreibt, inwieweit eine Führungskraft Rollen, Aufgaben und Ziele klar strukturiert. Führungskräfte mit einem hohen Maß an aufgabenorientierter Führung legen besonderen Wert auf die Definition von Verantwortlichkeiten, die Gestaltung effizienter Arbeitsabläufe und die konsequente Verfolgung von Zielen. Besonders in hierarchisch geprägten und stark strukturierten Organisationen kann diese Führungsform dazu beitragen, Effizienz und Leistung zu maximieren (Hemphill & Coons 1957).

2.3 Personelle Führungsaufgaben

Personelle Führung beschreibt die direkte Einflussnahme einer Führungskraft auf Mitarbeitende durch persönliche Interaktion, Kommunikation und gezielte Interventionen. Dabei steht die Beziehung zwischen Führendem und Geführtem im Mittelpunkt (Neuberger 1994; König 2023). Vergleichbar damit ist die beziehungsorientierte Führung („Consideration“) (Hemphill & Coons 1957, S. 462), die sich durch unterstützendes, wertschätzendes und partizipatives Verhalten auszeichnet. Führungskräfte

mit einer ausgeprägten beziehungsorientierten Führung schaffen ein positives Arbeitsklima, berücksichtigen die individuellen Bedürfnisse ihrer Mitarbeitenden und setzen auf offene Kommunikation. In Betrieben und Arbeitskontexten, in denen Teamarbeit und Mitarbeiterzufriedenheit im Vordergrund stehen, hat sich diese Führungsform als besonders effektiv erwiesen (ebd.).

Bei der Bewältigung von Führungsaufgaben kann eine professionalisierte Personalentwicklung, die in Unternehmensgestaltungsfragen hoch eingebunden ist, unterstützen (Weisenburger 2022). Dies hängt einerseits vom Grad der Einbindung auf Führungsebene ab, andererseits vom Selbstverständnis der verantwortlichen PE Akteur*nnen.

3. Enlastungspotential der Führungskräfte durch professionalisierte PE

In Transformationsprozessen kann PE eine zentrale Rolle übernehmen, indem sie nicht nur die Stabilität und Widerstandsfähigkeit eines Unternehmens stärkt, sondern auch Führungskräfte gezielt entlastet (Jessel 2020). Sie trägt dazu bei, akute Herausforderungen zu bewältigen, und schafft gleichzeitig die Grundlage für eine anpassungsfähige, resiliente Organisation. Die Gegenüberstellung in Tabelle 1 verdeutlicht die Charakteristik personeller und struktureller Führung nach Oelsnitzt (2017). Ergänzt durch die professionellen Selbstverständnisse von PE-Verantwortlichen aus der Studie von Weisenburger (2022) wird deutlich, welche Aufgaben sich sowohl in Führungsfunktionen, als auch in der PE-Arbeit überschneiden.

Tabelle 1: *Strukturelle und Personelle Führung, ergänzt durch Aufgaben der PE in Anlehnung an Oelsnitz (2017) und Weisenburger 2022.*

	Personelle Führungsaufgaben	Strukturelle Führungsaufgaben	PE Professions-aufgaben
Charakter	persönlich/ beziehungsorientiert	unpersönlich/ großflächig	individualisiert
Wirkung	direkt	indirekt	bestärkend
Rolle der FK	Hauptverantwortliche(r); Motivator(in); Coach(in)	Übersetzer strategischer Entscheidungen	Vermittler(in); Schlichter(in)
Ziel	Mitarbeiterorientierte Umsetzung von Zielvorgaben	Rahmensetzung zur Steuerung individuellen Verhaltens	Förderung persönlicher (Kompetenz-) Entwicklung
Stärken	flexibel; situativ anpassbar	berechenbar; rational	reflexiv; einzelfallbezogen
Schwächen	unberechenbar; Abhängig von Einzelpersonen	situativ unflexibel; rigide	reaktiv; nicht messbar

In der Tabelle werden personelle und strukturelle Führungsaufgaben gegenübergestellt und entlang der Einzelausprägung: Charakter, Wirkung, Rolle der FK, Ziel, Stärken, Schwächen ausdifferenziert. Die rechte Spalte ergänzt die Aufgaben der PE. Strukturelle Führung erfordert von der PE Unterstützung zur Organisationsgestaltung. Personelle Führung hingegen, benötig von Seiten der PE Instrumente zur Beziehungsgestaltung und Moderation. Aus dieser Perspektive ergeben sich mehrere Im-

pulse für eine professionalisierte Personalentwicklung, die sowohl die Führungskultur als auch die betriebliche Lernarchitektur weiterentwickeln kann und diese mit den Zielen der Organisation verknüpfen kann (Dick & Termath 2020):

Förderung struktureller Führungskompetenzen: PE soll Führungskräfte darin schulen, Strukturen zu erkennen, zu verstehen und gezielt zu nutzen. Dies reduziert ihren persönlichen Arbeitsaufwand und ermöglicht effektiveres Delegieren (Wulfken & Müller 2022).

Stärkung der Selbstorganisation und Eigenverantwortung: Klare, transparente und sinnorientierte Strukturen befähigen Mitarbeitende, eigenständig zu agieren, wodurch Führungskräfte entlastet werden (König 2023).

Kulturelle Anpassung an strukturelle Veränderungen: Personalentwicklungsmaßnahmen sollten sicherstellen, dass Sinnorientierung nicht nur individuell, sondern auch in organisationalen Prozessen verankert wird (König 2023).

Digitalisierung als Unterstützung für Führungsfragen: Der gezielte Einsatz digitaler Tools erleichtert Kommunikation und Entscheidungsfindung, wodurch Führung effizienter gestaltet werden kann (Meier & Seufert 2016).

Führungskräfteentwicklung als Bestandteil des Risikomanagements: Durch gezielte Weiterbildungen wird gute Führung gefördert, wodurch langfristige Risiken wie hohe Fluktuation, mangelnde Motivation oder ineffiziente Prozesse minimiert werden (Hasenzagl & Müller-Christensen 2023).

4. Fazit: Potentiale zur Entlastung der FK durch eine professionalisierte PE

Abschließend lässt sich festhalten, dass über diese Impulse hinaus die Personalentwicklung eine erweiterte Führungsfunktion übernimmt, indem sie bestehende Strukturen neu gestaltet und gezielt an moderne Anforderungen anpasst. So lassen sich folgende vier Kernbereich sowohl als Führungsaufgabe, als auch PE Aufgabe identifizieren (Weisenburger 2022, S 189):

Die PE ist Dienstleisterin der Fachbereiche: Sie fördert die Implementierung neuer Arbeitsformen wie agiles Arbeiten, Design Thinking, Scrum und Holacracy. Zudem fördert sie die Selbstbestimmung und Flexibilität der Mitarbeitenden, indem sie flachere Hierarchien etablieren und heterogene Teams unterstützt.

Die PE fördert die Neugestaltung der Lernarchitektur: PE gestaltet betriebliche Bildungsprozesse aktiv mit. Durch Lern-Nuggets, mobiles Lernen und soziale Lernplattformen wird Lernen enger mit der täglichen Arbeit verknüpft.

Die PE unterstützt Transformation der Führungskultur: PE entwickelt Führung weg von Kontrolle und Vorgaben hin zu Coaching und Empowerment. Offenheit gegenüber kritischem Feedback und ein multiperspektivischer Ansatz werden gezielt gefördert.

Die PE ist in der Lage Ambidextrie zu managen: Personalentwickler bewegen sich sicher im Spannungsfeld zwischen Stabilität des laufenden Betriebs (Exploitation) und Innovation (Exploration). Reflexion und Entwicklungsbegleitung werden als zentrale Arbeitsformen etabliert.

Diese vielfältigen Gestaltungspotenziale zeigen, dass PE weit über klassische Trainings hinausgeht und maßgeblich zur Krisenbewältigung sowie zur nachhaltigen Stärkung der Organisation beiträgt. Sie entlastet Führungskräfte, schafft resiliente Strukturen und ebnet den Weg für eine zukunftsfähige Unternehmensentwicklung.

5. Literatur

Baltes G, Freyth A (2017) Die radikal neuen Anforderungen unserer Zeit und die Konsequenz für Veränderungsarbeit: Warum die tiefgreifenden Veränderungen unserer Zeit von Unternehmen eine neue Qualität von Wandlungsfähigkeit fordern – Veränderungsintelligenz. Veränderungsintelligenz: Agiler, innovativer, unternehmerischer den Wandel unserer Zeit meistern, 1-79. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Bennett N, Lemoine GJ (2014) What a difference a word makes: Understanding threats to performance in a VUCA world. Business Horizons, 57(3), 311-317.

Bogner A, Littig B, Menz W (2014) Interviews mit Experten. Eine praxisorientierte Einführung. Wiesbaden: Springer VS (Lehrbuch), online verfügbar unter http://link.springer.com/book/10.1007/978-3-531-19416-5.

Bush T, Glover D (2014) School leadership models: what do we know? School Leadership & Management, 34(5), 553-571. https://doi.org/10.1080/13632434.2014.928680.

Dick M, Termath W (2020) Begeisterung und Beharrlichkeit: Erste Ergebnisse einer ethnografischen Rekonstruktion betrieblicher Bildungsarbeit. In: Zwischen Ingenieurpädagogik, Lehrkräftebildung und betrieblicher Praxis, 143-161. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Frommer JA, Epple G (2022) Organisation im Krisenmodus. In: Schütte PM, Schulte Y, Schönefeld M, Fiedrich F (eds) Krisenmanagement am Beispiel der Flüchtlingslage 2015/2016. Sicherheit – interdisziplinäre Perspektiven. Springer VS, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37141-8_2.

Hasenzagl R, Müller-Christensen B (2023) Mythos Führung. Überschätzt und verteufelt. In: Güttel WH (Hg) Austrian Management Review. Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, 72-85.

Hemphill JK, Coons AE (1957) Development of the Leader Behavior Description Questionnaire. In: Stogdill RM, Coons AE (Eds) Leader Behavior. Its Description and Measurement, 6-38. Columbus, OH: Ohio State University.

Jessel R (2020) Die Krise als Chance für die Personalarbeit. In: Führen in der Krise. HAUFE Personalmagazin 4/2020. Online verfügbar: Personalarbeit: Stärkung der Stellung von HR in der Krise | Personal. Freiburg: Haufe.

Kauffeld S, Albrecht A (2021) Kompetenzen und ihre Entwicklung in der Arbeitswelt von Morgen: branchenunabhängig, individualisiert, verbunden, digitalisiert? Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO), 52, 1-6.

König A (2023) Sinnorientierte Führung. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

Marchington M, Wilkinson A (2002) People management and development: Human resource management at work. CIPD Publishing.

Meier C, Seufert S (2016) Digitale Transformation: Implikationen für die Personalentwicklung. In: Schwuchow K, Gutmann J: Personalentwicklung: Themen – Trends – Best Practices 2017. Köln: Wolters Kluwer, 227-240.

Neuberger O (1994) Personalentwicklung. Berlin, Boston: Walter de Gruyter, 1-69. https://doi.org/10.1515/9783110511666-001.

Oelsnitz D von der (2017) Einführung in die systemische Personalführung. Zweite, überarbeitete Auflage. Heidelberg: Carl-Auer Verlag GmbH (Compact).

Peifer Y, Terstegen S (2023) Anforderungen an Führungskräfte bei der Qualifizierung und Kompetenzentwicklung. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 118(6), 424-427.

Sträter O (2019) Wandel der Arbeitsgestaltung durch Digitalisierung. Z. Arb. Wiss. 73, 252-260. https://doi.org/10.1007/s41449-019-00163-0.

Ströhlein K, Kandler M, Ast J, Nyhuis P, Lanza G, Nieken P (2023) Führung 2030. Herausforderungen meistern und Chancen nutzen. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 118(6), 417-423.

Türk K (1995) Entpersonalisierte Führung. In: Kieser A, Reber G, Wunderer R (Hrsg) Handwörterbuch der Führung, 328-340. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

Weisenburger N (2022) Personalentwicklung im Spannungsfeld zwischen Profession und Organisation: Eine qualitativ-empirische Studie zum Professionshandeln von PersonalentwicklerInnen. Universitäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt.

Wulfken B, Müller E (2022) Methode zur Strukturierung der Anforderungen an Führungsexperten. In: Factory Innovation – Agil und smart mit Industrie 4.0.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Konzeption und Erprobung eines Selbstbewertungsinstruments zur Lernförderlichkeit für Unternehmen

Anna KLÖCKER, Thomas MÜHLBRADT

FOM Hochschule für Oekonomie & Management |
FOM University of Applied Sciences for Economics & Management,
Hochschulstudienzentrum Aachen,
Dennewartstraße 25, D-52068 Aachen

Kurzfassung: Lebenslanges Lernen wird für Beschäftigte und Unternehmen zunehmend wichtiger, um Beschäftigungs- und Wettbewerbsfähigkeit zu sichern. Neben traditionellen Bildungskonzepten gilt die Lernförderliche Arbeitsgestaltung als Alternative. Diese Perspektive wird durch die neue VDI/VDE-MT 7100 „Lernförderliche Arbeitsgestaltung“ gestärkt, die insbesondere produzierenden Unternehmen Orientierung bietet. Unternehmen sollten zunächst den Stand der Lernförderlichkeit im eigenen Betrieb erfassen. Dazu wurde ein Online-Selbstbewertungsinstrument in Verbindung mit einem Auswertungsworkshop entwickelt und in einem Unternehmen erprobt. Im Beitrag werden die Methodik der Befragung und des Workshops sowie die wesentlichen Ergebnisse der Erprobung vorgestellt.

Schlüsselwörter: Lernförderliche Arbeitsgestaltung, Lernförderlichkeit von Unternehmen, Selbstbewertungsinstrument, Survey Feedback

1. Lernförderliche Arbeitsgestaltung

Die lernförderliche Arbeitsgestaltung ist ein zentraler Ansatz, um in einer sich stetig wandelnden Arbeitswelt das lebenslange Lernen zu fördern und betriebliche wie individuelle Potenziale optimal zu nutzen. Sie beschreibt die systematische Gestaltung von Arbeitsprozessen und -bedingungen, die es Mitarbeitenden ermöglicht, Kompetenzen während ihrer Arbeitszeit zu entwickeln. Ihre Relevanz ergibt sich aus der Dynamik moderner Arbeitsumfelder, die durch Megatrends wie die digitale Transformation geprägt sind (Dworschak et al. 2021; Hackl et al. 2017).

Lernförderliche Arbeitsgestaltung bedeutet, innerbetriebliche Bedingungen zu schaffen, die das Lernen von Mitarbeitenden in enger Verknüpfung mit ihrer Arbeit möglich machen. Wichtige Fragestellungen zur Lernförderlichkeit sind die Bedingungen in Unternehmen zum Lernen, die Interaktion dieser Bedingungen und ihre planbare Gestaltung. Anhand des *Integrativen Modells der Lernförderlichkeit* lassen sich drei Gestaltungsfaktoren für Lernförderlichkeit identifizieren: die lernförderlichen Rahmenbedingungen, der Lerngehalt von Arbeitstätigkeiten und arbeitsorientierte Lernformen (Dworschak et al. 2021; Mühlbradt 2014). Der Lerngehalt von Arbeitstätigkeiten ist dabei beispielsweise vom Grad der Vollständigkeit und Selbstständigkeit der Mitarbeitenden abhängig (Hacker 2015; Frieling et al. 2006). Unterschiede zu herkömmlichen Weiterbildungen sind die räumliche und inhaltliche Nähe zur Arbeit, was den direkten Transfer des Gelernten in die Praxis erleichtert (Hacker 2015). Der folgende Beitrag beruht auf der Masterthesis „Konzeption und Erprobung eines Workshops zur Diagnose des Ist-Zustandes der Lernförderlichkeit im Unternehmen“ (Klöcker 2024).

1.1 VDI/VDE-MT 7100 „Lernförderliche Arbeitsgestaltung“

Die Richtlinie VDI/VDE-MT 7100 „Lernförderliche Arbeitsgestaltung“ bietet eine Grundlage für die Gestaltung von Arbeitsbedingungen, die Lernen am Arbeitsplatz gezielt unterstützen. Sie wurde im Rahmen eines interdisziplinären Projekts entwickelt, das die zunehmenden Herausforderungen durch die Digitalisierung, den demografischen Wandel und die dynamischen Kompetenzanforderungen adressiert. Ziel der Richtlinie ist es, Organisationen eine systematische Herangehensweise an die Integration von Lernprozessen in die Arbeitsgestaltung zu ermöglichen. Sie richtet sich dabei primär an produzierende Unternehmen (Dworschak et al. 2021).

Innerhalb der Richtlinie wird das MTO-Modell (Mensch, Technik, Organisation) als konzeptionelle Grundlage genutzt. Anhand von acht Handlungsfeldern zur Förderung von Lernförderlichkeit, die den drei Dimensionen des Modells zugeordnet werden, wird besonderes Augenmerk darauf gelenkt, wie technische und organisatorische Rahmenbedingungen so gestaltet werden können, dass sie individuelle Lernprozesse und die Entwicklung von Kompetenzen gezielt fördern. Anhand des MTO-Modells wird auch die Wechselwirkung von dessen Dimensionen für eine lernförderliche Arbeitsgestaltung berücksichtigt. Es wird somit die Notwendigkeit einer integrativen Perspektive, die sowohl technologische als auch menschliche Faktoren gleichermaßen berücksichtigt, verdeutlicht (Dworschak et al. 2021). Die Richtlinie bietet nicht nur theoretische Ansätze, sondern liefert auch konkrete Handlungsempfehlungen. Im weiteren Beitrag werden diese um ein Selbstbewertungsinstruments zur Lernförderlichkeit für Unternehmen ergänzt.

1.2 Vorarbeiten

In den Jahren 2013 bis 2016 wurde im Rahmen des Verbundprojekts des Bundesministeriums für Bildung und Forschung *Engineering und Mainstreaming lernförderlicher industrieller Arbeitssysteme für die Industrie* 4.0 (ELIAS) zum Thema Lernförderlichkeit geforscht (Senderek et al. 2017). Das Projekt *Entwicklung von Selbstorganisationskompetenzen in digitalisierten, industriellen Arbeitsumgebungen* (ESKODIA) verfolgte das Ziel, die Kompetenzen von Mitarbeitenden in digitalen Transformationsprozessen zu stärken. Dabei entstand, aufbauend auf Ergebnissen aus ELIAS ein Online-Tool, welches ein Audit zur Lernförderlichkeit enthält, das es Unternehmen erlaubt, durch Beantwortung von Fragen zu vier Dimensionen, ihren Stand der Umsetzung einer lernförderlichen Arbeitsgestaltung zu erfassen. Der Fragebogen wurde bislang lediglich theoretisch im Rahmen des ESKODIA-Projekts konzipiert, jedoch noch nicht in der Praxis erprobt (Häring et al. 2022). Zudem bezieht der Fragebogen bislang nur die Einschätzung einzelner Entscheidungsträger zur Lernförderlichkeit ein und zieht daraus Rückschlüsse für das ganze Unternehmen, sodass auch keine spezifischen Einflussfaktoren auf die Einschätzung herausgearbeitet werden können. So entstand die Forschungsfrage: Wie kann ein unternehmensorientiertes Instrument in Form eines Workshops konzipiert und erprobt werden, durch das der Ist-Zustand der Lernförderlichkeit eines Unternehmens vor dem Hintergrund des jeweiligen betrieblichen Kontextes diagnostiziert werden kann? Das Ziel der Forschung ist es deshalb, ein Instrument zur Diagnose des Ist-Zustandes zu entwickeln, zu erproben und zu evaluieren, das zum Gesamtkonzept der VDI/VDE-MT 7100 Richtlinie zur Umsetzung in Unternehmen beiträgt. In diesem Instrument soll der bestehende Fragebogen integriert und die Ergebnisse darauffolgend anhand des spezifischen Unternehmens interpretiert und analysiert werden.

2. Ein Instrument zur Erfassung des Standes der Unternehmen

Das zur Erfassung der Lernförderlichkeit entwickelte Instrument basiert auf der Survey-Feedback-Methode der Aktionsforschung. Entwickelt wurde das Instrument im Rahmen einer Masterthesis von Klöcker (2024). Dabei wird durch aktive Kommunikation mit den untersuchten Individuen neues Wissen generiert. Nach einer sozialwissenschaftlichen Erhebung erfolgt eine Rückspiegelung der Ergebnisse in die Organisation, um diese gemeinsam einzuordnen und zu analysieren (Weber & Wieners 2018; Becker & Labucay 2012; Schiersmann & Thiel 2014; Nerdinger 2019). Ziel ist es, durch die Einschätzung der Mitarbeitenden den Ist-Zustand der Gestaltungsfelder der Lernförderlichkeit zu erfassen, demografische Zusammenhänge aufzuzeigen und Handlungsbedarf zu identifizieren. Zur Evaluierung wurde nach der Konzeption des Instruments dieses in einem Unternehmen exemplarisch durchgeführt. Das exemplarische Unternehmen, in dem geforscht und das Vorgehen getestet wurde, umfasst 140 Beschäftigte. Das Tätigkeitsfeld des Unternehmens ist der Onlinehandel (Klöcker 2024).

2.1 Online-Fragebogen

Das entwickelte Instrument beginnt somit mit dem *Survey-Part* der Methode, einer quantitativen Online-Befragung mit geschlossenen Fragen. Diese wurde in dem exemplarischen Unternehmen über *SoSci-Survey* realisiert und mit Hilfe von *R* ausgewertet. Der Fragebogen aus dem ESKODIA-Projekt bildete dabei die Grundlage, wurde jedoch weiterentwickelt. Der neue Fragenkatalog umfasst 25 Items zu den Gestaltungsdimensionen, ergänzt durch demografische Angaben wie Alter, Geschlecht und Abteilungsgruppe. Die Items wurden so angepasst, dass sie aus der Perspektive der Mitarbeitenden beantwortet werden konnten. Die Verständlichkeit und technische Funktionalität wurden durch Pretests und Peer-Reviews überprüft. Als Bewertungsskala wurde eine 4-stufige Likert-Skala gewählt.

Die vier abgefragten Dimensionen spiegelten die folgenden Gestaltungsfelder wider: Die *Arbeitsnähe der Weiterbildung*, welche durch Fragen zu methodischen und didaktischen Merkmalen erfasst wurde. Die *partizipative Arbeitsgestaltung*, die durch systematische Beteiligung der Mitarbeitenden beschrieben wurde. Im Bereich *Lerngehalt der Arbeitstätigkeit* wurden das Gleichgewicht zwischen Anforderungen und Lernvoraussetzungen sowie mögliche Über- oder Unterforderung betrachtet. Die *Lernförderlichkeit als betriebliches Projekt* wurde durch Fragen, wie das Projektmanagement beim Lernen unterstützt, untersucht (Häring et al., 2022). Zusätzlich wurde eine Frage zur Gesamtwahrnehmung von Lernförderlichkeit ergänzt.

Nach der Bereinigung der Daten wurden die Mittelwerte für die einzelnen Konstrukte sowie spezifische Subbereiche berechnet und die Messgenauigkeit mit Cronbachs Alpha überprüft. Demografische Merkmale dienten zur Segmentierung, um mögliche Gruppenunterschiede zu identifizieren. Die Ergebnisse wurden primär in Spinnennetzdiagrammen visualisiert, um die Verständlichkeit für die Mitarbeitenden zu erhöhen. Diese Darstellungsform wurde auch im nachgelagerten Workshop genutzt. Ein Netz repräsentierte die durchschnittliche Wahrnehmung der Gestaltungsfelder, während eine Linie die Ergebnisse einzelner Gruppen oder Segmentierungen zeigte. Dadurch wurden Unterschiede und Zusammenhänge zwischen Gruppen auf einen Blick deutlich. Zusätzlich unterstützten deskriptive Statistiken die Interpretation der Ergebnisse. Die abschließende Summenfrage wurde separat analysiert, um die Gesamtbewertung zu erfassen (Klöcker 2024).

2.2 Workshop Konzept

Die Konzeption und Erprobung eines Workshops zur Verarbeitung der erhobenen Daten bilden den nächsten Schritt zur Diagnose der Lernförderlichkeit in Unternehmen. Ziel ist es, ein Konzept zu entwickeln und zu evaluieren, das die Einordnung der Daten in den Unternehmenskontext ermöglicht und zulässt, passende Maßnahmen abzuleiten. Dieses Konzept soll im Rahmen der VDI/VDE-MT 7100 Richtlinie Anwendung finden. Der Workshop dient dazu, die erhobenen Daten zurück in die Unternehmen zu bringen, sie mit Mitarbeitenden aus unterschiedlichen Abteilungen zu diskutieren und einzuordnen. An dieser Stelle ist vor allem auch die Einbindung der Anwender selbst in die Forschung zu nennen (Defila & Giulio 2015).

Die Konzeption des Workshops basiert auf der Vorgehensweise von von Rosenstiel (2008) und zielt darauf ab, eine datenbasierte Interpretation im Unternehmenskontext zu ermöglichen. Dabei wird Wissen vermittelt, der Ist-Zustand analysiert und konkrete Ziele sowie Maßnahmen für die Umsetzung erarbeitet.

Der Workshop ist in drei Oberabschnitte gegliedert, die diese Bausteine beinhalten. Der erste Teil (80 Minuten) dient zur Einführung in das Thema und zur Vermittlung der Bedeutung. Dieser Abschnitt umfasst den Einstieg in den Tag und eine Ice-Breaker-Übung. Anschließend wird ein Überblick zum Thema der lernförderlichen Arbeitsgestaltung gegeben, wobei praxisnahe Beispiele und Handouts genutzt werden, um das Verständnis zu vertiefen. Zum Abschluss reflektieren die Teilnehmenden die Relevanz des Themas für ihren Arbeitsbereich und geben ein erstes Commitment ab. Im zweiten Teil (25 Minuten) liegt der Fokus auf der Analyse von Umfrageergebnissen. Nach einer kurzen Erläuterung zur Systematik der Datenerhebung werden die deskriptiven Ergebnisse mithilfe visueller Darstellungen präsentiert. In einer moderierten Gruppendiskussion analysieren die Teilnehmenden die Daten, identifizieren positive und kritische Punkte und priorisieren Handlungsfelder durch ein Punktesystem. Ziel ist es, zentrale Herausforderungen und Chancen zu definieren, die für den nächsten Workshopabschnitt relevant sind. Dies ist das Kernelement des Instruments. Der letzte Teil (30 Minuten) widmet sich der Erarbeitung konkreter Maßnahmen und dem Abschluss. Die Teilnehmenden entwickeln in Gruppen spezifische Maßnahmen für die priorisierten Handlungsfelder, die festgehalten und präsentiert werden. Abschließend wird ein Handlungsplan erstellt, der Verantwortlichkeiten, Zeiträume und Ressourcen definiert. Der Workshop endet mit einer Reflexion, um das Gelernte langfristig zu verankern.

Er richtet sich an Führungskräfte und umfasst Gruppen von vier bis acht Personen. Der konzeptionelle Ablauf des Workshops wurde in einem detaillierten Verlaufsplan dokumentiert, der als Leitfaden für die Moderation dient und Reproduzierbarkeit sicherstellt. Zur Vorbereitung wurden eine Präsentation und drei Handouts erstellt, die für zukünftige Szenarien verwendet werden können. Während der ersten Erprobung bestand die Gruppe aus sieben Personen, darunter Abteilungsleiter und Personalmanager, was eine breite Abdeckung der Unternehmensbereiche ermöglichte. Der Workshop dauerte 4,25 Stunden und folgte einem interdisziplinären Ansatz, bei dem Mitarbeitende unterschiedlicher Abteilungen zusammenarbeiteten. In der Gruppendiskussion wurden abteilungsbezogene Erklärungsansätze erarbeitet, und ein Handlungsplan mit vier Initiativen, darunter Job-Rotation, wurde entwickelt. Nach dem Workshop wurden die Ergebnisse in einem PDF zusammengefasst und an alle Teil nehmenden verschickt, um Lernförderlichkeit in der täglichen Arbeit zu verankern (Klöcker 2024).

3. Ergebnisse und Diskussion der Erprobung des Instruments

Das im Rahmen der Masterarbeit entwickelte Instrument zur Erfassung des Ist-Zustands der Lernförderlichkeit wurde in einem realen Unternehmenskontext evaluiert, wobei ein Onlinehändler als Testumgebung diente. Es konnten viele abteilungs- und unternehmensbezogene Erklärungsansätze zu den erhobenen Daten herausgearbeitet werden und die Ergebnisse der vorangegangenen Umfrage somit sehr gut analysiert und mit unternehmensspezifischen Informationen angereichert werden. Somit konnte eine gute Grundlage zur Definition der Handlungsfelder geschaffen und darauf basierend konkrete Maßnahmen inklusive nächster Schritte konzipiert werden. Exemplarisch waren erarbeitete Maßnahmen die Einführung eines Projekts zur Job-Rotation und das Etablieren von interdisziplinären Workshops (Klöcker 2024).

3.1 Evaluationsmethode

Evaluiert wurde die erste Anwendung des Instruments zweigleisig. Zum einen wurde eine zuvor geschulte Beobachterin hinzugezogen, die ein konzipiertes Protokoll während des Workshops führte. Dies diente zur Erfassung der Zeitplanung, Partizipation und Ablauf des Workshops sowie der Verständlichkeit der Inputs. Zum anderen wurden im Anschluss an den Workshop mit fünf Teilnehmern Interviews geführt. Diese Interviews wurden anhand von vier Leitfragen zu positiven und negativen Aspekten, Passung des Workshops zum Unternehmen und Verbesserungsvorschlägen geführt. Die Interviews wurden im Anschluss mittels der inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Zudem wurden alle Schritte der Konzeption, der Ergebnisdarstellung und der Analyse der Erprobung detailliert im Rahmen der Arbeit von Klöcker (2024) gesichert, um eine Reproduzierbarkeit zu ermöglichen.

3.2 Diskussion der Ergebnisse

Die erste Erprobung des Instruments zeigte positive Resultate. So konnte die Aufbereitung der Befragungsergebnisse im Workshop gut präsentiert und gemeinsam diskutiert werden, wobei die Verständlichkeit und auch die Relevanz des Instruments bestätigt wurde. Es zeigte sich, dass die die Teilnehmenden die Ergebnisse nachvollziehen konnten und sie als hilfreich wahrnahmen, sodass ein zielführender weiterer Austausch zum Thema möglich war. Des Weiteren konnte sichergestellt werden, dass der geplante Ablauf zielführend ist und das Analysieren des Ist-Zustands anhand des Instruments gelingen kann. Die Aussagen der Teilnehmer des Workshops spiegelten ebenfalls wider, dass sie die hohe Relevanz des Themas erkannten und den Workshop als passend zum eigenen Unternehmen empfanden. Lediglich der Umfang der Theorie in Relation zurzeit und eine stärkere Detailtiefe in den Diskussionen wurden gewünscht. Der Workshop kann somit als gut anwendbar bewertet werden. Als eine Verbesserung nach der ersten Durchführung konnte eine verlängerte Durchführungszeit identifiziert werden, um mehr Detailtiefe und eine ausgeprägtere Auseinandersetzung mit dem Thema zu ermöglichen. Innerhalb des Unternehmens wurde nach der Durchführung ein regerer Austausch zur Lernförderlichkeit festgestellt. Dies zeigt sowohl die Nachhaltigkeit des Instruments als auch die Bedeutung der Inhalte. Für einen langfristigen Nutzen wird zudem die Einbettung des Instruments in die Unternehmensstrategie als wichtig erachtet. Daher sollte das Instrument nicht isoliert Anwendung finden, sondern als eine Ergänzung zur VDI/VDE-MT 7100, die einen umfassenden Leitfaden zur Stärkung der Lernförderlichkeit bietet, betrachtet werden (Klöcker 2024).

4. Literatur

Becker, M., & Labucay, I. (2012). Organisationsentwicklung: Konzepte, Methoden und Instrumente für ein modernes Change Management. Schäffer-Poeschel Verlag.

Defila, R., & Giulio, A. D. (2015). Methodische Gestaltung transdisziplinärer Workshops. In M. Niederberger & S. Wassermann (Hrsg.), Methoden der Experten- und Stakeholdereinbindung in der sozialwissenschaftlichen Forschung (S. 69–93). Springer Fachmedien Wiesbaden.

Dworschak, B., Altepost, A., Bau, M., Berger, C., Brandt, P., Gerst, D., Jeske, T., Kötter, W., Mühlbradt, T., Schweppe, K., Senderek, R., Ulrich, C., Wischmann, S., & Ziegler, J. (2021). Die VDI/ VDE-Richtlinie 7100 „Lernförderliche Arbeitsgestaltung“: Ein Beitrag zum humanorientierten Management der Digitalen Transformation. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.) Tagungsband zum Frühjahrskongress 2021 der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.: Arbeit HUMAINE gestalten. Bochum, 03.–05.03.2021.

Frieling, E., Bernard, H., Bigalk, D., & Müller, R. F. (2006). Lernen durch Arbeit: Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Lernmöglichkeiten am Arbeitsplatz. Waxmann Verlag GmbH.

Hacker, W. (2015). Lern-, gesundheits- und leistungsförderliche Arbeitsgestaltung in kleinen und mittleren Unternehmen – Warum und wie? (Arbeitsgruppe „Wissen- Denken-Handeln"). Technische Universität Dresden.

Hackl, B., Wagner, M., Attmer, L., & Baumann, D. (2017). New Work: Auf dem Weg zur neuen Arbeitswelt—Management-Impulse, Praxisbeispiele, Studien. Springer Gabler Wiesbaden.

Häring, K., Gartzen, T., Gartzen-Wiegand, U., Grandpierre, A., Lehnen, M., Moser, M., Mühlbradt, T., Mynarek, F., Neumann, T., Özel, M., Schürings, O., Unger, H., & Wilhelm, J. (2022). Selbstorganisationskompetenzen für die Arbeitswelt 4.0. In V. Nitsch, C. Brandl, R. Häußling, J. Lemm, T. Gries, & B. Schmenk (Hrsg.), Digitalisierung der Arbeitswelt im Mittelstand 1: Ergebnisse und Best Practice des BMBF-Forschungsschwerpunkts „Zukunft der Arbeit: Mittelstand – innovativ und sozial“ (S. 193–227). Springer.

Klöcker, A. (2024). Konzeption und Erprobung eines Workshops zur Diagnose des Ist-Zustandes der Lernförderlichkeit im Unternehmen [Unveröffentlichte Masterarbeit]. FOM Aachen.

Mühlbradt, T. (2014). Was macht Arbeit lernförderlich? – Eine Bestandsaufnahme. In Deutsche MTM-Vereinigung e. V. (Hrsg.), MTM-Schriften Industrial Engineering: Ausgabe 1. Deutsche MTM-Vereinigung e. V.

Nerdinger, F. W. (2019). Organisationsentwicklung. In F. W. Nerdinger, G. Blickle, & N. Schaper (Hrsg.), Arbeits- und Organisationspsychologie (S. 179–191). Springer Berlin Heidelberg.

Senderek, R., Mühlbradt, T., & Hempel, T. (2017). Engineering und Mainstreaming lernförderlicher industrieller Arbeitssysteme für die Industrie 4.0. FIR-Edition Forschung.

Schiersmann, C., & Thiel, H.-U. (2014). Startszenarien einer OE: Kick-off-meeting, Workshops und Großgruppenverfahren. In C. Schiersmann & H.-U. Thiel (Hrsg.), Organisationsentwicklung: Prinzipien und Strategien von Veränderungsprozessen (S. 109–183). Springer Fachmedien Wiesbaden.

Von Rosenstiel, L. (2008). Organisationsentwicklung—Die Perspektive der Psychologie. In Prof. Dr. Tom Sommerlatte, Prof. Dr. Michael Mirow, Prof. Dr. Christel Niedereichholz, & Peter G. von Windau (Hrsg.), Handbuch der Mittelstandsberatung: Auswahl und Nutzen von Beratungsleistungen (S. 203–229). Erich Schmidt Verlag.

Weber, S. M., & Wieners, S. (2018). Survey Feedback als Methodik organisationspädagogischer Praxis. In M. Göhlich, A. Schröer, & S. M. Weber (Hrsg.), Handbuch Organisationspädagogik (S. 635–646). Springer Fachmedien Wiesbaden.

Danksagung: Diese Publikation ist Teil des Forschungs- und Entwicklungsprojektes „Resilientes Transformationsmanagement zur Kreislaufwirtschaft in der Textilindustrie (ReTraKT)“, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Zukunft der Arbeit“ als Teil des Fachprogramms „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ und betreut durch den Projektträger Karlsruhe (PTKA). Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Kosteneffektive und portable Lernfabrik-Kits für experimentelles Lernen und den Erwerb von betrieblichen Fertigkeiten und Fähigkeiten

Jochen NELLES[1], Markus HAMMER[2]

[1] McKinsey & Company, Inc,
Kennedydamm 24, D-40027 Düsseldorf
[2] McKinsey & Company Inc.,
Schottenring 19, A-1010 Wien

Kurzfassung: In den letzten Jahren haben sich Lernfabriken weiterentwickelt: von Lernfabriken im akademischen Umfeld zu kooperativen Lernfabriken zwischen Wissenschaft und Industrie und einer Zielgruppe, die über Studierende hinausgeht. In diesem Beitrag wird diskutiert, wie experimentelles Lernen über eine einzelne Lernfabrik hinaus skaliert werden kann und wie portable Lernfabrik-Kits entweder eine Alternative oder eine Ergänzung zu klassischen Lernfabriken sein können. Erörtert werden Aspekte wie den Wechsel von (1) hohen Investitionskosten zu einer kosteneffektiven und erschwinglichen Lösung für niedrigere Budgets, von (2) einer Lernfabrik als statischem Standort zu portablen Lernfabrik-Kits (bspw. zur Verwendung in Schulen oder in Industrieunternehmen), von (3) langen Plan- und Vorbereitungszeiten für den Neu- oder Ausbau einer Lernfabrik zu kurzen Vorlaufzeiten für den Einsatz von portablen Lernfabrik-Kits, von (4) einer einzigen, statischen Lernfabrik mit (typischerweise) einer Produktionslinie zu skalierbaren Angeboten mit mehreren portablen Lernfabrik-Kits, die gleichzeitig an mehreren Standorten eingesetzt werden können, von (5) einem Curriculum mit einer Reihe von Lernmodulen, die auf eine einzige Lernfabrik zugeschnitten sind, zu perspektivisch Curricula mit verschiedenen Lernfabrik-Kits und von (6) einer Zielgruppe, die an eine lokale Universität gebunden ist, zu einem breiteren Publikum (bspw. Industrieunternehmen, Schulen, Non-Profit-Organisationen).
Der Beitrag vergleicht portable Lernfabrik-Kits mit traditionellen, statischen Lernfabriken anhand einer mehrdimensionalen Bewertung. Basierend darauf wird ein Rahmenwerk vorgestellt, das bei der Entscheidung zwischen statischen und portablen Lernfabriken hilft.

Schlüsselwörter: Experimentelles Lernen, Lernfabrik, Lernfabrik-Kit, Operations

1. Einführung

1.1 Lernfabriken und portable Lernfabrik-Kits

Die Entwicklung von Lernfabriken begann in den 1980er Jahren. Es folgte eine Initiative von „European Learning Factories“ im Jahr 2011 und führte zur Gründung der „International Association of Learning Factories“ (IALF) im Jahr 2017. Eine der ersten formalen Definitionen einer Lernfabrik stammt von Abele (2015) und beschreibt eine

Lernfabrik als „a learning environment where processes and technologies are based on a real industrial site which allows a direct approach to product creation process“ und die gesamte Wertschöpfungskette mit Produktentwicklung, Fertigung, Qualitätsmanagement und Logistik abdecken kann (Abele 2015). Die Begründer der Lernfabriken erörterten, dass Lernfabriken sowohl Ähnlichkeiten als auch Unterschiede aufweisen und sich in Aspekten wie Zweck, Prozess, Umgebung, Produkt, Didaktik und Betriebsmodell unterscheiden können (Abele 2015).

Dieser Beitrag basiert auf den Grundlagen und Gemeinsamkeiten von Lernfabriken und zeigt gleichzeitig Möglichkeiten für zukünftige Entwicklungen auf. Die hier beschriebenen Erkenntnisse basieren auf früheren Arbeiten und mehr als 10 Jahren langjähriger Erfahrung in der betrieblichen Weiterbildung mit Klienten oder mit der betriebsinternen Weiterbildung von Kolleg*innen – aufbauend auf der kontinuierlichen Verbesserung verschiedener Archetypen von Lernfabriken auf der ganzen Welt. Beispiele für frühere Forschungen der Autoren auf dem Gebiet der Lernfabriken und im Kontext von Corporate Learning betreffen die Fragen, wie ein globales Netzwerk von „Innovation and Learning Centers“ Transformationsprojekte und Innovationen bei Klienten begleiten kann (Mueller et al. 2023), wie Lernfabriken virtuell/remote bei der betrieblichen Weiterbildung genutzt werden können (Hammer et al. 2022), wie ein Sustainability-Konzept für eine Lernfabrik entwickelt werden kann (Mueller et al 2024) und wie ich „spaced learning“ auf den Erwerb von Fähigkeiten und Fertigkeiten im Operations-Kontext auswirkt (Nelles et al 2023).

1.2 Methodik

Dieser Artikel ist ein Konzept und basiert auf Literaturrecherche und der gemeinsamen Erfahrung von Expert*innen im Bereich der betrieblichen Weiterbildung und des interaktiven Design von Trainings in der Sparte Operations (Mueller et al 2023, Hammer et al. 2022; Mueller et al. 2024; Nelles et al. 2023). Im Folgenden werden drei verschiedene Archetypen von der Nutzung von Lernfabriken für die betriebliche Weiterbildung beschrieben und miteinander verglichen: ein Beispiel für eine konventionelle, statische Lernfabrik, ein Beispiel für eine semi-statische, portable „Model Factory in a Box“ (die für die langfristige Nutzung an einem Standort implementiert oder an jedem beliebigen Standort weltweit tragbar eingesetzt werden kann) und ein Beispiel für portables Lernfabrik-Kit (das per Design portabel und daher global nutzbar ist). Unabhängig vom Archetyp sind die gemeinsamen Ziele dieselben und konzentriert sich auf die anwendungsnahe, praktische Vermittlung von betrieblichen Fähigkeiten und Fertigkeiten im Operations-Kontext.

Der Vergleich basiert auf einem mehrdimensionalen Assessment, wobei die konventionelle Lernfabrik als Referenz dient. Das Assessment kann verwendet werden, um den Trade-off zwischen konventioneller Lernfabrik und portablen Lernfabrik-Kit besser zu verstehen und den Entscheidungsprozess für die Auswahl einer statischen Lernfabrik vs. eines portablen Lernfabrik-Kits zu unterstützen (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: *Assessment für Lernfabriken vs. portable Lernfabrik-Kits.*

Dimension	Statische Lernfabrik	Model Factory in a Box	Portables Lernfabrik-Kit
Trainingsbudget: Kosten pro Lernenden	hoch	mittel	Gering
Gesamtbetriebskosten: CapEx and OpEx	hoch (bspw. > 1m EUR für CapEx)	mittel (bspw. 10-100k EUR für CapEx)	niedrig (bspw. < 10k EUR für CapEx)

Standort und benötige Fläche	200-500 m²+ Seminarräume	~60 m² + Seminarraum	~60 m² + Seminarraum
Vorbereitungs- oder Versandzeit	~1-2 Wochen + Training	~ 1-2 Wochen + Training	~ 1-2 Wochen
Skalierbarkeit: Bau von Lernfabrik oder Versand von Lernfabrik-Kit	> 2 Jahre	> 2 Monate	> 2 Wochen
Curriculum: einzelne Lernfabrik oder mehrere Lernfabrik-Kits	Komplette Wertschöpfungskette inkl. lean + digital	Teil der Wertschöpfungskette, bspw. Fertigung inkl. lean + digital	Ein Thema, bspw. Instandhaltung
Personalbedarf für Lernfabrik oder Lernfabrik-Kit	(techn) Fachpersonal erforderlich, zzgl. Fachexpertise für Dozent*innen	Fachexpertise für Dozent*innen	Empfohlen: Fachexpertise; optional: standardisierte Anleitung
Zielgruppe: vorwiegendes Einzugsgebiet (sonst: Anreise der Lernenden erforderlich)	Lokal	Regional	global

2. Assessment von Lernfabriken

Das Assessment der Lernfabriken gliedert sich in acht Dimensionen: (1) Trainingsbudget, (2) Gesamtbetriebskosten, (3) Standort, (4) Vorbereitungs- oder Versandzeit, (5) Skalierbarkeit, (6) Curriculum, (7) Qualifikation der Dozent*innen und (8) Zielgruppe der Lernenden bzw. Einzugsgebiet, siehe Tab. 1:

(1) Trainingsbudget: Die Kosten variieren von hoch bis kosteneffizient. Ein entscheidender Faktor ist der „Return of Investment“ der Lernintervention (Pollock et al. 2015). Die Kosten beinhalten Schulung, Reise, Unterkunft und entgangene Arbeitszeit. Zusätzlich können CO2-Kosten berücksichtigt werden.

(2) Gesamtbetriebskosten: Diese reichen von hohen zu niedrigeren Kosten und bestimmen das Geschäftsmodell der Lernfabrik. Erweiterungen durch portable Lernfabrik-Kits können das Modell ergänzen und die Unabhängigkeit von externen Anbietern erhöhen.

(3) Standort: Der Standort und der Platzbedarf sind entscheidend. Während stationäre Lernfabriken fest an einem Ort sind, bieten portable Lernfabrik-Kits flexible Weiterbildungsmöglichkeiten.

(4) Vorbereitungs- oder Versandzeit: Die Vorbereitungszeit kann von lang zu kurz variieren. Diese umfasst alle Schulungsvorbereitungen und ist bei portablen Kits in der Regel kürzer.

(5) Skalierbarkeit: Die Skalierbarkeit reicht von hoher Bauzeit bis zur sofortigen Verfügbarkeit. Die Erweiterung eines Standortes erfordert mehr Zeit als die Beschaffung portabler Kits, die schnell an mehreren Standorten einsetzbar sind.

(6) Curriculum: Das Curriculum reicht von einer einzelnen Lernfabrik zu vielen Lernfabrik-Kits. Lernfabriken decken umfangreiche Themen ab, während portable Kits themenspezifisch sind, aber kombiniert werden können, um das Curriculum zu erweitern.

(7) Personalbedarf: Der Personalbedarf variiert von hoch bis standardisiert. Lernfabriken benötigen geschultes Fachpersonal, während portable Kits global standardisiert sind. Fachliche Expertise bleibt jedoch notwendig.

(8) Zielgruppe: Die Zielgruppe reicht von lokal zu global. Lernfabriken sind meist lokal ausgerichtet, während portable Kits weltweit versandt und aufgebaut werden können. Es ist wichtig, die Zielgruppe und deren Erwartungen zu verstehen, um die effektivste Lernintervention zu wählen. Alternativen sind E-Learning, virtuelles Remote-Learning oder Coaching am Arbeitsplatz.

3. Anwendungsbeispiele für Lernfabriken und Lernfabrik-Kits

3.1 Portable Lernfabrik-Kits

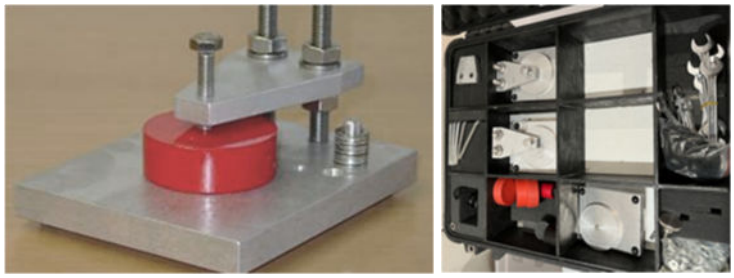


***Abbildung 1**: Beispiel: Lernfabrik-Kit, bspw. SMED Game. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY | © 2024 McKinsey & Company.*

Ein Beispiel für ein portables Lernfabrik-Kit (siehe Abb. 1) ist „Single Minute Exchange of Die“ (SMED), das Fähigkeiten im Bereich Lean vermittelt und auf praktischer, anwendungsnaher Weise zeigt, wie technische Probleme gelöst und Ineffizienzen in einem Fertigungsprozess reduziert werden können. Nachfolgend sind Kriterien aufgeführt, welche als Entscheidungshilfe dienen können, um Lernfabrik-Kits mit Lernfabriken zu vergleichen:

- Beispiele: SMED Übung, Quality Lab Übung, LEGO® Maintenance Übung, Agile LEGO® Robot Übung; optional: Videos als unterstützendes Material
- Lernformat: experimentell, praktisch, anwendungsnah in Kleingruppen, bspw. SMED Übung mit Material für 4 Kleingruppen mit je 6 Teilnehmenden
- Zielgruppe: bspw. mittleres Management, Change Agents
- Curriculum: bspw. Lean, Rüstzeitoptimierung, Instandhaltung, Coaching
- Dauer: je 2-4 Stunden
- Empfehlung: bei einem spezifischen Thema, falls standortübergreifende Skalierbarkeit relevant ist, falls die Reisetätigkeit der Teilnehmenden eingeschränkt ist, falls es hohe Restriktionen hinsichtlich des Budgets gibt

3.1 Model Factory in a Box



***Abbildung 2**: Beispiel: Model Factory in a Box. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY | © 2024 McKinsey & Company.*

Die Model Factory in a Box (siehe Abb. 2) ist ein Beispiel für experimentelles Lernen und kann in 8-9 Transportkisten verschickt werden, um Trainings weltweit anzubieten:

- Lernformat: realitätsnahe, transportable Limonadenfabrik, die technische Prozesse der Herstellung auf eine praktische und anwendungsnahe Weise vermittelt; geeignet für eine Gruppe von 8-20 Lernenden (inkl. Beobachtern)
- Zielgruppe: sämtliche Ebenen der Organisation bis hin zur Führungsebene
- Curriculum: bspw. Fertigung und darüber hinaus, bspw. Operational Excellence (SOPs, OEE, SMED), digitaler Produktion (Performance Management, Produktionsplanung, Advanced Analytics, AI), Change-Management
- Dauer: ein bis mehrere Tage
- Empfehlung: falls (technische) Probleme (in der Fertigung) simuliert werden sollen, falls standortübergreifende Skalierbarkeit relevant ist, falls die Reisetätigkeit der Teilnehmenden eingeschränkt ist, falls es Restriktionen hinsichtlich des Budgets gibt

3.3 Lernfabrik



***Abbildung 3**: Beispiel: Lernfabrik. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY | © 2024 McKinsey & Company.*

Lernfabriken (siehe Abb. 3) vermitteln, in einer immersiven, experimentellen Umgebung (bspw. mit Fertigungslinie) den Weg der Prozessverbesserung „hands-on“, bpsw. gemäß dem „from-to“ Ansatz von einer initialen (nicht „schlanken“) Fertigung zu einer verbesserten („schlanken“) Fertigung. Je nach Lernfabrik kann hierbei auch die gesamte Wertschöpfungskette abgebildet werden. Lernfabriken können zum Beispiel zu einer Hochschule gehören und eigenständig oder gemeinsam mit Unternehmens- und Technologiepartnern betrieben werden:

- Lernformat: operative, betriebliche Erfahrung mit realen Maschinen und Maschinenbedienern; geeignet für eine Gruppe von bis zu 50 Lernenden (inkl. Beobachtern)
- Zielgruppe: sämtliche Ebenen der Organisation bis hin zur Führungsebene
- Curriculum: vielfältige Themen aus der Fertigung und darüber hinaus, bspw. Operational Excellence (SOPs, OEE, SMED), digitaler Produktion (Performance Management, Produktionsplanung, Advanced Analytics, AI), Change-Management, Nachhaltigkeit / Dekarbonisierung der Wertschöpfungskette und Resilienz, bspw. Lieferketten-Resilienz
- Dauer: ein bis mehrere Tage
- Empfehlung: bspw. falls immersives und experimentelles Lernen ermöglicht werden soll und technische Probleme entlang der Wertschöpfungskette in einer risikofreien Umgebung erlebt werden sollen; falls die Reisetätigkeit der Teilnehmenden eingeschränkt ist, falls es geringe Restriktionen hinsichtlich Reisetätigkeit und Budgets gibt

4. Fazit und Diskussion

Dieser Beitrag beinhaltet Erkenntnisse zum Trade-Off zwischen konventionellen Lernfabriken und Portablen Lernfabrik-Kits auf der Grundlage eines Assessments zur Unterstützung der Entscheidungsfindung und unterstützt hierdurch sowohl Anbieter als auch Rezipienten von betrieblicher Weiterbildung. Neben dem Assessment (siehe Tab. 1) ist die Definition des Lernzieles von zentraler Bedeutung, um Aussagen über die Lerninteraktion und über die geeignete Auswahl von Lernangeboten zu treffen. Die wesentlichen Archetypen sind hier die erörterten Anwendungsbeispiele: die Lernfabrik, die Model Factory in a Box oder das portable Lernfabrik-Kit. Das praktische, anwendungsnahe Lernen unterstützt die Lernenden dabei, Informationen im Langzeitgedächtnis zu verankern und steigert somit die Lernergebnisse (Dirkson 2016). Die Entscheidungsfindung für das Lerndesign und die Auswahl des zu vermittelnden Archetyps besteht aus drei Schritten: (a) Verstehen der Unternehmensziele, um festzustellen, ob Lernen die beste Maßnahme ist, (b) Verstehen der Bedürfnisse der Lernenden oder der Qualifikationslücken und der erforderlichen Erfahrungstiefe und (c) Analyse der Budgetbeschränkungen und logistischen Anforderungen, bspw. Versand von portablen Lernfabrik-Kits oder Reisen der Lernenden.

Dieser Beitrag basiert auf der Erfahrung aus der Praxis und dem weltweiten Betrieb mehrerer Lernfabriken, Model Factory in a Box sowie mehrerer Arten von portablen Lernfabrik-Kits – sowohl für das betriebsinterne Corporate Learning als auch als Angebot der betrieblichen Weiterbildung für externe Klienten. Derzeit gibt es keine qualitativen oder quantitativen Daten zur Entscheidungsfindung, welcher Archetyp für das Lernen verwendet werden sollte – sowohl aus der Perspektive eines Anbieters als auch eines Rezipienten. Dieses Papier ist ein Ausgangspunkt für weitere Forschungen in diesem Bereich, um besser zu verstehen, wie betriebliche Fähigkeiten aufgebaut werden können. Zur weiteren Untersuchung könnte derselbe Inhalt unter Verwendung verschiedener Archetypen angeboten werden und die Teilnehmer könnten als Kontrollgruppe in einer Lernfabrik lernen.

5. Literatur

Abele, E (2015) Learning Factories for research, education, and training (2015).

Dirkson J (2016) Design for how people learn, ISBN 978-0-134-22128-2.

Hammer M, Scheller A, Nelles J, Belfanti N, Kowalczyk A, Lacopeta C, Goulding A, Kumar A, and Radermacher A (2022) “The live factory in front of every learner: Lever-aging the power of Digital Capability Centers for remote learning experiences in advanced operations,” SSRN Electron. J.

Mueller FA, Nelles J, Lacopeta C, Radermacher A, Hammer M (2023) “Learning Fac-tory Concepts Beyond Capability Building: How a Global Ecosystem of Innovation and Learning Centers Can Guide Technology Innovation and Enable End-to-End Client Impact,” SSRN Electron. J., no. June.

Mueller FA. Kremer N, Weiler A, Nelles J, Lacopeta C, Hammer M (2ß24) “From sustain-able production to smart building management: How to develop a comprehensive sustainability concept for a learning factory”, Proceedings of the 14th Conference on Learning Factories.

Nelles J, Hammer M, Kondratjew H, Mueller FA, Arte MP, Blackwell E, De Guzman C, Hamood J, Ramnane K, Singh S, Gabriels S (2023) “Building operations skills through a spaced learning and development approach in a corporate environment,” SSRN Electron. J.

Pollock RVH, Jefferson A McK, Wick CW (2015) The six disciplines of breakthrough learning. How to turn training and development into business results, ISBN 978-1-118-64799-8.

IALF Homepage, https://ialf-online.net/.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Gestaltungsansätze für eine lernförderliche User Experience virtueller Lernumgebungen im Living Lab „Hybride Arbeitssysteme“

Robert ECKARDT, Leif GOLDHAHN

Institut InnArbeit -Zentrum für innovative Arbeitsplanung und Arbeitswissenschaft, Hochschule Mittweida – University of Applied Sciences, Technikumplatz 17, D-09648 Mittweida

Kurzfassung: Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Gestaltung lernförderlicher User Experience in virtuellen Lernumgebungen. Im Rahmen einer Versuchsreihe wurden grundlegende Gestaltungsprinzipien für eine virtuelle Lernumgebung erarbeitet, welche mit 31 Probanden getestet wurden. Aus diesen Tests konnten relevante Gestaltungsansätze abgeleitet werden, die darauf abzielen, die Effektivität virtueller Lernumgebungen zu verbessern. Durch diese Arbeit wird ein vertieftes Verständnis für die notwendigen Gestaltungsansätze entwickelt, um virtuelle Lernumgebungen effektiv zu gestalten und somit den Lernerfolg nachhaltig zu fördern.

Schlüsselwörter: Virtual Reality, Menschzentriert, Arbeitsgestaltung, Lernen, Mensch-Technik-Interaktion, Wissensvermittlung

1. Einleitung

In den letzten Jahren hat die Virtual Reality (VR) als innovatives Instrument zur Qualifizierung von Mitarbeitenden zunehmend an Relevanz gewonnen. VR ermöglicht die Vermittlung komplexer Inhalte auf eine lernförderliche und praxisnahe Weise (Dörner et al. 2019). Durch das hohe Maß an Interaktivität und Immersion können Lernende selbst in die Thematik eintauchen. Diese Technologie findet daher u. a. Anwendung in der Industrie (Breyer-Mayländer et a. 2022), wo VR bspw. zur Schulung von Mitarbeitenden eingesetzt wird (Schwanke& Torcoli 2022). Die Fähigkeit, praxisnahe Erfahrungen in einer kontrollierten Umgebung zu simulieren, eröffnet neue Perspektiven für die Wissensvermittlung und -aneignung. Dadurch kann auch das Verhalten der Anwendenden einbezogen, Fehlverhalten identifiziert und proaktiv adressiert werden (Foerst 2020) (Goldhahn & Eckardt 2021), was u. a. zu einer signifikanten Reduktion der Fehlerquoten sowie des Schulungsaufwands im realen Betrieb führen kann (Dörner et al. 2013). Vorarbeiten zeigen, dass praktische Erfahrungen nicht nur das Lernen fördern, sondern auch den langfristigen Wissenserhalt unterstützen (Foerst 2020). Die Literatur untersetzt im Kontext der Nutzung von VR hinsichtlich der Lernwirksamkeit einen hohen Praxis-bezug und „gute Resultate“ (Hirt et al 2019) (Breyer-Mayländer et a. 2022). Vor diesem Hintergrund wird die Gestaltung virtueller Lernumgebungen zu einem entscheidenden Faktor für den Lernerfolg. Insbesondere die User Experience (UX) als ganzheitlicher Ansatz (Petersen 2023) kann hier eine zentrale Rolle einnehmen, da sie maßgeblich beeinflusst, wie Lernende mit den Inhalten interagieren und welche Motivation sie dadurch entwickeln (vgl. Abschnitt 2.2). Eine lernförderliche UX geht über die Durchführung der virtuellen Lernaufgabe hinaus. Um eine lernförderliche Umgebung im Sinne der UX zu schaffen, sind u. a. die Gestaltung intuitiver Benutzeroberflächen sowie interaktiver Elemente essenziell. Eine

entsprechend gestaltete VR- Anwendung kann so nicht nur die Effektivität und Effizienz des Lernprozesses steigern, sondern auch dazu beitragen, dass Nutzer aktiv Feedback geben und somit in den Entwicklungsprozess einbezogen werden. Dies ist bspw. in der Maschineninstandhaltung besonders relevant, wo ergonomische Aspekte (Anordnung und Inhalt von Informationstafeln für den Nutzenden) sowie die Bedienbarkeit (Navigation und Steuerung in der virtuellen Umgebung) entscheidend sind.

2. Grundlagen

2.1 Definition Virtual Reality (VR)

Die Literatur definiert VR als die „visuelle Präsentation und Manipulation von 3D-Daten in Echtzeit". (Hirt et al 2019) Die VDI-Richtlinie 3633 definiert VR darüber hinaus als „eine Mensch-Maschine-Schnittstelle, die es erlaubt, in eine computergenerierte, dreidimensionale virtuelle Welt einzutauchen, diese als Realität wahrzunehmen, Bestandteile dieser zu sein und mit dieser zu interagieren. Als Teil der computergenerierten Welt kann man diese von verschiedenen Positionen aus betrachten und sie unmittelbar verändern." (VDI 2020) Diese Eigenschaften tragen wesentlich zur Schaffung eines Gefühls der Präsenz bei, das als zentrales Konzept zur Beschreibung der mentalen Aspekte der VR-Erfahrung gilt. (Dörner et al. 2019). Drei Teilaspekte bilden das Gefühl der Präsenz im Wesentlichen ab. Die Ortsillusion umfasst das Gefühl, dass sich der Nutzende an dem, vom VR-System visualisierten Ort, befindet. Die Wahrnehmung des Ergebnisses der virtuellen Umgebung wird als Plausibilitätsillusion bezeichnet. Sie beruht grundsätzlich auf den Inhalten der virtuellen Welt, die den Nutzenden betreffen, von ihm aber nicht initiiert wurden. Die Involviertheit bezeichnet den Grad der Aufmerksamkeit oder auch das Interesse des Nutzenden an der virtuellen Welt, welche grundsätzlich durch die Inhalte der virtuellen Welt erzeugt wird. Diese Erkenntnisse sind für eine lernförderliche UX von enormer Bedeutung, da sie die Grundlage für eine positive Nutzungserfahrung im Sinne von Wahrnehmung, Involviertheit und Glaubwürdigkeit bilden. (Dörner et al. 2019) Angesichts der Bedeutung der Präsenz in VR für die UX ist es essenziell, die Definition und die zentralen Aspekte der UX näher zu betrachten.

2.2 Definition User Experience (UX)

Während Präsenz sich auf das Eintauchen in eine virtuelle oder fiktionale Welt bezieht und durch verschiedene Faktoren wie realistische Grafiken, immersive Audio und interaktive Elemente verstärkt wird, umfasst UX das gesamte Nutzungserlebnis eines Produkts (Petersen 2023). UX umfasst laut Norman&Nielsen (2016) „alle Aspekte der Interaktion des Nutzers mit dem Unternehmen, seinen Produkten und seinen Dienstleistungen." Der ganzheitliche Ansatz der UX wird in der ISO 9241-210 als Standard definiert. Die zentrale Frage, die sich aus dieser Norm ableiten lässt, ist, inwiefern das jeweilige Produkt einen wirklichen Nutzen bietet (ISO 9241-210 2019). Ähnlich wie bei der Präsenz in VR können verschiedene Nutzer unterschiedliche Erfahrungen und Emotionen bei der Interaktion mit einem Produkt haben. Um eine positive UX zu gewährleisten, ist es daher wichtig, die Bedürfnisse und Erwartungen der Nutzer zu verstehen und zu berücksichtigen. Methoden wie Nutzerbefragungen in Form von Frage-bögen oder Verhaltensanalysen wie Usability- oder A/B-Tests können hier wertvolle Einblicke liefern. (Petersen 2023) Die Messung der UX ist entscheidend, um die Zufriedenheit der Nutzer zu verstehen und

zu verbessern. Dazu dienen bspw. Nutzerbefragungen oder Usability-Tests. Nutzerbefragungen können z. B. in Form von Fragebögen und Interviews erfolgen, um ein direktes Feedback von Nutzern zu erhalten. (Kirchhoff et al. 2010) Usability-Tests unterstützen dabei, die Benutzerfreundlichkeit eines Produkts zu bewerten. Nutzer führen vorgegebene Bedienhandlungen aus, während ihre Interaktionen beobachtet und analysiert werden. Usability-Tests können Schwachstellen im Design aufdecken und wertvolle Einblicke in das Nutzerverhalten liefern. (Witte 2018) Ein Usability-Test lässt sich mit dem Technology Acceptance Model (TAM) auswerten.

3. Beschreibung methodisches Vorgehen

3.1 Beschreibung Versuchsaufbau

Für die Durchführung der Versuche wurde das Head Mounted Display (HMD) HTC Vive verwendet. Allen Testpersonen wurde das in der VR-Software IC.IDO entwickelte virtuelle Lernszenario sowie der Umgang damit erklärt. HMD wie die HTC Vive bieten einen hohen Grad der Immersion (Engel 2019) und ermöglichen das freie Interagieren mit beiden Händen mittels Controllern am virtuellen Arbeitsplatz, wodurch Arbeitsaufgaben inkl. Bedienhandlungen gezielt sowie wiederholt trainiert werden können. Die Testpersonen hatten die Aufgabe, die Umsetzung der Instandhaltungsaufgabe des Riemenwechsels an einer Drehmaschine virtuell zu trainieren. Dazu musste jede Testperson alle insgesamt 15 dafür notwendigen Demontage- und Montageschritte virtuell durchführen. Einer dieser Schritte umfasst die Demontage des Antriebsriemens (vgl. Abbildung 1). Die Abbildung 2 visualisiert zwei grundsätzliche Gestaltungsansätze, wie Informationen den Testpersonen zur Verfügung gestellt werden. Verwendung finden Informationstafeln, welche für jede Arbeitsaufgabe separat eingeblendet werden, worauf der Testperson mitgeteilt wird, was sie zu tun hat, wo sie es zu tun hat und warum sie es tun muss. Darüber hinaus leiten Wegweißer in Form von Pfeilen oder Fußspuren die Testperson zu dem Ort im virtuellen Lernszenario, an dem die Arbeitsaufgabe (virtuelle Bedienhandlung) umgesetzt werden soll. (Eckardt, Goldhahn 2024)



Abbildung 1: Demontage Antriebsriemen Drehmaschine



Abbildung 2: Informationstafel zur Informationsvermittlung sowie Wegweiser (grüner Pfeil)

3.2 Beschreibung Aufbau Fragebogen zur Nutzerbefragung

Der Fragebogen im Sinne von Nutzerbefragungen wurde darauf ausgelegt, die Effizienz, Effektivität und Benutzerfreundlichkeit (Usability) eines virtuellen Übungs-szenarios in der virtuellen Lernumgebung bewertbar und nachnutzbar zu machen. Daraus ergibt

sich die Möglichkeit der anwender- und bedarfsgerechten Modifikation eines virtuellen Übungsszenarios in der virtuellen Lernumgebung und damit die Möglichkeit, das Lernen zu fördern und so einen langfristigen Wissenserhalt sicher-zustellen. Im Frage-bogen wurden u. a. folgende Fragen den Testpersonen gestellt: *„Die Bedienbarkeit der VR-Brille, wie das Aufsetzen und Einstellen, ist einfach zu handhaben.“*, *„Das virtuelle Lernszenario hat Ihre Fähigkeit verbessert, die Bedien-handlungen im realen System, wie bspw. die Herstellung der Energieversorgung, korrekt nachzuvollziehen und zu wiederholen.“*, „*Die Informationstafeln im virtuellen Lernszenario waren leicht lesbar*.“ Insgesamt umfasst der Fragebogen 16 Fragen. Die Fragen sind in verschiedene Kategorien unterteilt, die sich auf spezifische Aspekte der VR-Erfahrung konzentrieren. Diese Aspekte umfassen die Bewertung der Genauigkeit, Vorstellbarkeit und Detailtreue des virtuellen Lernszenarios und wie diese Aspekte das Lernen sowie die VR-Nutzung beeinflussen. Der Aspekt der Bedienbarkeit umfasst die Bewertung der Benutzerfreund-lichkeit der VR-Hardware, einschließlich der VR-Brille und des Controllers. Der Aspekt der Übertragbarkeit auf reale Systeme umfasst die Untersuchung, inwieweit das virtuelle Lernszenario den Nutzern hilft, ein räumliches Verständnis der realen Umgebung und die Fähigkeit zur Instandhaltung der realen Werkzeugmaschine zu entwickeln. Der offene Charakter der Fragen gibt den Nutzern die Gelegenheit, ihre Meinung zu den Potenzialen und Grenzen der virtuellen Techniken sowie zu möglichen Anwendungsbereichen zu äußern. Diese Struktur ermöglicht eine umfassende Bewertung der verschiedenen Aspekte des virtuellen Lernszenarios und bietet wertvolle Einblicke in die Benutzererfahrung und die potenziellen Verbesserungsbereiche. Der Fragebogen wurde den Testpersonen nach der Durchführung des virtuellen Lernszenarios entweder in digitaler oder analoger Variante zur Verfügung gestellt, wobei sich die Fragen nicht veränderten. Insgesamt wurde der Fragebogen von 31 Testpersonen vollständig ausgefüllt. Im Fragebogen wurde eine fünfstufige Unterteilung (Skala) in “Stimme überhaupt nicht zu”, “Stimme nicht zu”, “teils/teils”, “Stimme zu” und “Stimme voll und ganz zu” angewendet. Dies ermöglicht eine differenzierte Erfassung der Meinungen der Testpersonen. Diese fünfstufige Einteilung hat den Vorteil, dass die Testpersonen ihre Meinung präziser ausdrücken können, was dabei hilft Unterschiede in den Einstellungen und Meinungen klar zu erkennen. Darüber hinaus unterstützt diese Skaleneinteilung eine Ausgewogenheit der Antwortmöglichkeiten, was eine ehrliche und differenzierte Rückmeldung fördert. Durch die Normierung der Antwortmöglichkeiten auf eine wiederkehrende Skale wird die Aussagekraft der Daten erhöht.

3.3 Datenauswertung

Das Technology Acceptance Model (TAM) untersucht, welche Faktoren die Akzeptanz und Nutzung einer Technologie beeinflussen. Zwei zentrale Komponenten des Modells sind die wahrgenommene Nützlichkeit und die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit einer Technologie (Jockisch 2010). Die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit ist direkt mit der Usability verbunden. Wenn Nutzer eine Technologie als benutzerfreundlich empfinden, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sie diese akzeptieren und nutzen. TAM kann daher verwendet werden, um zu verstehen, wie die Usability einer Anwendung die Akzeptanz und Zufriedenheit der Nutzer beeinflusst. Durch die Kombination von Usability-Tests und TAM-basierten Nutzerbefragungen können detaillierte Einblicke gewonnen werden, wie verschiedene Aspekte der Benutzerfreundlichkeit die Gesamtakzeptanz einer Technologie, hier im Sinne lernförderlicher UX virtueller Lernumgebungen, beeinflussen. Dies ermöglicht es, gezielte Verbesserungen der Gestaltungsansätze vorzunehmen, um die Nutzererfahrung der virtuellen Lernumgebungen zu verbessern. Die Abbildung 5 bildet exemplarisch die statistische Auswertung sowie die daraus resultierende

Verteilung an der Frage „Die Informationstafeln waren leicht lesbar“ ab. Diese Frage verdeutlich sehr gut, welchen Einfluss die Gestaltung auf Usability hat. Die Informationstafeln sind grundlegende Gestaltungsansätze innerhalb der virtuellen Lernumgebung. Mit einem Mittelwert von 3,76 liegen die meisten Befragten zwischen “teils/teils” und “stimme zu”. Der Median von 4 zeigt, dass die typische Antwort “stimme zu” ist. Dies bedeutet, dass die Hälfte der Befragten der Aussage zustimmt oder weniger zustimmt, während die andere Hälfte der Aussage genauso stark oder stärker zustimmt. Die Standardabweichung von etwa 1,09 zeigt eine größere Streuung in den Antworten, was bedeutet, dass es eine breitere Vielfalt von Meinungen gibt. Einige Befragte stimmen überhaupt nicht zu (Wert 1), während andere voll und ganz zustimmen (Wert 5). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Befragten unterschiedliche Meinungen zu der gestellten Frage haben. Während der durchschnittliche Befragte dazu neigt, der Frage zuzustimmen, gibt es eine signifikante Anzahl von Befragten, die entweder weniger zustimmen oder überhaupt nicht zustimmen.

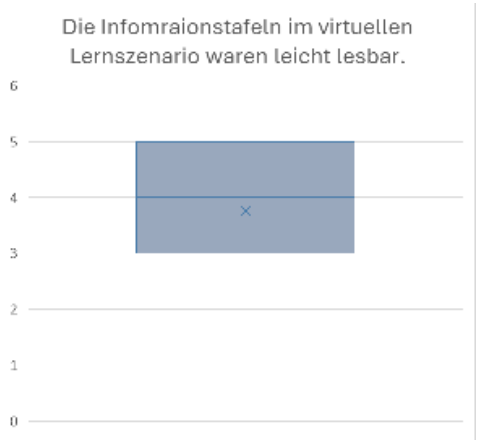


***Abbildung 5**: Auswertung Befragung zum Gestaltungsansatz Lesbarkeit Inhalte Informationstafel.*

4. Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Die statistische Auswertung der Fragebögen zeigt eine Vielzahl von Verbesserungsvorschlägen, die auf unterschiedliche Aspekte der Benutzerfreundlichkeit und Orientierung im Sinne von lernförderlichen Gestaltungsansätzen abzielen. Hauptpunkte des Feedbacks umfassen die Verwendung von einfacher Sprache und klaren Anweisungen, um Missverständnisse zu vermeiden oder die Verwendung von genaueren Hinweisen zu einzelnen Komponenten, da nicht alle Nutzer mit Fachbegriffen oder Maschinen vertraut sind. Darüber hinaus wurden visuelle Orientierungshilfen thematisiert. Informationstafeln sollten immer an der gleichen Stelle platziert werden und blinkende Pfeile zum Einsatz kommen, um die Orientierung im virtuellen Raum zu erleichtern und damit auch den Ort markieren, an welchem die nächste Aufgabe durchzuführen ist. So erkennt die Testperson schnell, wohin sie sich bewegen muss.

5. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Gestaltung lernförderlicher UX in virtuellen Lernumgebungen. Zentrale Gestaltungsansätze zur Informationsvermittlung umfassen

die Verwendung von Informationstafeln und Wegweisern, die den Nutzern klare Anweisungen zu den Aufgaben geben. Ein strukturierter Fragebogen ermöglichte eine differenzierte Bewertung der Benutzerfreundlichkeit und Effektivität des virtuellen Szenarios. Die Fragebogenkategorien reichten von Lernunterstützung über Detailtreue bis hin zur Übertragbarkeit auf reale Systeme. Die Ergebnisse zeigten eine heterogene Meinungsverteilung unter den 31 Befragten, was auf unterschiedliche Erfahrungen hinweist. Das verwendete TAM diente als theoretischer Rahmen zur Analyse der Faktoren, die die Akzeptanz der Technologie beeinflussen. Das Feedback der Testpersonen lieferte wertvolle Hinweise zur Verbesserung der UX, wie z. B. die Verwendung einfacher Sprache, konsistente Platzierung von Informationstafeln sowie visuelle Orientierungshilfen wie blinkende Pfeile. Diese Erkenntnisse sind essenziell für die Weiterentwicklung effektiver Gestaltungsansätze in virtuellen Lernumgebungen, um sowohl die Usability als auch den langfristigen Wissenserhalt zu fördern.

6. Literatur

Breyer-Mayländer T, Zerres C, Müller A, Rahnenführer (Hrsg.) (2022) Die Corona-Transformation https://doi.org/10.1007/978-3-658-33993-7_10 : 166.

Dörner R, Broll W, Grimm P, Jung B (Hrsg.) (2019) Virtual und Augmented Reality (VR/AR) 8-3-662-58861-1 (eBook) https://doi.org/10.1007/978-3-662-58861-1: 18.

Engel B, (2019) Immersion oder Versinken in der virtuellen -Realität – auch ein Thema für die Arbeitsmedizin? In: Zeitschrift für medizinische Prävention, vol. 54, n° 09, Enligne: https://www.asu-arbeitsmedizin.com/node/30413/print. 604–607

Eckardt R, Goldhahn L (2024) Virtual training for the maintenance of machine tools. In: Isabel L. Nunes (eds) Human Factors and Systems Interaction. AHFE (2024) International Conference. AHFE Open Access, vol 154. AHFE International, USA. http://doi.org/10.54941/ahfe1005367, 199 - 207

FOERST GmbH, Effiziente Fahrsimulatoren für Pkw, Lkw und Busse. Zugang am Jan 7, 2020, https://www.fahrsimulatoren.eu/de/

Goldhahn L; Eckardt R: Learning Scenarios for the Improvement of Operating Safety of Machine Tools. In: Black, N.L.; Neumann, W.P.; Noy, I. (eds): Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021). IEA 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 223. Cham: Springer; doi.org/10.1007/978-3-030-74614-8_92, S. 749 – 760

Hirt C, Spahni M, Kompis Y, Jetter D, Kunz A (2019) Alles rund um die Maschine – Begehbare virtuelle Schulung an Werkzeugmaschinen. In: VAR² 2019 – Realität erweitern, Hrsg. Putz M, Klimant P, Klimat F, Chemnitz, ISBN: 978-3-00-064420-7 : 43 - 58

International Organization for Standardization (ISO) (2019) Ergonomics of human-system interaction
– Part 210: Human–centred design for interactive systems. ISO 9241-210

Jockisch M (2010) Das Technologieakzeptanzmodell. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-8484-5_11. 233 In: Bandow G, Holzmüller H H (Hrsg). 978-3-8349-1842-0

Kirchhoff S, Kuhnt S, Lipp P, Schlawin S. (2010) Der Fragebogen. 978-3-531-16788-6: 37

Norman D, Nielsen J. (2016). The definition of User Experience (UX). Accessed Jan 07, 2025 www.nngroup.com/articles/definition-user-experience

Petersen I (2023) User Experience verstehen. 327. In Hoffmann S (Hrsg.) Digitales Produktmanagement (2023)

Schwanke A, Torcoli G (2022) Einsatz von Virtual Reality im Arbeitsschutz. DGUV Forum 3/2022. 30.

VDI 3633, Blatt 11 (2020), Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen Simulation und Visualisierung: 3.

Witte F. (2018) Metriken für das Testreporting. https://doi.org/10.1007/978-3-658-19845-9_25 .173

Danksagung: Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Unterstützung sowie dem Projektträger Karlsruhe (PTKA) für die Betreuung des Forschungsprojektes „PerspektiveArbeit Lausitz (PAL)“, Förderkennzeichen 02L19C300. Die Verantwortung für diesen Beitrag liegt bei den Autoren.

X-perience the change: Den Wandel der Arbeit beim Einsatz von KI erlebbar machen mit XR-Technologie

Andrea ALTEPOST[1], Yücel UZUN[2], Urs RIEDLINGER[2], Adjan HANSEN-AMPAH[1], Farah ELAROUSSI[1], Wolfgang MERX[1], Stefan SCHIFFER[3]

[1] Institut für Textiltechnik, RWTH Aachen University, Otto-Blumenthal-Str. 1, D-52074 Aachen
[2] Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT, Schloss Birlinghoven, D-53757 Sankt Augustin
[3] MASKOR-Institut der Fachhochschule Aachen, Eupener Str. 70, D-52066 Aachen

Kurzfassung: Wie kann innovative, KI-gestützte Arbeit der Zukunft aussehen? Vielen Mitarbeitenden, aber auch Führungskräften in Unternehmen, Interessenvertretenden und Multiplikator*innen fällt es nicht leicht, sich dies realistisch vorzustellen. Im Kompetenzzentrum der Arbeitsforschung WIRKsam entwickeln die Autor*innen einen Ansatz interaktiver Extended-Reality-(XR-)Demonstratoren. Gestaltungsziele industrieller Arbeitssituationen werden mit passenden, instruktiven KI-Wirkmechanismen zu geeigneten Szenarien verbunden, in XR abgebildet und in eine Interaktionssituation transformiert, die dem Anspruch der Erfahrbarkeit gerecht wird. Mit diversen Stakeholdergruppen wird derzeit eine erste Version evaluiert.

Schlüsselwörter: Extended Reality, Arbeitsgestaltung, Künstliche Intelligenz, Demonstratoren

1. Einleitung

Das Kompetenzzentrum der Arbeitsforschung WIRKsam entwickelt mit Beschäftigten und Führungskräften in zwölf Anwendungsfällen prototypisch KI-gestützte Arbeitsprozesse. Wie kann innovative, KI-gestützte Arbeit der Zukunft vorab erlebbar gemacht werden, damit Mitarbeitende und Führungskräfte in Unternehmen, Interessenvertretende und Multiplikator*innen sich davon eine Vorstellung machen und darin unterstützt werden können, die Arbeitswelt der Zukunft aktiv zu gestalten? In Workshops mit verschiedenen Stakeholdergruppen kristallisierte sich die XR-Technologie als ein Weg heraus, instruktive Demonstratoren zu schaffen. Hierzu wurde ein Use Case ausgewählt, in dem sich ein praxisrelevantes arbeitswissenschaftliches Ziel mit einem passenden, instruktiven KI-Wirkmechanismus zu einem ersten Szenario verbindet und sich in XR mit den verfügbaren technischen Mitteln abbilden lässt.

2. Methodik und Konzeptentwicklung

Extended Reality (XR) ist ein Sammelbegriff für immersive Technologien, der auch die Unterformen Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) umfasst (Dörner et al. 2013). XR ermöglicht es Nutzenden, Szenarien zu erleben, die unter konventionellen Bedingungen nur schwer oder gar nicht umsetzbar wären. Die Konzipierung eines Use

Case für einen ersten XR-Demonstrator umfasst die Identifikation von Zielen und Zielgruppen, von relevanten Arbeitssituationen und KI-Verfahren. Zudem skizzieren wir einen Evaluationsansatz.

2.1 Zielsetzung und Zielgruppen

Aus Workshops mit diversen Stakeholdern (Altepost et al. 2023) sowie Diskussionen in einer interdisziplinären Expert*innengruppe, deren Ergebnisse in Hansen-Ampah et al. (im Druck) gebündelt sind, ergaben sich drei wesentliche Ziele, die vom Demonstrator erfüllt werden sollen. Erstens soll er aufzeigen, wie Unternehmen und Mitarbeitende von der Zusammenarbeit mit WIRKsam profitieren, bspw. durch arbeitswissenschaftliche Gestaltung KI-unterstützter Arbeit zur Steigerung der Arbeitszufriedenheit. Zweitens soll der Demonstrator qualifizieren, indem er z. B. zeigt, wie soziotechnische Arbeitssysteme zu diesem Zweck gestaltet werden sollten. Drittes Ziel ist das Experimentieren im virtuellen Raum. So kann z. B. erprobt werden, ob es einen Akzeptanzunterschied hinsichtlich KI-Systemen gibt, die von erfahrenen Mitarbeitenden trainiert werden, gegenüber von Auszubildenden trainierten Systemen. Hierbei werden Stakeholdergruppen mit unterschiedlich starker Betroffenheit angesprochen – von den Mitarbeitenden bis hin zu Akteuren, die erst auf gesellschaftlicher Ebene, z. B. durch Aggregation betrieblicher Transformationen (Hansen-Ampah et al., im Druck) von Veränderungen des Arbeitssystems berührt werden. Als Basis für die weitere Ausrichtung des Demonstrators wurde das Drei-Ebenen-Modell der Stakeholderbeteiligung in Tabelle 1 (Hansen-Ampah et al., im Druck) entwickelt.

Tabelle 1: *Drei-Ebenen-Modell der Stakeholder für WIRKsam-XR-Demonstratoren.*

1. Ebene	**Am stärksten vom Arbeitssystem betroffen**
	z. B. Maschinenführende, Instandhaltung
2. Ebene	**Indirekt oder noch nicht direkt vom Arbeitssystem betroffen**
	z. B. Management, HR, Auszubildende, Kunden
3. Ebene	**Nicht lokal vom Arbeitssystem betroffen / auf gesellschaftlicher Ebene betroffen**
	z. B. breite Bevölkerung, Forscher:innen, Vertreter:innen unverbundener Unternehmen, Industrie- und Handelskammern usw.

An diesen Stakeholderebenen orientiert sich die inhaltliche und technische Entwicklung des Demonstrators, wie im Folgenden skizziert.

2.2 Arbeitswissenschaftliche Kriterien der Use-Case-Auswahl

Für die Charakterisierung von Arbeitssituationen, die für die Zielgruppen in einem Demonstrator-Use-Case interessant sein sollten, wurden die zentralen arbeitswissenschaftlichen Projektziele der Anwendungsfälle herangezogen. Diese basieren letztlich auf etablierten Bewertungskriterien menschengerechter Arbeitsgestaltung, vgl. etwa Hacker und Sachse (2023). Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Verteilung dieser Ziele und zeigt, dass die Themen Gesundheit/Entlastung und Lernförderlichkeit mit jeweils sechs Anwendungsfällen die größte Rolle spielen.

Tabelle 2: *Arbeitswissenschaftliche Schwerpunkte der WIRKsam-Anwendungsfälle.*

Arbeitswissenschaftlicher Fokus	Gesundheits-schutz/ Belastungs-reduktion	Freiwerdende gestaltbare Zeitressourcen	Lernförder-lichkeit (Lernen in der Arbeit)	Arbeitsorga-nisation
Anzahl Anwendungsfälle (insgesamt 12)	6	4	6	2

Für beide Schwerpunkte gilt, dass sie sowohl von den Unternehmensvertretenden als relevant angesehen werden, als auch für Mitarbeitende essenziell zum Erhalt ihrer physischen wie qualifikatorischen Beschäftigungsfähigkeit beitragen. Auch für nachgelagerte Prozessbeteiligte und externe Stakeholder, z. B. Kunden, bedeutet es einen Mehrwert, dass gesunde und gut qualifizierte Fachkräfte auch in Kontexten von Produkt- und Prozessinnovationen in die Wertschöpfung eingebunden sind. Eines dieser Merkmale oder eine Kombination sollte daher die Arbeitssituation im Use Case prägen. Gleichzeitig galt es, ein für die Anwendungsfälle und weitere Unternehmen relevantes und technisch-didaktisch umsetzbares KI-Verfahren zu identifizieren.

2.3 KI-bezogene Kriterien der Use-Case-Auswahl

Auch hier wurden KI-Teilbereiche identifiziert, die für eine relevante Zahl von Anwendungsfällen und potenziell weitere Unternehmen eine aussichtsreiche Lösung versprechen (Schiffer et al. 2024). Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die in WIRKsam relevantesten Verfahren. Wiederum gibt es zwei Kategorien, die in jeweils sechs Anwendungsfällen vorkommen, nämlich Optimierung und überwachtes Lernen.

Tabelle 3: *KI-bezogene Schwerpunkte der WIRKsam-Anwendungsfälle (eigene Darstellung nach Schiffer et al. (2024)).*

KI-Verfahren	Problem-lösung	Optimierung	Planung/ Plan-erkennung	Entscheidung	Überwachtes Lernen	Nicht überwachtes Lernen
Anzahl Anwendungsfälle (insgesamt 12)	4	6	4	4	6	4

2.4 Entwicklung der Demonstratoren

Der Prototyp wurde mit der Unity-Game-Engine entwickelt und orientiert sich an offenen Standards. OpenXR wird als standardisierte Schnittstelle zur Kommunikation zwischen XR-Anwendungen und Hardware genutzt. Aktuell werden Headsets des Modells Meta Quest 3 für Demonstrationen eingesetzt, jedoch ist die Anwendung zur Gewährleistung hoher Flexibilität mit anderen kompatiblen Hardwareplattformen nutzbar. Die Entwicklung der Demonstratoren erfolgt iterativ und basiert auf einem nutzerzentrierten Designansatz. Feedback von Stakeholdern wird in mehreren Entwicklungsphasen integriert, um kontinuierliche Optimierungen vorzunehmen. Zudem ermöglicht dieser Ansatz die flexible Integration neuer Technologien im Verlauf des gesamten Projektlebenszyklus.

2.5 Erhebung und Auswertung des Nutzendenfeedbacks

Personen aus den in Abschnitt 2.1 genannten Stakeholdergruppen, die den Demonstrator bspw. bei Veranstaltungen mit Unternehmen oder der interessierten Öffentlichkeit erproben, werden vor und nach der XR-Nutzung mit einem standardisierten Instrument befragt. Die Fragen vor XR-Nutzung betreffen Alter und (soziales) Geschlecht, Erfahrung mit XR-Brillen und KI sowie Industriearbeit allgemein sowie zwei Einstellungsfragen zu KI: „Die Integration von KI in den Arbeitsprozess der Mitarbeitenden ist generell sinnvoll“ sowie „Als Mitarbeitende*r würde ich die Arbeit mit KI-Unterstützung präferieren“, jeweils gemessen mit einer fünfstufigen Likert-Skala. Nach XR-Nutzung werden Fragen zu User Experience, empfundenem Stress und der Unterstützung durch die XR-Anwendung sowie nochmals die obigen beiden Fragen zu KI-Einstellungen beantwortet.

3. Ergebnisse

Wir berichten über den aus dem skizzierten Vorgehen entstandenen Use Case und geben einen kurzen Eindruck bisheriger Nutzendenfeedbacks.

3.1 Konzeption und Umsetzung des Demonstrators

Die relevantesten arbeitswissenschaftlichen Ziele Entlastung und Lernförderlichkeit wurden mit dem KI-Verfahren „Überwachtes Lernen“ zum Szenario eines Sortierwerkzeugs kombiniert, das eine entlastende Unterstützung abbildet. In der Anwendung übernehmen die Nutzenden die Rolle von Sortierenden in einer Recyclinganlage (Abbildung 1). Ihre Aufgabe besteht darin, Metalle von Kunststoffen auf einem Förderband zu trennen. Diese Aufgabe wird zweimal durchgeführt: zuerst ohne, dann mit Unterstützung einer Pseudo-KI, die Metalle auf dem Förderband automatisch hervorhebt. Nach Abschluss werden statistische Auswertungen bereitgestellt, die die durch die KI erzielten Verbesserungen veranschaulichen und einen spielerischen Lerneffekt fördern. Zur besseren Orientierung beinhaltet der Prototyp ein Tutorialsystem, das schriftliche Anweisungen auf einem Monitor anzeigt und diese simultan auditiv wiedergibt.

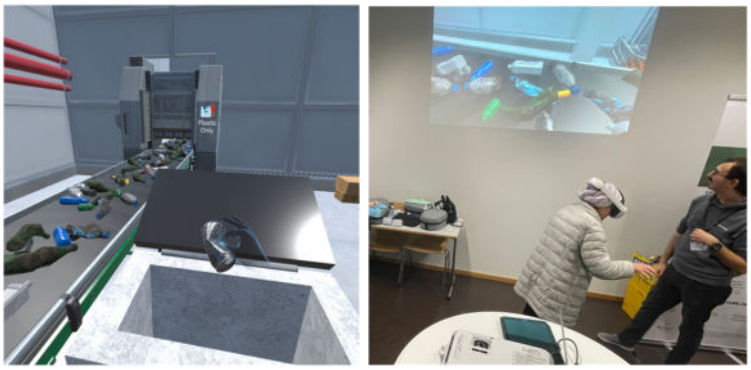


***Abbildung 1**: XR-Demonstrator Use Case „Recycling-Betrieb“: links Sicht der/des Nutzenden, rechts Nutzerin bei der Wissenschaftsnacht der RWTH Aachen University, November 2024.*

3.2 Nutzendenfeedback

Als Nutzendenfeedback wurden während der Nutzung beobachtetes Verhalten und getätigte Äußerungen notiert, zudem erste Personen mit dem standardisierten Evaluationsinstrument befragt. Dabei traten einige wiederkehrende Herausforderungen zutage. Viele Nutzende folgen den Anweisungen auf dem Monitor nur ungern und neigen eher dazu, direkte Hilfe von anderen Personen zu suchen. Daher wird die Einführung eines virtuellen Assistenten in Erwägung gezogen, der als menschliche oder robotische Figur auftritt. Zusätzlich wurden Probleme mit der Handgestenerkennung festgestellt. Die Standard-Greifgeste des verwendeten XR-Interaction-Toolkits erfordert ein bewusstes Zusammenführen von Zeigefinger und Daumen, was für viele Nutzende nicht intuitiv ist. Daher wird nun an einer fehlertoleranteren und intuitiveren Gestenerkennung gearbeitet. Bislang sechs Personen im Alter von 17 bis 77 Jahre (Durchschnitt: 35 Jahre, eine fehlende Angabe) konnten mit dem in Abschnitt 2.5 geschilderten Instrument befragt werden (Anlass: Wissenschaftsnacht der RWTH Aachen University, 08.11.2024). Vier der Befragten waren weiblich, zwei männlich. Eines der Ziele gemäß Abschnitt 2.1 lautete, einen Experimentierraum für Unternehmen und ihre Mitarbeitenden zur KI-unterstützten Arbeit anzubieten. Daher werden an dieser Stelle die vor und nach der Demonstratornutzung berichteten Einstellungen zur KI-Anwendung in den Blick genommen (Abbildung 2). Bei beiden Items ergaben sich leichte Verschiebungen hin zu einer positiveren Einstellung zu KI (Abbildung 2). Während der sehr kleinen Stichprobe wenig Aussagekraft zugesprochen werden kann, bleibt abzuwarten, ob sich diese Tendenz in größeren Stichproben bestätigt. Wichtig ist noch anzumerken, dass es hier nicht um eine „blinde“ Akzeptanz von KI geht, sondern diese Befunde integriert mit den situativen Rückmeldungen der Teilnehmenden im Laufe der Testung betrachtet werden.

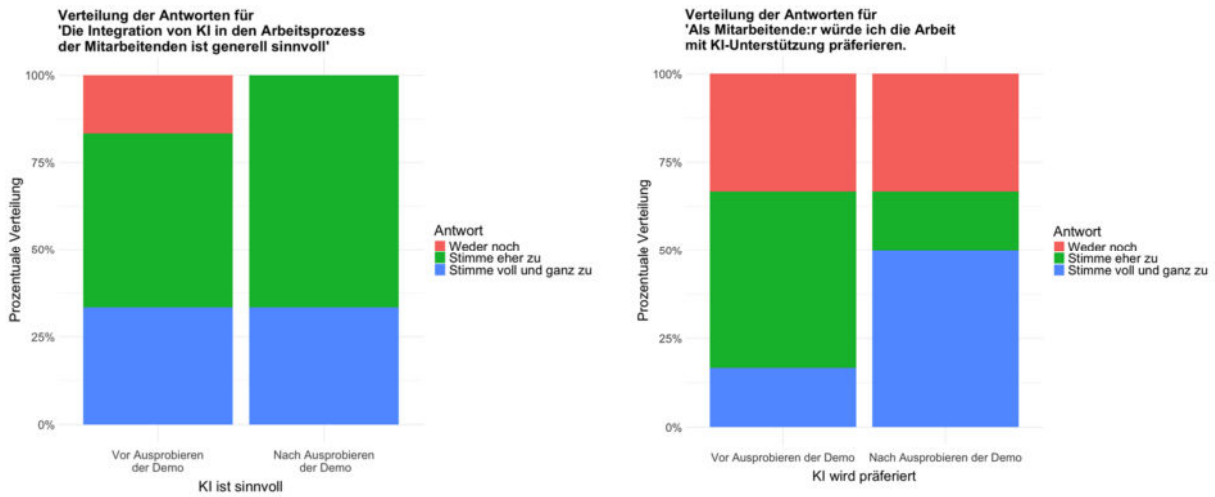


***Abbildung 2**: Einstellungen zur KI-Anwendung vor und nach der Demonstrator-Nutzung.*

4. Diskussion und Ausblick

Bei der Entwicklung von KI-Technologien und ihrer Einbindung in industrielle Arbeitssysteme wurde in WIRKsam die Erfahrung gemacht, dass betriebliche Entscheidungsträger*innen sich häufig in die jeweiligen KI-Lösungen trotz der technischen Komplexität besser hineindenken können als in die abstrakter scheinende Veränderung von Arbeit. Die Verflechtungen der Bereiche Mensch, Technik und Organisation im Arbeitssystem

aus einer soziotechnischen Perspektive werden dann nicht reflektiert und in den betrieblichen Veränderungen berücksichtigt. WIRKsam hat sich deshalb zum Ziel gesetzt, Menschen für die Veränderung von Arbeit zu begeistern, indem dieses zentrale Thema mithilfe von Extended Reality (XR) anschaulich und erlebbar gemacht wird. Durch interaktive Demonstratoren erworbene erste Erfahrungen und das Erleben der Gestaltbarkeit in partizipativen Prozessen können dies befördern, Expertise einbinden und Ängste in produktive Herausforderungen transformieren. Künftige Iterationen des Prototyps werden noch realistischere Anwendungsszenarien mit KI-Unterstützung fokussieren. Techniken wie Photogrammetrie oder neuartige Verfahren wie Gaussian Splatting ermöglichen die Erhöhung der visuellen Qualität und Realitätsnähe. So wird die Bedeutung des KI-Einsatzes in der Industrie eindrucksvoll demonstriert – ein wesentliches Ziel von WIRKsam.

5. Literatur

Altepost, A., Berlin, F., Ferrein, A., & Harlacher, M. (2023). Demonstrativ-aktiv-iterativ: Arbeitssysteme mit Künstlicher Intelligenz an Demonstratoren im Reallabor vermitteln, erproben und weiterentwickeln. Nachhaltig Arbeiten und Lernen – Analyse und Gestaltung lernförderlicher und nachhaltiger Arbeitssysteme und Arbeits- und Lernprozesse. 69. GfA-Frühjahrskongress, Hannover.

Dörner, R., Broll, W., Grimm, P., & Jung, B. (Hrsg.). (2013). Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität. Springer Vieweg.

Hacker, W., & Sachse, P. (2023). Allgemeine Arbeitspsychologie: Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten (4., vollständig überarbeitete Auflage). vdf.

Hansen-Ampah, A., Altepost, A., & Bau, M. (im Druck). Technikfolgenabschätzung in der Transformation als soziotechnisches Verfahren. Internationale Konferenz TA24, 3.-4. Juni 2024: Methoden für die Technikfolgenabschätzung - Im Spannungsfeld zwischen bewährter Praxis und neuen Möglichkeiten, Wien.

Hansen-Ampah, A., Altepost, A., Elaroussi, F., Hirsch, L., Merx, W., Oppermann, L., Rosenthal-von der Pütten, A., Rothermel, A. M., & Schiffer, S. (im Druck). Conceptualization of Demonstrators for Human-Technology Interaction with a Three-Layer Model. IEA 2024 - 22nd Triennial Congress of the International Ergonomics Association (IEA), Jeju, Südkorea.

Schiffer, S., Rothermel, A. M., Ferrein, A., & Rosenthal-von der Pütten, A. (2024). Look: AI at Work! - Analysing Key Aspects of AI-support at the Work Place. Workshop on Human-Machine Interaction (HuMaIn) held at KI 2024, Würzburg, Germany.

Danksagung: Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 02L19C601 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Auf die Gabel gefühlt: 5G-schnelle Sensor-Informationen bei der Gabelstapler-Nutzung in der Evaluation

Michael BAU[1], Andrea ALTEPOST[1], Patrick VAN BEEK[2], Florian BUCHHOLZ[3], Urs RIEDLINGER[3], Leif OPPERMANN[3]

[1] ILAG Institut Arbeit Leistung Gesundheit,
Hipperstraße 5, D-24306 Plön
[2] ZWi Technologies GmbH,
Gierlichsstr. 29-31, D-53840 Troisdorf
[3] Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT,
Schloss Birlinghoven, D-53757 Sankt Augustin

Kurzfassung: Im Projekt 5G IndustrieStadtpark Troisdorf wurden Anwendungen der 5G-Technologie in Industrieunternehmen unter Beteiligung von Mitarbeitenden entwickelt und erprobt (Bau et al. 2023). Dieser Beitrag fokussiert auf eine Anwendung, in der ein Gabelstapler mit Sensoren zur Messung verschiedenster Fahrzeugzustände ausgestattet wurde. Die gewonnenen Daten sollten sowohl die Staplerfahrenden als auch die Leitstellen beim Verleiher und beim Nutzenden der Stapler unterstützen. Eine hierzu entwickelte App wurde unter Reallabor-Bedingungen im Dezember 2023 evaluiert. 12 Staplerfahrer führten eine typische Aufgabe mit der Stapler-App durch und wurden zu verschiedenen Aspekten der Appnutzung, u. a. Beanspruchung, befragt. Der Beitrag geht auf Ergebnisse, Akzeptanzaspekte und Verbesserungsvorschläge ein.

Schlüsselwörter: 5G, Sensordaten, Gabelstapler, Evaluation, Beanspruchung, MTO

1. Einleitung

Im Projekt 5G IndustrieStadtpark Troisdorf wurden Anwendungen der 5G-Technologie in Industrieunternehmen unter Beteiligung von Mitarbeitenden entwickelt und erprobt. Im hier vorgestellten Use Case geht es darum, dass ein Gabelstapler mit Sensoren zur Messung verschiedenster Fahrzeugzustände ausgestattet wurde. Die so gewonnenen Informationen zielten einerseits auf die Unterstützung der Staplerfahrenden – z. B. Position, Batteriestand, Erschütterungen, Kamerabilder –, andererseits auf Informationsbedarf sowohl beim Verleiher des Staplers als auch beim Kunden, etwa für Predictive Maintenance im Wartungsservice oder Daten zur Unfalldokumentation. Die mit der Lösung angestrebten Ziele, die zu erhebenden Daten und Details zu deren Weitergabe an die jeweiligen Stakeholder wurden einvernehmlich in einem Workshop mit Mitarbeitern und Führungskräften festgelegt (Bau et al. 2023). Eine auf dieser Basis entwickelte App (im Folgenden als „Stapler-App“ bezeichnet) wurde unter Reallabor-Bedingungen im Dezember 2023 evaluiert.

2. Methodik

In der Evaluation sollten nicht nur Verbesserungspotenziale des technischen Prototypen identifiziert, sondern auch die belastungsbezogenen Wahrnehmungs-prozesse der Mitarbeitenden im Zuge der technikbezogenen Veränderungen verfolgt werden. Ein im Gesamtprojekt entwickelter und genutzter Bewertungskatalog (vgl. Altepost et al. 2022), u. a. unter Nutzung von Kriterien aus KOMPASS (Grote et al. 1997), wurde für den Anwendungsfall adaptiert, die genutzten Befragungs- und Beobachtungsinstrumente überarbeitet. Eine Zusammenfassung der hier relevanten Kriterien findet sich in Tabelle 1.

Tabelle 1: *Kriterien aus Bewertungskatalog für die Evaluation der Technik im Arbeitskontext MTO, Beispiel: Stapler-App.*

Kriterium nach Bewertungskatalog	Erhebungsmethode
Unterstützungsleistung des technischen Systems	Leitfaden-Interview, Beobachtung, Videoaufzeichnung
Erfahrung mit elektronischen Geräten und Navi	Fragebogen
Erfahrung Staplerfahren	Fragebogen
Beanspruchung	Fragebogen NASA-TLX (leicht modifiziert), Beobachtung, Videoaufzeichnung
Benutzerfreundlichkeit	Fragebogen, Leitfaden-Interview

Die App war auf einem fest im Stapler verbauten Tablet verfügbar und zeigte Sensordaten zur Beschleunigung, zum Batterieladestand, zur Temperatur und zur Luftqualität im Stapler sowie zum Neigungswinkel der Gabel an. Zudem wurden die Bilder einer direkt an den Gabelzinken montierten Kamera übertragen, so dass auch in unübersichtlichen Ladesituationen etwa in oberen Etagen eines Hochregals der Fahrer ein genaues Bild von der Position der Gabel und des Ladeguts erhielt.

Die Evaluation wurde im Dezember 2023 auf dem Gelände des Industriegebiets durchgeführt, in dem die beiden Unternehmen an benachbarten Standorten ansässig sind. 12 Staplerfahrer führten unter Nutzung der Stapler-App eine Aufgabe durch, die auf Erfahrungen zu typischen Anwendungen der Gabelstapler aufbaute. Auf dem Außengelände des Verleihers war eine Kiste aus ca. 2 Metern Höhe aufzuladen, diese dann zum Gelände des Kundenunternehmens zu transportieren und dort im Außenbereich ebenerdig abzuladen (Teil 1). Nach einer kurzen Zwischenbefragung vor Ort war eine weitere Kiste aufzuladen, zurück zum Startpunkt zu transportieren und dort in ca. 2 Metern Höhe wieder abzustellen (Teil 2); vgl. Abbildung 1.

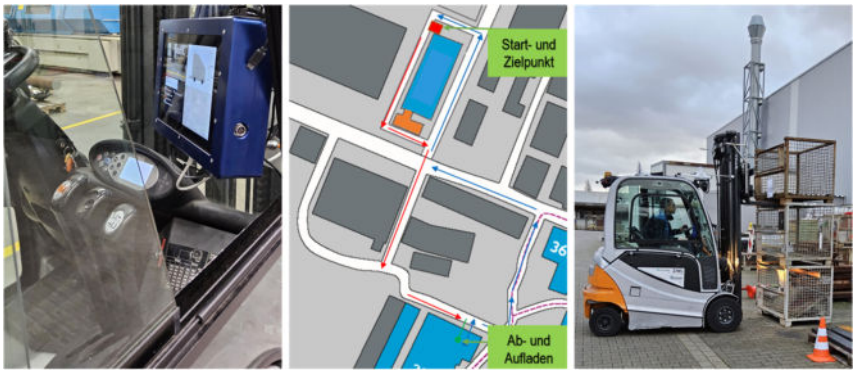


Abbildung 1*: Praxistest: Stapler mit App (links),Testparcours (Mitte) und Testfahrt (rechts).*

Zur Erfassung der Beanspruchung wurde eine leicht modifizierte Version des NASA-TLX (Hart & Staveland 1988; Ausgliederung einer separaten Frage zum Empfinden von Stress) zu drei Zeitpunkten eingesetzt: Vor dem Praxistest als Einschätzung bei einer Aufgabendurchführung in der bislang gewohnten Weise ohne Stapler-App, nach dem ersten Teil des Praxistests bezogen auf die gerade mit Stapler-App durchgeführte Aufgabe sowie nach Beendigung des zweiten Praxisteils. Diesem Design lag die Annahme zugrunde, dass der erste Lade- und Fahrvorgang mit zunächst höherer Beanspruchung zu Lernen bzw. Eingewöhnen mit geringerer Beanspruchung im zweiten Teil führen könnte. Die Auswertung der Fragebögen erfolgte mithilfe eines Statistikprogramms, die Auswertung der Interviews mittels der Software MaxQDA.

3. Ergebnisse

Den Test durchliefen 12 Teilnehmer beider Unternehmen, alle männlich, im Alter von 27 bis 53 (Durchschnitt: 36) Jahren mit überwiegend mittlerem Schulabschluss. Alle waren mit dem Staplerfahren aus ihrer täglichen Arbeit vertraut. Die Testpersonen hatten eine insgesamt sehr hohe Erfahrung mit elektronischen Geräten, Navigations- und Einparkhilfen (Mittelwert 4,3 Punkte bei max. 5 Punkten). Acht von 11 Testpersonen, die diese Frage beantworteten, zeigten sich generell interessiert an den Themen der Stapler-App („eher ja“ bzw. „ja“). Es konnte keine Abhängigkeit vom Alter festgestellt werden (Tabelle 1; Cramer‘s V=0.261, p=0.387), einschränkend muss allerdings auf die geringe Stichprobengröße hingewiesen werden. So weisen auch die Zellen in der Kreuztabelle nicht die benötigte Belegung (>=5) auf.

Tabelle 1: *Interesse an Themen der Stapler-App und Alter.*

Ich bin generell an den in der Stapler-App vorkommenden Themen interessiert \ Alter über Stichproben-Durchschnitt?	nein	ja	Gesamt
Nein bis höchstens teils-teils	1	2	3
Eher ja bis ja	5	3	8
Gesamt	6	5	11

Für den NASA-TLX wurde eine Likert-Skala von 1 (keine bzw. niedrigste Beanspruchung) bis 10 (höchste Beanspruchung angelegt. Zunächst betrachten wir den Mittelwertindex über alle neun Fragen, wobei die Items „Ich löse die Aufgabe normalerweise erfolgreich“ (Befragung vor Praxistest) bzw. „Ich habe die Aufgabe erfolgreich gelöst“ (Befragung während/nach Praxistest) und „Ich bin mit meiner Leistung beim Lösen der Aufgabe zufrieden“ invertiert wurden, da in der Originalversion eine niedrige Ausprägung mit einer hohen Belastung einher geht.

Wie Abbildung 2 mit deskriptiven Vergleichswerten zeigt, bleibt die subjektive Belastung zu allen drei Zeitpunkten sehr moderat; der maximale Wert von 10 wird bei weitem nicht erreicht. Dennoch fällt auf, dass die Aufgabendurchführung unter Alltagsbedingungen (ohne Stapler-App) als insgesamt belastender berichtet wird, als dies bei den beiden Messungen zur Testaufgabe der Fall ist. In der abschließenden Befragung gibt es noch einen inkrementellen Rückgang des Mittelwertes.

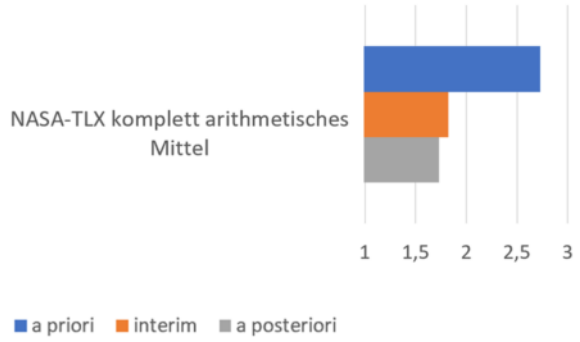


***Abbildung 2**: NASA-TLX Mittelwertindex vor (a priori), während (interim) und nach (a posteriori) dem Praxistest; N=11 (listenweise).*

Wenngleich denkbar erscheint, dass es einigen Mitarbeitern vor der Testung zunächst wichtig war, die Anforderungen ihrer Tätigkeit deutlich zu machen, zeigt ein Blick auf die Einzelitems (ohne positiv gepolte Items) ein differenzierteres Bild (Abbildung 3). Mit einer Ausnahme liegen die Werte in allen Items für die Alltagsaufgabe höher als für die Testdurchläufe, am weitaus deutlichsten fällt dies jedoch für das Empfinden von Zeitdruck auf. Dies ist plausibel, da im Alltag häufiger Zeitdruck herrscht, wenn z. B. LKWs abgeladen werden müssen, während der Praxistest ohne zeitliche Vorgabe durchgeführt wurde.

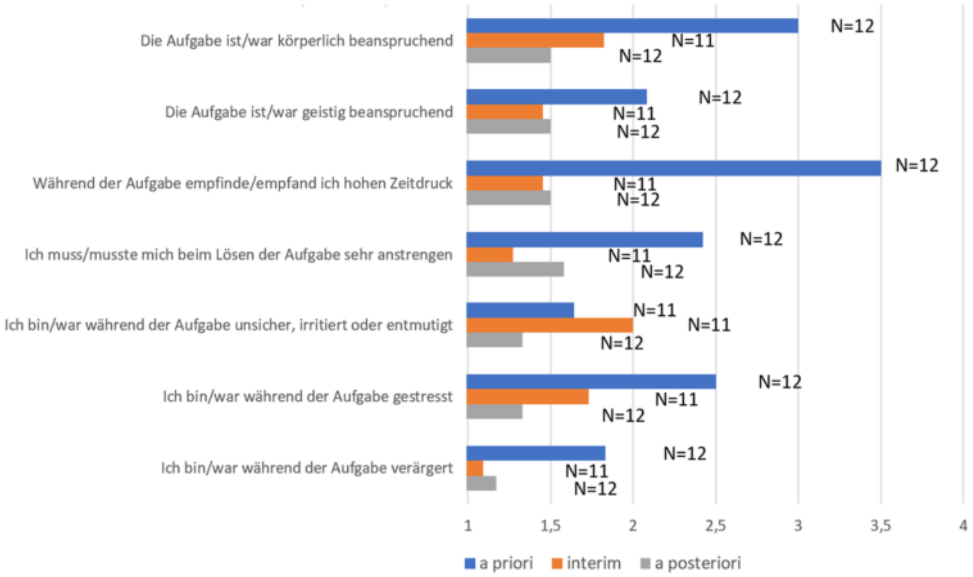


***Abbildung 3**: Beanspruchung: Einzelitems vor, während und nach Praxistest.*

Zudem sind dann u. U. auch körperlich anstrengendere Tätigkeiten zu leisten und die Verantwortung für einen reibungslosen Ablauf zu übernehmen. Gegen den Trend wird das Item „Ich bin/war während der Aufgabe unsicher, irritiert oder entmutigt“ am höchsten im ersten Teil des Praxistests bewertet. Dies legt nahe, dass die unbekannte Situation erstens als Testperson unter Beobachtung und zweitens unter Nutzung eines neuen technischen Arbeitsmittels zunächst Unsicherheit befördert. Das Item „Ich bin/war während der Aufgabe gestresst“ könnte darauf verweisen, dass im ersten Testteil tatsächlich die Beanspruchung zwar nicht so hoch wie im Alltag – mit allen dort gegebenen Stressfaktoren – empfunden wurde, jedoch ein gewisser Stresspegel entstand, der sich im zweiten Teil auf der Rückfahrt durch ein Eingewöhnen in die

Situation reduzierte. Es ist demzufolge ratsam, den Mitarbeitern zunächst einen Testzeitraum mit einem neuen System zuzugestehen, in dem die Anforderungen und Vorgaben des Alltagsgeschehens zunächst ausgesetzt werden und belastungs-reduzierende Aspekte der Technologie zum Tragen kommen können.

Während Infos zu Temperatur und Luftqualität als weniger relevant betrachtet wurden, empfanden die Tester die Kamera an der Gabel überwiegend als entlastend:

> „… mich hat die Kamera begeistert an der Gabel … ich habe mich sicherer gefühlt beim Abnehmen und beim Anheben der Last. Ich wusste, okay, da kann nichts passieren."

Ein Kollege befürchtete hingegen:

> „Die Kamera kann verrutschen, kann sich verstellen, alles schon gehabt. Und es war jetzt eine Gitterbox, wenn ich da irgendwas zerschieße, das teurer ist, das mache ich lieber mit Augenmaß."

Das Vertrauen in die Technik kann eben nicht vorausgesetzt, sondern muss durch entsprechende Vorkehrungen und Erfahrungen erworben werden.

Neun der 12 Teilnehmer gaben an, dass ihnen die Erledigung der Testaufgabe mit der Stapler-App Spaß gemacht habe. Ihnen fiel die Aufgabe gleichzeitig auch leicht. Wiederum sieben dieser Personen konnten sich („eher ja" bis „ja") auch vorstellen, die App im Alltag einzusetzen; die drei Personen, denen die Testung nicht so leicht fiel, zeigten sich dazu weniger bis gar nicht bereit. Fünf der sieben Testpersonen, denen die Aufgabe (eher) leicht fiel, wiesen zudem eine Gesamtbeanspruchung (Mittelwertindex NASA-TLX) unterhalb des Stichproben-durchschnitts auf. Ein Mitarbeiter wünschte sich, die App länger testen zu können, um zu einem fundierteren Urteil zu kommen. Die Testpersonen unterbreiteten einige Verbesserungsvorschläge für die Stapler-App wie in Abbildung 4 (erstellt mit der Software MaxQDA) dargestellt.

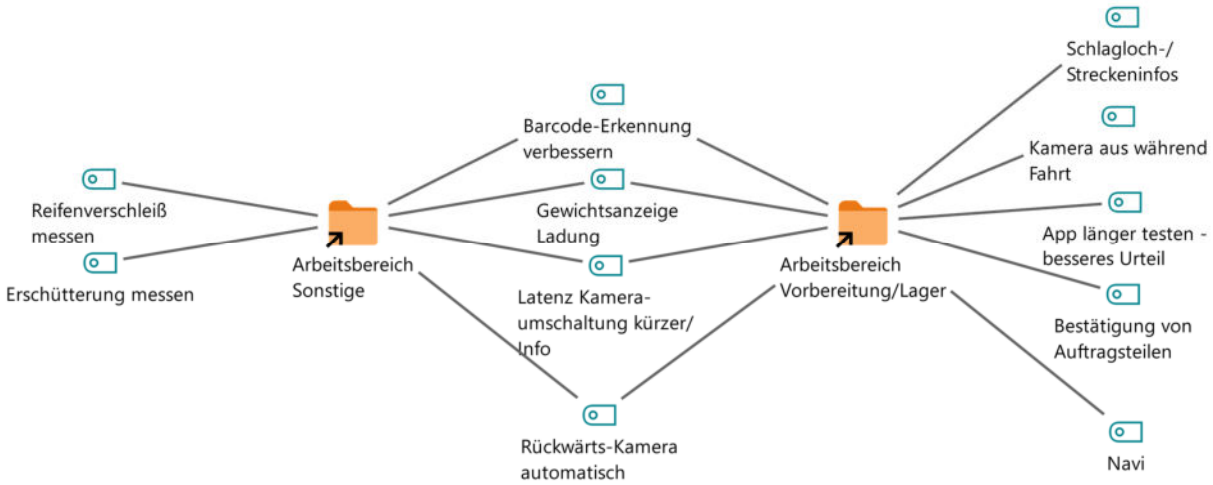


***Abbildung 4**: Verbesserungsvorschläge für die Stapler-App.*

Neben Vorschlägen zu verbesserten Funktionalitäten (z. B., Ausschalten der Kamera während der Fahrt und automatische Umschaltung auf eine Rückwärtskamera beim Rückwärtsfahren; Gewichtsanzeige der Ladung, Messen von Erschütterungen und Reifenverschleiß, verbesserte Streckeninfos, Möglichkeit zur Bestätigung von Auftragsteilen), gab es auch Anmerkungen zur Arbeitstätigkeit und ihrem Ablauf, z. B.:

> „Ich muss noch bestimmen können, wann ich es mache und ob ich es an einem Stück mache. Das finde ich halt auch interessant. Oder zumindest für mein Gefühl, dass ich noch irgendwas zu sagen habe“

Die Verschränkung zwischen Mitarbeiter, Technik und organisatorischer Gestaltung und somit die Bedeutung des MTO-Ansatzes zeigt sich hier besonders illustrativ.

4. Diskussion und Ausblick

Die Beanspruchung durch eine entsprechende Aufgabendurchführung ohne Stapler-App wurde in den meisten Kriterien des NASA-TLX als höher empfunden als im/nach dem Test; Ausnahmen waren subjektiver Erfolg und Zufriedenheit beim Lösen der Aufgabe sowie die Unsicherheit, Irritation oder Entmutigung während der Aufgabendurchführung. Dies ist plausibel, da im Alltag häufiger Zeitdruck herrscht, wenn z. B. LKWs abgeladen werden müssen, während der Praxistest ohne zeitliche Vorgabe durchgeführt wurde, die Mitarbeiter aber gleichzeitig vor eine unbekannte, verunsichernde Situation stellte. Insgesamt ist das Beanspruchungsniveau sehr moderat, so dass wir davon ausgehen, dass die App (und auch die Testung selbst) zumindest nach Eingewöhnung keinen übermäßigen Stress verursacht. Viel Potenzial bietet vor allem die Kameraunterstützung durch Vermeidung gefährlicher und teurer Unfälle beim Ladeprozess. Weitergehende Aussagen zur Entlastung in der täglichen Arbeit bedürfen einer längerfristigen Testung unter Alltagsbedingungen nach Umsetzung der erhaltenen Verbesserungsvorschläge. Fraglich bleibt, inwieweit die Stichprobe repräsentativ für die Mitarbeitenden in den Unternehmen sein kann. Die bekundete generell hohe Technikerfahrung kontrastiert zur Aussage einer Testperson:

> „… besser ist, man hält es so einfach wie möglich, weil, … viele der älteren Kollegen tun sich schon schwer mit dem Abrufen des E-Mail-Postfachs.“

Zwischen Interesse, Vorkenntnissen und den Erfolgsaussichten der Nutzung neuer Technologien gilt es daher, ggfs. Brücken für spezifische Mitarbeitenden-Gruppen zu schlagen.

5. Literatur

Altepost, A., Bau, M., Uzun, Y., Riedlinger, U., Buchholz, F., & Oppermann, L. (2022). In meinen Koffer packe ich... Soziotechnische Systemgestaltung nach dem MTO-Prinzip am Beispiel 5G-Technologie. Technologie und Bildung in hybriden Arbeitswelten. GfA-Frühjahrskongress, Magdeburg.

Bau, M., Altepost, A., Buchholz, F., & Oppermann, L. (2023, 03.03). Hochgestapelt oder tragfähig für alle Beteiligten? Sensorik am Gabelstapler und die Interessen der Stakeholder. Nachhaltig Arbeiten und Lernen. GfA-Frühjahrskongress, Hannover.

Grote, G., Wäfler, T., & Weik, S. (1997). KOMPASS: Eine Methode für die komplementäre Analyse und Gestaltung von Produktionsaufgaben in automatisierten Arbeitssystemen. In O. Strohm & E. Ulich (Hrsg.), Unternehmen arbeitspsychologisch bewerten (S. 259–280). VDF.

Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In Advances in psychology (Bd. 52, S. 139–183). Elsevier.

Danksagung: Das Projekt „IndustrieStadtpark: 5G-Anwendungen im Industrie-Stadtpark Troisdorf“ wurde vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr im Rahmen der 5x5G-Strategie gefördert und vom Projektträger VDI-VDE-IT betreut. Förderkennzeichen 165GU054. Wir danken allen Projektpartnern.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Transferinstrumente der Arbeitsforschung im Vergleich: Potenziale, Merkmale und Lösungsansätze aus dem WIN:A-Projekt zur Stärkung des Wissensaustauschs zwischen Forschung und betrieblicher Praxis

Jonas KUHN[1], Julia M. BAUER[2], Johanna M. WERZ[1],
Esther BOROWSKI[1], Ingrid ISENHARDT[1]

[1] WZL – Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen,
Lehrstuhl für Informations-, Qualitäts- und Sensorsysteme in der Produktion (IQS),
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen,
Campus-Boulevard 30, D-52074 Aachen
[2] Institut für Betriebsführung im DHI e. V. (itb),
Unterweingartenfeld 6, D-76135 Karlsruhe

Kurzfassung: Ein effektiver Wissenstransfer zwischen Arbeitsforschung und betrieblicher Praxis ist für KMU entscheidend, um in einer globalisierten, digitalisierten Wirtschaft wettbewerbsfähig zu bleiben. Der durch begrenzte Ressourcen entstehenden Innovationslücke kann mittels aktueller Erkenntnisse aus der Arbeitsforschung entgegengewirkt werden. Die diesem Beitrag zugrundliegende Erhebung ermöglicht einen systematischen Vergleich von Transferinstrumenten mit dem Ziel, sowohl Erfolgs- als auch Hemmfaktoren im Wissenstransfer zu identifizieren und die Praxisrelevanz arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse zu fördern.

Schlüsselwörter: KMU, Transfer, Transferdefizite, Transferinstrumente, Wissensaustausch

1. Einleitung

Der erfolgreiche Wissenstransfer zwischen Forschung und betrieblicher Praxis stellt eine wesentliche Voraussetzung dar, um die Relevanz und den Nutzen arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sicherzustellen (Krause-Jüttler & Bau 2012; Henke 2017). Dennoch erreichen viele der von der Arbeitswissenschaft für KMU entwickelten Produkte und Werkzeuge infolge ungeeigneter Transferstrukturen nur selten die benötigte Reichweite. Ein Grund hierfür ist ein strukturelles Transferdefizit: Forschungsergebnisse sind oft schwer auffindbar, begrenzt auf betriebliche Anforderungen angepasst und berücksichtigen die spezifischen Kontextbedürfnisse und Ressourcen von KMU in einem nur unzureichenden Maße (Cernavin & Joerißen 2022). Die Ergebnisse des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Programms „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ (BMBF 2021) forcieren die Überwindung dieses Transferdefizits. Sie unterstützen KMU darin, ihre aktuellen Herausforderungen im Betriebsalltag zu bewältigen und Innovationsprozesse voranzutreiben. Neben dem Transferforschungsprojekt „Wissens- und Innovations-Netzwerk: Arbeitsforschung“ (WIN:A) werden dreizehn „Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“ (ReKodA) in diesem BMBF-Programm gefördert. Aufgabe der ReKodA ist es, durch transdisziplinäre Forschung und anwendungsnahe Kooperationen innovative

Lösungen für die Arbeitswelt von morgen zu entwickeln und die Wettbewerbsfähigkeit, Nachhaltigkeit sowie soziale Teilhabe in der betrieblichen Praxis zu fördern (BMBF 2021). Im Rahmen seiner Transferforschungsaktivitäten hat das Projekt WIN:A im ersten Halbjahr 2024 bei den ReKodA Beispiele für einen von den Kompetenzzentren als erfolgreich wahrgenommenen Wissenstransfer zwischen Arbeitsforschung und betrieblicher Praxis in Form von Beiträgen für die Broschüre „Transfer schafft Zukunft" gesammelt (WIN:A 2024). Aufbauend auf dieser Sammlung untersucht der folgende Beitrag die Frage danach, *welche Erfolgs- und Hemmfaktoren die ReKodA für den Wissenstransfer zwischen Arbeitsforschung und betrieblicher Praxis identifizieren*. Ziel der Untersuchung ist es, die als förderlich für den Transfer bewerteten Faktoren in der Beispielsammlung herauszuarbeiten, um diese strategisch zur Verbesserung der Austauschaktivitäten nutzen zu können.

2. Theorie

Das dem WIN:A-Projekt zugrundeliegende systemtheoretisches Konzept des Transfer Engineerings (TE) dient dazu, einen Ordnungsrahmen zur Initiierung und Verstetigung von Kommunikationsprozessen zwischen Akteuren zu schaffen. Dies ermöglicht die Förderung von Wissens-Communities sowie eine Analyse und Optimierung von Transfermethoden (Leisten 2012; s. Abbildung 1).

Zentral für das TE ist die Transdisziplinarität, da komplexe Herausforderungen wie die Digitalisierung der Arbeitswelt Wissen aus verschiedenen Systemen erfordern. Der Begriff „Engineering" unterstreicht die systematische Prozessgestaltung, angelehnt an die VDI-Richtlinie 2221, welche die methodischen Grundlagen zur Entwicklung technischer Systeme beschreibt (VDI 2221 2019). Dabei ist das Ziel des TE, Forschungsergebnisse praxisorientiert nutzbar zu machen, Akzeptanz durch partizipatives Handeln zu fördern und die klassische Rollenaufteilung zwischen Wissenschaft und Praxis zu überwinden (Leisten 2012). Transfer wird dabei explizit als Medium und Methode verstanden, um während der Entwicklung und Durchführung transdisziplinärer Projekte Beziehungen zu identifizieren, gemeinsame Anforderungen zu definieren und Lösungen in den Anwendungskontext zu integrieren. Im Mittelpunkt stehen sechs Dimensionen: Personen, Themen, Wege, Orte, Zeiten und Hilfsmittel (ebd.; s. Abbildung 1). Die Kommunikation hängt stets von Akteuren, Themen sowie räumlichen und zeitlichen Strukturen ab (Frey et al. 1995). Personen prägen den Transferprozess durch Kompetenzen, Motivation und Vertrauen (Bromme et al. 2004). Die Themen bestimmen den Forschungsgegenstand und die Motivation (Bergmann & Schramm 2008). Weiterhin sind Kommunikationswege und -mittel essenziell, wobei Zeitfaktoren wie Kontinuität und Dauer eine Rolle spielen (Pipek & Won 2000). TE ist also ein agiles und bedarfsorientiertes Modell, das wissenschaftliche, gesellschaftliche und praktische Anforderungen berücksichtigt.

Das folgende Paper baut also auf der Annahme, dass Dimensionen aus dem TE dabei unterstützen können, in der Sammlung der Transferinstrumente der ReKodA Faktoren zu identifizieren, die die Kompetenzzentren als begünstigend für ihre Transferaktivitäten wahrnehmen.

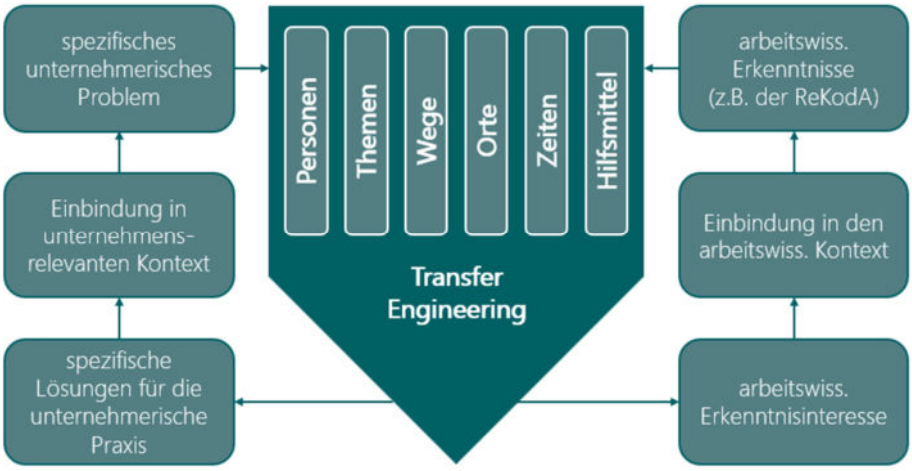


***Abbildung 1**: Vereinfachte Darstellung des Transfer Engineering Konzepts von Leisten (2012), angepasst an den WIN:A-Projekt Kontext in Anlehnung an Hohlbaum et al. (2023).*

3. Methodisches Vorgehen

Zur Erhebung und Analyse der Transferinstrumente fand im Rahmen eines online durchgeführten Call for Participation statt. An der Sammlung beteiligten sich acht ReKodA, die über dreizehn Transferbeispiele berichteten (WIN:A 2024). Aus diesen Beispielen wurden durch eine qualitative Inhaltsanalyse induktiv sechs Transferdimensionen gebildet (Mayring 2015). Die folgenden Transferdimensionen werden bei der Analyse als Bewertungskategorien zugrunde gelegt: Kosten (finanzielle Anforderungen), qualitative Faktoren (Intensität der Zusammenarbeit), quantitative Faktoren (Reichweite der Praxispartner), Umsetzbarkeit (praktische Realisierbarkeit im Forschungskontext), Zeitaufwand (erforderliche Ressourcen für die Implementierung) und Zielgruppenspezifität (Passgenauigkeit für spezifische Zielgruppen). Daran anschließend wurden Bewertungskategorien gebildet, die dazu dienen, eine Analyse der komplexen Transferprozesse vorzunehmen und sie systematische ordnen zu können. Außerdem wird so die Messbarkeit und Vergleichbarkeit von Transferinstrumenten ermöglicht. Jede Kategorie wurde also in einer fünfstufigen Ordinalskala abgebildet (Bauer & Blasius 2014) von 1 „trifft nicht zu“ bis 5 „trifft voll zu“. Die Bewertung der Praxisbeispiele anhand der sechs Transferdimensionen fand anschließend durch die ReKodA selbst statt (WIN:A 2024).

4. Ergebnisdarstellung und Diskussion

Die Beispielsammlung aus dem Anwendungskontext der ReKodA und ihrer betrieblichen Partner bieten wertvolle Einblicke in die Gestaltung von als effektiv wahrgenommenen Transferinstrumente und legt Schlüsselaspekte für eine zielgerichtete Implementierung offen. So gaben die ReKodA den Umsetzungsaufwand für die von ihnen als erfolgreich wahrgenommen Transferbeispielen in 54 Prozent der Fälle als hoch oder erhöht an (Bewertungen von 3-5). Daraus geht hervor, dass aufwandsintensivere Ansätze nicht zwingend hinderlich für den Transfererfolg sind, sondern unter bestimmten Umständen sogar besonders wirkungsvoll sein können. Investitionen in solche Instrumente können also lohnenswert sein, wenn sie gezielt und strategisch eingesetzt werden (WIN:A 2024). Wie auch im TE diskutiert, spielen Ressourcenaspekte und

Optimierungsmöglichkeiten eine Rolle bei der Auswahl passender Transferbeispiele (Leisten 2012). Darüber hinaus gaben die ReKodA Kosten für die von ihren als erfolgreich wahrgenommen Transferbeispiele in 69 Prozent als gar nicht oder teilweise relevant an (Bewertungen von 1-2). Diese Angabe impliziert zum einen, dass ein als erfolgreicher bewerteter Wissenstransfer nicht zwangsläufig an hohe finanzielle Investitionen gebunden ist. Zum anderen deutet die vorwiegend moderate Kostenstruktur darauf hin, dass mehr investiert werden könnte, um Transfermaßnahmen weiter zu stärken und zu skalieren. Die Inhalte der Sammlung zeigen, dass mehr noch als finanzielle Ressourcen personelle Expertise oder institutionelle Netzwerke eine zentrale Rolle spielen (WIN:A 2024). Ein weiterer wesentlicher Aspekt betrifft die Zielgruppenorientierung der Transferinstrumente. Hier gaben die ReKodA an, dass in von ihnen als erfolgreich wahrgenommen Beispielen die Transferinstrumente in 85 Prozent zielgruppenspezifisch angepasst sind (Bewertungen von 3-5). Diese Zahlen deuten auf die Effektivität eines zielgruppenadaptiven Ansatzes für Transfermaßnahmen hin. Die passgenaue Ansprache spezifischer Zielgruppen fördert in der Erfahrung der ReKodA die Akzeptanz und die Wirksamkeit des Transfers und erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass die vermittelten Inhalte langfristig genutzt werden (WIN:A 2024). Gestützt werden diese Ergebnisse durch das TE-Modell, wonach die Dimension *Personen*, also die Zielgruppenspezifizität, durch Vertrauen und Motivation den Transfer stärkt (Bromme et al. 2004). Auch die Quantität und Qualität von Transferinstrumenten (siehe Kapitel 3) wurde thematisiert. Die ReKodA berichteten, dass in von ihnen als erfolgreich wahrgenommenen Beispielen die Transferinstrumente in 77 Prozent reichweitenstark und nach Einschätzung der Kompetenzzentren effektiv sind (Bewertungen von 3-5). Als erfolgreich eingeschätzte Projekte scheinen in der Wahrnehmung der Durchführenden also auch davon abzuhängen, dass sie über den Einzelfall hinaus wirksam werden (WIN:A 2024). Die Dimensionen *Themen* und *Wege* des TE Modells stärken die Argumentationslinie, dass sowohl qualitative als auch quantitative Faktoren des Wissenstransfers zur erfolgreichen Vermittlung der Projektinhalte beitragen (Frey et al. 1995). Ebenso wie die Relevanz nachhaltiger Transferprozesse, die unter der Dimension *Zeiten* subsumiert werden (Pipek & Won 2000). Zusammenfassend bewerten die ReKodA beispielübergreifend fünf Faktoren als begünstigend für ihre Transfermaßnahmen mit der betrieblichen Praxis: Umsetzungsaufwand, Kosten, Zielgruppenspezifizität, Quantität und Qualität. Die Faktoren Umsetzungsaufwand und Kosten lassen sich als benötigte *Ressourcen* zusammenfassen und können beispielsweise sowohl finanzielle und personelle als auch materielle Mittel einschließen. Ebenso lassen sich die Faktoren Reichweite und Wirksamkeit wie von Pöser und Becke vorgeschlagen unter dem Begriffspaar des Breiten- und Tiefentransfers vereinigen (Pöser & Becke 2022). Somit ergeben sich drei zentrale Elemente, die den Wissenstransfer zwischen den Kompetenzzentren und der betrieblichen Praxis strukturieren. Erstens wird die Zielgruppenspezifizität von den ReKodA als förderlich bewertet, da sie die Effektivität der Ansprache und die Adaption der Inhalte in den jeweiligen Zielgruppen verbessert. Zweitens erweist sich nach Einschätzung der Kompetenzzentren ein höherer Ressourceneinsatz als vorteilhaft. Komplexere Transferinstrumente führen in ihrer Erfahrung zu größeren Transfererfolgen. Jedoch scheinen monetäre Ressourcen nicht ausschlaggebend für die wahrgenommene Effektivität dieser Instrumente zu sein. Drittens wird ein kombinierter Breiten- und Tiefentransfer von den ReKodA als Faktor für ein als erfolgreich wahrgenommenes Transferinstrument identifiziert. Die Breite des Transfers trägt dazu bei, die Dissemination der Inhalte zu fördern, sodass sie einem möglichst großen Publikum zugänglich sind, während die Tiefe des Transfers sicherstellt, dass die Inhalte nachhaltig verstanden und angewandt werden können. Bei der

Interpretation der Ergebnisse sind einige Limitationen zu berücksichtigen. Die Stichprobe der Erhebung war klein und die ReKodA wurden gezielt um eine Auswahl von in ihrer Wahrnehmung erfolgreichen Transferinstrumenten gebeten, wodurch weniger erfolgreiche Ansätze unberücksichtigt bleiben. Außerdem handelt es sich um eine subjektive Selbsteinschätzung der Kompetenzzentren, die nicht an quantifizierbaren Kennzahlen festgemacht wurde. Ob einzelne Bewertungskriterien auf die Transferbeispiele zutrafen oder nicht, wurde lediglich über eine Ordinal- und nicht über eine Intervallskalierung abgefragt. Angesichts dieser fehlenden Quantifizierbarkeit verschärft sich die Problematik, dass mit den ReKodA die Anbietenden der Maßnahmen selbst befragt wurden. Dies verschärft die Subjektivität der Antworten und ermöglicht, dass soziale Erwünschtheit/positive Selbstdarstellung die Antworten verzerrt haben könnte. Diese Limitationen schränken die Aussagekraft sowie Generalisierbarkeit der Ergebnisse ein. Dennoch bietet die Auswertung erste Einsichten in Faktoren, die nach Einschätzung der Kompetenzzentren den Wissenstransfer zwischen Arbeitsforschung und betrieblicher Praxis begünstigen können. Um den Limitationen gerecht zu werden, müssen in nächsten Schritten, auch Anforderungen aus der betrieblichen Praxis erhoben werden, sowie eine Betrachtung aller Transferinstrumente der ReKodA und eine Studie mit qualifizierbaren Transferdimensionen folgen. Diese können als Grundlage zur Optimierung von Transferstrategien beispielsweise im Rahmen des TE dienen.



***Abbildung 2**: Eigene Darstellung der Projektergebnisse: drei zentrale Faktoren für erfolgreichen Wissenstransfer (WIN:A 2024).*

5. Fazit

Dieser Beitrag befasst sich mit der Fragestellung, welche Erfolgs- und Hemmfaktoren die ReKodA für den Wissenstransfer zwischen Arbeitsforschung und betrieblicher Praxis identifizieren. In einem ersten Schritt zeigte die vergleichende Analyse der Transferbeispiele, dass die Investition von Ressourcen auch in komplexere Transferstrukturen zwischen den ReKodA und ihren Praxispartnern vorteilhaft ist, wobei der Transfererfolg jedoch nicht zwangsläufig mit hohen Kosten verbunden sein muss. Darüber hinaus zeigt der Beitrag, dass der Transfererfolg höher bewertet wird, wenn Transferinstrumente zielgruppenorientiert sind. Zudem ist für die Implementierung von Forschungsergebnissen effektiver wahrgenommen worden, wenn sowohl ein Breiten- als auch Tiefentransfer realisiert wurden. Wenn auch mit einigen Einschränkungen, so liefern diese Ergebnisse Ansatzpunkte, welche Faktoren bei weiteren Transferinstru-

menten betrachtet und weiter überprüft werden sollten, um einen Ausgleich von Transferdefiziten zu ermöglichen. Entsprechende weitere Forschung sollte sich sowohl mit einer holistischen Erfassung der Transferinstrumente im Kontext der ReKodA-Arbeit ebenso wie mit ihrer Qualifizierbarkeit befassen.

6. Literatur

Bauer N, Blasius J (2014) Methoden der empirischen Sozialforschung. Ein Überblick. In: Bauer N, Blasius J (Hrsg) Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden: Springer Verlag, 41-62.

Pöser S, Becke G (2022) Innovation des Praxistransfers: Verbindung von Breiten- und Tiefentransfer. Qualitative Befunde der Transferforschung im Rahmen des FlexiGesA-Verbundprojekts. Schriftreihe Nr. 38. Bremen: Institut Arbeit und Wirtschaft.

Bergmann M, Schramm E (2008) Innovation durch Integration. Eine Einleitung. In: Bergmann M, Schramm E (Hrsg) Transdisziplinäre Forschung. Integrative Forschungsprozesse verstehen und bewerten, Frankfurt am Main/New York: Campus Verlag, 7-20.

BMBF, Bundesministerium für Bildung und Forschung (2021) Bekanntmachung. Richtlinie zur Förderung von Projekten zum Thema „Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“ im Rahmen des Fachprogramms „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ Zweite Wettbewerbsrunde: Gesundheit, Führung und Kreislaufwirtschaft, Bundesanzeiger vom 14.01.2021.

Bromme R, Jucks R, Rambow R (2004) Experten-Laien-Kommunikation im Wissensmanagement. In: Reinmann G, Mandl H (Hrsg) Der Mensch im Wissensmanagement: Psychologische Konzepte zum besseren Verständnis und Umgang mit Wissen, Göttingen: Hogrefe Verlag, 114-126.

Cernavin O, Joerißen T (2022) Arbeitsforschung in der KMU-Praxis. Untersuchungsergebnisse zum Transfer von Kompetenzzentren Arbeitsforschung in der Region. In: Schriftreihe 1, Heidelberg/Köln: Stiftung „Mittelstand – Gesellschaft – Verantwortung“.

Frey S, Bente G, Frenz HG (1995) Analyse von Interaktionen. In: Schuler H (Hrsg) Lehrbuch für Organisationspsychologie, Bern/Göttingen: Huber, 353-375.

Henke J, Pasternack P, Schmid S (2017) Mission, die Dritte: die Vielfalt jenseits hochschulischer Forschung und Lehre: Konzept und Kommunikation der Third Mission. In: Hochschul- und Wissenschaftsforschung Halle-Wittenberg. Berlin: Berliner Wissenschafts-Verlag.

Hohlbaum K, Deutz C, Koonen A (2023) Transfer als Medium und Methode. In: Borowski E, Cernavin O, Hees F, Joerißen T (Hrsg) Erfolgreicher Transfer in der Arbeitsgestaltung. Wie Dienstleistungen zur präventiven Arbeitsgestaltung und Ergebnisse der Arbeitsforschung die Akteure in den Unternehmen wirkungsvoll erreichen. Münster/New York: Waxmann Verlag, 19-32.

Krause-Jüttler G, Bau M (2012) Transferszenarien – Bedingungen erfolgreicher Kooperationsbeziehungen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft in Innovationsprozessen. In: Schmauder M (Hrsg): Bericht zum Forschungsvorhaben.

Leisten I (2012) Transfer Engineering in transdisziplinären Forschungsprojekten. Norderstedt: Books on Demand GmbH.

Mayring P (2015) Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Weinheim: Basel Beltz.

Pipek V, Won M (2000) Wissenslandschaft und Kommunikation. Positionspapier für den Workshop „Kommunikation und Kooperation in virtuellen Verbünden“ der Tagung „D-CSCW 2000“, München.

Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI) (2019) Entwicklung technischer Produkte und Systeme. Modell der Produktentwicklung. VDI Richtlinie 2221 Blatt 1.

WIN:A, Wissens- und Innovations-Netzwerk: Arbeitsforschung (2024) Transfer schafft Zukunft. In: https://www.om-maf.de/wissen/innovative-forschung-und-praxis-fuer-kmu/regionale-kompetenzzentren-der-arbeitsforschung/best-broschuere.

Förderhinweis: Dieser Beitrag ist im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ geförderten und durch den Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreuten Projekt „WIN:A: Wissens- und Innovations-Netzwerk: Arbeitsforschung“ entstanden. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen.

A State-of-the-Art "Mobile Office in Automated Vehicles"

Frank BEUTENMÜLLER[1], Lara VARTZIOTIS[1], Nine REINING[1], Marielène KLUMPP[1], Marek BACHMANN[1], Peter OHLHAUSEN[2,3]

[1] TWT GmbH Science & Innovation, Industriestraße 6, D-70565 Stuttgart
[2] Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart
[3] Hochschule Reutlingen, Alteburgstraße 150, D-72762 Reutlingen

Abstract: As research and development in the field of automated vehicles progress, so does the desire to enable drivers to work while not actively engaged in driving. Three main topics related to working in automated vehicles are addressed in studies: handling take-over requests, identifying non-driving-related activities, and designing suitable vehicle interiors and human-machine interfaces. Up to date, many published works in these domains assume automation levels 3-4 of the SAE J3016 standard while only few concern level 5 of SAE J3016: "working in fully automated vehicles". This paper aims towards addressing this gap by surveying the current state of the art on "mobile office in automated vehicles".

Key Words: Mobile Office, Automated Vehicles, Take-Over Requests, Non-Driving-Related Activities, Human-Machine Interface

1. Introduction

A major promise of automated vehicles (AVs) is to render it possible for drivers to engage in non-driving-related activities (NDRAs) such as mobile work while traveling and commuting. In a future society with broad availability of fully AVs, the meaning of commuting itself is expected to evolve. Using AVs changes the activity "driving" to a context "travel" usable for other tasks (Stevens et al. 2019). The time spent on traveling can contribute to the active working time. Accordingly, the question should not be *Do you want to also work in the car?* but rather *How can you use the travel context for doing obligatory tasks to have more free time upon reaching your destination?*. This involves a transition from a fixed physical workplace towards a spatially flexible, partly virtual working environment. Symbiotic forms of human-machine interactions are becoming important in which human and technological actors are equally capable of shaping and designing. Hölzle et al. (2024) address this necessity from the perspective of ergonomics and expand the concept of work design to include whole work ecosystems of which the AV becomes a component. A design based on technical and social science including psychological, ethical, cultural, and legal aspects is required.

Many researchers consider the type of work-related tasks being performed in AVs as highly dependent on the level of automation. Following the SAE J3016 standard (SAE International, 2021), many publications concerning work in AVs relate to partially automated driving, i.e. SAE levels 2-3. Up to level 2, nowadays common assistance features are implemented. From level 3 onwards, automated driving is possible. With the DRIVE PILOT of Mercedes-Benz, that will allow automated driving at a speed of up to 95 km/h under certain conditions starting in 2025 (Mercedes Benz Group AG

2024), NDRAs including work-related tasks will soon become reality.

Three major research areas concerning the implementation of a mobile office in AVs were identified: 1. NDRAs that are desirable to be performed in; 2. How to implement TORs (take-over requests); 3. Car interior and human-machine interface (HMI) design.

2. Non-driving related Tasks and the Mobile Office

More than 70 % of the participants in a web survey expect work-related tasks to be possible activities during a highly automated car ride (Pfleging et al. 2016). As many people experience time constraints, they report to feel a need to use the time in an AV productively while on working-related trips (Stevens et al. 2019). A survey on fully AVs with 2,500 participants from industry countries indicated that working and being productive is perceived especially relevant for business trips and commuting (Röckle et al. 2018). Nevertheless, most work-related activities mentioned are of low complexity, e.g. reading, writing e-mails, sorting documents, phone calls (Stevens et al. 2019). Further, research participants often preferred non-working-related NDRAs (e.g. relaxation, sleeping, enjoying the view, socializing (Pfleging et al. 2016, Stevens et al. 2019)) and rated them as just as or more important than work-related tasks (Pfleging et al. 2016, Stevens et al. 2019, Lehtonen et al. 2022, Wilson et al. 2022).

However, studies show that only 42 % of participants would like to or could envision themselves to perform NDRAs in a conditionally AV (Nordhoff et al. 2020, Wilson et al. 2022; Dewitz et al. 2024), as the majority of respondents indicate to continue watching the road (Wadud & Huda 2020). This attitude to NDRAs is likely to change in the future as it is based on a lack of trust in AVs (Wadud & Huda 2020). Respondents with high levels of technology affinity and adaptation of automation are more likely to own an AV and in turn more likely to engage in NDRAs (Wilson et al. 2022). The mediator in this context could be trust, as higher levels of technology affinity often result in higher levels of trust (Kraus et al. 2021), which helps diminish the urge to stay in total control.

Another factor hindering passengers to engage in NDRAs is motion sickness (Nordhoff et al. 2020, Wadud & Huda 2020). More than two thirds of people state to occasionally suffer from motion sickness during car rides, so they opt for activities that do not include reading or looking at screens (Wadud & Huda 2020, Diels & Bos 2016). This creates a challenge for design mobile offices in AVs.

SAE level 3 AVs require the driver to be able to switch from a NDRA back to the driving task within little transition time. This prevents people from immersing themselves in NDRAs, especially when those are of high complexity, as they feel the need to divide their attention to maintain a rough situational awareness and thus be able to quickly take over driving (Nordhoff et al. 2020, Lehtonen et al. 2022). Further, the design of the vehicle interior is limited due to TORs, as the arrangement of in-vehicle objects, e.g. seats, must ensure that the driver can take over driving easily. This may be contrary to an optimal workplace or leisure activity setup (Singleton 2019). With advancing technology and further development of partially AVs into highly/fully AVs, these obstacles could be overcome, at least in part. Surveys indicate that respondents would be more inclined to engage in NDRAs as the degree of automation of the vehicle increases (Kyriakidis et al 2015). As TORs will no longer be necessary with fully AVs, the driver will be able to solely focus on NDRAs and perform better at complex activities such as work-related tasks (Nordhoff et al. 2020, Lehtonen et al. 2022). In addition, the design of the vehicle interior can be geared even more towards the needs of

passengers and the performance of NDRAs (Singleton, 2019).

In many surveys it is not clear whether the automation level that was addressed was defined in detail. Different terms have been used that might be hard to distinguish for the general public, e.g. “highly automated ride” (Pfleging et al. 2016), “fully autonomous vehicle” (Röckle et al. 2018) or “driverless mobility” (Stevens et al. 2019). On basis of the published results, there does not seem to be a noteworthy difference in the way participants want to spend their time during AV rides depending on the automation level although there are vast differences in the freedom of the driver.

3. Take-Over Requests in the Mobile Office

Following, two aspects of TORs are focused: (1) how does working in AVs affect the ability to take over control if required; (2) how to request the (working) driver reliably to take over control if required. In the context of partially automated driving (SAE level 2-3), engaging in NDRAs can adversely affect a driver's ability to respond effectively to sudden, high-demand situations on the road, in which a TOR becomes necessary, due to the devoted cognitive workload away from the road (Merat et al. 2012). Tasks that require visual and manual focus can impede the driver's capacity to shift the attention back to driving responsibilities quickly, so the complexity of switching between NDRAs and driving tasks may have an impact on vehicle operation safety (Teodorovicz et al. 2022). Therefore, the complex nature of work tasks significantly affects the driver's mental state and readiness to resume driving (Dargahi Nobari et al. 2022). Schäffer & Remlinger (2024) analyze take-over processes in the time domain to adopt common strategies from time management to TORs. The authors divided the take-over process into three take-over phases (hand over, move over, take over), underscoring the importance of understanding drivers' cognitive and emotional states during critical transition moments which is crucial for designing vehicle systems capable of adapting to human factors to ensure a safe transition of control.

Proactive TOR responses from a voice assistant are best suited for situations in which passengers are engaged in non-active NDRAs, e.g. looking out, and less suited when users are engaged in active NDRAs, e.g. working (Mathis et al. 2024). It can be beneficial to adjust the vehicle’s TOR alert according to the driver’s current state (Weber et al. 2020). Subramanian et al. (2024) propose a mixed reality tool for interior visualization and evaluation to analyze possible transitions and time involved in various NDRAs. To ensure drivers are more likely to engage with automated systems and hand control back over to them after TORs for enhanced safety, drivers' stress levels and cognitive load are addressed (Hirsch et al. 2020, Kaschub et al. 2021).

In summary, studies indicate that NDRAs such as working in AVs introduce challenges in maintaining driver engagement and readiness for TORs and highlight the necessity of designing adaptive, responsive vehicle systems and HMIs to ensure safe and timely transitions.

4. Car Interior and Human-Machine Interfaces in the Mobile Office

With the evolution of AVs the interior space is being reconceptualized from a transportation environment to a dynamic space that can seamlessly transition between relaxation and work, allowing passengers to customize their car environment (Alt et al.

2010, Bopp-Bertenbreiter et al. 2022). For shared AVs, the demands in comfort, equipment level, and maximum desired travel time differ significantly (Schlichtherle et al. 2024). Shared vehicle interiors with positive effects on physical and mental health require a comprehensive consideration of potential health risks and beneficial factors (Gritzbach & Remlinger 2024).

With focus on the feel of the interior, there is a growing importance of designing interiors that prioritize passenger comfort and well-being both physically and psychologically (Sauer 2020, Drewitz et al. 2022), especially when engaged in work (Bopp-Bertenbreiter et al. 2022), to enhance productivity during the transit.

With the car cockpit of the AV becoming a fully functioning workspace, privacy becomes an important aspect so design features are needed that offer passengers discretion when working on confidential tasks (Ihme et al. 2021). In addition, the concept of collaborative workspaces can be introduced within AVs, needing interiors to be designed to facilitate both individual and collaborative tasks (Pfleging et al. 2016).

The integration of advanced hardware within the vehicle's interior is essential for a successful interior concept as features such as adjustable screens, robust internet connectivity, and dedicated charging ports can ensure that passengers can work efficiently in an AV (Diederichs et al. 2022b). HMIs have evolved significantly with the advent of AVs, as the interior can now transform from a traditional cockpit to a multimedia workspace. The integration of Artificial Intelligence (AI) to enhance the user experience through adaptive, personalized HMI designs aims to cater to the unique preferences and behaviors of users, offering a tailored interaction experience (Diederichs et al. 2022a). Exemplary for AI-driven concepts for personalized in-car HMIs in fully AVs might be infotainment systems that dynamically adapt to user behaviors and preferences which ensure a seamless and intuitive interaction experience (Diederichs et al. 2022a). As adaptive HMI systems evolve, the more complex and dynamic human-vehicle interactions are needed such as mutual predictability, situation awareness, and driver monitoring, e.g. sensor-based driver monitoring to prevent driver over-trust in automation (Dargahi Nobari et al. 2022). Vehicles such as Fraunhofer's Wizard-of-Oz (WoZ) vehicle (Diederichs et al. 2021) are a valuable tool for training AI systems and collecting large-scale datasets on driver states and interactions with AI-based HMI as they are equipped with advanced hardware and software to facilitate research in various aspects of human-vehicle interaction and automated driving.

5. Conclusion

This paper gives an overview of the current state of research on mobile offices in automated vehicles. In AVs, the driving task is transferred from the driver to the vehicle, changing the role of the driver to that of a passenger, who can take on NDRAs. People generally respond favorably to the idea of spending time in the car on leisure or work activities (Fraunhofer IAO & Horvath & Partners 2016, McKinsey & Company 2016). Especially commuters have a strong desire to be productive and would like to pursue work-related activities (Wadud & Huda 2020). Further, people would be willing to travel longer distances or more often if given the option of NDRAs (Lehtonen et al. 2022).

Many of the current studies relate to autonomous driving up to SAE level 3, which includes sudden TORs. The driver of the vehicle must be able to quickly regain control of the vehicle, which restricts interior adaptation. The occupants further cannot easily focus on NDRAs and report to prefer to engage in cognitively non-demanding NDRAs

rather than working (Nordhoff et al. 2020, Lehtonen et al. 2022). As the transition from semi-autonomous to fully autonomous driving progresses, TORs will become obsolete, and the associated restrictions are expected disappear. The higher the degree of automation of the vehicle, the more inclined people are to engage in NDRAs (Kyriakidis et al. 2015), making the car more appealing as a mobile workplace, which in turn reduces the opportunity cost of travel (Singleton 2019).

To create a suitable environment for performing NDRAs, the vehicle interior and the human-machine interface must be adapted to the changing needs of the vehicle occupants. The integration of AI, e.g. in the form of adaptive designs, plays a major role in this regard as well. At the same time, however, the possibility of relaxation and leisure activities should also be offered, which is why interior concepts should be flexible or modular to offer space for both work and relaxation.

6. Literatur

Alt F, Kern D, Schulte F, Pfleging B, Shirazi AS, Schmidt A (2010) Enabling micro-entertainment in vehicles based on context information. Proceedings of the 2nd International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, Pittsburgh Pennsylvania: ACM, 117-124.

Bopp-Bertenbreiter V et al. (2022) Eliciting potential for positive UX using psychological needs: Towards a user-centered method to identify technologies for UX in the car interior. 13th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics.

Dargahi Nobari K, Albers F, Bartsch K, Braun J, Bertram T (2022) Modeling driver-vehicle interaction in automated driving. Forsch Ingenieurwes, 86,1: 65-79.

Dewitz EMV, Grabbe N, Bengler K (2024) Requirements for safe and satisfactory use of partially automated driving systems in urban environments: An expert field study. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaften (Hrsg.) Arbeitswissenschaft in-the-loop: Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung. Stuttgart: GfA Press.

Diederichs F, Mathis LA, Bopp-Bertenbreiter V, Bednorz B, Widlroither H, Flemisch F (2021) A Wizard-of-Oz vehicle to investigate human interaction with AI-driven automated cars.

Diederichs F et al. (2022a) Artificial Intelligence for Adaptive, Responsive, and Level-Compliant Interaction in the Vehicle of the Future (KARLI). HCI International 2022 Posters in Stephanidis C, Antona M, Ntoa S (Eds) Communications in Computer and Information Science, 1583:164-171.

Diederichs F et al. (2022b) Improving Driver Performance and Experience in Assisted and Automated Driving With Visual Cues in the Steering Wheel. IEEE Trans. Intell. Transport. Syst., 23,5: 4843-4852.

Diels C, Bos JE (2016) Self-driving carsickness. Applied ergonomics, 53, 374-382.

Drewitz U et al. (2022) Meeting User Needs in Vehicle Automation. Human Factors in Transportation.

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) und Horvath & Partners (2016) The Value of Time, Nutzerbezogene Service-Potenziale durch autonomes Fahren. Studie. Stuttgart.

Gritzbach J, Remlinger W (2024) Transfer von Designstrategien für gesunde Arbeitsumgebungen in die Fahrzeuginnenraumentwicklung – von der Analyse bis zum Entwurf' In Gesellschaft für Arbeitswissenschaften (Hrsg.) Arbeitswissenschaft in-the-loop: Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung. Stuttgart: GfA Press.

Hirsch M, Diederichs F, Widlroither H, Graf R, Bischoff S (2020) Sleep and take-over in automated driving. International Journal of Transportation Science and Technology, 9,1: 42-51.

Hölzle K, Braun M, Dangelmaier M, Haner U-E, Ohlhausen P (2024) „Arbeitswissenschaft-in-the-loop" – Mensch-Technik-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung'. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaften (Hrsg.) Arbeitswissenschaft in-the-loop: Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung. Stuttgart: GfA Press.

Ihme K et al. (2021) Towards User-Focused Automated Vehicles Supporting Mobile Office Work', Proceedings of the 7th Humanist Conference. 7th Humanist Conference, Rhodos/Greece.

Kaschub VL, Albrecht S, Diederichs F (2021) How to nudge a stressed driver to use automation?. Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung SSP 2021. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, 2021

Kraus J, Scholz D, Baumann M (2021) What's driving me? Exploration and validation of a hierarchical personality model for trust in automated driving. Human factors, 63(6), 1076-1105.

Kyriakidis M, Happee R, De Winter JC (2015) Public opinion on automated driving: Results of an international questionnaire among 5000 respondents. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 32, 127-140.

Mathis LA, Piechnik D, Bubeck CB, Layer S, Widlroither H (2024) „Ist jetzt ein guter Zeitpunkt?": Proaktive Ansprachen durch einen Sprachassistenten bei fahrfremden Tätigkeiten im Realverkehr. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaften (Hrsg.) Arbeitswissenschaft in-the-loop: Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung. Stuttgart: GfA Press.

Lehtonen E, Malin F, Louw T, Lee YM, Itkonen T, Innamaa S (2022) Why would people want to travel more with automated cars?. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 89, 143-154.

McKinsey & Company (2016) Automotive revolution – perspective towards 2030, How the convergence of disruptive technology-driven trends could transform the auto industry. Advanced Industries.

Merat N, Jamson AH, Lai FCH, Carsten O (2012) Highly Automated Driving, Secondary Task Performance, and Driver State. Hum Factors, 54,5: 762-771.

Mercedes Benz Group AG (2024) online: https://group.mercedes-benz.com/innovationen/produktinnovation/autonomes-fahren/drive-pilot-95-kmh.html (September 23rd 2024)

Nordhoff, S et al. (2020). Using the UTAUT2 model to explain public acceptance of conditionally automated (L3) cars: A questionnaire study among 9,118 car drivers from eight European countries. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 74, 280-297.

Pfleging B, Rang M, Broy N (2016) Investigating user needs for non-driving-related activities during automated driving. Proceedings of the 15th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia, Rovaniemi Finland: ACM, 91-99.

Röckle F, Hahn R, Stegmüller S, Herrmann F (2018) Features of future autonomous cars: Beyond interior design. A global survey on user preferences. Conference on Future Automotive Technology (CoFAT) 2018, Fürstenfeldbruck: Fraunhofer-Gesellschaft.

SAE International: Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems: J3016_202104, 2021.

Sauer VC (2020) Passenger well-being in highly automated vehicles. RWTH Aachen University.

Schäffer M, Remlinger W (2024) Untersuchung von Tätigkeitsabläufen zur Fahrerübernahme aus dem automatisierten Fahren mithilfe von Methoden der Arbeitswissenschaften. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaften (Hrsg.) Arbeitswissenschaft in-the-loop: Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung. Stuttgart: GfA Press.

Schlichtherle F, Subramanian T, Remlinger W (2024) Wie bequem darf's sein? Untersuchung unterschiedlicher Komfortlevel eines geteilten automatisierten Fahrzeugs in einer Mixed Reality Umgebung. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaften (Hrsg.) Arbeitswissenschaft in-the-loop: Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Mensch, Arbeit und Arbeitsgestaltung. Stuttgart: GfA Press.

Singleton PA (2019) Discussing the "positive utilities" of autonomous vehicles: Will travellers really use their time productively?. Transport reviews, 39(1), 50-65.

Stevens C, Bossauer P, Vonholdt S, Pakusch C (2019) Using Time and Space Efficiently in Driverless Cars: Findings of a Co-Design Study. Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Glasgow Scotland UK: ACM, 1-14.

Subramanian T, Schlichtherle F, Remlinger W (2023) Mixed Reality Tool to simulate and evaluate user interactions in the Interior of automated vehicles. In Adjunct Proceedings of the 15th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. Ingolstadt: ACM, 304–306.

Teodorovicz T, Kun AL, Sadun R, Shaer O (2022) Multitasking while driving: A time use study of commuting knowledge workers to assess current and future uses. International Journal of Human-Computer Studies, 162, 1—56.

Wadud Z, Huda FY (2020) Fully automated vehicles: The use of travel time and its association with intention to use. Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Transport, 1-15.

Weber B, Dangelmaier M, Diederichs F, Spath D (2020) User rating and acceptance of attention-adaptive driver safety systems. Eur. Transp. Res. Rev., 12,1: 26.

Wilson C, Gyi D, Morris A, Bateman R, Tanaka H (2022) Non-Driving Related tasks and journey types for future autonomous vehicle owners. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 85, 150-160.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Inklusion und Integration durch Cobots auf dem ersten Arbeitsmarkt: Chancen und Herausforderungen in der Industrie 5.0

Sophie Charlotte KEUNECKE, Elodie HÜSING, Carlo WEIDEMANN, Mathias HÜSING, Burkhard CORVES

Institut für Getriebetechnik, Maschinendynamik und Robotik, RWTH Aachen University, Templergraben 55, D-52062 Aachen

Kurzfassung: Die fortschreitende Digitalisierung und Automatisierung im Rahmen der Industrie 5.0 verändert nicht nur Produktionsprozesse, sondern bietet auch neue Chancen zur Inklusion. Besonders für Menschen mit Behinderungen können innovative Technologien wie kollaborationsfähige Roboter (Cobots) den Zugang zum ersten Arbeitsmarkt erheblich erleichtern. Das vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales geförderte Projekt IIDEA verfolgt das Ziel, mithilfe von adaptiven Arbeitsplätzen Barrieren abzubauen und Menschen mit Einschränkungen einen selbstbestimmten Arbeitsplatz zu ermöglichen.

Schlüsselwörter: Inklusion, kollaborationsfähige Robotik, Barrierefreie Arbeitsplätze, Mensch-Roboter-Kollaboration, Teilhabe am Arbeitsmarkt

1. Inklusion durch Mensch-Maschine-Interaktion

Die Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) hat sich in den letzten Jahren stark weiterentwickelt, insbesondere im Bereich der Unterstützung von Menschen mit Behinderungen (MmB). Fortschritte in den Bereichen Robotik, maschinelles Lernen, Sensorik und adaptive Steuerungssysteme bieten innovative Lösungen, die die Lebensqualität und die gesellschaftliche Inklusion erheblich verbessern (Mandischer°et°al.°2023).

Die Digitalisierung und Automatisierung im Zuge der Industrie 5.0 eröffnet neue Möglichkeiten für effizientere Arbeitsprozesse. Kognitive Unterstützungssysteme ermöglichen Menschen bei der Navigation, Entscheidungsfindung und Kommunikation zu unterstützen. Adaptive Benutzeroberflächen, die sich dynamisch an die Fähigkeiten und Bedürfnisse anpassen, sowie Technologien der natürlichen Sprachverarbeitung haben intuitive Steuerungsmöglichkeiten geschaffen (Kumar°et°al.°2021).

Insbesondere kollaborationsfähige Roboter (sog. Cobots) weisen hohe Potentiale zur Förderung der Inklusion auf dem ersten Arbeitsmarkt und sozialen Integration auf. Aufgrund ihrer Fähigkeiten, wie reduzierte Geschwindigkeit und Kollisionserkennung, um mit Menschen zusammenzuarbeiten, können sie als flexible Assistenzsysteme fungieren. Sie können unter anderem Bewegungs- und Mobilitätseinschränkungen kompensieren und die Selbstständigkeit der Nutzer verbessern (Weidemann°et°al. 2022). Dabei zeichnen sich diese Systeme durch hohe Adaptivität aus, da sie durch fortschrittliche Sensoren und Algorithmen individuell auf die Bedürfnisse der Nutzer reagieren können. Sicherheit spielt eine zentrale Rolle. Echtzeit-Sensordaten sorgen dafür, dass Roboter auf die Handlungen der Menschen reagieren, wodurch eine enge Zusammenarbeit möglich wird (Mandischer°et°al.°2023). Zusätzlich bieten robotische

Systeme in einer alternden Gesellschaft vielfältige Möglichkeiten, altersbedingte Einschränkungen auszugleichen und die Lebensqualität älterer Menschen nachhaltig zu verbessern (Hüsing°et°al.°2021).

Trotz der festgestellten Fortschritte besteht weiterhin ein erheblicher Verbesserungsbedarf. Finanzielle Aspekte, die mit der Einstellung und Anpassung von Arbeitsplätzen für MmB einhergehen, stellen beispielsweise ein zentrales Hindernis dar. Eine Studie ergab, dass 39.2 % der im öffentlichen Dienst beschäftigten Führungskräfte die zusätzlichen Kosten für die Anpassung von Arbeitsplätzen als signifikantes Hindernis wahrnehmen. Darüber hinaus fühlen sich 28,4 % der Befragten aufgrund mangelnder finanzieller Unterstützung seitens von Regierungs- oder Förderprogrammen außerstande, die erforderlichen Anpassungen zu finanzieren (Botha & Leah 2020). Die gesellschaftliche Akzeptanz erfordert von MMI einen kulturellen Wandel, um Vorurteile gegenüber neuen Technologien abzubauen.

Robotische Assistenzsysteme können Lösungen bieten, um die Lebensqualität von MmB zu verbessern und eine inklusivere Gesellschaft zu fördern. Sie tragen dazu bei, die Herausforderungen des demografischen Wandels zu bewältigen, indem sie soziale Integration in allen Lebensphasen fördern. Dennoch bleibt die Überwindung bestehender Hindernisse eine zentrale Aufgabe.

2. Inklusion auf dem ersten Arbeitsmarkt in Deutschland

Die Inklusion auf dem ersten Arbeitsmarkt in Deutschland ist ein zentrales Anliegen der Arbeitsmarktpolitik und sozialen Gerechtigkeit. Gesetzliche Grundlagen wie das Schwerbehindertenrecht (§ 154 SGB IX) verpflichten Unternehmen mit mindestens 20 Arbeitsplätzen, 5 % ihrer Stellen mit schwerbehinderten Menschen zu besetzen. Wird diese Quote nicht erfüllt, müssen Unternehmen eine Ausgleichsabgabe zahlen, deren Höhe sich nach der Anzahl der nicht besetzten Pflichtplätze richtet. Zusätzlich schützt das Allgemeine Gleichbehandlungsgesetz (AGG) vor Benachteiligungen bei der Einstellung und Beschäftigung. Auf internationaler Ebene verpflichtet die UN-Behindertenrechtskonvention (UN-BRK) Deutschland dazu, die gleichberechtigte Teilhabe von MmB zu fördern und Barrieren abzubauen. Trotz dieser rechtlichen Rahmenbedingungen gibt es zahlreiche Herausforderungen. Etwa 8 Millionen MmB leben in Deutschland und dennoch erfüllen viele Unternehmen die gesetzliche Pflichtquote nicht. „Fast 45.000 Arbeitgeber, also ein Viertel aller beschäftigungspflichtigen Arbeitgeber, beschäftigen keinen einzigen schwerbehinderten Menschen“ im Jahr 2020 (BDN°2023). Statistiken zeigen, dass die Beschäftigungsquote von MmB auf dem ersten Arbeitsmarkt bei 4,53 % liegt (AM°2024). Ein weiteres Hindernis sind Vorurteile und unzureichende Informationen über die Leistungsfähigkeit und Fördermöglichkeiten. Auch gelten der Einstellungsprozess und die Nutzung von Fördermitteln als bürokratisch und zeitaufwendig (Mandischer°et°al.°2023).

Berichte der Bundesagentur für Arbeit zeigen, dass Hürden, wie fehlende Barrierefreiheit und ein mangelndes Bewusstsein für technische Assistenzsysteme den Zugang von MmB zum ersten Arbeitsmarkt erschweren (Feuerstein°2024). Studien belegen, dass bestehende Systeme oft nicht an individuelle Bedürfnisse angepasst sind und daher Potenziale zur Förderung nicht ausschöpfen (Hüsing°et°al.°2021).

Um dem entgegenzuwirken und die Inklusion der Arbeitswelt zu erhöhen, müssen Vorurteile und bürokratische Hürden abgebaut, bestehende Wissenslücken geschlossen und erfolgreiche Praxisbeispiele stärker kommuniziert werden, um Unternehmen über die Vorteile einer vielfältigen Belegschaft aufzuklären.

3. Das IIDEA-Projekt

Diesen Herausforderungen widmet sich das vom Bundeministerium für Soziales und Arbeit aus dem Ausgleichsfond geförderte Projekt „IIDEA“ (Inklusion und Integration durch Cobots auf dem ersten Arbeitsmarkt) (IIDEA°2023). Das bis 2028 geförderte Projekt verfolgt ein umfassendes Ziel: Durch den Aufbau von Aufklärungs- und Fortbildungsangebote zur Inklusion mittels Robotik MmB eine gleichberechtigte Teilhabe am Arbeitsmarkt zu ermöglichen. Dabei setzt es auf eine Kombination aus technologischer Entwicklung, Vernetzung und praktischer Demonstration.

Es basiert auf den Ergebnissen des vorangegangenen Projekts „Next Generation - Mit flexiblen Roboterlösungen inklusive Arbeit entwickeln“, das als Basis für die Entwicklung adaptiver Technologien diente (Mandischer°et°al.°2023). Dieses Projekt demonstrierte die Wirksamkeit kollaborativer Anwendungen zur Unterstützung von MmB und zur Förderung einer gleichberechtigten beruflichen Teilhabe.

3.1 Ziele des IIDEA-Projekts



***Abbildung 1**: Die sechs Kernthemen des IIDEA-Projekts.*

Abbildung 1 stellt grafisch die sechs Kernthemen des Projekts dar. Zentrale Ziele des Projekts sind:

1. Flexibilisierung von Arbeitsprozessen: Entwicklung modularer Arbeitsplätze (Demonstrationsarbeitsplätze), die an individuelle Fähigkeiten und Einschränkungen der MmB angepasst werden können.
2. Demonstrationen mittels Infomobil: Demonstrationsarbeitsplätze können mittels Infomobil bundesweit und praxisnah vorgestellt werden und zeigen, wie Technologien zur Inklusion beitragen.
3. Schulungs- und Aufklärungsangebote: Erstellung von Leitfäden, Webinaren und Workshops, die Unternehmen und Werkstätten unterstützen.

Ein wesentlicher Bestandteil des Projekts ist der Aufbau eines Netzwerks, das Unternehmen, Werkstätten, Inklusionsämter, Fördermittelgeber und Fachleute zusammenbringt, um gemeinsame Lösungen zu entwickeln und Wissen zu teilen.

Dabei steht ein durch Deutschland reisendes „Infomobil“ im Zentrum. Mit diesem werden Unternehmen, Behindertenwerkstätten und Messen besucht, um vor Ort über Möglichkeiten der Inklusion durch Roboter zu informieren. Es ist mit zwei Arbeitsplät-

zen ausgestattet. Den Teilnehmenden wird ein direktes "Hands-on"-Erlebnis geboten, das die Vorteile und Einsatzmöglichkeiten greifbar macht.

Neben technischen Aspekten liegt ein weiterer Fokus auf der Aufklärung über Fördermöglichkeiten, Kosten und die praktische Umsetzung von Inklusionsprojekten. Das Projekt möchte sowohl Vorurteile gegenüber der Technik als auch Hürden bei der Inklusion abbauen, indem es durch gemeinsame Umsetzungen die Integration in den Arbeitsmarkt erleichtert. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Erstellung detaillierter Evaluationsrichtlinien, um den Einsatz von MMI-Systemen nachhaltig zu gestalten.

Durch diese ganzheitliche Herangehensweise trägt IIDEA nicht nur zur technologischen Innovation bei, sondern schafft auch einen Wandel hin zu mehr Akzeptanz und Gleichberechtigung. Das Projekt steht beispielhaft für technologische Innovationen, die zur Gleichstellung und Inklusion auf dem Arbeitsmarkt beitragen.

3.2 Gestaltung der Arbeitsplätze

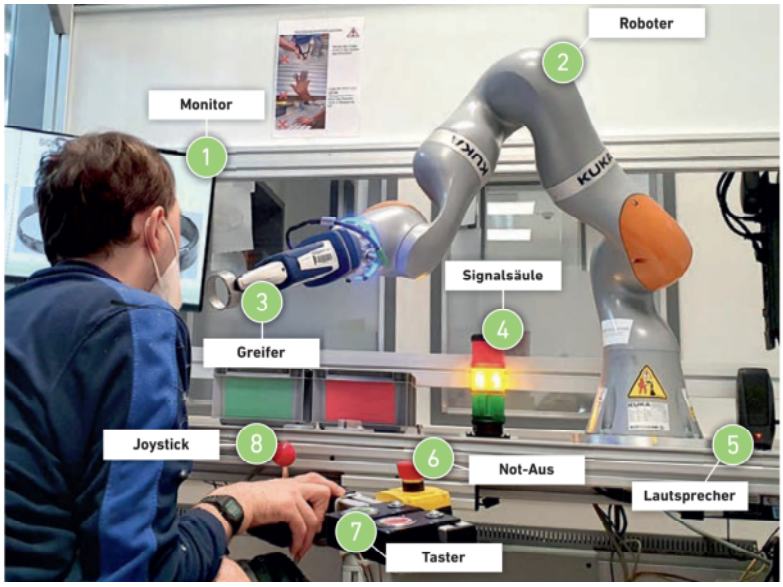


***Abbildung 2**: Arbeitsplatz mit kollaborativer Anwendung zur optischen Qualitätsprüfung aus dem NextGeneration Projekt.°(Niedziella et al. 2022).*

Eine zentrale Komponente inklusiver Arbeitsplätze ist deren Anpassungsfähigkeit an die unterschiedlichen Bedarfe, die Zugänglichkeit und Barrierefreiheit. Hierbei wird ein mehrdimensionaler Ansatz verfolgt, der verschiedene Aspekte berücksichtigt. Wie beispielhaft in Abbildung 2 gezeigt, sind die Arbeitsplätze ergonomisch gestaltet und individuell anpassbar, beispielsweise durch höhenverstellbare Elemente und Möglichkeiten unterschiedlicher Steuerungsoptionen, wie Sprachsteuerung, Fußtaster oder adaptive Touch-Bedienungen.

Sicherheitskonzepte spielen ebenfalls eine zentrale Rolle: Die Cobots sind mit sensorgestützter Kollisionserkennung ausgestattet und können ihre Bewegungen stoppen, um Verletzungsrisiken zu minimieren.

Ein exemplarisches Szenario, das am Demonstrationsarbeitsplatz gezeigt wird, ist die optische Qualitätsprüfung von Kleinteilen mit Unterstützung eines Cobots. Dieser Roboter bietet die Möglichkeit das Handhaben der Kleinteile zu übernehmen, während die eigentliche Aufgabe, die optische Qualitätsprüfung, vom MmB ausgeführt wird. Die kollaborative Anwendung ist dahingehend gestaltet, dass der Roboter, je nach Fähigkeit des MmB, das Kleinteil vor dem MmB zur manuellen Prüfung ablegt oder das

Kleinteil für den MmB manipuliert. Die Manipulation erfolgt auf Basis von Joystick-Befehlen. Der MmB kommuniziert schließlich mittels Eingabegeräte mit dem Roboter und gibt diesem die Rückmeldung, ob das jeweilige Kleinteil als gut oder schlecht zu bewerten ist. Daraufhin platziert der Roboter das Kleinteil in den entsprechenden Behälter. Unterstützt wird die Aufgabe durch visuelle Ausgabegeräte, wie eine Signalsäule oder einen Monitor sowie auditiv über Sprachausgaben.

3.3 Erweiterte Ergebnisse und Transfermöglichkeiten

Abbildung 3 verdeutlicht das integrative Konzept des IIDEA-Projekts, das inklusive Arbeitsplätze für MmB fördert und deren Zugang zum ersten Arbeitsmarkt verbessert. Es zeigt, wie interne Komponenten wie Produkte, Prozesse, Betriebsmittel und Sicherheitskonzepte gezielt entwickelt werden, um Arbeitsplätze modular, barrierefrei und sicher zu gestalten. Gleichzeitig wird die Zusammenarbeit mit externen Akteuren wie Systemintegratoren und Inklusionsberatern hervorgehoben. Institutionen wie die EAA (Einheitliche Ansprechstellen für Arbeitgeber) und Verbände unterstützen Unternehmen durch Beratung, Fördermittel und Schulungen.

Der Ansatz des Projekts basiert auf einer engen Vernetzung von Unternehmen, Forschung und Beratung, wodurch technische Innovationen und soziale Akzeptanz ineinandergreifen. So trägt das IIDEA-Projekt dazu bei, Inklusion in der Arbeitswelt nachhaltig zu fördern und Barrieren für MmB abzubauen.

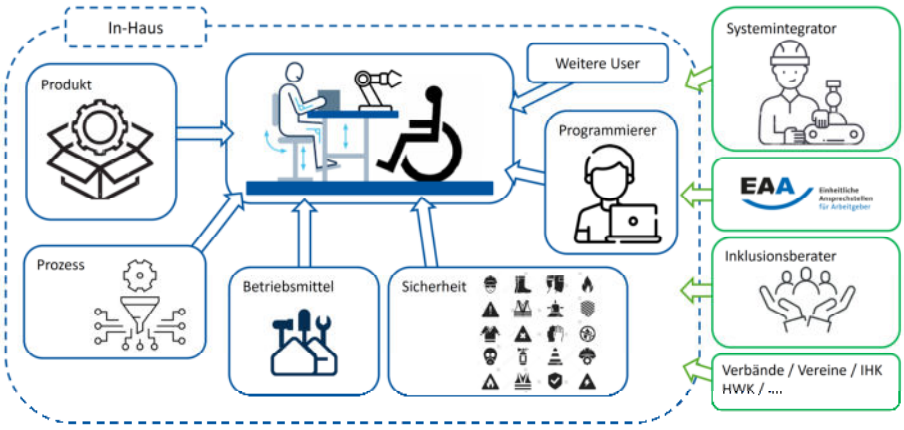


***Abbildung 3**: Das integrative Konzept – Zusammenspiel mit Industrie und Forschung.*

4. Fazit und Ausblick

IIDEA zeigt, wie die Integration von Robotik-Technologien einen großen Beitrag zur Inklusion und Gleichstellung auf dem ersten Arbeitsmarkt leisten kann. Durch die Kombination aus technologischen Innovationen, praktischer Demonstration und intensiver Aufklärung werden Barrieren abgebaut und Vorurteile überwunden. Adaptive und modulare Arbeitsplätze mit kollaborativen Anwendungen zeigen, wie individuell angepasste Lösungen Teilhabe von MmB nachhaltig verbessern können.

Besonders hervorzuheben ist der Ansatz des Projekts, technologische Entwicklung mit einem Netzwerkansatz zu verbinden. Die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen, Werkstätten für MmB, Institutionen, Fördermittelgebern und Forschungseinrichtungen schafft eine Plattform für den Austausch von Wissen und die Entwicklung ge

meinsamer Lösungen. Das Infomobil ist ein Beispiel dafür, wie praxisnahe Demonstrationen nicht nur zur Aufklärung, sondern auch zur Inspiration beitragen können.

Die ganzheitliche Herangehensweise des IIDEA-Projekts vereint technische, soziale und wirtschaftliche Aspekte. Es wird deutlich, dass Inklusion durch Technik nicht nur eine Vision, sondern eine umsetzbare Möglichkeit ist.

Langfristig strebt das eine verstärkte Vernetzung mit internationalen Partnern an, um die entwickelten Ansätze in verschiedenen Branchen und Ländern zu etablieren. Geplant ist zudem, die Ergebnisse des Projekts durch Leitfäden und Schulungsangebote nachhaltig zu sichern und weiterzuentwickeln. Der Fokus wird dabei auch auf die Sensibilisierung und die Förderung eines inklusiven Arbeitsumfelds gelegt. Durch diese Maßnahmen zeigt IIDEA, dass die Verbindung von Robotik und sozialem Engagement einen bedeutenden Schritt in Richtung einer inklusiveren Gesellschaft darstellt. Die Projektergebnisse werden die Integration von MmB langfristig fördern.

5. Literatur

AM, Aktion Mensch e.V. (2024) Inklusionsbarometer Arbeit. 12. Jahrgang, S. 13.

BDN, Bündnis deutscher Nichtregierungsorganisationen zur UN-Behindertenrechtskonvention (2023) Menschenrechte Jetzt! Gemeinsamer Bericht der Zivilgesellschaft zum 2. und 3. Bericht der Bundesregierung zur Umsetzung der UN- Behindertenrechtskonvention durch Deutschland.

Botha, P. A.; Leah, L. M. (2020) Exploring public sector managers' attitudes towards people with disabilities. In: SA Journal of Human Resource Management, Volume 18, DOI: 10.4102/sajhrm.v18i0.1421.

Feuerstein, K. (2024) Inklusion am Arbeitsplatz: Voll normal!. In: Faktor A – Das Arbeitgebermagazin, Website: www.arbeitsagentur.de/k/arbeitswelt-gestalten/inklusion-am-arbeitsplatz (zuletzt aufgerufen am 15.01.2025).

Hüsing, E.; Weidemann, C.; Lorenz, M.; Corves, B.; Hüsing, M. (2021) Determining Robotic Assistance for Inclusive Workplaces for People with Disabilities. In: Robotics, Volume 10, DOI: 10.3390/robotics10010044.

IIDEA, Projekt „IIDEA - Inklusion und Integration durch Cobots auf dem ersten Arbeitsmarkt", Fortbildungsprojekt gefördert durch den Ausgleichfond des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales, Website: www.iidea.rwth-aachen.de, (zuletzt aufgerufen am 12.12.2024).

Kumar, S; Savur, C.; Sahin, F. (2021) Survey of Human–Robot Collaboration in Industrial Settings: Awareness, Intelligence, and Compliance. In: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, Volume 51, 280-297, DOI 10.1109/TSMC.2020.3041231.

Mandischer, N.; Gürtler, M.; Weidemann, C.; Hüsing, E.; Bezrucav, S.-O.; Gossen, D.; Brünjes, V.; Hüsing, M.; Corves, B. (2023) Toward Adaptive Human–Robot Collaboration for the Inclusion of People with Disabilities in Manual Labor Tasks. In: Electronics, Volume 12, DOI: 10.3390/electronics12051118.

Niedziella, T., Blum, E., Weidemann, C., Hüsing, E., Stollenwerk, N.(2022) Leitfaden zur Umsetzung eines Mensch-Roboter-Arbeitsplatzes für Menschen mit Behinderung, DOI: 10.18154/RWTH-2022-08717.

Weidemann, C.; Hüsing, E.; Freischlad, Y.; Mandischer, N.; Corves, B.; Hüsing, M. (2022) RAMB: Validation of a Software Tool for Determining Robotic Assistance for People with Disabilities in First Labor Market Manufacturing Applications. IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), Prague, Czech Republic, 2022, S. 2269-2274, DOI: 10.1109/SMC53654.2022.9945241.

Acknowledgement: Diese Arbeit wurde im Rahmen des Projekts „IIDEA - Inklusion und Integration durch Cobots auf dem ersten Arbeitsmarkt" erstellt, das vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales aus Mitteln des Ausgleichsfonds gefördert wird.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Digitale Planung im Brownfield: Schlanke Produktionsprozesse und nachhaltige Ergonomie gestalten

Anne MATTHES, Michael SPITZHIRN, Dr. Andreas OPITZ

imk Industrial Intelligence GmbH,
Amselgrund 30, D-09128 Chemnitz

Kurzfassung: In Industrieländern erfolgt die Planung und Optimierung vorwiegend innerhalb bestehender Produktionsstrukturen (Brownfield), was eine präzise Analyse dieser Strukturen und deren Anpassung erfordert. Die kombinierte Anwendung von Softwaresystemen zur digitalen Fabrik- und Prozesssimulation hilft, diese Komplexität abzubilden und Lösungen nach wirtschaftlichen und ergonomischen Kriterien zu entwickeln. Dieser Beitrag stellt einen integrierten Planungsansatz zur Planung einer neuen Produktionslinie für Gepäckablagefächer in einen bestehenden Produktionsbereich vor. Die ema Software Suite wurde verwendet, um notwendige Flächen, die Anzahl der Arbeitsplätze und Mitarbeitenden, sowie Kosten zu ermitteln und Arbeitsplätze unter Einsatz von Menschmodellen wirtschaftlich und ergonomisch zu optimieren. Die Ergebnisse zeigen, dass der integrierte Einsatz von Fabrik- und Prozesssimulation signifikante Vorteile in der Optimierung der Produktionsabläufe, der Minimierung von Transportaufwänden und der Reduzierung von Kosten bietet, während gleichzeitig eine gesunde und anpassungsfähige Arbeitsumgebung gewährleistet wird. Die Einbindung der Stakeholder wie Werker*innen führte auch zu einer hohen Akzeptanz der Lösung.

Schlüsselwörter: Arbeitsplanung, Digitale Menschmodelle, Fabrikplanung, Ergonomie, Line Balancing, Wertstrom

1. Anforderungen an Montagelinien bei Brownfieldplanungen

In Industrieländern wie Deutschland erfolgt die Planung und Optimierung oftmals unter der Prämisse bestehender Strukturen von Produktionshallen (Brownfield), was den Vorteil einer schnelleren Umsetzung hat, da grundlegende Infrastrukturen bereits vorhanden sind und genutzt werden können (Müller et al. 2017). Allerdings erfordert dies eine präzise Analyse der bestehenden Strukturen und deren Anpassung an neue Anforderungen, was zu Einschränkungen bei der Raumaufteilung und einer komplexen Integration neuer Technologien führen kann (Smith & Stone 2018). Neben wirtschaftlichen Faktoren wie Kosten und Fertigungszeiten, ist die ergonomische Gestaltung der Fabrik und Montagelinie wichtig, um den fähigkeitsgerechten Einsatz der Mitarbeitenden zu gewährleisten (Spitzhirn et al. 2022b).

Softwarewerkzeuge können bei der Planung von Fabriken und Arbeitsprozessen unterstützen diese Komplexität abzubilden und geeignete Lösungen nach wirtschaftlichen und ergonomischen Kriterien zu entwickeln (Bracht et al. 2018; Spitzhirn et al. 2023). Dabei kommen vielmals getrennte Softwarelösungen für die Fabrik- bzw. Logistikplanung (z. B. Vistable, Process Simulation) oder für die detaillierte Prozess- und Ergonomieplanung (z. B. Jack, RAMSIS) zum Einsatz. Eine kombinierte Betrachtung

von Fabrik- und Arbeitsplanung wie z. B. mittels ema Software Suite (emaSWS) ermöglicht es beide Ebenen nach wirtschaftlichen und ergonomischen Kriterien zu gestalten (Spitzhirn et al. 2022a). Dieser Beitrag stellt einen integrierten Planungsansatz anhand der Neuplanung einer Fertigung von Gepäckablagefächern innerhalb einer bestehenden Produktionsstruktur (Brownfieldplanung) vor. Ziel war es, die Montage und Prozesse effizient, flexibel und ergonomisch unter kombinierter Fabrik- und Prozesssimulation mittels emaSWS zu gestalten.

2. Vorgehensweise zur Brownfieldplanung der Montagelinie

Ziel des Projekts war eine neue Produktionslinie von Gepäckablagefächern für Flugzeuge, bestehend aus Standard- und Sonderprodukten innerhalb einer bestehenden Hallenstruktur (Brownfieldplanung) zu integrieren. Die Prozesse umfassen u. a. das Kleben und Trocknen des Korpus, die Montage der Anbauteile sowie die Qualitätskontrolle und das Verpacken. Dazu wurden die sieben Fabrikplanungsphasen nach VDI 5200 im Rahmen einer Brownfieldplanung durchlaufen und die emaSWS in den Phasen 3 bis 5 eingesetzt (vgl. Abb. 1). Dabei sollte eine effiziente und ergonomische Montage für eine definierte Maximalstückzahl bei gleichzeitig hoher Flexibilität erreicht werden, um die Vielzahl an individuellen Kundenanforderungen abdecken zu können. In einem ersten Schritt wurden die zu fertigenden Gepäckablagefächer anhand der Ziel-Stückzahlen sowie der Arbeitsumfänge in Standard- und Sonderprodukte unterschieden. Insgesamt gab es mehr als ein Dutzend Varianten der Korpusse mit unterschiedlichen Arbeitsinhalten.

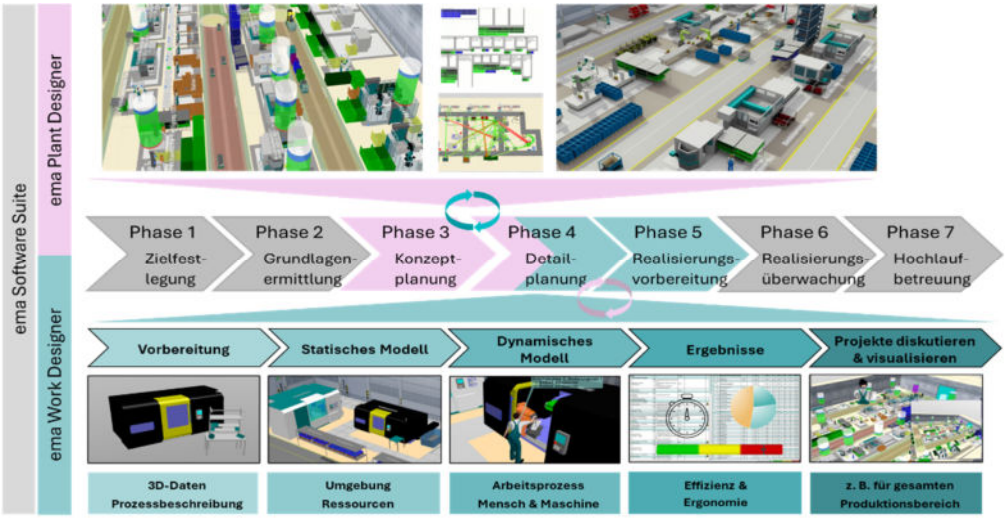


***Abbildung 1**: Vorgehensweise zur Planung der Fertigung von Gepäckablagefächern mittels emaSWS.*

Die Planung der Montageprozesse erfolgte unter Verwendung der Module ema Plant Designer (emaPD) und ema Work Designer (emaWD) der emaSWS, die eine integrierte 3D-gestützte digitale Fabrikplanung sowie die Simulation von Arbeitsprozessen ermöglichen. Im emaPD wurde zunächst auf Basis von Fertigungsstrukturstücklisten (M-BOM), Arbeitsplänen mit (manuellen) Bearbeitungs- und Rüstzeiten sowie Informationen zu verwendeten Transporthilfsmitteln ein digitales Modell der Fabrik erstellt. Auf dieser Grundlage und unter Verwendung des emaPD beim Line Balancing konnten für verschiedene Fabrikplanungsvarianten die Auslastung und Anzahl an

Arbeitsplätzen und Mitarbeitenden, benötigte Bereitstellflächen an der Linie und im Wareneingangslager, Pufferplätze innerhalb der Montagelinie, Materialflussaufwände, Durchlaufzeiten und Fertigungskosten berechnet werden. In diesem Zusammenhang wurden auch verschiedene Steuerungsprinzipien (Push/Pull/FIFO) oder Automatisierungs- und Mechanisierungs-ansätze beim Handling oder Trocknen der Bauteile untersucht und in das Gesamtkonzept integriert. Die ausgewählte Vorzugsvariante mit den entsprechenden Arbeitsplätzen und -prozessen wurde anschließend in den emaWD überführt, um eine weiterführende Ausgestaltung, Analyse und Optimierung der Arbeitsplätze zu ermöglichen, aber auch um ein materialflussgerechtes Layout der Fertigungslinie in der 3D-Umgebung zu erstellen. Dabei wurden die zuvor ermittelten Arbeitsplätze mittels Dreiecksverfahrens nach Schmigalla so in die vorhandene Hallenstruktur eingeordnet, dass möglichst minimale Transportaufwände resultieren.

Im emaWD wurden die Arbeitsprozesse unter Einbeziehung von drei Menschmodellen (M50: Mann, 50. Perzentil, Altersklasse 40, Körpergröße: 175 cm, F05: Frau, 5. Perzentil, Altersklasse 60, Körpergröße: 151 cm, M95: Mann, 95. Perzentil, Altersklasse 20, Körpergröße: 191 cm) simuliert. Dies wurde nach ergonomischen Bewertungen nach EAWS-Methode als auch zeitlichen Bewertungen nach MTM-UAS bewertet und optimiert. Die Ergebnisse der digitalen Fabrik- und Prozesssimulation wurden iterativ mit den Planern und Mitarbeitenden in Workshops unter Verwendung der Simulation sowie ema-VR-Applikation diskutiert und weiter verfeinert, um eine praxisgerechte Umsetzung zu gewährleisten.

3. Ergebnisse

3.1 Gestaltung der Gesamtfabrik und Montagelinie

Das in emaPD erstellte digitale Modell sowie die damit berechneten Ergebnisse wurden in mehreren Planungsschleifen optimiert. Die berechneten Varianten wurden einander gegenübergestellt und bzgl. verschiedener Kennzahlen u. a. mögliche Ausbringungsmenge, Arbeitsplatzauslastungen, Durchlaufzeiten, Flächenbedarfe, Kosten (Material-, Fertigungs-, Energiekosten) verglichen. Die Ergebnisse wurden zudem automatisch als Wertstrom ausgegeben (vgl. Abb. 2), um übersichtlich wichtige Kennzahlen einer Produktfamilie darzustellen und weiter optimieren zu können.

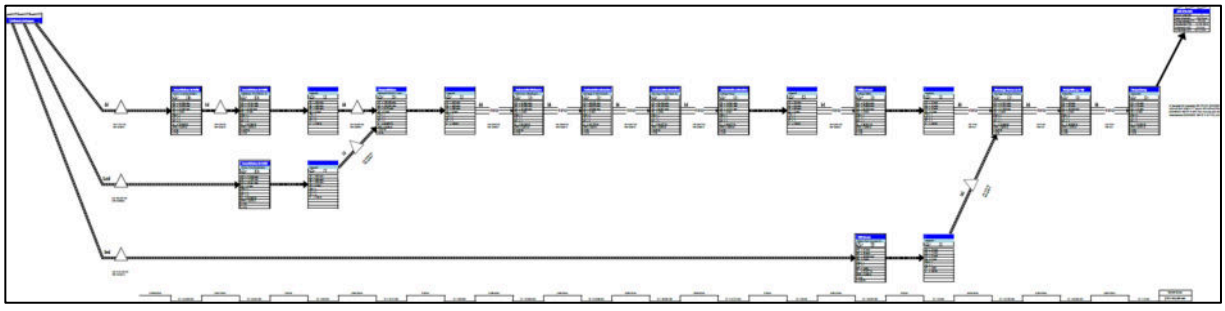
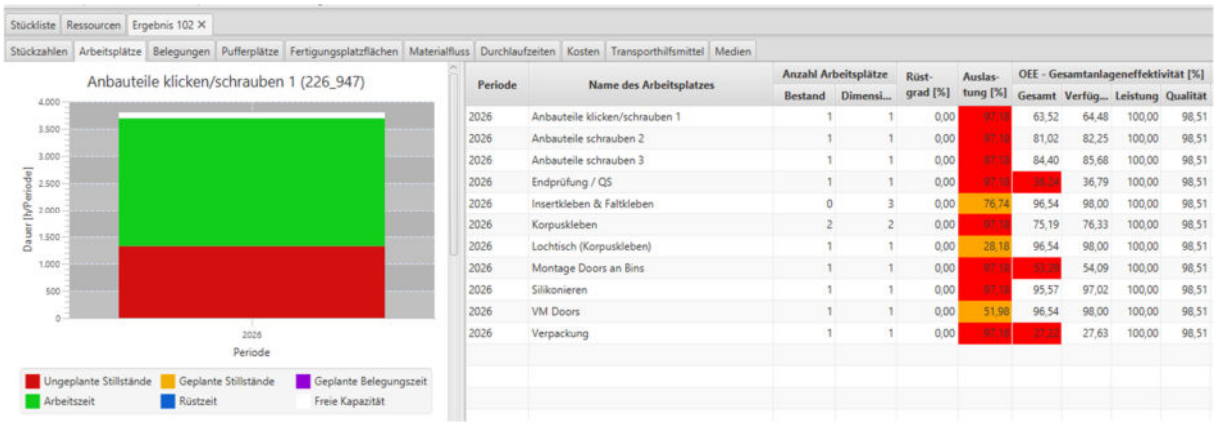


***Abbildung 2**: Autom. erstellter Wertstrom der Montagelinie für Korpusse (High-Runner) mit emaPD.*

Weiterhin wurde eine Zuordnung von Prozessen zu Arbeitsstationen durchgeführt, um eine möglichst homogene Auslastung zu erzielen (vgl. Abb. 3). Für jeden einzelnen Arbeitsplatz wurden präzise Kennzahlen zur Auslastung oder OEE ermittelt. Dabei wurden verschiedene Prozessabläufe für „High Runner“-Produkte und Exoten abge-

leitet: Die Korpusse der High Runner werden in Vorrichtungen (vgl. Abb. 4, Nr. 1a bzw. Abb. 5) geklebt und in einem temperierten Regal (vgl. Abb. 4 Nr. 2) getrocknet, um die Trockenzeit signifikant zu verkürzen. Im Gegensatz dazu werden die Korpusse der Exoten flexibel auf Lochtischen geklebt (vgl. Abb. 4, Nr. 1b) und müssen dort bei Raumtemperatur wesentlich länger aushärten. Dies ist aufgrund der Häufigkeit, mit der diese Gepäckablagefächer zu produzieren sind und der Dauer, mit der diese die Lochtische blockieren unproblematisch.



Periode	Name des Arbeitsplatzes	Anzahl Arbeitsplätze Bestand	Anzahl Arbeitsplätze Dimensi...	Rüst-grad [%]	Auslas-tung [%]	OEE - Gesamtanlageneffektivität [%] Gesamt	Verfüg...	Leistung	Qualität
2026	Anbauteile klicken/schrauben 1	1	1	0,00	97,19	63,52	64,48	100,00	98,51
2026	Anbauteile schrauben 2	1	1	0,00	97,19	81,02	82,25	100,00	98,51
2026	Anbauteile schrauben 3	1	1	0,00	97,19	84,40	85,68	100,00	98,51
2026	Endprüfung / QS	1	1	0,00	97,19	36,24	36,79	100,00	98,51
2026	Insertkleben & Faltkleben	0	3	0,00	76,74	96,54	98,00	100,00	98,51
2026	Korpuskleben	2	2	0,00	97,19	75,19	76,33	100,00	98,51
2026	Lochtisch (Korpuskleben)	1	1	0,00	28,18	96,54	98,00	100,00	98,51
2026	Montage Doors an Bins	1	1	0,00	97,19	53,29	54,09	100,00	98,51
2026	Silikonieren	1	1	0,00	97,19	95,57	97,02	100,00	98,51
2026	VM Doors	1	1	0,00	51,98	96,54	98,00	100,00	98,51
2026	Verpackung	1	1	0,00	97,19	27,22	27,63	100,00	98,51

***Abbildung 3**: In emaPD berechnete Auslastung der Stationen der Montagelinie (Line-Balancing) inkl. farblicher Hervorhebung hoch bzw. niedrig ausgelasteter Arbeitsplätze.*

Als ein weiteres Ergebnis der Planung mit dem emaPD ist die automatische Berechnung der Anzahl benötigter Stellplätze für die Vorrichtungen im Trockenregal zu sehen. Zudem wurde eine Verkettung der Montagestationen empfohlen, da die Bearbeitungszeiten und Arbeitsinhalte dieser Stationen für alle Produktvarianten ähnlich sind. Das Einfügen von je einem Pufferplatz zwischen den Montagestationen führte zu einer Reduktion der ungeplanten Stillstände um ca. 3 %.

Auf Basis der ermittelten Arbeitsplätze und des optimierten Materialflusses mittels emaPD wurde ein 3D-Layout für die Produktionshalle entwickelt, welches u. a. für die weiterführende Optimierung der Produktionsprozesse in emaWD genutzt wird.

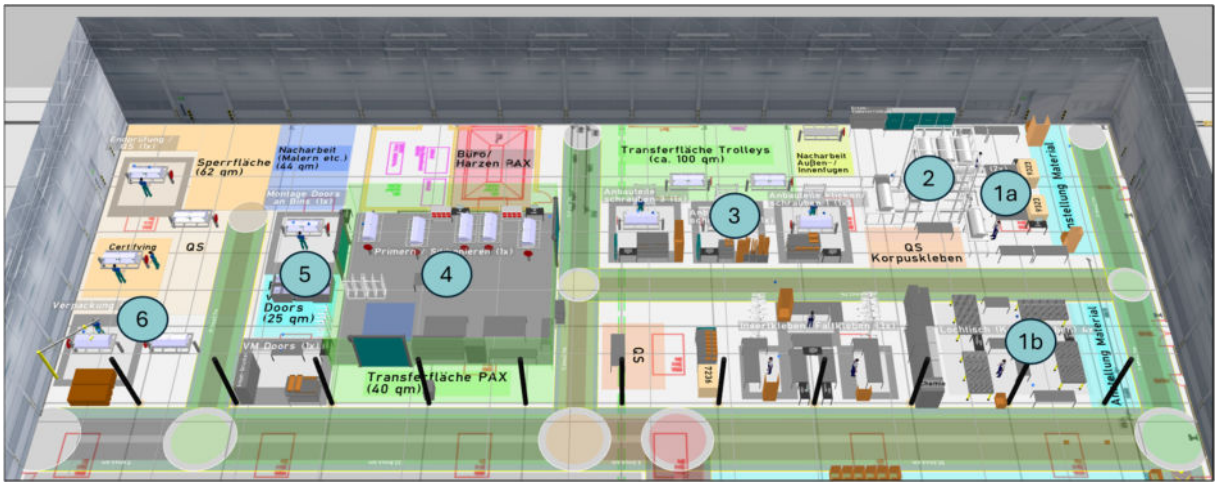


***Abbildung 4**: Layout der Fertigung Gepäckablagefächern in Produktionshalle (Brownfieldplanung); (1a): Korpuskleben Standardprodukte; (1b): Korpuskleben Sonderprodukte (Lochtische); (2): Trockenregal; (3): Montage Anbauteile; (4): Silikonieren; (5): Montage der Klappen, (6): Endprüfung und Verpackung*

3.2 Detailplanung der Montagelinie

Aufbauend auf der Planung im emaPD, wurden die einzelnen Arbeitsplätze der Montagelinie im emaWD inkl. Materialanstellung aufgebaut und hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und Ergonomie optimiert. Für die Gestaltung der Korpusse der High Runner wurde die für AP 1a „Korpus kleben“ erstellte Vorrichtungen hinsichtlich der Ausführbarkeit unter Einsatz der drei Menschmodelle F05, M50 und M95 analysiert (vgl. Abb. 5 links). Hierzu wurden Podeste sowie Höhenverstellungen ausgetestet. Ebenso wurde für die Tätigkeiten bei der Montage der Anbauteile verfahren. Aufgrund besserer Erreichbarkeit und geringerer Sturzgefahr wurde sich für eine höhenverstellbare, drehbare Vorrichtung entschieden, so dass ein ergonomischer Einsatz von F05 bis M95 gewährleistet ist. Die min. und max. Arbeitshöhen nach DIN EN ISO 14738 wurden mit emaWD ermittelt. Zur Reduktion der ergonomischen Belastungen nach EAWS wurde beim Einsetzen der Bauteile aus dem Trockenregal in die drehbare Vorrichtung ein Manipulator (vgl. Abb. 5 mittig) ausgewählt und der Einsatz in emaWD simuliert. Dies gewährleistet, dass alle Personen am AP Nr. 2 einsetzbar sind und mit 12 EAWS-Punkten nur ein geringes ergonomisches Risiko für die Entstehung von muskuloskelettalen Beschwerden. Für AP 3 Montage der Anbauteile wurde für die Montagetätigkeit ein höhenverstellbares Drehgestell (vgl. Abb. 5 rechts) entwickelt und die benötigte Anzahl mithilfe des digitalen Modells in emaPD ermittelt.



***Abbildung 5**: Gestaltung Arbeitsplätze für Einsatz von F05, M50 und M95; links: AP Nr.1a „Korpus kleben“ mit Vorrichtung; mittig: AP Nr.2 Trockenregal, Entnahme mit Manipulator; rechts: AP Nr.3 Montage Anbauteile mit höhenverstellbarer, drehbarer Vorrichtung*

4. Diskussion

Durch den Einsatz der kombinierten Fabrik- und Prozesssimulationen konnten verschiedene Varianten hinsichtlich wichtiger Kennzahlen (z. B. Durchlaufzeiten, Kosten, Platzbedarf und Ergonomie) bewertet werden. Optimierungspotentiale lassen sich unter Nutzung von Kennzahlen wie OEE, Engpassbetrachtungen und etablierten Methoden wie Wertstromdesign und EAWS-Bewertungen schnell identifizieren. Änderungen, wie die Neuzuordnung von Arbeitsgängen, können schnell umgesetzt, neu berechnet und bewertet werden. Zudem liefert das Modell detaillierte Prozessdaten und erleichtert die Erfassung von Informationen, z. B. durch die Überführung in Wertstromdesign-Darstellungen. Die 3D-Visualisierung des Gesamtkonzepts im emaWD fördert das Verständnis über die Arbeitsplätze und Prozesse, unterstützt die Planung und verbessert die Kommunikation, was zu einer hohen Akzeptanz der Lösung geführt hat. Im Rahmen des Projekts wurden dabei begleitende Workshops unter Einsatz der

emaSWS sowie der ema-VR-Lösung durchgeführt, um das Konzept weiterzuentwickeln und das finale Design zu definieren.

Trotz dieser Vorteile sind Planungen allgemein mit Unsicherheiten verbunden. Diese bestanden insbesondere in der Stückzahlverteilung zwischen Standard- und Sonderprodukten, die den Arbeitsplatzbedarf und die Flächenplanung beeinflussen. Diese Unsicherheiten wurden durch variable Trockenzeiten verstärkt, die bis zum Start of Production (SOP) nicht endgültig festgelegt werden können.

Darüber hinaus ermöglichen die integrierten digitalen Menschmodelle im emaWD eine mitarbeiterbezogene Analyse und Optimierung der Arbeitsplatzgestaltung nach ergonomischen sowie alter(n)sgerechten Kriterien. Auf diese Weise könnten gesundheitliche Belastungen frühzeitig erkannt und vermieden werden, während gleichzeitig die Flexibilität des Personaleinsatzes gesteigert wird, was angesichts des Fachkräftemangels und des demografischen Wandels von wachsender Bedeutung ist.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der kombinierte Einsatz von Fabrik- und Prozesssimulation bei der Planung der Gepäckablagefächer in einer bestehenden Produktionshalle erhebliche Vorteile sowohl in der Gestaltung und Optimierung der Produktionsabläufe als auch in der Schaffung einer gesunden und langfristig tragfähigen Arbeitsumgebung hat. Insbesondere in der frühen Planungsphase, in der Unsicherheiten unvermeidbar sind, ermöglicht das Modell eine schnelle und detaillierte Analyse von Prozessänderungen. Dies liefert wertvolle Einblicke, die zu einer kontinuierlichen Verbesserung der Produktionsplanung führen und gleichzeitig sicherstellen, dass die Mitarbeitenden in einer ergonomisch optimierten und altersgerechten Arbeitsumgebung eingesetzt werden. Dies fördert nicht nur die Effizienz der Produktion, sondern auch die langfristige Gesundheit und Flexibilität des Arbeitspersonals.

6. Literatur

Bracht,U., Geckler, D., Wenzel, S. (2018). Digitale Fabrik – Methoden und Praxisbeispiele.·Springer Berlin Heidelberg.

Müller, P., Gruner, A., & Becker, H. (2017). Brownfield versus Greenfield planning: Comparative analysis and challenges. Journal of Engineering and Manufacturing Processes, 12(6), 413-420. https://doi.org/10.1080/JOEMP.2017.00421.

Smith, L., & Stone, R. (2018). The complexities of Brownfield redevelopment: Integrating technology and infrastructure. Journal of Sustainable Development, 23(2), 201-214. https://doi.org/10.1007/jsd.2018.00412.

Spitzhirn, M., Ullmann, S., Bauer, S. & Fritzsche, L. (2022a). Digital production planning and human simulation of manual and hybrid work processes using the ema Software Suite. In: Proceedings of the 7th International Digital Human Modeling Symposium 7(1), August 29–31, 2022, Iowa City, Iowa, USA, p.20-32. doi: https://doi.org/10.17077/dhm.31816.

Spitzhirn, M., Ullmann, S., Fritzsche, L. (2022b). Considering individual abilities and age-related changes in digital production planning – human centred design of industrial work tasks with ema software. pp. 459-477. Z. Arb. Wiss. 76. https://doi.org/10.1007/s41449-022-00343-5.

Spitzhirn, M., Gärtner, C. & Fritzsche F. (2023). Digital planning of ability-appropriate and productive human-robot interactions in production. IEEE International Conference on Advanced Robotics and Its Social Impacts (ARSO), Berlin, Germany, 2023, pp. 166-171, doi: https://doi.org/10.1109/ARSO56563.2023.10187520.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Kombinierte Analyse von Mess- und Simulationswerkzeugen zur ergonomischen Bewertung von Produkten und Arbeitsprozessen

Aydin ÜNLÜ[1], Michael SPITZHIRN[2], Onur AK[1], Karsten KLUTH[1]

[1] Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Ergonomie, Universität Siegen, Paul-Bonatz-Straße 9-11, D-57068 Siegen.
[2] imk Industrial Intelligence GmbH, Amselgrund 30, D-09128 Chemnitz

Kurzfassung: Die Anwendung digitaler Mess- und Simulationsverfahren bietet neue Möglichkeiten zur ergonomischen Bewertung von Produkten und Arbeitsprozessen. In dieser Studie wurden verschiedene digitale Mess- und Simulationswerkzeuge eingesetzt, um eine kombinierte Anwendung dieser Werkzeuge zu diskutieren. Hierzu wurden Bewegungs- und Muskelaktivitäten von 15 Probanden beim Zukleben eines Pakets unter Einsatz von zwei in der Formgebung verschiedenen Paketbandabrollern untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Kombination von objektiven Messungen und Simulationswerkzeugen wie emaWD wesentliche Mehrwerte für die ergonomische Produkt- und Prozessgestaltung bieten. Am Beispiel wurde gezeigt, dass die Gestaltung der Paketbandabroller einen signifikanten Einfluss auf die Handgelenkwinkel, die Muskelbeanspruchung und das ergonomische Risiko bewertet nach EAWS hat.

Schlüsselwörter: Arbeitsgestaltung, Bewegungsanalyse, Digitale Menschmodelle, Prozesssimulation, Oberflächenelektromyographie

1. Einleitung

Mess- und Simulationsverfahren bieten die Möglichkeit, physische Belastungen objektiv zu erfassen und Optimierungsansätze für die Produkt- und Prozessgestaltung abzuleiten (Heinrich et al. 2024; Paul 2021). Prozesssimulationen mit digitalen Menschmodellen ermöglichen bereits im Planungsprozess die Analyse und Bewertung sowie die Gestaltung der Arbeitsprozesse nach wirtschaftlichen, ergonomischen und sicherheitsbezogenen Kriterien (Spitzhirn et al. 2023). Hierbei können auch Bewegungsdaten in die Simulation integriert werden (Spitzhirn et al. 2022). In diesem Zusammenhang bietet die Kombination von Bewegungs- und Muskelbelastungsdaten mit Daten und Bewertungsverfahren aus digitalen Menschmodellen Möglichkeiten reale Arbeitssituationen vertiefend zu analysieren und daraus Gestaltungslösungen abzuleiten (Sanchez & Rafael 2016; Heinrich et al. 2024).

In dieser Studie wird die Kombination von Menschmodellsimulationen mit Bewegungs- und Muskelbeanspruchungsmessungen am Beispiel des Paketverklebens unter Verwendung von zwei Paketbandabrollern (PR-A, PR-B) untersucht. Ziel der Untersuchung ist, zu ermitteln, welche Variante aus ergonomischer Sicht zu bevorzugen ist und welche Potentiale eine kombinierte Anwendung für eine ergonomische Produkt- und Prozessgestaltung hat. Die beiden Paketbandabroller unterscheiden sich insbesondere in der Griffgestaltung (Form, Material). Das Griffstück von PR-A ist einem „Pistolengriff“ ähnlich, während PR-B die typische Formgebung eines handelsüblichen Paketbandabrollers aufweist.

2. Methode

Im Rahmen einer Laborstudie wurden Bewegungs- und Muskeldaten bei der Durchführung von Paketverklebungen erfasst und mit verschiedenen Methoden und Systemen ausgewertet. Dazu wurden die zwei verschiedene Paketbandroller PR-A und PR-B in standardisierter Arbeitshöhe (Tischhöhe: 730 mm, Arbeitshöhe: 1.050 mm) und -ausführung basierend auf der Methodik von Kluth (2021) untersucht (vgl. Abb. 1).

Insgesamt nahmen 15 männliche Versuchspersonen (VP) im Alter von 25 bis 38 Jahren an der Studie teil. Die VP führten Verklebungen von Kartons in Längs- und Querrichtung jeweils mit PR-A und PR-B durch. Bei der Längsverklebung wurde das Klebeband mittig entlang der langen Seite des Kartons angebracht. Bei der Querverklebung standen die VP in einem Winkel von 45 Grad zum Karton und verklebten das Band quer über die kurze Seite. Beide Paketbandabroller wurden jeweils bei 54 Verklebungen (18 Längs- und 36 Querverklebungen) pro VP eingesetzt. Am Ende jeder Versuchsserie gaben die VP eine subjektive Einschätzung zur empfundenen Beanspruchung, Handhabung sowie zur Form, Größe und Oberfläche der Griffe der Paketbandabroller auf einer Skala von -4 bis +4 ab. Zur Vermeidung von Ermüdungseffekten erhielten die VP zwischen den Durchgängen Erholungspausen von fünf Minuten (vgl. dazu auch Seibt & Bradl 2003).

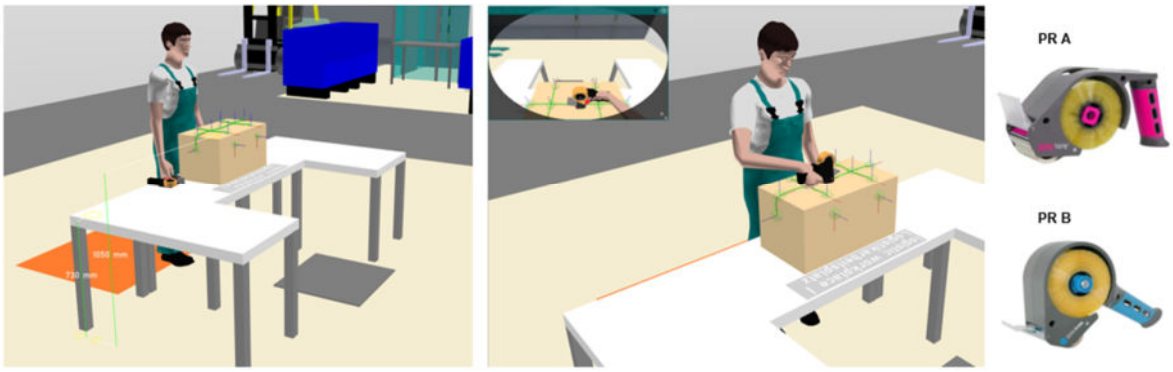


***Abbildung 1**: Darstellung des Versuchsaufbaus in einer Simulationsumgebung mittels emaWD (links und Mitte) und untersuchte Paketbandabroller PR-A und PR-B (rechts).*

Zur Bewegungserfassung und -auswertung wurde das Motion Capturing System XSENS in Kombination mit dem biomechanischen Analysewerkzeug Industrial Athlete eingesetzt und die Gelenkwinkel ausgewertet. Die Bewegungsmessung beschränkte sich auf den Oberkörper, wobei inertiale Messeinheiten (IMU) an relevanten Körpersegmenten angebracht wurden. Zur Analyse der Muskelbeanspruchung kam die Oberflächenelektromyographie (OEMG) Ultium von Noraxon zum Einsatz. Die Erfassung der Muskelaktivität erfolgte über zwei OEMG-Sensoren, die am Musculus extensor carpi ulnaris sowie am Musculus flexor carpi radialis des rechten Unterarms positioniert wurden. Die erhobenen Muskelaktivitäten wurden mittels der MVC-Methode (Maximale willkürliche Kontraktion) normiert und ausgewertet.

Die aufgenommenen Bewegungen wurden zusätzlich mit dem Prozesssimulationssystem ema Work Designer (emaWD) hinsichtlich der Ausführungszeiten und Arbeitsbelastungen für den Gesamtkörper sowie der oberen Extremitäten nach EAWS bewertet (Spitzhirn et al. 2023). Dazu wurde der Arbeitsplatz digital nachgebildet und die erfassten Bewegungsdaten in emaWD auf individuell digitale Menschmodelle, die

an die Körpermaße der VPs angepasst wurden, übertragen sowie mit den verwendeten Paketbandabrollern PR-A und PR-B verknüpft und notwendige Armkräfte (ca. 40 N) berücksichtigt. Für die Ergonomiebewertung nach EAWS wurde für die Gesamtschicht eine Nettoarbeitszeit von 440 Minuten sowie 40 Minuten Pause mit zwei Pausen > 8 Minuten angenommen.

3. Ergebnisse

Die Durchführungszeit für die 18 Lang- und 36 Querverklebungen variierte bei den 15 VPs zwischen 220 Sekunden und 538 Sekunden. Diese Schwankung ergab sich aufgrund unterschiedlicher Ausführungsgeschwindigkeiten der VPs sowie gelegentlicher Mikropausen. Im Durchschnitt waren die VPs beim Einsatz des zweiten Paketbandabrollers (Durchgang 1: 347 ± 116 s; Durchgang 2: 298 ± 58 s) um 14 % schneller, was auf einen Lerneffekt zurückzuführen ist. Die Ausführung mit Paketbandabroller A (PR-A) war im Vergleich zu Paketbandabroller B (PR-B) um 19 % langsamer (PR-A: 349 ± 91 s; PR-B: 307 ± 74 s).

Die Arbeitsbelastungen der oberen Extremitäten sowie des Gesamtkörpers bezogen auf eine Schicht wurden unter Anwendung des EAWS-Verfahrens im emaWD ermittelt. Dabei wurde angenommen, dass das Verkleben der Pakete über die gesamte Schicht hinweg erfolgt. Unter dieser Annahme ergab sich für den Gesamtkörper ein Belastungspunktwert von 13 Punkten, was einem geringen Risiko entspricht. Die Hauptbelastungen für den Gesamtkörper ergeben sich daraus, dass durchgängig im Stehen gearbeitet wird. Aufgrund der im Vergleich zur maximalen Greifkraft (370 N für Männer im Stand, leicht nach vorne gebeugt) relativ geringen aufzubringenden Armkräfte von etwa 40 N, wurde diese Belastung bei der EAWS-Bewertung des Gesamtkörpers als sehr gering eingestuft. Die Bewertung der oberen Extremitäten ergab hingegen ein mittleres bis hohes Risiko, insbesondere für die rechte Hand-Arm-Seite, mit einem Punktwert zwischen 33,5 und 59,5 EAWS-Punkten. Dieses ist auf die hohe Wiederholfrequenz ähnlicher Bewegungen sowie einen z. T. hohen Anteil an ungünstigen Hand-Arm-Stellungen im gesamten Prozess zurückzuführen (Durchschnitt: 41 %, maximal 68 %), insbesondere im Bereich des Handgelenks und der Schulterabduktion. Es wurden nur geringe Unterschiede zwischen der Anwendung des PR-A und PR-B festgestellt (PR-A: 47,7 ± 10,2 EAWS-Punkte, PR-B: 44,7 ± 8,9 EAWS-Punkte), während die Unterschiede zwischen den Probanden deutlicher ausgeprägt waren.

Die Betrachtung der Handgelenkswinkel in Abbildung 2 (links) zeigt, dass die VP bei Verwendung des PR-A im Vergleich zu PR-B bei der Längsverklebung die Handwinkel sowohl in Dorsal/Palmar- als auch in Radial/Ulnar-Richtung weniger stark auslenkt. Ein negativer Winkel bedeutet dabei eine Bewegung in Richtung Handrücken und in Richtung des kleinen Fingers, eine negative Unterarmrotation erfolgt in Richtung Daumen, und eine negative Arm-Elevation bewegt sich zum Körpermittelpunkt hin. Die Arm-Elevationen sind für beide Paketbandabroller nahezu identisch (MW±SD: 80,3°±3,29°). Während der Querverklebung wird die höchste dorsale Handhaltung mit -52,2° bei PR-B und die höchste ulnare Handhaltung mit -20,6° bei PR-A erreicht. Die höchsten Unterarmrotationen mit jeweils ca. 80° treten bei PR-A während der Querverklebung und bei PR-B während der Längsverklebung auf.

Die Messung der Muskelaktivität der rechten Hand zeigt in Abbildung 2 (rechts), dass die höchste Muskelaktivität am Musculus flexor carpi radialis bei PR-B während der Längsverklebung mit 31,6 % [sEA] auftritt. Durchschnittlich sind die Muskelaktivi-

täten bei PR-A geringfügig niedriger als bei PR-B, wobei die Differenz für die Querverklebung im Mittelwert bei 3,7 % [sEA] und für die Längsverklebung bei ca. 1,9 % [sEA] liegt.

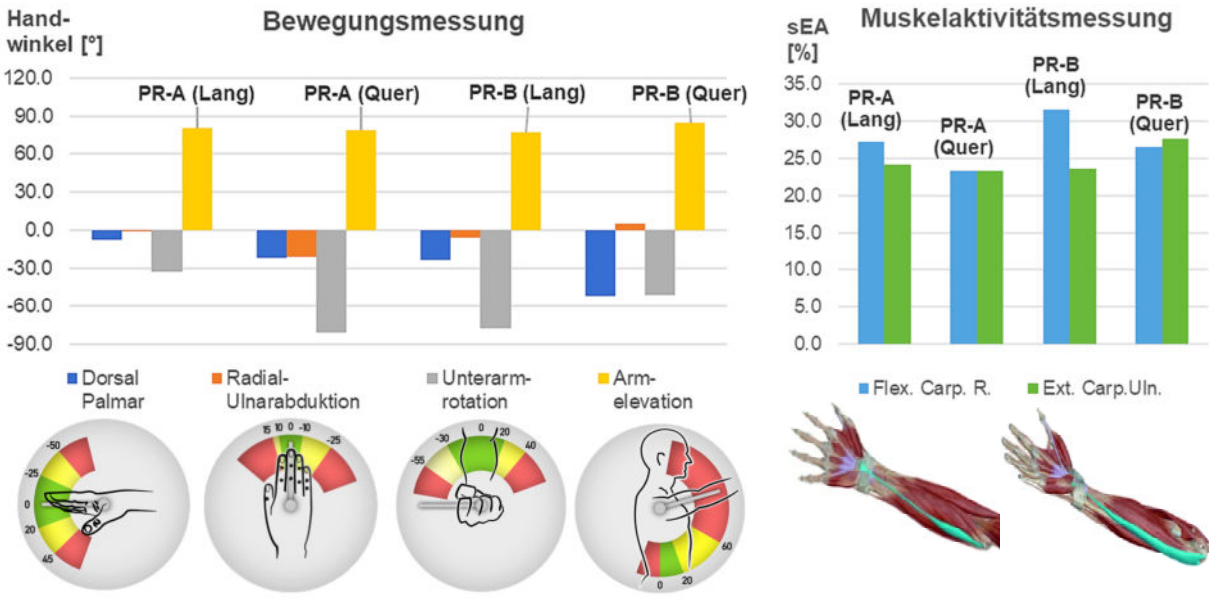


***Abbildung 2**: Ergebnisse der Bewegungs- und Muskelaktivitätsmessung für die rechte Hand nach Paketbandabrollern PR-A und PR-B separiert nach sowie Längs- und Querverklebung (lang, quer); Links: Hand-Armwinkel; Rechts: normierte Muskelaktivitäten am rechten Unterarm.*

Aus der subjektiven Gesamtbewertung ergibt sich, dass PR-B mit einem Durchschnittswert von 1,1 mit „etwas gut“ (Skala von -4 /sehr schlecht bis +4 /sehr gut) und damit höher bewertet wird als PR-A mit „etwas schlecht“ (-1,25). Die Griffgestaltung wurde hingegen bei PR-A (MW±SD: 0,75±1,09) geringfügig besser bewertet als bei PR-B (MW±SD: 0,69±1,14).

4. Diskussion

Das Verkleben von Paketen erfordert eine gewisse Einarbeitung, was sich in der Analyse der Ausführungszeiten widerspiegelt. Die Ergebnisse liefern jedoch keine Antwort darauf, inwieweit die Gestaltung der Paketbandabroller und deren Griffgestaltung die Ausführungszeiten beeinflusst. Die mittleren Ausführungszeiten bei der Verwendung von PR-A sind im ersten Durchgang bei der Längsverklebung um 20s und bei der Querverklebung um 5s höher als beim PR-B. Im zweiten Durchgang sind die mittleren Ausführungszeiten der Längsverklebung beim PR-A um 30s und beim PR-B um 12s kürzer. Im zweiten Querverklebungsdurchgang sind die VP im Durchschnitt lediglich beim PR-A um 7 Sekunden schneller. Die Verkürzung der Ausführungszeiten kann wesentlich auf einen Lernerfolg zurückgeführt werden.

Für die Bewertung der körperlichen Risiken bei der Anwendung der Paketbandabroller wurde angenommen, dass die Tätigkeit über die gesamte Schicht durchgeführt wird, wobei zusätzliche Tätigkeiten wie das Verpacken der Objekte oder das Umsetzen der fertigen Pakete nicht berücksichtigt wurden. Diese Tätigkeiten könnten jedoch ein anderes Belastungsprofil erzeugen und die Belastung des Gesamtkörpers, insbeson-

dere in Abhängigkeit von den zu handhabenden Objektmassen, erheblich erhöhen. Der im Rahmen der EAWS-Bewertung im emaWD ermittelte Engpass bestand nicht auf der Ebene des Gesamtkörpers, sondern im Bereich der oberen Extremitäten. Hier spielen die hohe Wiederholfrequenz von Kräften sowie die Dauer der Belastung eine wesentliche Rolle. Zudem tragen ungünstige Hand-Arm-Winkel zur Beurteilung der Belastung bei, wobei neben der Handgelenksstellung auch der Unterarm-, Ellenbogen- und Schulterwinkel berücksichtigt werden. Die Analyse der Winkelverhältnisse zeigt, dass insbesondere im rechten Handgelenk und der Schulterabduktion ungünstige Gelenkstellungen auftreten, die sowohl durch die Gestaltung der Paketbandabroller als auch durch die Arbeitshöhen beeinflusst werden. Besonders für kleinere Personen könnte eine erhöhte Arbeitshöhe zu ungünstigen Schulterwinkeln geführt haben. Darüber hinaus sollte die mangelnde Routine und Erfahrung der VP berücksichtigt werden, da diese möglicherweise zu untypischen Bewegungsausführungen führen können. Ungünstige Gelenkstellungen sind auch im linken Bereich der oberen Extremitäten vorhanden, die insbesondere durch das starke Abstützen des linken Handgelenks auf dem Tisch verursacht werden.

Die Analyse der Handwinkelstellungen in Bezug auf die Längs- und Querverklebungen verdeutlicht, dass bei Querverklebungen signifikant ungünstigere Gelenkstellungen im Hand-Arm-Bereich auftreten. Die Gestaltung des „Pistolengriffs“ bei PR-A führt zu geringeren Handgelenkwinkeln, was sich positiv auf die Reduktion ungünstiger Handgelenkstellungen auswirkt. Diese Ergebnisse werden durch die Messungen der Oberflächenelektromyografie (OEMG) bestätigt, die eine geringere muskuläre Beanspruchung bei der Verwendung von PR-A im Vergleich zu PR-B zeigen. Diese Ergebnisse stimmen mit denen anderer Studien überein (Kluth et al. 2021).

Die Kombination von objektiven Messungen und Simulationswerkzeugen wie emaWD bietet einen vielversprechenden Ansatz, um reale Bewegungen und simulierte Bewegungen für ergonomische Untersuchungen zu nutzen. Auf diese Weise können reale Bewegungen durch Labormessungen auf potenzielle Risiken hin bewertet und in emaWD mit etablierten ergonomischen Verfahren wie EAWS zeiteffizient analysiert werden. Die Integration von EAWS in emaWD ermöglicht eine schnellere und personenunabhängige Bewertung, da diese Bewertungen automatisiert und bei gleichen Eingaben reproduzierbar sind. Dadurch wird die Reliabilität der Ergebnisse gesteigert. Darüber hinaus bietet dieser Ansatz die Möglichkeit, Parameterstudien durchzuführen, bei denen einzelne Einflussfaktoren wie Griffgeometrie oder Körpergröße frühzeitig isoliert betrachtet werden können. Auf diese Weise können weiterführende Erkenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen Produktmerkmalen und deren Einfluss auf die Bewegungsausführung und die Arbeitsbelastung gewonnen werden (Heinrich et. al 2024). Die Simulation ermöglicht es zudem, verschiedene Szenarien und Arbeitsbedingungen in einer virtuellen Umgebung zu testen, ohne dass reale Eingriffe erforderlich sind (Spitzhirn et al. 2023).

5. Zusammenfassung und Ausblick

In der Laborstudie wurden zwei Paketbandabroller bzgl. ihrer ergonomischen Gestaltung und Belastung auf Anwender analysiert. Die Untersuchung konzentrierte sich auf die Handgelenkstellung und Muskelaktivität während der Längs- und Querverklebung von Kartons. Die Ergebnisse zeigten, dass die Gestaltung der Paketbandabroller

einen signifikanten Einfluss auf die Handgelenkwinkel und somit auf die Arbeitsbelastung haben. Besonders der Paketbandabroller PR-A zeigte in den experimentellen Messungen günstigere Handgelenkstellungen und eine geringere muskuläre Belastung als die andere getestete Variante.

Durch die Übertragung der aufgenommenen Bewegungen auf die im Prozesssimulationssystem ema Work Designer integrierten Menschmodelle konnte eine schichtbezogene Bewertung des ergonomischen Risikos nach EAWS für den Gesamtkörper und die oberen Extremitäten ermittelt werden. Darüber hinaus bieten digitale Simulationswerkzeuge wie emaWD den wesentlichen Vorteil, die Auswirkungen von Designparametern auf die Prozessgestaltung sowie die daraus resultierende Arbeitsbelastung (z. B. mittels EAWS, Gelenkwinkelanalysen) frühzeitig zu analysieren und zu optimieren. Dabei können verschiedene Szenarien und Arbeitsbedingungen in einer virtuellen Umgebung getestet werden, ohne dass reale Eingriffe nötig sind. Durch Kombination von Messungen und Simulationen im Bereich der Produkt- und Arbeitsgestaltung können präzisere Bewertungen von Risiken durchgeführt und geeignete Maßnahmen abgeleitet und bewertet werden. Die hier gewonnenen Ergebnisse und Empfehlungen können bei der Weiterentwicklung ergonomischer Arbeitsmittel sowie Arbeitsbedingungen in der Logistikbranche unterstützen.

6. Literatur

Heinrich K., Spitzhirn M., Hermanns I., Kaiser A. (2024). Digitale Ergonomie – Ableitung und Erprobung möglicher Präventionsansätze mit Hilfe digitaler Werkzeuge auf der Grundlage der messwertbasierten Gefährdungsbeurteilung. In GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2024, Stuttgart (1-6; Beitrag C.3.3).

Kluth K. (2021). Grundlagen ergonomischer Arbeitsplatz- und Arbeitsmittelgestaltung – Anwendungsorientiertes Produktdesign am Bsp. Paketbandabrollers. In: Ergonomie Markt 4, 24-25.

Paul GE (2021). Modeling and Simulation of Human Systems In: Salvendy G, Karwowski W (eds) Handbook of human factors and ergonomics. John Wiley, Hoboken, pp 704–735.

Sanchez J. A., & Rafael, J. (2016). Application of biomechanical models for the analysis of musculoskeletal disorders. Journal of Biomechanics, 49(3), 367–378.

Seibt R., & Bradl, I. (2003). Oberflächen-elektromyographische Echtzeit-Analysen. Erfurter Tage, 285-316.

Spitzhirn M., Benter M., Heindl C., Scheder N., Strohmeier F., Behrendt W. (2022). Hybrid work systems—platform-based work planning – designing productive and human-centered work processes. Z. Arb. Wiss. 76, 489–509. https://doi.org/10.1007/s41449-022-00342-6.

Spitzhirn M., Gärtner C., Ullmann S. & Fritzsche L. (2023). Considering Individual Abilities and Age-Related Changes in Digital Production Planning Using Digital Human Models. In: S. Scataglini et al. (Eds.): DHM 2023, LNNS 744, pp. 1–10, 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37848-5_28.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Zur Zukunft der Pflegearbeit in der Arbeitswelt 5.0: Zur Ambivalenz von Pflegeinnovationen am Beispiel von Personalausfallkonzepten in der Altenpflege

Julius WIEGAND

Sozialforschungsstelle, Technische Universität Dortmund,
Evinger Platz 17, D-44339 Dortmund

Kurzfassung: Die Zukunft der Altenpflege wird entscheidend von der Arbeitswelt 5.0 geprägt. Während technische Pflegeinnovationen als Lösungsstrategien gelten, zeigt sich in der Praxis, dass Soziale Innovationen insbesondere bei der Kompensation von Personalausfall eine zentrale Rolle einnehmen. Die ambivalente Auswirkung von Innovationen, insbesondere im Spannungsfeld zwischen Leiharbeit und alternativen Modellen wie Springerpools, ist Gegenstand dieses Artikels.

Schlüsselwörter: Care-Berufe, Personalnotstand, Soziale Innovation, Arbeit 5.0, Zeitarbeit, Personalausfall, Arbeitszeitgestaltung

1. Einleitung

Wie kann der Eintritt in eine Industrie- und Arbeitswelt 5.0 in der Altenpflege gelingen, wenn bereits heute kein Personal verfügbar ist, um den regulären Betrieb mit Mindestbesetzung aufrechtzuerhalten? (Bundesagentur für Arbeit 2024). Diesem Status Quo folgend steht die Zukunft der Arbeitswelt in der Pflege zudem vor der Herausforderung, dass 2050 so viele Pflegekräfte fehlen werden, wie 2023 insgesamt in der Altenpflege gearbeitet haben (ebd.). Während dieser anschwellenden Pflegenotstandsaporie, welche scheinbar nicht aufzulösen ist, wächst in der Altenpflege der Druck auf die Beschäftigten, welche 2024 einen Höchststand an Krankheitstagen erreicht haben mit einem Anstieg von 70 Prozent in 11 Jahren (AOK 2024). Dieser Umstand bringt die politischen Akteur*innen in Handlungsdruck, denn es benötigt Lösungsstrategien für den sich verschärfenden Pflegebedingungen. Anhand der gescheiterten konventionellen Reformversuche der Bundes- und Landesregierungen wird jedoch im Spiegel der letzten 20 Jahre deutlich, dass diese nicht zu erwarten sind (Hergesell 2019, S. 17). Bezüglich der Lösungsstrategien kann auf die zunehmende Technisierung der Altenpflege hingewiesen werden und eine Verbindungsline zu der zukünftigen Arbeitswelt gezogen werden. Es kann mit der Studie von Hergesell (ebd., S. 9) auf den Konflikt hingewiesen werden, infolgedessen sich seit den 2000er der Pflegediskurs verändert hat und seitdem innovative (primär) technische Pflegeinnovationen in den Diskurs eingetreten sind. Daraus folgt, dass innovative Pflegetechniken als (semantische) alternativlose Lösungsstrategie für die angeführte bisherige Aporie des Pflegenotstands in alternden Gesellschaften forciert werden. Innovative Pflegetechniken wurden bisher weder flächendeckend eingeführt noch ist ihre empirische Wirksamkeit nachgewiesen.

Während Pflegeroboter den Diskurs prägen (Lutze 2021 et al.; Hergesell 2019) fehlt ein detaillierter Blick auf die Veränderungen in der Arbeitswelt der Altenpflege, welche derzeitig aufgrund des starken Innovationsdrucks in der Altenpflege entstehen. Der

vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit der thematischen Forschungslücke der Personalausfallausfallkonzepte (PAK) in der Altenpflege, welche zukünftig eine zentrale Rollen einnehmen können. Die Arbeitnehmerüberlassung (AN) bildet derzeitig das vorherrschende PAK in der Altenpflege mit einem Anstieg von 70 Prozent in fünf Jahren (Sommer, Bäcker 2023). Aufgrund des Anstiegs und der Diffusion der AN auf den überwiegenden Anteil der stationären Altenpflege sind Herausforderungen wie die Finanzierbarkeit oder negative Effekte auf die Sozialstruktur aufgetreten, wodurch die AN im Diskurs als dysfunktional wahrgenommen wurde (Toporova 2023; Bundestags-Drucksache 214/1/23; Haubner & Boemke 2022; Riedlinger et al. 2020). Die Zunahme der AN um 70 Prozent innerhalb von fünf Jahren verdeutlicht den Handlungsdruck auf den Pflegebereich und macht alternative Konzepte wie Springerpools unabdingbar. Der Personalengpass der (Alten-)Pflege wird sich unter der Berücksichtigung der derzeitigen verfügbaren Datenlage nicht verbessern, sodass innovative Arrangements der Arbeitsorganisation unter ökonomischen Rationalisierungsprozessen vermehrt in den Fokus geraten werden. Diese sind eng mit technischen Lösungsansätzen verknüpft und können aufgrund ihrer Verzahnung lediglich theoretisch getrennt betrachtet werden. Welche Rolle spielen Pflegeinnovation im Kontext des derzeitigen Personalmangels und wie können diese im Kontext der Arbeitswelt 5.0 zukünftig zur alternativen Lösungsansätzen führen?

2. Zur Ambivalenz sozialer und technischer Innovationen in der Altenpflege

Technische Innovationen sind prozessorientiert auf das Innovieren von Arbeitsprozessen fokussiert, (Soziale) „Innovationen in der Arbeitswelt [hingegen] im engeren Sinne beziehen sich dagegen auf organisationale Parameter des Arbeitsprozesses und damit korrespondierende Arbeitspraxen.“ (Kleemann 2021, S. 546). Daraus ergeben sich die konstituierenden Merkmale von Innovationen in der Arbeitswelt, welche sich direkt und unmittelbar auf die Arbeitsorganisation und auf die ausgelöste Veränderung der Arbeitsrealität fokussieren. Soziale Innovationen in dieser einer bereits überlasteten Arbeitsrealität der institutionellen Altenpflege drohen jedoch trotz ihrer inhärenten positivistischen Einstellung zu scheitern. Die belastenden Arbeitsbedingungen lassen das Altenpflegepersonal bereits am Limit laufen, was sich insbesondere negativ bei der Entwicklung, Adaption und Diffusion von Innovationen auswirkt (Ferichs et al. 2016, S. 351). Anknüpfend an die bereits erschwerten Ausgangsbedingungen irritieren die im Diskurs postulierten Lösungsansätzen zur technischen Lösungspotenzialen der Pflege mit zunehmend widersprüchlichen Aussagen, da sie diametral den zentralen Säulen des Selbstverständnisses der Altenpflege entgegenlaufen zu scheinen. Pflege ist ein interaktionsbasiertes Arbeitsfeld mit unterschiedlichen Ebenen, welche sich durch das sich konstituierende Merkmal der Altenpflege auszeichnen: die sozialpflegerische Beziehungsarbeit. Diese pflegeimmanenten Praktiken sind durch innovative Pflegetechnik kaum zu ersetzen, da sie situationsgebundenes Handeln benötigen anstatt standardisierter Abläufe Diese Semantik einer sich anbahnenden Arbeitswelt 5.0 kann in diesem Kontext dahingehend gedeutet werden, dass derzeitig primär technische Innovationen als Lösungsstrategie nicht an der Lebensrealität für Care-Giver und Care-Receiver orientiert sind. Dies spielt mit Blick auf die Personalnotstand eine Rolle, denn auch zukünftig wird es vermehrt um den Einsatz von Pflegetechnik-Einsatz ankommen, welcher auf die Bedarfe der Altenpflegerinnen* ausgerichtet ist, diesen jedoch nicht ersetzen kann.

Eine einseitige Fokussierung auf technische- oder wirtschaftliche Innovationen werden die Problematik des Pflegenotstandes nicht auflösen können, denn es benötigt soziale Lösung für soziale Herausforderungen wie die derzeitigen Personalengpässe. Dennoch existieren unterschiedliche technische Lösungsansätze und Herangehensweisen, welche in der Pflege bspw. Dokumentationstätigkeiten erleichtern, routinisierte Aufgaben abnehmen und die Kommunikation erleichtern sollen (Braeseke et al. 2020). Diese befinden sich an der Schnittstelle um die Folgen durch eine dauerhaft anhaltente Personalknappheit und die massiven Arbeitsbelastungen der Altenpfleger*innen zu beeinflussen (DGB-Index Gute Arbeit 2024). Als Reaktion auf den Personalmangel kommt es zu neuen und innovativen Formen der Arbeitsorganisation, welche primär als PAK klassifiziert werden können. Die derzeitig bereits dünne Personaldecke in der Altenpflege führt dazu, dass Personalausfälle, verursacht durch multiple Auslöser wie u. a. Krankmeldungen, Ersatz für Fortbildung oder ähnliches bereits heute von vielen Organisationen nicht mehr aus hausinternen Personalmitteln ohne einen massiven Überstundenaufbau geleistet werden können. In der Gesamtgesellschaft ist dies ein omnipräsentes Thema, wie am Beispiel der (AN) gezeigt werden kann (Bundestags-Drucksache 214/1/23; DPR 2023; Schober 2023). Trotz Reformbestrebungen durch die Bundesregierung anhand einer gesetzlichen Justierung wirkt sich AN auf alle Bereiche der Altenpflege aus und betrifft primär den stationären Bereich. Anführen lässt sich das 2023 in Kraft getretene PUEG[1], welche die AN begrenzen und andere alternative Konzepte begünstigen soll. Eines dieser im Gesetz präferierten Stabilisierungskonzept sind die Springerpools. Die politische Entscheidung ist auf einer administrativen Ebene nachvollziehbar, dennoch löst AN eines der dringendsten Probleme innerhalb der Pflegeheime: Der Personalmangel, die hohe Fluktuation von Mitarbeiter*innen und hohe Krankheitsfehlzeiten machen andere Strategien für den Personalausfall notwendig für die Akteur*innen aus der Altenpflege. Konzepte und Strategien, welche sich mit dem Personalmangel und folglich auch den Personalausfallkonzepte beschäftigen können unter der Prämisse von soziotechnischen Innovationen betrachtet werden, denn sie bieten ein theoretisches Rahmenkonzept für die Vielfältigkeit von Lösungsvorschlägen aus unterschiedlichen Perspektiven an. Am Beispiel des Personalnotstandes und der PAK kann festgestellt werden, dass wie im vorliegenden Beispiel die AN und Springerpools durch eine (Hyper-)Flexibilisierung und das Vorhalten von Personal für Springerdienste dazu beitragen, eine Kompensation von Personalengpässen zu erreichen. Technische Pflegeinnovationen hingegen versuchen durch eine vermehrte Effizienzsteigerung- und Entlastung wie bspw. durch Monitoring oder AAL-Systeme primär von repetitiven Tätigkeiten zu entlasten. Die Herausforderungen durch hohe Fluktuation und steigende Krankheitsausfälle erfordern alternative innovative Ansätze zur Personalabsicherung- und Entlastung. Hier setzen Soziale Innovationen wie Springerpools an. Springerpools können folglich nach Schubert (2019, S. 8) als Reparaturversuch auf die dysfunktional gewordene AN betrachtet werden. Springerpools sollen die bestehende Asymmetrie in der bestehenden Beschäftigungsstruktur der AN eindämmen und die Herausforderungen der Personalengpässe besser lösen auf der Grundlage des bisherigen Status Quo. Dennoch haben vor allem primär monetäre und Zeitersparnis Vorteile im Vergleich zu AN und sorgen dafür, dass Beschäftigte des Springerpools als Stammbeschäftigte identifiziert werden und der Faktor der Unbekanntheit im Pflegeheim minimiert wird. Die positiven Auswirkungen durch die Eindämmung der AN lösen die Herausforderungen der Personalausfälle kurzfristig, indem sie die Personalengpässe unmittelbar besser kontrollieren und sich theoretisch

[1] Pflegeunterstützungs- und -entlastungsgesetz.

gut umsetzen lassen. Für die Umsetzung bleibt dennoch die Grundproblematik bestehen: Woher soll das Personal kommen, wenn es bereits jetzt kein Stammpersonal gibt? (Bundesagentur für Arbeit 2024). Springerpools als neue Form der Arbeit in der Altenpflege unterliegt der Prämisse der Flexibilität und des Einspringens. Bei größeren Verbünden oder Trägern ist es anzunehmen, dass die Pflegekräfte vergleichbar mit der AN negative Aspekte auf die care left undone hat (Senek et al. 2020; Riedlinger et al 2020; Großmann et al. 2024).

Technische Lösungsansätze im Kontext von Personalengpässen kann am Beispiel der Sensorik Matten für Menschen mit Demenz erläutert werden (Hergesell 2019). Anhand der Bewegungssensoren oder Matten sollen nächtliche Kontrollrundgänge reduziert werden und somit die Nachtwachen entlastet werden. Die positiven Aspekte sind durch die Effizienzsteigerung und Arbeitsentlastung, dass nicht jede Bewohner*in mit Hinlauftendenz stetig kontrolliert werden muss oder die Nachtwachen sich darum Gedanken machen müssen. Diese Pflegeinnovationen reduzieren Arbeitsbelastungen und ermöglichen dem Personal, sich auf andere Aufgaben zu konzentrieren. Der Nachteil ist jedoch, dass vor allem die soziale Dimension der nächtlichen Rundgänge entfällt, welcher insbesondere für die Bewohner*innen mit Demenz ein wichtiger sozialer Sicherheitsfaktor und für die Nachtwachen ebenfalls eine wertschätzende soziale Beziehungspflege ist (Hergesell 2019). Für die Betrachtung von Personalengpässen und einer übergreifend dünnen Personaldecke sind zudem innovative Lösungsansätze interessant, welche Fehlerquellen und die fehlenden lokalen Gegebenheiten kompensieren können. Für die Unterstützung von Springerpools und anderen PAK sind für die zukünftigen menschenzentrierten Innovationen der Arbeitswelt 5.0. vor allem KI-gestützte Informations- und Dokumentationsinnovationen von Relevanz, welche die Wissensdefizite aufgrund der Prämisse des Einspringens kompensieren können. Dies könnte bspw. über Mobile-Tablets relevante Informationen über die Bewohner*innen geben und bei Entscheidungen unterstützend wirken, um das angeführte Phänomen von care left undone zu reduzieren. Ein weiteres Potenzial bei Personalengpässen in diesem Zusammenhang kann es sein, dass digitale Kommunikationssysteme die mismatches aufgrund einer fehlenden Einarbeitung, Zeitmangel oder anderen (sprachlichen, fachlichen) Barrieren reduzieren (Krebs et al. 2020). Eine Kombination von soziotechnischen Pflegeinnovationen könnte dabei ansetzen und dazu beitragen, die Fehlerquoten in der Interaktionsarbeit reduzieren. Dennoch sind beide Ansätze keine Wundermittel und können eine umfassendere, gerechtere Transformation einer sich am Limit befindenden Altenpflege nicht ersetzen (Remmers 2015; Hergesell 2019; Hülsken-Giesler/Krings 2015).

3. Diskussion

Die Arbeitswelt 4.0 zeigt die Notwendigkeit auf, dass Pflegeinnovationen nicht isoliert betrachtet werden können, sondern sie in den Kontext ganzheitlicher Arbeitsstrukturen zu integrieren sind. Es benötigt zukünftig „[…] Organisationsstrukturen, die eben nicht auf einer tayloristischen Aufgabensegmentierung und Arbeitsteilung beruhen, sondern auf Zusammenarbeit über die Grenzen einzelner Einheiten hinweg.“ (Lutze 2021, S.12.). Innovative Lösungsansätze haben das inhärente Potenzial, diese Faktoren zu verstärken, wie bspw. an der Fragmentierung der Arbeitsorganisation durch die AN erkennbar wird. In der Arbeitswelt 5.0 wird dieser Kritik aufgenommen und fokussiert, indem sie Attribut der menschenzentrierten Innovationen in den Mittelpunkt rücken (Hasegawa 2022). Mit Blick auf die Zukunft der Altenpflege kann dies als not-

wendiger Appel verstanden werden, denn die Herausforderungen der derzeitigen Personalengpässe kann nicht mit einer primären Fokussierung auf technische Pflegeinnovationen gelöst werden, wie es die im Diskurs etablierte semantische Lösungsstrategie von Technik in der Altenpflege verspricht (Hergesell 2019). Innovative Pflegetechniken befinden sich in einer Ambivalenz, da Interaktionsarbeit kaum standardisierbar ist und die Aspekte der sozialpflegerischen Fürsorgearbeit nicht ausreichend bedacht werden (Hacker 2018). Inwieweit eine Berücksichtigung dieser Fürsorgetätigkeit durch Technik ermöglicht oder rationalisiert wird, bleibt für die zukünftige Arbeitswelt abzuwarten. Pflegeinnovationen wie bspw. Bewegungssensoren für Menschen mit Demenz oder Medikamentenroboter können die Arbeitsorganisation entlasten, sie ersetzen jedoch nicht die sozialpflegerischen Komponenten, für welche bereits heute Altenpfleger*innen quantitativ zu wenig Zeit haben und bspw. ein Grund ist, weshalb sie in die AN wechseln (Riedlinger 2020 et al.). Bereits Hergesell (2019) konnte in seiner Studie aufzeigen, dass mit innovativen Pflegetechniken für einen Rückgang von (sozial-)pflegerischen Deutungsmuster einhergehen kann. Es ist anzunehmen, dass innovative Formen der Arbeitsorganisation im Kontext der Personalausfälle vor einem ähnlichen Ambivalenz-Dilemmata stehen, wie im Beitrag aufgezeigt werden konnte.

Die Auswirkungen von Innovationen auf die Arbeitsorganisation und Pflegequalität sind empirisch kaum erfasst. Es bleibt (häufig) unklar, wie Innovationen und folglich Interventionen in der Pflege sich auf die institutionelle Altenpflege auswirken und die Interaktion zwischen Personal, Kolleg*innen und Bewohner*innen beeinflussen. Bis dato ist weder bekannt, wie sich AN und Springerpools auf die Selektion von Tätigkeiten von pflegeimmanenten Praktiken auswirken. Zukünftige Forschung muss den Umstand näher berücksichtigen, wie sich soziotechnische Innovationen insbesondere auf die Pflegequalität auswirken. Die Einführung von Innovationen für eine Altenpflege innerhalb der Arbeitswelt 5.0 durch soziotechnische Innovationen wie Springerpools oder Sensortechnik wirft grundlegende Fragen auf: Inwiefern verändern sie die Auswahl und Ausführung pflegeimmanenter Tätigkeiten? Und welche langfristigen Effekte haben sie auf die Arbeitsrealität in der Altenpflege? Eine Arbeitswelt 5.0 wird ihrer Prämisse der Menschenzentriertheit insbesondere bezüglich der Care-Ökonomie Rechnung tragen müssen, wie Tove Soiland (2017, S. 19) anmerkt: „Weder wachsen und entwickeln sich Kinder mittels technischer Innovationen schneller noch kann das Zuhören oder gar Verstehen einer Klientin mit der Rationalisierung der Arbeitsabläufe wesentlich effizienter gestaltet werden.

4. Literatur

AOK (2023) Krankenstand in der Pflege: Anstieg um mehr als 44 Prozent in elf Jahren, Accessed January 22, 2025. https://www.aok.de/pp/bv/pm/krankenstand-pflege-2022/.

Becke G, Bleses P, Goldmann M (2016) Soziale Innovationen – eine neue Perspektive für die Arbeitsforschung im Feld sozialer und gesundheitsbezogener Dienstleistungen. In: Becke G, Bleses P, Frerichs F, Goldmann M, Hinding B, Schweer M (Hrsg.) Zusammen – Arbeit – Gestalten. Springer VS, Wiesbaden.

Braeseke G, Pflug C, Tisch T, Wentz L, Pörschmann-Schreiber U, Kulas H (2020) Umfrage zum Technikeinsatz in Pflegeeinrichtungen (UTiP). Abschlussbericht.IGES Institut GmbH Berlin.

Bundesagentur für Arbeit (2024) Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt – Arbeitsmarktsituation im Pflegebereich, Nürnberg, Mai.

Deutscher Gewerkschaftsbund (DGB) DGB-Index Gute Arbeit 2024. Jahresbericht 2024. (Hrsg.) Institut DGB-Index Gute Arbeit: Berlin.

Deutscher Pflegerat (2023) Ursachen und Auswirkungen der Leiharbeit in der Pflege. Aktualisierte Studie des Deutschen Pflegerats. Accessed January 22, 2025. https://deutscher-pflegerat.de/download/dpr_ursachen-und-auswirkungen-der-leiharbeit-in-der-pflege_aktualisiert_230428.pdf.

Ferichs F (2016) Fachlaufbahnen in der Altenpflege gestalten – Herausforderungen im demografischen Wandel. In Frerichs F (Hrsg.): Fachlaufbahnen in der Altenpflege. Grundlagen, Konzepte, Praxiserfahrungen. Wiesbaden: Springer Verlag, 9-19.

Großmann H et al. (2024) Arbeitszeitgestaltung in der stationären Altenpflege – erste Erkenntnisse aus dem INQA-Projekt Pflege:Zeit. Würselen: MA&T Sell & Partner GmbH.

Hacker W (2018) Menschengerechtes Arbeiten in der digitalisierten Welt: Eine Wissenschaftliche Handreichung. In: Mensch – Technik – Organisation: Band 49. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.

Hasegawa T (2022) Innovative Pflegesysteme und Technologien für stark gealterte Gesellschaften – Neugestaltung der gesundheitlichen, medizinischen und pflegerischen Versorgung in Japan. In: Waldenberger F, Naegele G, Kudo H, Matsuda T (Hrsg.) Alterung und Pflege als kommunale Aufgabe. Dortmunder Beiträge zur Sozialforschung. Springer VS, Wiesbaden.

Haubner T, Boemke L (2022) Gespaltene Fürsorge: Sorgeberufe zwischen Professionalisierung und Freiwilligenarbeit. In: Open Gender Journal, 6.

Hergesell J (2019) Technische Assistenzen in der Altenpflege. Eine historisch-soziologische Analyse zu den Ursachen und Folgen von Pflegeinnovationen. Weinheim Basel: Juventa.

Hülsken-Giesler M, Krings BJ (2015) Technik und Pflege in einer Gesellschaft des langen Lebens. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 24(2):4-11.

Kleemann F (2020) Innovationen in der Arbeitswelt. In: Blättel-Mink B, Schulz-Schaeffer I, Windeler A. (Hrsg.) Handbuch Innovationsforschung. Springer VS, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-17671-6_39-1.

Krebs S, et al. (2020) Der Einsatz von Leih- und Zeitarbeit in der Pflege – steigende Kosten, fehlende soziale und fachliche Akzeptanz, ausbleibende Einarbeitung und Kurzeinweisung. In: Das Gesund–heitswesen 82(12):138-146.

Lutze et al. (2021) Potenziale einer Pflege 4.0. Wie technologische Innovationen in der Langzeitpflege Entlastung schaffen und die Arbeitszufriedenheit verändern können, Bertelmann Stiftung (Hrsg.).

Remmers H (2015) Natürlichkeit und Künstlichkeit. Zur Analyse und Bewertung von Technik in der Pflege des Menschen. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 24(2):11-20.

Riedlinger I, Fischer G, Lämmel N, Höß T. (2020) „Leasing ist wie ein stummer Streik“ – Zeitarbeit in der Pflege. In: Arbeits- und Industriesoziologische Studien 13(2):42-157.

Schober G (2023) Engpässe wegen teurer Leiharbeit: Warum Heime Pflegebetten unbesetzt lassen, Accessed January 22, 2025. https://www.tagesschau.de/wirtschaft/pflege-leiharbeit-101.html.

Schubert C (2019) Innovation als Reparatur. In: Blättel-Mink B, Schulz-Schaeffer I, Windeler A (Hrsg.): Handbuch Innovationsforschung. Springer VS, Wiesbaden.

Senek M, et al. (2020) care left undone in community settings: Results from a UK cross-sectional survey. In: J Nurs Manag. 28(8):1968-1974.

Soiland T (2017) Die Warenförmigkeit von Care: Ein Emanzipationsangebot? Oder: Vom heimlichen Charme der Betriebsökonomie. Widersprüche. Zeitschrift für sozialistische Politik im Bildungs-, Gesundheits- und Sozialbereich, 37(145):13-29.

Sommer P, Bäcker G (2023) Leiharbeit im Gesundheitswesen und in der Altenpflege: Wachsende Probleme für die Stammbeschäftigten und die Einrichtungen, in Sozialpolitik (09/23), IAQ: Duisburg.

Statistik der Bundesagentur für Arbeit Berichte (2024) Blickpunkt Arbeitsmarkt – Arbeitsmarktsituation im Pflegebereich, Nürnberg, Mai 2024.

Statistisches Bundesamt (2025) Pflegekräftevorausberechnung, Accessed January 22, 2025. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvoraus berechnung/pflegekraeftevorausberechnung.html.

Toporova N (2023) "Das Gender-Paradoxon der Arbeitsmotivation bei atypisch beschäftigten Arbeitnehmern – empirische Untersuchungen am Beispiel der Zeitarbeit. In: Die Unternehmung – Swiss Journal of Business Research and Practice (77(1):42-66.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Innovationsbeitrag der Arbeitsforschung für die Zukunft der Arbeit

Martin BRAUN

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO,
Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart

Kurzfassung: Die Arbeitsforschung ist gefordert, ihren Nutzenbeitrag zur Innovation der Arbeitsgesellschaft im Kontext der digitalen Transformation aufzuzeigen. Technologie ist ein zentraler Innovationstreiber, der zur Produktivitätssteigerung beiträgt. Ein Kernprinzip rationaler Arbeitsgestaltung ist die Arbeitsteilung; sie geht mit Fremdversorgung einher. Um Innovationsimpulse unter arbeitsteiligen Bedingungen zu verstetigen, sind Anreize zu individueller Fähigkeitsentwicklung und persönlichem Wachstum zu schaffen. Hierzu unerlässliche Humanisierungsinitiativen laufen vermeintlich den Rationalisierungsstrategien zuwider. Eine vordringliche Aufgabe der Arbeitsforschung ist es, integrative Gestaltungskonzepte im Spannungsfeld von Rationalisierung und Humanisierung von Arbeit zu entwickeln. Der Beitrag zeigt Zusammenhänge auf und ordnet sie konzeptionell ein.

Schlüsselwörter: Sozio-technisches Arbeitssystem, Arbeitsteilung, Fremdversorgung, Rationalisierung, Humanisierung, Lernanreize, Resilienz

1. Einleitung

Im Projekt „Connect & Collect (CoCo)“ werden Methoden der Vernetzung und des Wissenstransfers erforscht, welche die praktische Relevanz der Arbeitsforschung in betrieblichen Innovationsprozessen stärken können. Ein Augenmerk gilt agilen und interdisziplinären Vorgehensweisen, um betriebliche Innovationsprozesse zu verstetigen (Braun 2023). Die Arbeitsforschung ist gefordert, ihren Nutzenbeitrag zur Innovation der Arbeitsgesellschaft im Kontext der Digitalisierung aufzuzeigen (Dul et al. 2012).

2. Stand des Wissens: Arbeit und Innovation

2.1 Begriffe und Konzepte

Innovation als Reaktion auf den Marktwettbewerb ist ein dynamisches Element von Produktivität und Wohlstand. Mit ihrem hohen Anregungspotenzial zur Produktivitätssteigerung zählen Technologien zu den zentralen Innovationstreibern in der Wirtschaft (Schröter 2013). Es werden Produkt-, Prozess- und Dienstleistungs-Innovationen unterschieden, die zu verbesserter Wirtschaftlichkeit und zur Erneuerung der gesamten Wirtschaft führen sollen.

Die *Wirtschaftlichkeit* beschreibt das Verhältnis von Unternehmenserfolg und eingesetzten Kosten. Das Wirtschaftlichkeitsprinzip stellt eine Ausprägung des Rationalprinzips dar, dem zufolge Wirtschaftssubjekte eine Nutzen- bzw. Gewinnmaximierung anstreben (Schierenbeck & Wöhle 2012).

Angesichts absehbarer technologischer Fortschritte und sozio-demografischer Entwicklungstrends zielt die *Erneuerung der Wirtschaft* darauf ab, Investitionsbereitschaft,

Marktgeschehen und ökologische Nachhaltigkeit in Einklang zu bringen (vgl. Nitsch et al 2022). Unternehmen sind gefordert, ihre Strukturen und Ressourcen substanziell weiterzuentwickeln, um im volatilen Marktwettbewerb zu bestehen.

2.2 Produktivitätssteigerung durch rationale Arbeitsteilung

Rationalität beschreibt ein vernunftgeleitetes, an Zwecken und Zielen ausgerichtetes Denken und Handeln (Gosepath 2002). Arbeitsbezogene Rationalisierung umfasst Maßnahmen, die geeignet sind, Waren und Dienstleistungen zukünftig mit einem verringerten Arbeits-, Zeit- und Ressourcenaufwand zu erstellen. Ein produktivitätsförderliches Rationalprinzip ist die Arbeitsteilung. Sie bezeichnet die Aufteilung eines Produktionsprozesses in Teilprozesse und auf mehrere Stellen, die von spezialisierten Akteuren ausgeführt werden. Das rationale Prinzip der Arbeitsteilung führt nach Smith (1776) zu einem gesellschaftlichen Nutzen, indem eine erhöhte Gesamtproduktivität das verfügbare Warenangebot erweitert und den Wohlstand mehrt.

Die produktivitätssteigernde Wirkung der Arbeitsteilung beruht auf funktioneller *Spezialisierung*. Sie fördert das menschliche Arbeitsgeschick und ermöglicht einen spezifischen Maschineneinsatz zur Bewältigung formalisierter Arbeitsaufgaben:

- *Mechanisierung* ist die produktivitätsförderliche Unterstützung der körperlichen Arbeitskraft des Menschen durch einen Maschinen- und Anlageneinsatz, wobei der Mensch i. A. eine steuernde Rolle einnimmt.
- *Informatisierung* erhöht die kollektive Verfügbarkeit von Wissensbeständen in arbeitsteiligen Strukturen, indem diese vom ursprünglichen Wissensträger entkoppelt und in Informationssystemen verarbeitet werden (Baukrowitz et al. 2001).

Die Informatisierung findet ihren Fortschritt in adaptiv-lernenden Technologien, die auf Verfahren des maschinellen Lernens bzw. der Künstlichen Intelligenz (KI) beruhen. KI-Systeme imitieren menschliches Verhalten, ohne Bewusstsein zu entwickeln. Allerdings vermag nur der bewusst wahrnehmende, urteilsfähige Mensch unscharfe Begriffe oder irrationale Sachverhalte zu erfassen, um Ermessensspielräume auszuloten und Handlungsoptionen zu verwirklichen (Landgrebe & Smith 2022).

2.3 Wirkung der Arbeitsteilung auf die Arbeitsbeziehungen

Während Smith (1776) auf eine technisch vermittelte Arbeitsteilung fokussierte, wandte Taylor (1911) das arbeitsteilige Prinzip auf die menschliche Arbeitskraft an, indem er geistige von körperlicher Tätigkeit trennte. Durch den damit einhergehenden Verlust der Eigenständigkeit verändert sich das Verhältnis des individuellen Menschen zu seiner Arbeitsleistung. Arbeitsteilung erfordert eine Transformation von der wirtschaftlichen Selbst- zur Fremdversorgung, die auf Warenhandel beruht. Die Qualität der sozialen Arbeitsbeziehungen hängt nunmehr von den Bedingungen des Marktes ab, wodurch der Einzelne nach den Bedingungen der Organisation handelt.

2.4 Anreizstrukturen bei Fremdversorgung

Unter den Bedingungen der Selbstversorgung (d. h. gesamtheitliche Arbeit) schaffen persönliche Bedürfnisse einen unmittelbaren Anreiz zur Arbeitsleistung. Unter den Bedingungen einer arbeitsteiligen Fremdversorgung stellt sich die Frage, warum der einzelne Mensch für die Befriedigung eines fremden Bedarfs ebenso produktiv tätig sein sollte wie für eigene Bedürfnisse? Die Wahrnehmung fremder Konsumbedürfnisse bzw. Handlungserfordernisse motiviert nur bedingt zu produktiver Arbeitsleistung.

Attraktiver erscheint die Aussicht auf einen vermögenssteigernden, wirtschaftlichen Profit. Dieser bietet allerdings keinen hinreichenden Anreiz zu selbstbestimmter *Fähigkeitsentwicklung*. Um die Innovationsfähigkeit im arbeitsteiligen Wirtschaftssystem zu erhalten, sind Anreize für Lernen und persönliches Wachstum zu schaffen.

Die im Arbeitsleben artikulierte Forderung nach Anerkennung und Wertschätzung legt nahe, dass Lern- und Entwicklungspotenziale in menschengerechten Arbeitsverhältnissen verankert sein können, die die Würde des arbeitenden Menschen und die Sinnhaftigkeit seiner Arbeitstätigkeit respektieren (Purps-Pardigol 2015). Würde kennzeichnet Selbstbestimmung und Selbstwert eines Menschen (Hüther 2016). Ein würdevolles Menschenbild betont das selbstständige Entscheiden und Handeln des Individuums und mutet ihm Verantwortung für Wahrhaftigkeit und Moral zu (Sprenger 2007). Würde setzt voraus, dass der bewusst handelnde Mensch erkennt, wie sein Einzelbeitrag im Wirtschaftsprozess wirksam wird, Wert entfaltet und Sinn erlangt.

2.5 Koordination durch Organisation

Durch eine *Koordination* der zergliederten Arbeitsprozesse werden Teilaufgaben aufeinander abgestimmt und deren Ergebnisse zu einem zweckmäßigen Ganzen zusammengeführt, das dem Prinzip der Fremdversorgung genügt. Eine Koordination (bzw. Ordnung) erfolgt im Rahmen der betrieblichen Aufbau- und Ablauforganisation. Aufgabe der Koordination im sozialen Subsystem ist es, die Einzelbeiträge auf bedeutsame Ziele zu bündeln, so dass individuelle Leistungsfähigkeit und -bereitschaft zur Geltung kommen. Unter volatilen Marktbedingungen stoßen zentralisierte Koordinationsmechanismen an Grenzen; dezentrale Formen einer verantwortlichen Arbeitskoordination erweisen sich in der Regel als agiler, anpassungsfähiger und resilienter.

2.6 Ziele und Methoden der Arbeitsforschung

Arbeitsforschung strebt nach Verständnis von Arbeit im gesellschaftlichen und betrieblichen Kontext, um hieraus Handlungsbedarf und Interventionsmöglichkeiten abzuleiten. Sie erforscht, wie sich der arbeitende Mensch vorteilhaft in die arbeitsteiligen Verhältnisse einbringen kann, um seine eigenen Bedürfnisse geltend zu machen und seine Fähigkeiten zur Befriedigung fremder Bedürfnisse aktiv einzubringen.

Den Betrachtungen der Arbeitsforschung liegt ein sozio-technisches Systemmodell zugrunde (Trist & Bamforth 1951). Im *sozialen Subsystem* werden Identität, Beziehungsqualität und Selbstbeschreibung verbessert. Das *technische Subsystem* bewirkt eine Transformation objektiv definierter Eingangs- in Ausgangsgrößen (Sydow 1985).

Arbeitsforschung schafft methodische Grundlagen für die systematische Ordnung und Gestaltung von Arbeitsstrukturen, Arbeitsbedingungen und Arbeitstätigkeiten (Schlick et al. 2018) im Spannungsverhältnis von Rationalisierung und Humanisierung:

- *Rationalisierung* umfasst alle Maßnahmen, die optimale Wert-, Sach- und Sozialziele unter neuen Bedingungen ermöglichen;
- *Humanisierung* betrifft die Arbeitsverhältnisse, welche den subjektiven Bedürfnis- und Fähigkeitsstrukturen der Arbeitspersonen genügen bzw. deren Entwicklung begünstigen. Hierzu zählen u. a. Sinnhaftigkeit, Selbstwirksamkeit und Resilienz.

Der Mensch entwickelt Leistungsvoraussetzungen aus sinnvoll erlebten Wachstumsmotiven (Weinstock 1960), die sich in menschengerechten Arbeitsverhältnissen entfalten können.

3. Diskussion: Innovationsbeitrag der Arbeitsforschung

3.1 Erfolgskritische Bedeutung der Humanisierung

Wirtschaftliche Produktivität im sozio-technischen Arbeitssystem beruht auf den arbeitsteiligen Prinzipien der Spezialisierung und der Koordination, die sich komplementär ergänzen. Ihre Merkmale werden für das technische und das soziale Subsystem geordnet (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: *Ausgewählte Merkmale der Arbeitsteilung im sozio-technischen Arbeitssystem.*

Subsystem	**Spezialisierung**	**Koordination**
Technisches Subsystem (Objekte, Funktionsebene, Mittel, Nutzen)	Werkzeuge, Maschinen, Material, Algorithmen, Daten, Produkte	Normen, Prozesse, (Infra-) Strukturen
Soziales Subsystem (Subjekte, Beziehungsebene, Motivation, Sinn)	Identität, Ideale, Wissen, individuelle Fähigkeiten, Bedürfnisse, Wettbewerb	Kommunikation, Interaktion, Werte, Regeln, Kooperation

Die Gestaltung des *technischen Subsystems* orientiert sich an rationalen Prinzipien. Ein funktionaler Maschineneinsatz kann den sozio-demografisch bedingten Arbeitskräftemangel teilweise kompensieren. Dennoch wird es nicht gelingen, die menschliche Arbeitskraft vollständig durch Automaten zu ersetzen, da diese für jegliche Operation einen äußeren Impuls benötigen. Nur der Mensch verfügt über Entelechie und vermag aus sich heraus produktive Kräfte freizusetzen (Landgrebe & Smith 2022).

Im *sozialen Subsystem* prägt das arbeitsteilige Wirtschaftsprinzip vor allem die Qualität der menschlichen Arbeitsbeziehungen. Unter den Bedingungen der Fremdversorgung können sich Anreize für kooperatives Arbeitshandeln und Selbtsentwicklung verlieren, sofern sich Gestaltungsmaßnahmen primär am technisch-funktionalen Paradigma orientieren. In einer deutschlandweiten Befragung von 1.500 Arbeitspersonen ermittelten Sinyan und Nink (2024), dass 19% der Befragten innerlich gekündigt haben (d. h. nicht mit dem Unternehmen emotional verbunden sind); 45 % der Befragten suchen aktiv eine neue Arbeitsstelle oder neue Herausforderungen. Angesichts erodierender Sozialbeziehungen erweisen sich Humanisierungsmaßnahmen als grundlegend für betriebliche Innovationsstrategien.

Humanisierung umfasst Interventionen u. a. der Bildung, Kommunikation und Gesundheitsförderung. Sie bewirkt, dass jeder Mensch die Beziehungen in der Arbeitsgemeinschaft erleben kann, seine eigene Stellung zur Aushandlung von Regeln und Ressourcen reflektiert (vgl. Giddens 1988) und versteht, für welche gemeinsamen Ziele er seine Kräfte einsetzt. Auf dieser Grundlage erkennt der souveräne Mensch die Bedeutung seines Handelns, was ihn zur Entwicklung seiner individuellen Fähigkeiten und zur produktiven Zusammenarbeit motivieren kann. Unter arbeitsteiligen Verhältnissen trägt Humanisierung sowohl eigenen als auch fremden Interessen Rechnung, indem sie individuelle Initiativen in den gemeinsamen Dienst stellt.

3.2 Wechselwirkung von Rationalisierung und Humanisierung

Die betriebswirtschaftliche Logik beruht auf objektiven Kriterien, deren Berechenbarkeit eine Handlungssicherheit vermitteln soll. Diese sachbezogene Objektivität

stützt sich vornehmlich auf monetäre Wertmaßstäbe:

- Rationalisierungsmaßnahmen verringern den Arbeits-, Zeit- oder Ressourcenaufwand. Da ihre Ergebnisse nicht an den arbeitenden Menschen gebunden sind, können sie als marktgängige Waren *wertschöpfend* in den Wirtschaftsprozess eingehen (d. h. Produktisierung). Aufwands- und Kostensenkungen im Produktionsprozess verbessern die betriebliche Marktposition. Überschüssige Erträge erweitern wirtschaftliche Spielräume für (Re-) Investitionen oder Konsum.
- Die Wirkung humaner Interventionen wird u. a. anhand von Selbstwirksamkeits- oder Gesundheitskriterien beurteilt. Da fähigkeitsorientierte Ergebnisse von Humanisierungsmaßnahmen an einen individuellen Menschen gebunden sind, können sie nicht in marktgängige Handelswaren münden. Vielmehr werden sie formal dem Konsum zugerechnet und als *wertmindernd* bilanziert.

Diese wertmindernde Dimension erklärt die Zurückhaltung betrieblicher Entscheider bei der Umsetzung von Humanisierungsmaßnahmen. Unter der irrigen Annahme einer Unvereinbarkeit humaner und rationaler Gestaltungsstrategien fällt es ihnen schwer, die praktische Relevanz der Humanisierung für das betriebliche Innovationsgeschehen zu erkennen. Humanisierung fördert individuelles Bewusstsein, Interesse, Fachkönnen, Eigeninitiative, Willen und Verantwortlichkeit unter arbeitsteiligen Wirtschaftsverhältnissen, was mittels rationaler Strategien oder Technologieeinsatz üblicherweise nicht gelingt. Mithin bildet sie den Keim von betrieblicher Innovation und Produktivität. Abbildung 1 zeigt komplementäre Wechselwirkungen von rationalen und humanen Interventionen im arbeitsteiligen System schematisch auf.

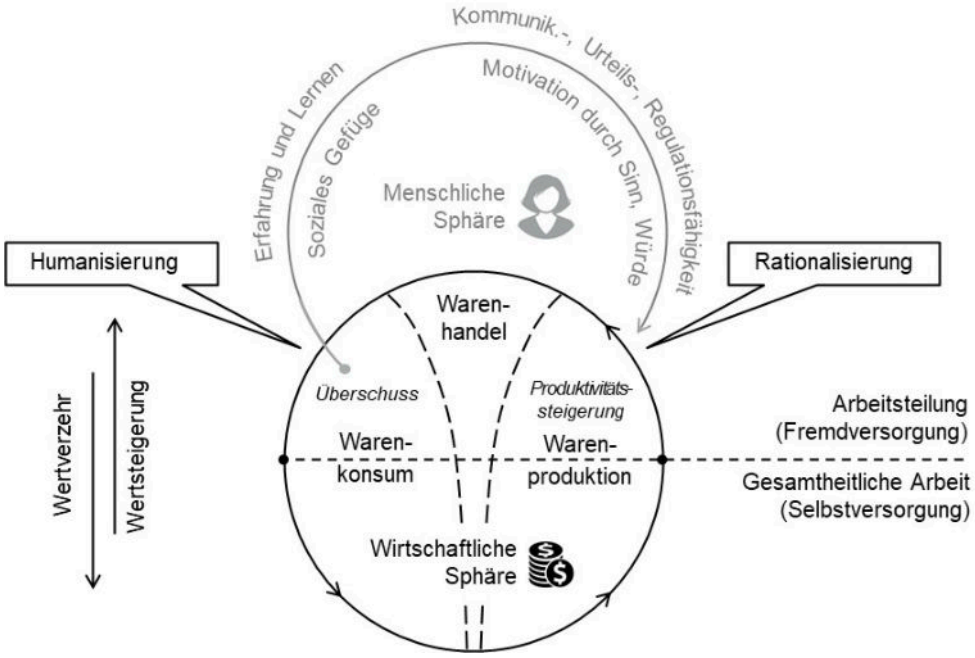


Abbildung 1: *Humanisierung und Rationalisierung der Arbeit als Schnittstellen der wirtschaftlichen und menschlichen Sphäre im arbeitsteiligen System (eigene Darstellung).*

Die durch Humanisierungsmaßnahmen verzehrten wirtschaftlichen Werte sind durch überschüssige Erträge infolge rationaler Produktivitätssteigerung zu kompensieren. Allerdings untergräbt eine übersteigerte funktionale Präzision rationalisierter Arbeitsprozesse den Eigenwillen der arbeitenden Menschen (vgl. Weinstock 1960) und begünstigt eine Zuständigkeits- und Verantwortungsdiffusion im sozialen Subsystem. Dies wiederum schwächt den Keim der betrieblichen Innovationsfähigkeit.

4. Fazit und Ausblick

Der vorliegende Artikel zeigt grundlegende Zusammenhänge von Arbeitsgestaltung und Innovation im Spannungsfeld von Rationalisierung und Humanisierung auf. Dabei erweist sich der wirtschaftliche Nutzen der Rationalisierung als evident. Erhöhte Aufmerksamkeit soll der Ordnung der Arbeitsverhältnisse gelten, die individuellen und sozialen Bedingungen gesunder Arbeit entsprechen. Diese Verhältnisse manifestieren sich u. a. in der Art und Weise der Arbeitsteilung von Mensch und Maschine. Sie prägen die individuelle Lernbereitschaft und mithin den betrieblichen Fortschritt.

Arbeitsforschung hat die Konzepte der Arbeitsteilung unter den Bedingungen von Fremdversorgung und Informatisierung (einschließlich lernender Systeme) zeitgemäß weiterzuentwickeln. Sie hat Ordnungskonzepte und Vorgehensweisen zu erarbeiten, um die komplementären Strategien von Humanisierung und Rationalisierung zu integrieren. Ferner ist zu erforschen, wie das soziale und technische Subsystem zu koordinieren sind, damit spezifische Stärken von Mensch und Maschine zur Geltung kommen können. Die Verbindung von sozial- und technikwissenschaftlichen Methoden stellt hierbei ein Alleinstellungskriterium der Arbeitsforschung dar.

5. Literatur

Baukrowitz A, Boes A, Schmiede R (2001) Die Entwicklung der Arbeit aus der Perspektive ihrer Informatisierung. In: Matuschek I, Henninger A, Kleemann F (Hrsg) Neue Medien im Arbeitsalltag. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften, 217-235.

Braun M (2023) Wissenstransfer durch plattformgestützte Vernetzung – Impulse des Projekts CoCo für die Arbeitsforschung. In: Borowski E, Cernavin O, Hees F, Joerißen T (Hrsg) Erfolgreicher Transfer in der Arbeitsgestaltung. Münster: Waxmann, 83-102.

Dul J, Bruder R, Buckle P, Carayon P, Falzon P, Marras W, Wilson J, van der Doelen B (2012) A strategy for human factors / ergonomics: developing the discipline and profession. Ergonomics 55: 377-395.

Giddens A (1988) Die Konstitution der Gesellschaft. Frankfurt: Campus.

Gosepath S (2002) Eine einheitliche Konzeption von Rationalität. In: Karafyllis N, Schmidt J (Hrsg) Zugänge zur Rationalität der Zukunft. Stuttgart: Metzler, 29-52.

Hüther G (2016) Mit Freude lernen – ein Leben lang. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Landgrebe J, Smith B (2022) Why Machines Will Never Rule the World. New York: Routledge.

Nitsch V, Brandl C, Häußlin R, Lemm J, Gries T, Schmenk B, Hrsg (2022) Digitalisierung der Arbeitswelt im Mittelstand. Berlin: Springer Vieweg.

Purps-Pardigol S (2015) Führen mit Hirn. Frankfurt: Campus.

Schierenbeck H, Wöhle C (2012) Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre. 18. Aufl. Berlin: de Gruyter.

Schlick C, Bruder R, Luczak H (2018) Arbeitswissenschaft. 4. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Schröter W (2013) Produktivität – Der Schlüssel zum Wohlstand. Eschborn: RKW.

Sinyan P, Nink M (2024) Gallup Engagement Index Deutschland 2023. Berlin: Gallup.

Smith A (1776) An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. London: Methuen.

Sprenger R (2007) Das Prinzip Selbstverantwortung: Wege zur Motivation. Frankfurt: Campus.

Sydow J (1985) Der soziotechnische Ansatz der Arbeits- und Organisationsgestaltung. Frankfurt: Campus.

Taylor F (1911) The Principles of Scientific Management. London: Harper.

Trist E, Bamforth K (1951) Some social and psychological Consequences of the long Wall Method of Coalgetting. Human Relations 4: 3-38.

Weinstock H (1960) Arbeit und Bildung. Heidelberg: Quelle und Meyer.

Förderhinweis: Der Beitrag beruht auf Ergebnissen des Forschungs- und Transferprojekts „Connect & Collect (CoCo)“, das im Rahmen des Programms „Zukunft der Wertschöpfung. Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ vom BMBF gefördert wird (Kz. 02L 19C000 ff.). Die inhaltliche Verantwortung liegt beim Verfasser.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Akzeptanz und Wirkung von Exoskeletten in der Bauindustrie: Erste Ergebnisse einer Feldstudie

Felix TERSCHLUSE[1,3], Lukas KRÄMER[2], Jasper JOHNS[2], Kai HEINRICH[2], Jochen DEUSE[1,3,4], Ulrich GLITSCH[2]

[1] RIF Institut für Forschung und Transfer e.V., Joseph-von-Fraunhofer-Straße 20, D-44227 Dortmund
[2] Institut für Arbeitsschutz der DGUV, Alte Heerstr. 111, D-53757 Sankt Augustin
[3] Institut für Produktionssysteme, Technische Universität Dortmund, Leonhard-Euler-Str. 5, D-44227 Dortmund
[4] Centre for Advanced Manufacturing, Faculty of Engineering and Information Technology, University of Technology Sydney, 81 Broadway, Ultimo 2007, Australia

Kurzfassung: Die häufig hohe körperliche Belastung im Baugewerbe führt zu einer vermehrten Arbeitsunfähigkeit der Beschäftigten. Wegen ihrer flexiblen Einsatzmöglichkeit werden Exoskelette als Möglichkeit zur Belastungsreduktion untersucht. Anhand biomechanischer Messungen sowie Fragebögen und semistrukturierten Interviews wurde die Akzeptanz und Wirkung von Exoskeletten während einer begleiteten Testphase an sechs Probanden in einem Ausbildungszentrum der Bauindustrie untersucht. Hinsichtlich der Akzeptanz standen die Nutzer, trotz erkannter Hindernisse, einer zukünftigen Verwendung von Exoskeletten eher positiv gegenüber. Bezüglich der Unterstützungswirkung zeigen die ersten Ergebnisse einen mittleren unterstützten Zeitanteil von 66 % und eine mittlere Reduktion der lumbalen Flexionsmomente von 18 %.

Schlüsselwörter: Exoskelett, Lastenhandhabung, Muskel-Skelett-Belastungen, Technologieakzeptanz, Bauindustrie

1. Einleitung und Projektbeschreibung

Die häufig hohe körperliche Belastung im Baugewerbe führt zu einer vermehrten Arbeitsunfähigkeit der Beschäftigten in diesem Arbeitsfeld. Da gängige technische und organisatorische Maßnahmen zur Reduzierung der Belastung im Baugewerbe häufig keine Option darstellen, werden Exoskelette aktuell als Interventionsmöglichkeit untersucht, mit dem Ziel das Risiko von Muskel-Skelett-Erkrankungen zu senken.

In Laborstudien konnte die Entlastungswirkung von rückenunterstützenden Exoskeletten bereits nachgewiesen werden (Bär et al. 2021), Erfahrungen aus der betrieblichen Anwendung existieren allerdings nur wenige. Dort hat besonders auch die Nutzerakzeptanz einen Einfluss auf die Anwendung der Geräte. So werden die persönlichen Schutzmaßnahmen, trotz nachgewiesener Vorteile für ein gesundes Arbeiten, von Beschäftigten im betrieblichen Alltag oftmals nicht eingesetzt (Man et al. 2021). Ob eine Einführungssystematik die Technologieakzeptanz von Exoskeletten fördern kann ist zurzeit noch unklar.

Im Rahmen einer Feldstudie werden im Projekt „Akzeptanz und Wirkung von Exoskeletten in der Bauindustrie“ (AWExo) die Akzeptanz sowie die biomechanische Wir-

kung von rigiden rückenunterstützenden Exoskeletten in Unternehmen der Bauindustrie untersucht. Das Ziel des Projektes ist es, durch eine hohe Partizipation von Unternehmen aus der Bauindustrie diese zum zielgerichteten Einsatz von rumpfunterstützenden Exoskeletten zu befähigen.

2. Methodik zur Erhebung der Akzeptanz- und Wirkungsparameter

Im Rahmen des Projektes AWExo wurden in einem Ausbildungszentrum der Bauindustrie erste Untersuchungen mit sechs Auszubildenden im Alter von 18 bis 34 Jahren durchgeführt, die keine Vorerfahrungen mit Exoskeletten hatten. Die untersuchten Tätigkeiten „Pflastern“ und „Bodennahes Maurern“ wurden vorab gezielt ausgewählt, da diese neben dem Heben und Tragen von Lasten vor allem statische Vorbeugen des Oberkörpers im Stehen und Knieen enthalten und daher mit einem hohen Unterstützungspotenzial durch rückenunterstützende Exoskelette in Verbindung gebracht werden können (Bär et al. 2021).

Die Praxisphase wurde durch eine Einführungsveranstaltung eingeleitet, um die Grundvoraussetzung für ein professionelles Arbeiten mit dem Exoskelett zu schaffen und die Nutzerakzeptanz positiv zu beeinflussen. Neben grundlegenden Informationen zur Studie und einer Produktschulung zu Exoskeletten, wurden die Probanden auf zusätzliche Aufwände vorbereitet, die mit der Einführung von Exoskeletten einhergehen. Den Abschluss der Einführungsveranstaltung bildete eine kurze begleitete Praxisphase mit Exoskelett am Arbeitsplatz, um erste Probleme gemeinsam zu lösen und Chancen und Hindernisse zu reflektieren. Die Exoskelette standen den Probanden anschließend für 10 Arbeitstage während ihrer Arbeitszeit für eine freiwillige Nutzung zur Verfügung.

2.1 Fragebögen und Interviews zur Erhebung der Akzeptanz von Exoskeletten in der Bauindustrie

Zur Datenerhebung für die Akzeptanzuntersuchung wurden Fragebögen und semistrukturierte Interviews eingesetzt. Die Fragebögen wurden vor und nach der Einführungsveranstaltung, sowie nach Abschluss der 10-tägigen Testphase von den Probanden ausgefüllt. Zusätzlich wurden nach Abschluss der Testphase semistrukturierte Interviews geführt.

Der strukturierte Fragebogen zur Erfassung der Akzeptanz basierte auf Merkmalen des UTAUT-Modells (Venkatesh et al. 2003) und des Task-Technology-Fit (Goodhue & Thompson 1995). Die Items zu den latenten Merkmalen wurden ins Deutsche übersetzt und für einen Bezug zu rückenunterstützenden industriellen Exoskeletten angepasst. Zu den Merkmalen des Task-Technology-Fit wurden passende Items der Arbeit von Wang et al. (2020) entlehnt. Alle Items wurden mithilfe einer fünfstufigen ordinalen Skala (1 = stimme überhaupt nicht zu; 5 = stimme voll und ganz zu) erhoben.

Um individuelle Ursachen für Akzeptanz oder Ablehnung der Exoskelette zu erfahren, wurden zum Abschluss der Testphase ergänzend semistrukturierte Interviews durchgeführt. Der Fokus lag dabei auf den wahrgenommenen Chancen und Hindernissen im Hinblick auf Arbeitsabläufe, Zusammenarbeit mit Kollegen und Arbeitsorganisation.

2.2 Messmethodik zur Erfassung der Exoskelett-bedingten Entlastungswirkung

Um die durch das Exoskelett bedingte Entlastungswirkung erfassen zu können wurden im Rahmen der Studie biomechanische Messungen an den Arbeitsplätzen durchgeführt. Insgesamt 17 Inertialsensoren (Xsens MVN Awinda) wurden an allen Körpersegmenten befestigt, um die Körperhaltung und die resultierende Bewegung des Exoskelettes zu erfassen. Mit Hilfe der CUELA Messmethodik (Ellegast et al. 2009) wurde unter Anwendung des Modells „der Dortmunder" (Jäger et al. 2001), sowie der Berücksichtigung der Exoskelett-Unterstützung (Johns et al. 2024; Glitsch et al. 2020), die Belastung der lumbalen Wirbelsäule ermittelt. Durch synchron aufgezeichnete Videoaufnahmen wurden Lastintervalle identifiziert und entsprechende externe Kräfte an das Modell angebunden. Die mechanische Wirkung des getragenen Exoskelettes wurde als vom Exoskelett-Flexionswinkel abhängiges Unterstützungsmoment berechnet. Während der invers-dynamischen Modellberechnung wurde die Unterstützung als eine orthogonal auf den Thorax wirkende externe Kraft ebenfalls an das Modell angebunden. Die Analyse der Daten erfolgte hinsichtlich der durch das Exoskelett unterstützten Zeitanteile und der modellierten Entlastungswirkung. Die Entlastung wurde bezogen auf die Flexionsmomente am L5/S1-Gelenk analysiert und stellt einen theoretischen Vergleich durch modellhaftes Ein- bzw. Ausschalten des Exoskeletts auf Basis der Bewegungsdaten mit Exoskelett dar. Der unterstützte Zeitanteil wurde als Körperhaltung mit ≥ 10° Exoskelett-Flexionswinkel definiert.

3. Ergebnisse der Akzeptanz- und Wirkungsanalyse

3.1 Akzeptanz der Exoskelette

Tabelle 1: *Ergebnisse der Fragebogenstudie zur Nutzerakzeptanz von Exoskeletten. Mittlere Bewertung und Standardabweichung auf einer fünfstufigen Likert-Skala (1 = niedrig bis 5 = hoch).*

M ± SD	vor Studienbeginn	nach Einführung	nach Versuchsphase
Aufgabencharakteristik:	4,1 ± 0,6	4,1 ± 0,3	4,1 ± 0,3
Technologiecharakteristik:	3,3 ± 0,5	4,5 ± 0,3	4,6 ± 0,6
Aufgabenkompatibilität:	3,6 ± 0,5	4,2 ± 0,5	4,1 ± 0,4
Leistungserwartung:	4,3 ± 0,6	4,5 ± 0,4	4,4 ± 0,5
Aufwandserwartung:	3,7 ± 0,6	4,2 ± 0,6	4,2 ± 0,7
Unterstützende Bedingungen:	3,6 ± 0,9	4,6 ± 0,5	4,8 ± 0,2
Sozialer Einfluss:	3,1 ± 0,3	3,2 ± 0,5	3,3 ± 0,6
Nutzungsabsicht:	3,9 ± 0,6	4,7 ± 0,8	3,4 ± 1,1

Erste Ergebnisse der Fragebogenstudie zur Nutzerakzeptanz zeigen, dass die Probanden alle Merkmale zu allen Zeitpunkten im Mittel mit mehr als 3 Punkten bewerten, siehe Tabelle 1. Sämtliche Merkmale werden nach der Einführungsveranstaltung höher bewertet werden als vor Studienbeginn. Außer der Bewertung für den „sozialen Einfluss" liegen die Bewertungen aller Merkmale nach der Einführungsveranstaltung oberhalb der 4 Punkte. Nach der Versuchsphase sinkt allein die Bewertung der „Nutzungsabsicht" um mehr als einen Punkt ab.

In den Semistrukturierten Interviews, die nach der Versuchsphase geführt wurden, gaben die Auszubildenden zurück, dass sie die Chancen von Exoskeletten in Form einer spürbaren Unterstützung in belastenden Arbeitssituationen erfahren. Sie sehen aber Hürden für die Integration der Geräte, besonders den betrieblichen Alltag betreffend. Diese zeigen sich hinsichtlich Mobilitätseinschränkungen, aufwändigeren Vorbereitungen vor der Arbeit, einem vergrößertem Körperumfang und einer erschwerten Zugänglichkeit von Werkzeug.

3.1 Entlastungswirkung der Exoskelette

Die Auswertung der biomechanischen Messungen zeigte an den zwei ausgewählten Arbeitsplätzen im Mittel einen hohen durch das Exoskelett unterstützten Zeitanteil von 66 ± 19 % (Abbildung 1). Bei der Tätigkeit „Bodennahes Maurern“ variierten die unterstützten Zeitanteile zwischen 40 % und 85 % während sie bei „Pflastern“ bei 66 % bis 74 % lagen. Die auftretenden lumbalen Flexionsmomente konnten bei den vier Versuchspersonen (VP) im Mittel um 18 ± 4 % reduziert werden. Während der Tätigkeit „Bodennahes Maurern“ erreichte Reduktionen betrugen 14 % bis 22 %, bei „Pflastern“ betrugen diese 15 % bis 22 %.

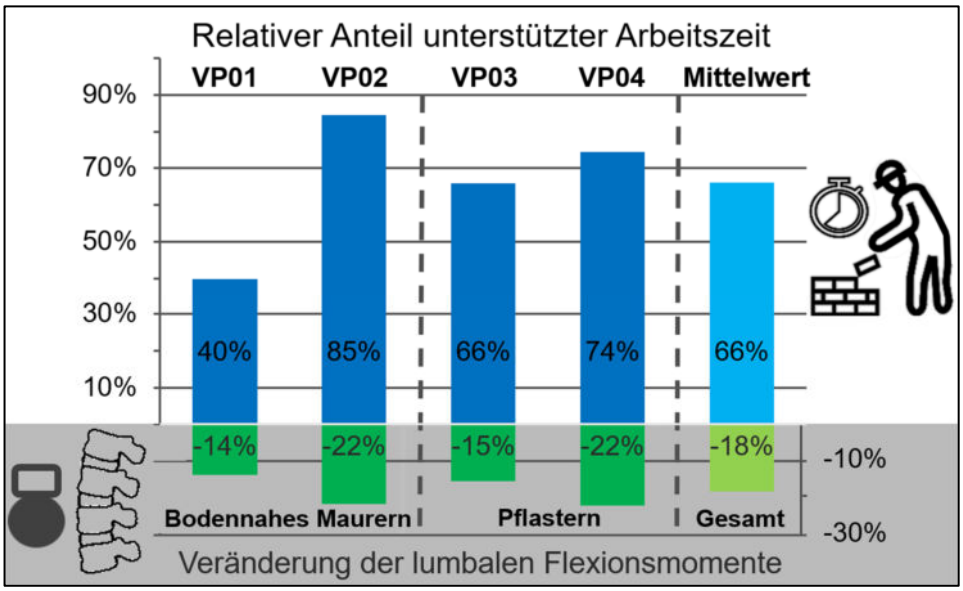


***Abbildung 1**: Darstellung des relativen Anteils der durch das Exoskelett unterstützen Arbeitszeit [%] in blau (+) sowie der durch das Exoskelett bedingten mittleren Veränderung der lumbalen Flexionsmomente [%] in grün (-). Teilergebnisse von vier Versuchspersonen für die Tätigkeiten „Bodennahes Maurern“ (VP01 & VP02) und „Pflastern“ (VP03& VP04) sowie der resultierende Mittelwert über alle vier Versuchspersonen.*

4. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die Probanden Exoskelette als rückenunterstützende Ausrüstung bei der Arbeit eher positiv sehen. Besonders nach der Einführungsveranstaltung ist die Meinung der Probanden positiv, da alle Merkmale, außer dem „Sozialen Einfluss“, mit mehr als vier Punkten bewertet werden. Auffällig ist zudem, dass die

Bewertung aller Merkmale nach der Einführungsveranstaltung positiver bewertet werden als vor Studienbeginn. Dies weist darauf hin, dass die Einführungsveranstaltung einen positiven Einfluss auf die Nutzerakzeptanz hat. Weiter ist auffällig, dass in der letzten Befragung allein die „Nutzungsabsicht“, die der wesentliche Indikator für eine Akzeptanz oder Ablehnung der Exoskelette ist, negativer bewertet wird als vor Studienbeginn und nach Einführung. Ursachen für die sinkende „Nutzungsabsicht“ können die Interviews aufzeigen, die nach Abschluss der Studie mit den Probanden geführt wurden. So wurde von den Probanden erkannt, dass die Integration eines Exoskelettes auch Mehraufwände und Einschränkungen mit sich bringt. Dies sind besonders im betrieblichen Alltag Hindernisse, von denen die Nutzerakzeptanz negativ beeinfluss wird.

Hinsichtlich der Wirkung der Exoskelette zeigten Differenzen der unterstützen Zeitanteile von 45 % innerhalb der gleichen Tätigkeit (VP01 & VP02, Abbildung 1), dass der erwartetet zeitliche Nutzen der Exoskelette nicht tätigkeitsbasierend pauschalisiert werden kann. Zudem agieren die Entlastungswirkung und die unterstützte Arbeitszeit unabhängig voneinander. So trat bei der Tätigkeit „Bodennahes Maurern“ trotz 11 % mehr unterstützter Arbeitszeit eine identische Entlastungswirkung wie bei „Pflastern“ auf (VP02 & VP04, Abbildung 1). Dieses Bild zeigte sich ebenfalls zwischen VP01 und VP03, welche bei einer Differenz der unterstützten Zeitanteile von 26 % lediglich 1 % abweichende Entlastungswirkungen aufwiesen. Diese Effekte lassen sich durch die Beugewinkel-abhängige Unterstützungswirkung der Exoskelette erklären (Johns et al. 2024; Glitsch et al. 2020). Diese kann je nach Tätigkeit und resultierender Körperhaltung bei gleichen unterstützten Zeitanteilen eine sich unterscheidende Entlastung zur Folge haben. Hinsichtlich des zeitlichen Nutzens der Exoskelette führte die zuvor beschriebene gezielte Auswahl bestimmter Anwendungsfälle und Tätigkeitsabschnitte zudem erfolgreich zu hohen unterstützten Zeitanteilen und zeigt die Relevanz einer gezielten und begleiteten Einführung.

5. Ausblick

Basierend auf den Erkenntnissen der Untersuchung stellt sich abschließend die Frage, welche Ergebnisparameter eine zuverlässige Aussage von Akzeptanz und Wirkung zulassen. Zum einen führen abweichende Anteile unterstützter Arbeitszeit bei unterschiedlichen Tätigkeiten dennoch zu ähnlichen Entlastungswirkungen. Zum anderen scheinen individuelle Chancen und Hindernisse, wie sie in den Interviews geschildert wurden, einen erheblichen Einfluss auf die Nutzungsabsicht und damit die Akzeptanz zu haben.

Zukünftig soll hinsichtlich der Wirkung von Exoskeletten der effektive Nutzen durch eine Kombination verschiedener Parameter für eine Vielzahl an Anwendungsfällen besser definierbar werden. Diese umfassen zum Beispiel den relativen Anteil der durch das Exoskelett unterstützen Arbeitszeit gegenüber der eingeschränkten Arbeitszeit, sowie Kriterien, welche die Nutzung von Exoskeletten ausschließen. Im Hinblick auf die Akzeptanz ist zudem zu untersuchen, welche Merkmale des Akzeptanzmodells die Nutzungsabsicht wesentlich beeinflussen, um diese in einer begleiteten Einführungssystematik gezielt anzusprechen.

Schließlich soll untersucht werden, ob die untersuchten Aspekte zukünftig kombiniert werden können, um eine gemeinsame Aussage über Akzeptanz und Wirkung treffen zu können. Um weitere Daten und Erkenntnisse zu sammeln, werden im Projekt bis Ende Mai 2025 noch Tätigkeiten aus den Bereichen Gerüstbau, Schweißen, Baumontage, Feuerfestbau und Systembau untersucht. So soll ein umfassendes Bild des Einsatzes von Exoskeletten in der Bauindustrie entstehen.

6. Literatur

Bär, Mona; Steinhilber, Benjamin; Rieger, Monika; Luger, Tessy (2021): The influence of using exoskeletons during occupational tasks on acute physical stress and strain compared to no exoskeleton - A systematic review and meta-analysis. Applied ergonomics 94:103385.

Ellegast, Rolf; Hermanns, Ingo; Schiefer, Christoph (2009): Workload Assessment in Field Using the Ambulatory CUELA System. In: Vincent G. Duffy (Hg.): Digital human modeling. ICDHM 2009. International Conference on Digital Human Modeling. ICDHM; HCI International. Lecture notes in computer science, 5620. Berlin, Heidelberg: Springer:221–226.

Glitsch, Ulrich; Bäuerle, Ines; Hertrich, Lisa; Heinrich, Kai; Liedtke, Martin (2020): Biomechanische Beurteilung der Wirksamkeit von rumpfunterstützenden Exoskeletten für den industriellen Einsatz. Z. Arb. Wiss. 74 (4):294–305.

Goodhue, Dale L.; Thompson, Ronald L. (1995): Task-Technology Fit and Individual Performance. MIS Quarterly 19 (2):213.

Jäger, Matthias; Luttmann, Alwin; Göllner, Rainer; Laurig, Wolfgang (2001): 'The Dortmunder' - Biomechanical Model for Quantification and Assessment of the Load on the Lumbar Spine. SAE Transactions (110):2163–2171.

Johns, J.; Schultes, I.; Heinrich, K.; Potthast, W.; Glitsch, U. (2024): Biomechanical analysis of different back-supporting exoskeletons regarding musculoskeletal loading during lifting and holding. Journal of biomechanics 168:112125.

Man, Siu Shing; Alabdulkarim, Saad; Chan, Alan Hoi Shou; Zhang, Tingru (2021): The acceptance of personal protective equipment among Hong Kong construction workers: An integration of technology acceptance model and theory of planned behavior with risk perception and safety climate. Journal of safety research 79:329–340.

Venkatesh; Morris; Davis (2003): User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. MIS Quarterly 27 (3):425.

Wang, Hailiang; Da Tao; Yu, Na; Qu, Xingda (2020): Understanding consumer acceptance of healthcare wearable devices: An integrated model of UTAUT and TTF. International journal of medical informatics 139:104156.

Geteilte Erstautorenschaft: Dieser Beitrag wurde zu gleichen Teilen von den beiden erstgenannten Autoren verfasst, es liegt folglich eine geteilte Erstautorenschaft vor.

Messwertbasierte Erfassung und Bewertung der Belastung der oberen distalen Extremität bei manuellen Therapietechniken in der Physiotherapie – ein praxisnaher Messansatz

Sarah CAMPOS[1], Theresa BRAUN[1,2], Ulrich GLITSCH[1], Omar EL-EDRISSI[1], Dominik GRÄSSLE[1], Matthias WANSTRATH[3], Albert NIENHAUS[3,4], Kai HEINRICH[1]

[1] Institut für Arbeitsschutz, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin
[2] Deutsche Sporthochschule Köln, Am Sportpark Müngersdorf 6, D-50933 Köln
[3] Institut für Versorgungsforschung in der Dermatologie und bei Pflegeberufen, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Martinistraße 52, D-20251 Hamburg
[4] Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW), Pappelallee 33/35/37, D-22089 Hamburg

Kurzfassung: Die Ausübung von manuellen Therapietechniken in der Physiotherapie steht in Zusammenhang mit berufsbedingten muskuloskelettalen Erkrankungen des Handgelenks und des Daumens. Im Auftrag der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW) soll ein messwertbasierter Ansatz zur Analyse der Belastung von manuellen Therapietechniken entwickelt werden.
Es wurden insgesamt 15 Physiotherapeutinnen und -therapeuten eingeschlossen und kinematische, elektromyographische und kinetische Daten der oberen distalen Extremität während verschiedener Therapietechniken erfasst. Trotz der komplexen Sensorik ist die messtechnische Erfassung in der Praxis mit einer hohen Nutzerakzeptanz möglich, um zukünftig Messwertkataster aufbauen zu können.

Schlüsselwörter: messtechnische Belastungserfassung, distale obere Extremität, CUELA, manuelle Therapie, Physiotherapie

1. Hintergrund und Ziel

Manuelle Therapietechniken sind Bestandteil der alltäglichen Arbeit in der Physiotherapie, Ergotherapie, Chiropraxis, Osteopathie und der ärztlichen Behandlung und haben ein erhöhtes Risiko für das Auftreten von berufsbedingten muskuloskelettalen Erkrankungen (MSE). Insbesondere können berufsbedingte MSE des Handgelenks sowie des Daumens (z. B. Rhizarthrose) entstehen, die die Ausführung der Tätigkeit stark beeinträchtigen können (Glover et al. 2005; Waller et al. 2022; Campo et al. 2008).

Die Studienlage zur messwertbasierten Erfassung der physiotherapeutischen Belastung weist bislang große Lücken auf. Insbesondere die Analyse der Daumenbelastung ist aufgrund der komplexen Anatomie, die präzise und vielseitige Bewegungen ermöglicht, mit Schwierigkeiten verbunden.

Im Auftrag der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW) wird seitens des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Gesetzlichen

Unfallversicherung e.V. (DGUV) ein messwertbasierter Ansatz entwickelt, der es ermöglicht die Belastung der oberen distalen Extremität bei manuellen Therapietechniken in der Physiotherapie zu erfassen und zu bewerten. Zu diesem Zweck sollen elektromyographische sowie kinematische und kinetische Daten erfasst, Auswerteroutinen entwickelt sowie einzelne Messsysteme auf ihre Reliabilität überprüft werden.

3. Methode

3.1 Studienteilnehmende

15 Physiotherapeutinnen und -therapeuten (11 weiblich, 5 männlich; Alter: 35,6 ±12,7 Jahre; Körpergröße: 174,6 ±10,0 cm) mit abgeschlossenen Weiterbildungen in manueller Therapie wurden in die Studie eingeschlossen. Studienteilnehmende mit akuten oder chronischen Schmerzen, orthopädischen bzw. neurologischen Beeinträchtigungen wurden ausgeschlossen. Die Rekrutierung der Studienteilnehmenden erfolgte in physiotherapeutischen Praxen mittels Flyer, Telefon- bzw. E-Mail-Akquise und persönlicher Kontakte. Zusätzlich konnten für die Rolle der Patienten drei männliche Probanden mit ähnlichen Körperkonstitutionen rekrutiert werden.

Alle Studienteilnehmenden wurden vorab über die Studie aufgeklärt und gaben ihr schriftliches Einverständnis. Die Studie erhielt ein positives Ethikvotum der Deutschen Sporthochschule Köln (144/2024).

3.2. Messmethoden

Im Rahmen der kinematischen Bewegungserfassung wurden inertialsensorbasierte Systeme (Abbildung 1A) eingesetzt: Die Xsens Metagloves (by Manus) zur Ermittlung der Finger- und Daumenkinematik wurden mit Sensoren von Xsens Awinda für Ganzkörperanalysen kombiniert. In einer vorangegangenen Studie des Projekts wurde die Reliabilität der Xsens Metagloves bezüglich der Daumenbewegungen im Carpometacarpalgelenk untersucht.

Zur Analyse der Muskelaktivität wurde ein 16-Kanal Elektromyographie-System (EMG) (Cometa WavePlus System, MI, Italien) an dem von Jarque-Bou et al. (2019) entwickeltem Ansatz platziert. Hierbei werden acht Zonen am Unterarm (8 Sensoren pro Unterarm) identifiziert, die die muskuläre Aktivität aller Bewegungsrichtungen im Handgelenk sowie der Finger und Daumen erfassen (Abbildung 1A). Die Identifizierung der Zonen erfolgte unter Zuhilfenahme eines Musters auf der Haut, welches anhand knöcherner Landmarken aufgemalt wurde. Darüber hinaus wurden in einer Voruntersuchung verschiedene Griffarten untersucht, um die bestmögliche Normalisierungsmethode der EMG-Daten zu ermitteln. Hierdurch soll der Vergleich von Muskelaktivitäten zwischen Individuen und Bedingungen ermöglicht werden. Die Griffkraft wurde dabei mit einem Griffkraft-Messgerät (Pablo, Tyromotion GmbH, Graz, Österreich) erfasst (Abbildung 1C).

Um die auf die Gelenke der oberen distalen Extremität einwirkende Kraft während der Ausübung der Therapietechniken zu messen, wurde ein portabler Kraftmessstand entwickelt, an welchem die Therapietechniken simuliert wurden (Abbildung 1B). Mithilfe eines integrierten Handkraftmesssystems (Kistler Instrumente AG, Winterthur, Schweiz) konnte die Messung der Kräfte in x-, y- und z-Richtung ermöglicht werden.

Aufgrund der beidhändigen Ausführung der Therapietechniken wurden beide Hände jedes Studienteilnehmenden in die weitere Datenverarbeitung eingeschlossen.



***Abbildung 1**: Darstellung der Messsysteme: **(A)** Abbildung der am Körper platzierten Messsysteme (links) und Zusammenfassung aller Messsysteme, die zur Datenerfassung verwendet wurden (rechts); **(B)** Ablauf der Kraftmessung von der Durchführung der Therapietechnik am Patienten (links) zur Simulation der Technik am portablen Kraftmessstand (rechts); **(C)** Darstellung des Zylinder- und Pinzettengriffs am Griffkraft-Messgerät zur Normalisierung der EMG-Daten, die in einer Voruntersuchung als geeignete Normalisierungsgriffe identifiziert wurden.*

3.3 Messablauf

Nach der Ausstattung der Studienteilnehmenden mit den Inertialsensoren zur Bewegungserfassung (Ganzkörperkinematik + Finger- & Daumenkinematik) und den EMG-Sensoren am Unterarm wurden die Griffkraft-Messungen zur Normalisierung der EMG-Daten ausgeführt.

Anschließend führten die Studienteilnehmenden in randomisierter Reihenfolge die in Tabelle 1 aufgeführten Therapietechniken an einem Probanden (Patient) auf einer höhenverstellbaren Liege durch. Die manuelle Therapie und Triggerpunkt-Therapie wurden im Anschluss zur Ausübung am Patienten zusätzlich am portablen Kraftmessstand simuliert (Abbildung 1B).

Tabelle 1: *Übersicht der in randomisierter Reihenfolge ausgeführten Therapietechniken sowie die behandelte Körperregion und Ausübungsdauer.*

Therapietechnik	Detaillierte Technik	Körperregion	Dauer
Manuelle Therapie	Spinale Mobilisation: - posterior-anterior zentrale Mobilisation - posterior-anterior unilaterale Mobilisation - transversale Mobilisation	Lendenwirbel-säule	2 min pro Technik
Manuelle Triggerpunkt-Therapie	4 Grundprinzipien: - Manuelle Kompression - Manuelles Aufdehnen - Fasziendehntechnik - Faszientrenntechnik	Schultergürtel	2 min pro Technik
Lymphdrainage	4 Grundgriffe: - Stehender Kreis - Schöpfgriff - Pumpgriff - Drehgriff	Bein	2 min pro Technik
Klassische Massage	Fokus auf Petrissage (Knetung)	Rücken	10 min

4. Vorläufige Ergebnisse

Gemäß den Ergebnissen vorangegangener Untersuchungen weisen die Xsens Metagloves eine gute bis sehr gute Reliabilität bezüglich der Daumenbewegungen auf. Aus diesem Grund wurden sie für die weitere Analyse verwendet.

Die Untersuchung der Normalisierungsmethoden für die EMG-Daten ergab, dass die willkürliche Muskelaktivität aller untersuchten Unterarmmuskeln zusammengenommen beim Zylindergriff am größten ist und sich somit für die Normalisierung eignet. Zusätzlich kann der Pinzettengriff durchgeführt werden, um speziell für die Daumenmuskulatur die höchste Aktivität zu erreichen (Abbildung 1C).

Die komplexe Anatomie der Hände, welche ebenso komplexe Hand-, Finger- und Daumenbewegungen ermöglicht, erfordert entsprechende Messsysteme, um die Belastung angemessen zu erfassen. Dennoch konnte der beschriebene Messansatz bei allen Studienteilnehmenden umgesetzt werden und führte zu einer positiven Nutzerakzeptanz.

5. Diskussion

Trotz der komplexen Sensorik ist die messtechnische Erfassung in der Praxis möglich. Jedoch sollte insbesondere hinsichtlich der sensiblen EMG-Datenerfassung geschultes Personal eingesetzt werden.

Der portable Kraftmessstand erlaubt eine Annäherung an die Kräfte, die bei der Triggerpunkt-Therapie und manuellen Therapie am Daumensattelgelenk auftreten können. Auf diese Weise könnte der mögliche Zusammenhang zwischen den auftretenden Belastungen und der Entwicklung von Muskel-Skelett-Beschwerden bis hin zu einer Rhizarthrose (Arthrose am Daumensattelgelenk) untersucht werden.

Es bestehen Einschränkungen hinsichtlich der Ausführung von speziellen Massagetechniken, die mit der dorsalen Seite der Finger und den Fingerknöcheln ausgeführt werden. Infolge der an diesen Stellen angebrachten Sensorik sind lediglich Techniken mit der palmaren Seite der Hände möglich.

6. Ausblick

Eine detaillierte Datenauswertung der einzelnen Therapietechniken hinsichtlich ihrer Belastung der oberen distalen Extremität und insbesondere der Daumenbelastung folgt. Im Anschluss an die hier beschriebene Laboruntersuchung wird eine Feldstudie in Physio- und Ergotherapiepraxen durchgeführt.

Der Bewertungsansatz basiert auf der Analyse von Bewegungen und Kräften, denen die untersuchte Person während der Arbeitsschicht ausgesetzt ist. Er stellt ein vielversprechendes Element der CUELA-Risikobewertung für arbeitsbedingte Muskel-Skelett-Belastungen dar. Durch weitere Messungen soll hierdurch der Aufbau eines Messwertkatasters zur Belastung der Finger und Daumen sowie des Handgelenks (bzgl. des Carpaltunnel-Syndroms, BK Nr. 2113) ermöglicht werden.

7. Literatur

Campo M, Weiser S, Koenig KL, Nordin M (2008) Work-related musculoskeletal disorders in physical therapists: a prospective cohort study with 1-year follow-up. Physical therapy 88(5):608-619.

Glover W, McGregor A, Sullivan C, Hague J (2005) Work-related musculoskeletal disorders affecting members of the Chartered Society of Physiotherapy. Physiotherapy 91(3):138-147.

Jarque-Bou NJ, Vergara M, Sancho-Bru JL, Gracia-Ibáñez V, Roda-Sales A (2019) A calibrated database of kinematics and EMG of the forearm and hand during activities of daily living. Scientific data 6(1):270.

Waller E, Bowens A, Washmuth N (2022) Prevalence of and prevention for work-related upper limb disorders among physical therapists: a systematic review. BMC Musculoskeletal Disorders 23(1): 453.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Erfolgsfaktoren für gelingende Zusammenarbeit in Bauprojekten

Magdalena MATEESCU[1], Andreas URECH[1], Manfred HUBER[2], Hartmut SCHULZE[3]

[1] Fachhochschule Nordwestschweiz,
Institut für Kooperationsforschung- und Entwicklung (IfK),
Riggenbachstrasse 16, CH-4600 Olten
[2] Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Digitales Bauen,
Hofackerstrasse 30, CH-4132 Muttenz
[3] Arbeitspsychologische Beratung Schulze GmbH,
Sonnmattweg 1, CH-4656 Starrkirch-Will (bis 31.01.2025 FHNW IfK)

Kurzfassung: Die Produktivität in der Baubranche stagniert weltweit auf tiefem Niveau, während andere Branchen deutliche Zuwächse verzeichnen. Vor diesem Hintergrund untersucht diese Studie, welche Kontext- und psychologischen Faktoren den Projekterfolg beeinflussen und wie partizipative Ansätze wie das Allianzmodell Herausforderungen bewältigen können. Anhand von Interviews mit 13 Beteiligten aus zwei vergleichbaren, aber unterschiedlich erfolgreichen Infrastrukturprojekten wurden zehn hinderliche Faktoren identifiziert: Finanzielle Unsicherheiten, unterschiedliche Ziele und Prioritäten, Machtasymmetrien, Zeitdruck, mangelnde Transparenz, unzureichende Ressourcen, verschiedene Vorstellungen der Zusammenarbeit, Mangel an Vertrauen, ungenügendes Konfliktmanagement sowie mangelnde Führung und Koordination. Das Potenzial kooperativer Projektabwicklungsmodelle wie dem Allianzmodell zur Verbesserung der Projektabwicklung wurde in Validierungsworkshops mit acht Teilnehmenden evaluiert. Die Ergebnisse beleuchten Potenziale und Herausforderungen des Allianzmodells und bieten praxisnahe Erkenntnisse für komplexe Bauprojekte.

Schlüsselwörter: Zusammenarbeit, Integrierte Projektabwicklung, Allianz, IPD, IPA, Inter-organisationale Kooperation

1. Einleitung

Die Baubranche verzeichnet weltweit einen Rückgang der Produktivität, während andere Branchen in den letzten 25 Jahren, wie am Beispiel Schweiz ersichtlich, im Durchschnitt einen Anstieg von bis zu 30 % erlebten (BFS 2024). Auch die fortschreitende Digitalisierung der Branche hat nicht zu der erhofften Steigerung der Produktivität geführt. Eine Analyse von 73 Studien (Oraee et al. 2019) zeigt, dass Kooperationshindernisse in der Baubranche maßgeblich zur Produktivitätsproblematik beitragen und nur begrenzt auf Werkzeuge oder deren Nutzung zurückzuführen sind. Die Autoren identifizieren 89 Hindernisse, die sich in fünf Kategorien klassifizieren. Den größten Faktor identifizierten Oraee et al. (2019) in Prozessaspekten, wie z. B. Ressourcen, Tools und Training (46 % der identifizierten Hindernisse der Zusammenarbeit). Danach folgen Faktoren, bei denen stärker „weiche“ bzw. kulturelle Aspekte eine größere Rolle spielen (siehe Abb. 1): Kontext (27 %) darunter Aspekte wie Kultur, Organisation und Umfeld, Wissen und Fähigkeiten der Beteiligten (15 %) und Beziehun-

gen, Rollen und Zusammensetzung des Teams (10 %). Diese „weichen“ psychosozialen und kulturellen Aspekte machen 52 % der Anzahl der Hindernisse aus. Während die Studie bereits spannende Hinweise zur Bedeutung der ‚weichen‘ Faktoren liefert, ist es noch notwendig, genauer zu verstehen, welche Kontext- und psychologischen Faktoren den Projekterfolg beeinflussen – und in welcher Weise.

Kooperative Projektabwicklungsmodelle wie das Allianzmodell werden zur Produktivitätssteigerung in der Baubranche vorgeschlagen (Schlabach 2018). In kooperativen Abwicklungsmodellen wie dem Allianzmodell (Integrated Project Delivery IPD, Integrierte Projektabwicklung IPA) wird versucht, Interessensgegensätze aufzulösen, indem ein gemeinsames “Best-for-Project” und damit eine Interessensgemeinschaft gefördert wird (Becker & Müller 2020). Positive Fallstudien aus Australien und Norwegen belegen den Erfolg solcher Ansätze, die in den letzten Jahren verstärkt genutzt werden. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche Elemente des Allianzmodells Kooperationshindernisse mindern können.

In der vorliegenden Studie werden deshalb die folgende Forschungsfragen in einem qualitativen Forschungsansatz beantwortet: Welche Kontextfaktoren bzw. Projektbedingungen und welche „weichen“/psychologischen Faktoren beeinflussen den Projekterfolg? Welchen der Herausforderungen kann eine Projektabwicklung nach dem partizipativeren Abwicklungsmodellen (Allianz, IPA, IPD) entgegenwirken?

2. Methode und Sample

Ziel der Studie war es, zwei hinreichend vergleichbare Infrastrukturprojekte (*Projekt A* und *Projekt B*) zu vergleichen, die sich aus der Sicht des Auftraggebers in ihrem Erfolg deutlich unterschieden. Über das *Projekt B* wurde berichtet, dass es zu Kostenüberschreitungen, Schwierigkeiten in der Zusammenarbeit und Konflikten kam, während diese Schwierigkeiten in dem anderen und in groben Zügen vergleichbaren *Projekt A* nicht beobachtet wurden. Ziel der Untersuchung war es, die beiden Projekte umfassend zu verstehen, sie aus den unterschiedlichen Perspektiven der Auftraggebenden und Auftragnehmenden zu analysieren und die Faktoren zu identifizieren, die zu den unerwünschten Vorkommnissen im Projekt A führten. Das Interview-Sample umfasste 13 Teilnehmende: 10 leitende Projektbeteiligte des Auftraggebers und 3 aus einer ausführenden Arbeitsgemeinschaft, wobei die letzteren nur im Projekt B mitbeteiligt waren.

Mittels halbstrukturierten, leitfadengestützten Interviews wurden die Teilnehmenden gebeten, die beiden Projekte und die Wirkungszusammenhänge innerhalb der Projekte zu beschreiben. Dabei wurden verschiedene Einflussfaktoren sowie deren Wechselwirkungen betrachtet. Dabei wurde eine Methodik eingesetzt, die es den Teilnehmenden ermöglichte, Beziehungen zwischen Einflussfaktoren zu visualisieren. Diese umfassten neben den Charakteristika der Aufgaben (z. B. technische Komplexität) und der beteiligten Akteure auch einen Input-Process-Output-Ansatz: *Input*: Vertragsgestaltung, Partnerauswahl, etc.; *Process*: z. B. Führungskultur, Werte (z. B. Offenheit), Entscheidungsstrukturen, Onboarding etc.; und *Output*: v. a. Termine, Kosten und Qualität.

Die Auswertung der Interviews erfolgte in Anlehnung an die fokussierte Interviewanalyse nach Rädiker & Kuckartz (2024). Alle Interviews wurden transkribiert und anschließend themenorientiert basis- und feinkodiert. Detailliert ausgewertet wurden im Rahmen der vorgestellten Studie 415 kodierte Segmente der Kategorie „Einflussfaktoren auf die Zusammenarbeit“. Im Rahmen einer Analyse auf Unterschiede und

Gemeinsamkeiten konnten Bedingungen identifiziert werden, die die Interviewpartner als deutlich hinderlich für die Zusammenarbeit werteten. In zwei anschließenden Validierungsworkshops mit jeweils der Auftraggebenden- und Auftragnehmendenseite bewerteten die Teilnehmenden den hypothetisch-kompensatorischen Einfluss eines kooperativen Abwicklungsmodells auf einer 4-Punkt-Skala (0 = kein Effekt, 1 = kleiner Effekt, 2 = mittlerer Effekt, 3 = großer Effekt) auf die identifizierten Hindernisse.

3. Ergebnisse

Anhand der Analyse konnten zehn hinderliche Bedingungen für die Zusammenarbeit identifiziert werden: Finanzielle Unsicherheiten, Unterschiedliche Ziele, Machtasymmetrien, Zeitdruck, Fehlende Transparenz, Unzureichende Ressourcen und Prioritäten, Verschiedene Vorstellungen der Zusammenarbeit, Mangel an Vertrauen, Unklare Konfliktlösungen sowie Mangelnde Führung und Koordination.

1) Finanzielle Unsicherheiten: Die Stimmung war bei beiden Projekten zu Beginn von Optimismus und Vorfreude auf die Zusammenarbeit geprägt. Aus Sicht der Auftragnehmenden kam es im Projekt der weniger erfolgreichen Zusammenarbeit (Projekt B) nach ca. einem Jahr zu einer finanziellen Schieflage. *«Aber was sicher ist, es ist ab der ersten Saison technisch extrem anspruchsvoll gewesen. Und man ist massiv in Rückstand geraten». (Int. 4, Pos. 130).* Die ausführende Arbeitsgemeinschaft begann, zusätzliche Leistungen zu verrechnen, die nicht offeriert, aber aus ihrer Sicht notwendig waren. Die mit den Nachträgen zusammenhängenden Kostenüberschreitungen stiessen wiederum beim Auftraggebenden auf Unverständnis. Dies führte zu einer zunehmenden Verschlechterung der Zusammenarbeit und gefährdete das Projekt zunehmend.
2) Unterschiedliche Ziele und Prioritäten: Der Auftraggeber ging von der zu Beginn vereinbarten Auftragssumme und der ebenfalls vereinbarten bautechnischer Qualität und Termineinhaltung aus. Aus Sicht der ausführenden Arbeitsgemeinschaft war dies infolge aus ihrer Sicht nicht zu erwartender Problematiken nur mit größeren Aufwänden und Zusatzkosten möglich. Dies führte zu einer Fokussierung auf Nachforderungen statt auf die Projektoptimierung. Insgesamt fehlte es im Projekt A in der Folge an einem Best for Project Denken, da die Interessen der Vertragsparteien zu stark auseinandergingen.
3) Machtasymmetrien: In beiden Projekten haben die Auftraggebenden selbst die Rolle der Bauleitung eingenommen. Nach Ansicht der Auftragnehmenden verschärft das Fehlen einer externen Bauleitung die ohnehin vorhandene Machtasymmetrie zwischen den beiden Vertragsparteien. Nach Ansicht der Auftraggebenden hat sich das Modell, dass sie selbst die Rolle der Bauleitung übernehmen, in anderen Projekten bewährt. Dadurch konnten Entscheide rasch und „auf Augenhöhe“ getroffen werden. Im Fall der geschilderten Interessenskonflikte im Projekt B funktionierte dieses Modell nicht mehr. Den Ausführenden fehlte eine Eskalationsebene, da ihrer Ansicht nach die verschiedenen Perspektiven auf der Baustelle direkt aufeinanderprallten
4) Zeitdruck: Durch die örtlichen und technischen Gegebenheiten im Projekt B, konnte die Baustelle nur in den Sommerhalbjahren betrieben werden. Der enge Zeitrahmen wurde zusätzlich verschärft, da die Vorlaufzeit von der Vergabe bis zum Baustart knapp war. Zudem wurde der Zeitbedarf für den Erfahrungsbau, der für den notwendigen Kompetenzen, durch die Ausführenden unterschätzt.

5) Unzureichende Ressourcen: Die Saisonalität der Baustelle im Hochgebirge (in den Wintermonaten muss die Baustelle infolge von Eis und Schnee stillstehen) stellt eine große Herausforderung für die Personalrekrutierung und -bindung dar. Aufgrund der kurzen Bauzeit von nur etwa sechs Monaten pro Jahr ist es schwierig, qualifiziertes und erfahrenes Personal zu finden und zu halten. Viele Mitarbeitende, insbesondere Fachkräfte wie Poliere, wechseln nach der Saison zu anderen, ganzjährigen Projekten, sodass jedes Frühjahr wieder Einarbeitungszeit und Verluste an Erfahrung und Kompetenz entstehen. Zudem erschwert die Saisonalität die Identifikation der Mitarbeiter mit dem Projekt.
6) Fehlende Transparenz: Wenn bereits die Preis- und Leistungsgestaltung intransparent ist (z. B. existierten im Projekt B Unklarheiten, was Global- und Einheitspreise im Einzelnen beinhalten, welche Risiken einkalkuliert sind), wird eine offene Zusammenarbeit in der Ausführung schwierig und die Wahrscheinlichkeit auf schlecht nachvollziehbare Nachträge steigt.
7) Verschiedene Vorstellungen der Zusammenarbeit: Die Erfüllung der *Rollen* wird im *Projekt B* unterschiedlich wahrgenommen, was zu Wechseln in der Rolle der Projektverantwortlichen auf Seite der ausführenden Arbeitsgemeinschaft führte. Ein weiteres Problem betraf im Projekt B die *Zielklarheit*: Obwohl vertragliche Vereinbarungen und Pflichtenhefte auch in Projekt B existierten, hätten die Projektziele nach Ansicht der Auftragnehmenden während der Umsetzung neu definiert werden müssen. Unterschiedliche Verständnisse betreffend Rollen und Zielen erschwerten im Projekt B die Zusammenarbeit.
8) Mangel an Vertrauen: Unsichere Vereinbarungen und eigennütziges Verhalten führten im Projekt B zu gegenseitigem Misstrauen. Das Nichttreffen von Vereinbarungen im Gegensatz zu einer schnellen und verbindlichen Entscheidungsfindung wird von der Gegenseite rasch erkannt und bestimmt deren Handeln. Im Gegensatz stärken das Einhalten getroffener Abmachungen, berechenbares Verhalten, klare Strukturen und positive gemeinsame Erfahrungen das Vertrauen. Die Konsequenzen fehlenden Vertrauens waren im Projekt B dramatisch. Die zentrale Rolle des Vertrauens zeigt eine Aussage eines Auftraggebenden im Projekt A (gelungene Zusammenarbeit) deutlich: *„[…] Forderungen wurden dann natürlich irgendwann gestellt. Doch es war ein Geben und Nehmen. Und sie haben uns als fair eingeschätzt. So entwickelte sich ein Vertrauensverhältnis“* (Int. 5, Pos. 151).
9) Unklare Konfliktlösungen: Wie häufiger in der Baubranche entstand in *Projekt B* ein Konflikt aufgrund des Aufwandes, der nach Ansicht der ausführenden Arbeitsgemeinschaft den offerierten und vereinbarten Preis deutlich überstieg. Obwohl mehrere Lösungsstrategien ausprobiert wurden – beispielsweise eine Einigung auf Führungsebene oder eine Konfliktmediation durch eine externe Stelle – konnte der Konflikt nicht beigelegt werden. Die Rahmenbedingungen, die sich aus mangelndem Vertrauen und unklaren Preis- und Kostenkalkulation ergaben, blieben unüberwindbar und es fehlten passende Konfliktbewältigungsstrategien
10) Mangelnde Führung und Koordination: Die Rolle der Führung und Koordination – insbesondere die Bedeutung sogenannter *Boundary Objects* wie der Visualisierung des Projektplans – erwies sich als zentral. So berichtete einer der Befragten zum *Projekt A*: „*Schlussendlich haben sehr viele gesagt, das war das A und O, warum wir das [Projekt] dann im Termin durchgebracht haben*“ (Int. 5, Pos. 123). Diese Visualisierung wurde konsequent für Diskussionen und Koordination genutzt wird. Im Projekt B wurden hingegen solche *Boundary Objects* nicht erwähnt.

Nach der Identifikation der hinderlichen Bedingungen für die Zusammenarbeit stellte sich die Frage, wie diese effektiv adressiert werden könnten. Um einen vielversprechenden Lösungsansatz zu evaluieren, wurde das Potenzial des Allianzmodells näher untersucht. Im Einzelnen wurden Merkmale wie z. B. die fortlaufende Optimierung der Planung oder die Vereinbarung gemeinsamer Ziele betrachtet. In zwei Validierungsworkshops bewerteten 8 der Interviewteilnehmenden den Einfluss des Allianzmodells (IPA) auf einer 4-Punkt-Skala (0 = kein Effekt, 1 = kleiner Effekt, 2 = mittlerer Effekt, 3 = großer Effekt).

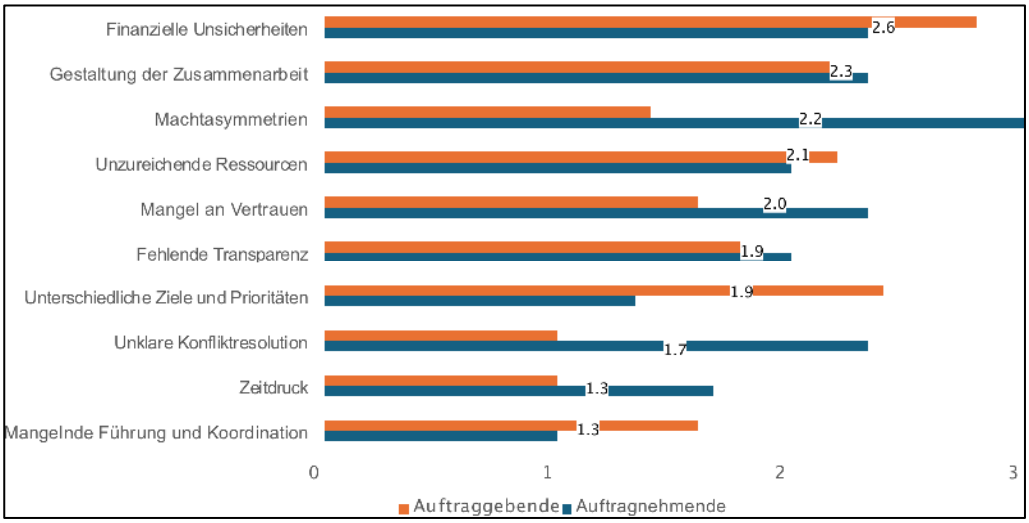


***Abbildung 1**: Bewertung des erwarteten Effekts einer kooperativen Projektabwicklung, den hinderlichen Bedingungen für die Zusammenarbeit entgegenwirken zu können aus Sicht von Auftrag-gebenden und Auftragnehmenden (4-er Skala)*

Mittelwerte von grösser als 2 in der Abbildung 1 verdeutlichen, dass bei den meisten hinderlichen Bedingungen eine stärkere Veränderung erwartet wird. Lediglich bei den Faktoren *Zeitdruck* (Mittelwert von 1.3) sowie Mangelnde *Koordination und Führung* (Mittelwert von 1.3) wird ein geringer Effekt prognostiziert. Bei einigen Faktoren zeigt sich zwischen den Auftraggebenden und Auftragnehmenden ein ähnliches Bild der Erwartungen, insbesondere in Bezug auf die konkordante Gestaltung der Zusammenarbeit (Mittelwert von 2.3). Es finden sich jedoch auch Unterschiede in der Einschätzung zwischen Auftragnehmenden und Auftraggebenden: Die Auftragnehmenden erhoffen sich durch kooperative Abwicklungsmodelle weniger Machtasymmetrien und eine bessere Konfliktlösung. Die Auftraggebenden hingegen erwarten dadurch vor allem eine Reduktion von Zielkonflikten und eine klarere Priorisierung der Projektziele.

4. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen die Potenziale von kooperativen Abwicklungsmodellen wie denen der Allianz, von IPD und IPA im Bauwesen zur Überwindung aktueller Herausforderungen und liefern praxisrelevante Einblicke in die Projektabwicklung unter anspruchsvollen Bedingungen.

Betrachten wir die identifizierten Faktoren, wird deutlich, dass einige primär als Eingangsgrößen (Input oder Bedingungen) fungieren. Machtasymmetrien und divergente Interessen, die zu unterschiedlichen Zielen führen, können als strukturelle Bedingungen charakterisiert werden. Diese sind langfristig und systembedingt. Hingegen

können unzureichende Ressourcen, finanzielle Unsicherheiten, Zeitdruck und fehlende Transparenz als situative Bedingungen betrachtet werden.

Weitere Faktoren wie Gestaltung der Zusammenarbeit, Konfliktlösungsstrategien, sowie Führung und Koordination entfalten sich als dynamische Prozesse. Das Zusammenspiel zwischen Bedingungen (strukturell, situativ) und dynamischen Prozessen führt zur Entstehung eines Mangels an Vertrauen als einem „emergent state“ (Mathieu et al. 2019). Emergent States haben das Potenzial, Bedingungen und Prozesse weiter zu verstärken – positiv, aber auch negativ.

Aufgrund unserer qualitativen Studie schlussfolgern wir, dass die Einführung von kooperativen Projektabwicklungsmodellen wie Allianz, oder IPD/IPA dazu beitragen können, hinderliche Bedingungen für die Zusammenarbeit positiv zu verändern. Kooperative Projektabwicklungsmodelle schaffen mit ihrem klaren Fokus auf die Aushandlung von gemeinsamen Projektzielen und Zielkosten und einer umfassenden Transparenz z. B. bezüglich von Gewinnmargen eine deutlich bessere Grundlage für die Zusammenarbeit. Dies bestätigen die mittelgroßen Effekte, die die Befragten in unserer Studie von der Einführung kooperativer Abwicklungsmodelle erwarten. Auch wenn die Meinungen der Auftraggeber und Auftragnehmer bei einigen wichtigen strukturellen Bedingungen wie z. B. Machtasymmetrien oder Konfliktresolution voneinander abweichen.

5. Literatur

Becker, S. C., & Roman-Müller, H. (2022). Ausschreibung von IPA-Projekten. In S. C. Becker & H. Roman-Müller (Hrsg.), Integrierte Projektabwicklung (IPA): Schnelleinstieg für Bauherren, Architekten und Ingenieure (S. 39–49). Springer Fachmedien.

Bundesamt für Statistik (BFS). (o. D.). Arbeitsproduktivität nach Branchen. Verfügbar unter https://www.experimental.bfs.admin.ch/expstat/de/home/projekte/arbeitsproduktivitaet-branchen.html (abgerufen am 7. Februar 2025).

Mathieu, John E., Peter T. Gallagher, Monique A. Domingo, und Elizabeth A. Klock. „Embracing Complexity: Reviewing the Past Decade of Team Effectiveness Research“. Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior 6, Nr. 1 (2019): 17–46.

Oraee, M., Hosseini, M. R., Edwards, D. J., Li, H., Papadonikolaki, E., & Cao, D. (2019). Collaboration barriers in BIM-based construction networks: A conceptual model. International Journal of Project Management, 37(6), 839–854.

Schlabach, C., & Fiedler, M. (2018). Projektallianz als kooperationsorientiertes Partnerschaftsmodell und ihr Partnerauswahlprozess. In M. Fiedler (Hrsg.), Lean Construction–Das Managementhandbuch: Agile Methoden und Lean Management im Bauwesen (S. 251–275). Springer.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Status Quo der Arbeitsgestaltung und Kompetenzen für die Umsetzung von Kreislaufwirtschaft in Unternehmen

Christopher PABST[1], Nico SCHNEIDER[2]

Forschungsinstitut Betriebliche Bildung gGmbH,
Rollnerstraße 14, D-90408 Nürnberg

Kurzfassung: Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Projekt „Kompetenzen Aufbauen für die Kreislaufwirtschaft von Kunststoffen“ soll als eines von 13 regionalen Kompetenzzentren der Arbeitsforschung (ReKodA) Impulse für eine Kreislaufwirtschaft von Kunststoffen setzen und Handlungsstrategien für eine entsprechende Transformation entwickeln. Um flexible Anwendungsszenarien für Unternehmen mit unterschiedlichen Ausgangslagen zu erschaffen, sollen auf Grundlage von Workshops mit Unternehmen des Projektverbundes prototypische Unternehmensprofile erstellt werden (angelehnt am sog. Persona-Konzept). Der vorliegende Beitrag skizziert das methodische Vorgehen und zeigt exemplarisch auf, wie die gesammelten Einblicke zur Schaffung stereotypischer Unternehmensprofile genutzt werden können.

Schlüsselwörter: KARE, Erfassungsheft, Kreislaufwirtschaft, Unternehmas, Transformation, Kunststoffindustrie

1. Hintergrund

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts „Kompetenzen Aufbauen für die Kreislaufwirtschaft von Kunststoffen“ (KARE)[1] wird das Ziel verfolgt, den Übergang zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft (KrW) der kunststoffverarbeitenden Industrie zu gestalten. Mit der angestrebten Transformation sind Herausforderungen verbunden, die unter Berücksichtigung der Arbeitnehmenden sowie der strukturellen Begebenheiten in den Betrieben innovative und übertragbare Lösungsansätze erfordern.

Der erste Schritt des Projektes bestand in einer Analyse der Arbeitsabläufe und der für eine KrW vorliegenden Bedarfe in neun Unternehmen des Projektverbunds. Ein Teilprozess bestand in der Erfassung der Arbeitsgestaltung und der in den Betrieben vorliegenden Kompetenzen unter Einbeziehung aller operativer Einheiten und deren Mitarbeitenden. Ziel war zu ermitteln, welche Kompetenzanforderungen und welcher Einsatz neuer Technologien der angestrebten Transformation zuträglich sind und wie Unternehmen diese aus unterschiedlichen Ausgangslagen gut aufbauen können. Die

[1] KARE ist eines von 13 regionalen Kompetenzzentren der Arbeitsforschung (ReKodA) und widmet sich übergreifend dem Aufbau von Kompetenzen für die KrW von Kunststoffen. Nähere Informationen zu den ReKodA können https://www.zukunft-der-wertschoepfung.de/zukunft-der-arbeit-regionale-kompetenzzentren-der-arbeitsforschung-2 entnommen werden.
KARE wird im Rahmen der Fördermaßnahme „Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“ durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ (Förderkennzeichen: 02L22C207) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

angestrebten Ergebnisse bilden die Grundlage für im weiteren Projektverlauf vorgesehene Anwendungsszenarien, die eine differenzierte Orientierung für eine Transformation zur KrW und für einen effektiven Transfer bieten.

2. Methodik

Im Design-Thinking wird das Persona-Konzept eingesetzt, um z. B. Bedürfnisse, Wünsche oder Widerstände konkreter Zielgruppen zu ergründen und davon ausgehend Problemlösungsstrategien zu erarbeiten. Bei Personas handelt es sich um synthetisierte Zielgruppenvertreter*innen als ein Hilfsmittel, um Zielgruppen nach relevanten Eigenschaften zu clustern (Bartl et al. 2023). Durch eine Zusammenfassung von Bedürfnissen und Hindernissen ergeben sich sogenannte Potenzialfelder, die Räume für individuelle Lösungsstrategien eröffnen. Personas sind also Hilfsmittel zur Veranschaulichung konkreter Lebensrealitäten. Dabei sind sie nicht als einzelne Person, sondern als komponierter Charakter im Sinne einer prototypischen Figur zu betrachten. Nach Lewrick et al. (2018) ist es dabei von zentraler Bedeutung, dass Personas Individuen repräsentieren, die in ihren Ausprägungen auch als reale Personen erwartet werden können.

Im Projekt KARE soll diese Idee genutzt werden, um prototypische Unternehmen im Sinne von „Unternehmas“ zu erschaffen – unter besonderer Berücksichtigung von Dimensionen, die für eine Transformation zur KrW bedeutsam sind.

Anstelle von qualitativen Interviews, die nach Bartl et al. (2023) üblicherweise die Grundlage von Personas bilden, wurden zur Erstellung der Unternehmas Workshops mit Vertreter*innen der im Projekt beteiligten Unternehmen (n = 9) durchgeführt. Dabei wurden anhand eines Erfassungshefts Eigenschaften und Einschätzungen der Unternehmen erhoben, die für Transformationsprozesse von Relevanz sind. Um verschiedene Perspektiven zu berücksichtigen, wurden Mitarbeitende aus verschiedenen Bereichen der Unternehmen (z. B. Management, Produktion, Logistik) einbezogen. Die Inhalte des Heftes lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Einstellungen zur Transformation zu einer KrW
- Ausgestaltung eines Wissensmanagements und Weiterbildungsbedarfe
- Herausforderungen für Transformationen
- Partizipation der Belegschaft
- Bedeutung von Digitalisierung und Innovation

Inhaltliche Grundlage für das Erfassungsheft waren die European Sustainability Reporting Standards (ESRS), die Global Reporting Initiative (GRI) und die Voluntary Small and Medium Enterprise Standards (VSME) (EFRAG 2023; EFRAG 2024; GRI 2016), mit denen eine Anlehnung an gängige Standards der Nachhaltigkeitsberichterstattung realisiert werden sollte.

Damit die gesammelten Informationen untereinander vergleichbar sind, wurden dem Erfassungsheft Hinweise zur Bearbeitung beigelegt (z. B. Begriffsdefinitionen, relevante Eingrenzungen). Darüber hinaus wurde das Heft in Workshops gemeinsam mit Wissenschaftler*innen aus dem Projektverbund bearbeitet.

Um die erhobenen Daten zusammenfassen zu können, wurden die Inhalte des Erfassungsheftes in die Dimensionen „Akzeptanz und Verhaltensänderung“, „Kooperation als unternehmerischer Bestandteil“ sowie „Wissensmanagement und technologische Innovation“ unterteilt. Davon ausgehend wurden Gemeinsamkeiten sowie typische Herausforderungen unter Berücksichtigung der Ausgangslage der Unternehmen

identifiziert. In diesem Beitrag werden ausgewählte Ergebnisse, die die Ausganglage für Transformationsprozesse beeinflussen, dargestellt. Im weiteren Projektverlauf dienen die aufbereiteten Informationen als Grundlage zur Entwicklung stereotypischer Unternehmensprofile im Sinne von Unternehmas.

3. Ergebnisse

3.1 Akzeptanz und Verhaltensänderung als Voraussetzung

Im Folgenden werden Ergebnisse der Workshops mit den Unternehmen, die hinsichtlich der Bedarfe für eine erfolgreiche Transformation von Bedeutung sind, skizziert, um davon ausgehend aufzuzeigen, wie zwei stereotype Unternehmensprofile im Sinne von Unternehmas aussehen können.

Ein Unternehmen gab an, Strategien zu verfolgen, mit denen die Bereitschaft der Belegschaft zur Verarbeitung von Produkten unter Rezyklateinsatz erhöht werden soll. Zwar ist ein solch einbeziehender Ansatz damit eher die Ausnahme, dennoch liegt darin eine zentrale Eigenschaft, an welcher Stelle Unternehmen eine eigene Transformation starten können und damit zur Ausgestaltung übertragbarer Anwendungsszenarien.

Unabhängig von entsprechenden Strategien zur Akzeptanzschaffung bestätigen die meisten Unternehmen, dass sich unter der Belegschaft das Wissen über die Bedeutung einer Rückführung von Materialien und Produkten in den vergangenen fünf Jahren (Vorgabe der Frage) erhöht hat. So ist bei einigen Unternehmen die interne Rückführung von Ausschuss schon lange Standard, auch die Rückführung von externen (bereits vertriebenen) Materialien hat in den letzten Jahren zugenommen.

Bezüglich der Weiterbildungsbedarfe ergeben sich bei den befragten Unternehmen große Unterschiede, sodass Angebote zur Bespielung dieser Bedarfe unterschiedliche Entwicklungsstadien berücksichtigen müssen. Ein Fokus liegt dabei auf der Vermittlung eines allgemeinen Verständnisses für die Bedeutung einer KrW, aber auch auf den Unterschieden zwischen Linear-, Recycling- und Kreislaufwirtschaft sowie von Vorteilen, die sich aus einer KrW bzw. einem Rezyklateinsatz ergeben. Daneben liegen im Einsatz innovativer Technologien und einer Digitalisierung weitere Bereiche, in denen die Unternehmen einen Weiterbildungsbedarf sehen, um gut für die angestrebten Transformationsprozesse gerüstet zu sein. Auch eine Schulung von Sprachkenntnissen wird zunehmend wichtiger, da mehr und mehr Personal mit Migrationshintergrund eingestellt wird.

Die ermittelte Heterogenität der Weiterbildungsbedarfe legt nahe, dass hier eine bedeutende Dimension für den Ausbau einer KrW und damit für die Erstellung der vorgesehenen Unternehmas liegt.

3.2 Kooperation als unternehmerischer Bestandteil

Interne wie externe Kooperationsstrukturen beeinflussen gleichermaßen Möglichkeiten und Anforderungen, die sich aus einer Transformation ergeben bzw. zu berücksichtigen sind. Konkret wurden im Rahmen der Datenerhebung zwei greifbare Beispiele genannt, die verdeutlichen, dass stereotype Unternehmensprofile diese Dimension berücksichtigen müssen: Zum einen wurde die Integration eines Recycling-Betriebs in ein verarbeitendes Unternehmen dargelegt. Dabei musste bislang externes Wissen in den Kernbetrieb integriert und die bestehende (interne) Organisation aufeinander ab-

gestimmt werden. Darüber hinaus war bei den Mitarbeitenden beider Betriebe ein Verständnis für die Prozesse des jeweils anderen Unternehmens zu schaffen.

In einem anderen Unternehmen wurde vom Aufbau einer Innovationsabteilung berichtet. Diese war in bestehende Strukturen einzubetten. Weiterhin muss zur Umsetzung der aus dieser Abteilung entspringenden Impulse neues Personal rekrutiert oder aber Bestandpersonal qualifiziert werden, sodass interne Kooperationsprozesse weiterzuentwickeln sind.

Des Weiteren wurde die Einbindung der Belegschaft in Transformationsprozesse erhoben, indem Instrumente zur Einholung der Perspektiven der Mitarbeitenden abgefragt wurden. Genannt wurden regelmäßige Besprechungen, ein strukturierter, kontinuierlicher Verbesserungsprozess oder anonymisierte Online-Befragungen sowie Aktionstage zur Weiterentwicklung konkreter Veränderungsprozesse. Übergreifend gaben die befragten Unternehmen an, dass die Einholung der Perspektiven der Mitarbeitenden gut gelingt, aber auch Verbesserungspotenzial besteht.

Hinsichtlich der Frage, über welche Formate in den Unternehmen kommuniziert wird, wurden am häufigsten Teammeetings, Meldungen im Intranet, Schulungen sowie Infoboards (digital oder über Aushänge) angeführt. Seltener wurden Printmagazine oder als innovativer Ansatz Mitarbeitenden-Apps genannt.

Ein exemplarischer Feedbackprozess zur Vorbereitung vorgesehener Veränderungsprozesse wurde wie folgt beschrieben: Über eine Online-Umfrage werden Einschätzungen, Wünsche und Erwartungen der Belegschaft eingeholt. Die Ergebnisse wurden an die Mitarbeitenden kommuniziert und mögliche Maßnahmen aufgezeigt, mit denen die angestrebten Veränderungen bestmöglich mit dem eingeholten Stimmungsbild zu vereinbaren sind. Anschließend wurden Teams zu relevanten Teilprozessen aufgestellt, um in Abstimmung mit der Geschäftsführung die Zielerreichung voranzutreiben. Zur späteren Beurteilung der Zielerreichung und um ggf. offen gebliebene Punkte zu ermitteln, erfolgte eine zeitlich nachgelagerte Wiederholungsbefragung.

3.3 Wissensmanagement und technologische Innovation

Im letzten Teil des Erfassungsheftes wurden Kriterien zur erfolgreichen Implementierung technologischer Innovation und der Einfluss einer Digitalisierung auf Arbeitsprozesse untersucht. Bei der Bewertung einer erfolgreichen Implementierung technologischer Innovationen wurden Kriterien wie Wirtschaftlichkeit, Qualität, Energieeinsparungen, Ausschussanteil, produzierte Stückzahlen, Reklamationsquote, Kundenzufriedenheit, aber auch verbesserte Arbeitsbedingungen (z. B. auf Grundlage von Feedback der Mitarbeitenden) genannt.

Ein zentrales Kriterium für Innovationskraft nimmt die Ausgestaltung eines Wissensmanagements ein. Unternehmen mit einem ausgeprägten Wissensmanagement setzen komplexe Instrumente wie eine Kompetenzmatrix oder eine interne Akademie ein, andere wiederum nutzen digitale Hilfsmittel wie interne Wikis in denen z. B. Prozessbeschreibungen hinterlegt sind. Auch werden QR-Codes (z. B. an Maschinen) genutzt, über die bspw. Hilfe zur Bedienung abrufbar sind. Die Einrichtung derart innovativer und technisierter Lösungen hängt allerdings von der Größe und den Ressourcen der Unternehmen ab. Es wurden aber auch altbewährte Ansätze ermittelt: Einarbeitungspläne, Schulungskonzepte sowie Arbeitsanweisungen wurden von nahezu allen Unternehmen als grundlegende Teile eines Wissensmanagements genannt.

Mit Blick auf die Auswirkungen einer Digitalisierung auf Arbeitsprozesse wurde berichtet, dass vor allem Prozessdatenerfassungen zunehmend digital gestaltet werden

(z. B. Maschinen- oder auch Energiedatenerfassung). Mit Hilfe digitaler Tools wie SAP erfolgt darüber hinaus die Fertigungsplanung, die einzelne Arbeitsschritte und Rezepturen rückverfolgbar macht. Zudem werden Lieferscheine und Genehmigungsprozesse in fortschrittlicheren Unternehmen zunehmend digitalisiert. Auch Kommunikationsprozesse werden durch digitale Hilfsmittel (wie z. B. virtuelle Besprechungen oder Unternehmens-Apps) digital vereinfacht.

Der Einsatz von KI (z. B. als First-Level-Support) charakterisiert vor allem innovationsfreudige Unternehmen. Darin und in einer weiter voranschreitenden Digitalisierung von Arbeitsprozessen liegen viele Vorteile, wie z. B. Zeitersparnis, höhere Effizienz sowie ein vereinfachter Zugriff der Mitarbeitenden auf Daten, die insgesamt zu einer verbesserten Wirtschaftlichkeit beitragen.

4. Synthese: Unternehmas und weitere Verwertung

Auf Grundlage der von den Unternehmen genannten und für Transformationsprozesse relevanten Dimensionen sind in einem nächsten Arbeitsschritt stereotype Unternehmensprofile zu erstellen, die das Fundament für die angestrebten adaptiven Anwendungsszenarien bilden. Die Relevanz der aufgezeigten Eigenschaften ist aufgrund der qualitativen und teilstandardisierten Erhebung anhand des eingangs beschriebenen Erfassungshefts gewährleistet. In der Gestaltung der Profile ist darüber hinaus Sorge zu tragen, dass diese eine hinreichende Heterogenität in den Ausprä-gungen aufweisen, um in den darauf fußenden Anwendungsszenarien (im Sinne einer Anleitung zur eigenen Umsetzung) verschiedene Ausgangspunkte der an einer Transformation zur KrW interessierten Unternehmen zu berücksichtigen. Zwei potentielle Unternehmas können zur Veranschaulichung *Tabelle 1* entnommen werden. Im weiteren Projektverlauf von KARE ist die Erstellung weiterer Unternehmas mit in der Fläche zu erwartenden Merkmalen und damit zusammenhängenden kreislaufwirtschaftsbezogenen Entwicklungsbedarfen vorgesehen die kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) unterschiedlicher Ausganglagen Orientierung bieten sollen.

Tabelle 1: *Exemplarische Unternehmas als Ausgangspunkt für die Ausgestaltung adaptiver Anwendungsszenarien[2].*

Dimension	Unternehma 1	Unternehma 2
Rahmendaten	Drei Standorte, 2.400 Mitarbeitende, ländlich gelegen, Produktion von Baustoffen	Ein Standort, 120 Mitarbeitende, Agglomerationsraum, Zulieferer im Automotive-Segment
Akzeptanz und Verhaltens-änderung	Die Bedeutung einer Rückführung von Materialien und Produkten wurde in den vergangenen Jahren erkannt, allerdings besteht noch keine genaue Strategie, wie die Belegschaft dabei einbezogen werden kann bzw. wie erforderliches Wissen aufgebaut werden könnte.	Ab 2005 wurde ein Programm zur Rückführung verbrauchter Produkte aufgebaut. Für weitere Veränderungsbedarfe wird die Belegschaft über regelmäßige Rundschreiben sensibilisiert. Die dafür erforderlichen Kompetenzen werden über dafür aufgebaute interne Fortbildungen vermittelt.

[2] Bei den angeführten Unternehmas handelt es sich sowohl hinsichtlich der Rahmendaten als auch hinsichtlich der Eigenschaften in den angeführten Dimensionen um fiktive Unternehmen. Allerdings handelt es sich bei den diesen Unternehmas zugeschriebenen Merkmalen um Eigenschaften, die im Rahmen der Datenerfassung von verschiedenen Unternehmen so genannt wurden.

Kooperations-strukturen	Aufgrund eines neuen dritten Standortes im Umbruch: Bewährte Strukturen sind im neuen Standort zu implementieren und zu synchronisieren. Die Zusammen-arbeit mit Zulieferern muss auf die neue Struktur angepasst werden.	Nutzung bewährter strukturierter, kontinuierlicher Verbesserungs-prozesse. Die externen Kooperationsstrukturen sind bewährt und funktionell.
Mitarbeiter-einbeziehung	Eingerichtetes Vorschlagwesen, darüber hinaus keine Einbe-ziehung in strategische Entschei-dungen, hierarchische Führungsstruktur.	Regelmäßige Online-Befragungen und Townhall-Events zu aktuellen Entwicklungsprozessen, Analyse und ggf. Umsetzung der so gesammelten Anregungen in eigenen Innovations-Teams.
Wissens-management, technische Innovation	Etablierte Schulungskonzepte und Einarbeitungspläne, aktuell Aufbau einer digitalisierten Prozessdatenerfassung, Nutzung von KI als First-Level-Support.	Bewährte Kompetenzmatrix erleichtert die Innovationskraft: Bestehende Kompetenzen können effektiv zugeteilt, fehlende punktuell nachgeschult werden.
Besonder-heiten	Aufgrund der ländlichen Lage kommt der Logistik eine besondere Rolle zu.	Das bewährte Wissens- und Innovationsmanagement erleichtert die Umsetzung innovativer Transformations-strategien.

Mit den hier exemplarisch erstellten Unternehmas lassen sich bereits wertvolle Unterscheidungen für Anwendungsszenarien aufbauen: Da Unternehma 1 z. B. aufgrund der Größe vermutlich über mehr Mittel zur Umsetzung einer Transformation verfügt, wäre zunächst eine Orientierung zum Aufbau eines fortschrittlichen Wissensmanagements und einer Einbeziehung der Belegschaft zielführend. Unternehma 2 hat diesbezüglich bereits leistungsfähige Strukturen und Formate aufgebaut und hätte mehr Verwendung für konkrete Transformationsimpulse und Hinweise auf mögliche Fördermittel.

Die weiteren Schritte im Rahmen von KARE sehen nun vor, weitere und konkretere Unternehmas aufzubauen, um unter Einbeziehung dieser Profile und fachlicher Expertise des Projektverbunds Szenarien zu entwickeln, die KMU der Kunststoffindustrie Orientierung auf dem Weg zu einer KrW bieten. Aktuelle Ergebnisse zu den Arbeiten und Ergebnissen von KARE können online unter www.kare-kompetenzzentrum.de verfolgt werden.

5. Literatur

Bartl D, Beinke C, Frech M, Frey C, Gemmer P, Grote J H, Große-Dunker F, Kannicht L, Keizer D, Kenzler D, Kenzler P, Konrad G, Konew M, Kroll L, Menzel Black C, Meyer J, Hong Oh J, Ott M, Petrescu I, Steller P, Wolff S, Zoth L (2023) Digital Innovation Playbook. Das unverzichtbare Arbeitsbuch für Gründer*innen, Macher*innen und Manager*innen. Berlin: Buch.

EFRAG, European Financial Reporting Advisory Group (2023) ESRS, European Sustainability Reporting Standards. Accessed Sept 13, 2024. https://xbrl.efrag.org/e-esrs/esrs-set1-2023.html.

EFRAG, European Financial Reporting Advisory Group (2024) Voluntary ESRS for non-listed small- and medium-sized enterprises (VSME ESRS). Exposure draft.

GRI, Global Reporting Initiative (2016) GRI 404: Aus- u. Weiterbildung 2016 & GRI 401: Beschäft. 2016.

Lewrick Dr. M, Link P, Leifer L (2018) Das Design Thinking Playbook. Mit traditionellen, aktuellen und zukünftigen Erfolgsfaktoren. Buch.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Gestaltungsansätze für eine lernförderliche User Experience virtueller Lernumgebungen im Living Lab „Hybride Arbeitssysteme“

Robert ECKARDT, Leif GOLDHAHN

Institut InnArbeit -Zentrum für innovative Arbeitsplanung und Arbeitswissenschaft,
Hochschule Mittweida – University of Applied Sciences,
Technikumplatz 17, D-09648 Mittweida

Kurzfassung: Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Gestaltung lernförderlicher User Experience in virtuellen Lernumgebungen. Im Rahmen einer Versuchsreihe wurden grundlegende Gestaltungsprinzipien für eine virtuelle Lernumgebung erarbeitet, welche mit 31 Probanden getestet wurden. Aus diesen Tests konnten relevante Gestaltungsansätze abgeleitet werden, die darauf abzielen, die Effektivität virtueller Lernumgebungen zu verbessern. Durch diese Arbeit wird ein vertieftes Verständnis für die notwendigen Gestaltungsansätze entwickelt, um virtuelle Lernumgebungen effektiv zu gestalten und somit den Lernerfolg nachhaltig zu fördern.

Schlüsselwörter: Virtual Reality, Menschzentriert, Arbeitsgestaltung, Lernen, Mensch-Technik-Interaktion, Wissensvermittlung

1. Einleitung

In den letzten Jahren hat die Virtual Reality (VR) als innovatives Instrument zur Qualifizierung von Mitarbeitenden zunehmend an Relevanz gewonnen. VR ermöglicht die Vermittlung komplexer Inhalte auf eine lernförderliche und praxisnahe Weise (Dörner et al. 2019). Durch das hohe Maß an Interaktivität und Immersion können Lernende selbst in die Thematik eintauchen. Diese Technologie findet daher u. a. Anwendung in der Industrie (Breyer-Mayländer et a. 2022), wo VR bspw. zur Schulung von Mitarbeitenden eingesetzt wird (Schwanke, Torcoli 2022). Die Fähigkeit, praxisnahe Erfahrungen in einer kontrollierten Umgebung zu simulieren, eröffnet neue Perspektiven für die Wissensvermittlung und -aneignung. Dadurch kann auch das Verhalten der Anwendenden einbezogen, Fehlverhalten identifiziert und proaktiv adressiert werden (Foerst 2020) (Goldhahn, Eckardt 2021), was u. a. zu einer signifikanten Reduktion der Fehlerquoten sowie des Schulungsaufwands im realen Betrieb führen kann (Dörner et al. 2013). Vorarbeiten zeigen, dass praktische Erfahrungen nicht nur das Lernen fördern, sondern auch den langfristigen Wissenserhalt unterstützen (Foerst 2020). Die Literatur untersetzt im Kontext der Nutzung von VR hinsichtlich der Lernwirksamkeit einen hohen Praxisbezug und „gute Resultate“ (Hirt et al 2019) (Breyer-Mayländer et a. 2022). Vor diesem Hintergrund wird die Gestaltung virtueller Lernumgebungen zu einem entscheidenden Faktor für den Lernerfolg. Insbesondere die User Experience (UX) als ganzheitlicher Ansatz (Petersen 2023) kann hier eine zentrale Rolle einnehmen, da sie maßgeblich beeinflusst, wie Lernende mit den Inhalten interagieren und welche Motivation sie dadurch entwickeln (vgl. Abschnitt 2.2). Eine lernförderliche UX geht über die Durchführung der virtuellen Lernaufgabe hinaus. Um eine lernförderliche Umgebung im Sinne der UX zu schaffen, sind u. a. die Gestaltung intuitiver Benutzeroberflächen sowie interaktiver Elemente essenziell.

Eine entsprechend gestaltete VR-Anwendung kann so nicht nur die Effektivität und Effizienz des Lernprozesses steigern, sondern auch dazu beitragen, dass Nutzer aktiv Feedback geben und somit in den Entwicklungsprozess einbezogen werden. Dies ist bspw. in der Maschineninstandhaltung besonders relevant, wo ergonomische Aspekte (Anordnung und Inhalt von Informationstafeln für den Nutzenden) sowie die Bedienbarkeit (Navigation und Steuerung in der virtuellen Umgebung) entscheidend sind.

2. Grundlagen

2.1 Definition Virtual Reality (VR)

Die Literatur definiert VR als die „visuelle Präsentation und Manipulation von 3D-Daten in Echtzeit". (Hirt et al 2019) Die VDI-Richtlinie 3633 definiert VR darüber hinaus als „eine Mensch-Maschine-Schnittstelle, die es erlaubt, in eine computergenerierte, dreidimensionale virtuelle Welt einzutauchen, diese als Realität wahrzunehmen, Bestandteile dieser zu sein und mit dieser zu interagieren. Als Teil der computergenerierten Welt kann man diese von verschiedenen Positionen aus betrachten und sie unmittelbar verändern." (VDI 2020) Diese Eigenschaften tragen wesentlich zur Schaffung eines Gefühls der Präsenz bei, das als zentrales Konzept zur Beschreibung der mentalen Aspekte der VR-Erfahrung gilt. (Dörner et al. 2019). Drei Teilaspekte bilden das Gefühl der Präsenz im Wesentlichen ab. Die Ortsillusion umfasst das Gefühl, dass sich der Nutzende an dem, vom VR-System visualisierten Ort, befindet. Die Wahrnehmung des Ergebnisses der virtuellen Umgebung wird als Plausibilitätsillusion bezeichnet. Sie beruht grundsätzlich auf den Inhalten der virtuellen Welt, die den Nutzenden betreffen, von ihm aber nicht initiiert wurden. Die Involviertheit bezeichnet den Grad der Aufmerksamkeit oder auch das Interesse des Nutzenden an der virtuellen Welt, welche grundsätzlich durch die Inhalte der virtuellen Welt erzeugt wird. Diese Erkenntnisse sind für eine lernförderliche UX von enormer Bedeutung, da sie die Grundlage für eine positive Nutzungserfahrung im Sinne von Wahrnehmung, Involviertheit und Glaubwürdigkeit bilden. (Dörner et al. 2019) Angesichts der Bedeutung der Präsenz in VR für die UX ist es essenziell, die Definition und die zentralen Aspekte der UX näher zu betrachten.

2.2 Definition User Experience (UX)

Während Präsenz sich auf das Eintauchen in eine virtuelle oder fiktionale Welt bezieht und durch verschiedene Faktoren wie realistische Grafiken, immersive Audio und interaktive Elemente verstärkt wird, umfasst UX das gesamte Nutzungserlebnis eines Produkts (Petersen 2023). UX umfasst laut Norman & Nielsen (2016) „alle Aspekte der Interaktion des Nutzers mit dem Unternehmen, seinen Produkten und seinen Dienstleistungen." Der ganzheitliche Ansatz der UX wird in der ISO 9241-210 als Standard definiert. Die zentrale Frage, die sich aus dieser Norm ableiten lässt, ist, inwiefern das jeweilige Produkt einen wirklichen Nutzen bietet (ISO 9241-210 2019). Ähnlich wie bei der Präsenz in VR können verschiedene Nutzer unterschiedliche Erfahrungen und Emotionen bei der Interaktion mit einem Produkt haben. Um eine positive UX zu gewährleisten, ist es daher wichtig, die Bedürfnisse und Erwartungen der Nutzer zu verstehen und zu berücksichtigen. Methoden wie Nutzerbefragungen in Form von Fragebögen oder Verhaltensanalysen wie Usability- oder A/B-Tests können hier wertvolle Einblicke liefern. (Petersen 2023) Die Messung der UX ist entscheidend, um die Zufriedenheit der Nutzer zu ver-

stehen und zu verbessern. Dazu dienen bspw. Nutzerbefragungen oder Usability-Tests. Nutzerbefragungen können z. B. in Form von Fragebögen und Interviews erfolgen, um ein direktes Feedback von Nutzern zu erhalten. (Kirchhoff et al. 2010) Usability-Tests unterstützen dabei, die Benutzerfreundlichkeit eines Produkts zu bewerten. Nutzer führen vorgegebene Bedienhandlungen aus, während ihre Interaktionen beobachtet und analysiert werden. Usability-Tests können Schwachstellen im Design aufdecken und wertvolle Einblicke in das Nutzerverhalten liefern. (Witte 2018) Ein Usability-Test lässt sich mit dem Technology Acceptance Model (TAM) auswerten.

3. Beschreibung methodisches Vorgehen

3.1 Beschreibung Versuchsaufbau

Für die Durchführung der Versuche wurde das Head Mounted Display (HMD) HTC Vive verwendet. Allen Testpersonen wurde das in der VR-Software IC.IDO entwickelte virtuelle Lernszenario sowie der Umgang damit erklärt. HMD wie die HTC Vive bieten einen hohen Grad der Immersion (Engel 2019) und ermöglichen das freie Interagieren mit beiden Händen mittels Controllern am virtuellen Arbeitsplatz, wodurch Arbeitsaufgaben inkl. Bedienhandlungen gezielt sowie wiederholt trainiert werden können. Die Testpersonen hatten die Aufgabe, die Umsetzung der Instandhaltungsaufgabe des Riemenwechsels an einer Drehmaschine virtuell zu trainieren. Dazu musste jede Testperson alle insgesamt 15 dafür notwendigen Demontage- und Montageschritte virtuell durchführen. Einer dieser Schritte umfasst die Demontage des Antriebsriemens (vgl. Abbildung 1). Die Abbildung 2 visualisiert zwei grundsätzliche Gestaltungsansätze, wie Informationen den Testpersonen zur Verfügung gestellt werden. Verwendung finden Informationstafeln, welche für jede Arbeitsaufgabe separat eingeblendet werden, worauf der Testperson mitgeteilt wird, was sie zu tun hat, wo sie es zu tun hat und warum sie es tun muss. Darüber hinaus leiten Wegweißer in Form von Pfeilen oder Fußspuren die Testperson zu dem Ort im virtuellen Lernszenario, an dem die Arbeitsaufgabe (virtuelle Bedienhandlung) umgesetzt werden soll (Eckardt &Goldhahn 2024).



Abbildung 1: Demontage Antriebsriemen Drehmaschine



Abbildung 2: Informationstafel zur Informationsvermittlung sowie Wegweiser (grüner Pfeil)

3.2 Beschreibung Aufbau Fragebogen zur Nutzerbefragung

Der Fragebogen im Sinne von Nutzerbefragungen wurde darauf ausgelegt, die Effizienz, Effektivität und Benutzerfreundlichkeit (Usability) eines virtuellen Übungsszenarios

in der virtuellen Lernumgebung bewertbar und nachnutzbar zu machen. Daraus ergibt sich die Möglichkeit der anwender- und bedarfsgerechten Modifikation eines virtuellen Übungsszenarios in der virtuellen Lernumgebung und damit die Möglichkeit, das Lernen zu fördern und so einen langfristigen Wissenserhalt sicher-zustellen. Im Fragebogen wurden u. a. folgende Fragen den Testpersonen gestellt: *„Die Bedienbarkeit der VR-Brille, wie das Aufsetzen und Einstellen, ist einfach zu handhaben.“*, *„Das virtuelle Lernszenario hat Ihre Fähigkeit verbessert, die Bedien-handlungen im realen System, wie bspw. die Herstellung der Energieversorgung, korrekt nachzuvollziehen und zu wiederholen.“*, „*Die Informationstafeln im virtuellen Lernszenario waren leicht lesbar*.“ Insgesamt umfasst der Fragebogen 16 Fragen. Die Fragen sind in verschiedene Kategorien unterteilt, die sich auf spezifische Aspekte der VR-Erfahrung konzentrieren. Diese Aspekte umfassen die Bewertung der Genauigkeit, Vorstellbarkeit und Detailtreue des virtuellen Lernszenarios und wie diese Aspekte das Lernen sowie die VR-Nutzung beeinflussen. Der Aspekt der Bedienbarkeit umfasst die Bewertung der Benutzerfreundlichkeit der VR-Hardware, einschließlich der VR-Brille und des Controllers. Der Aspekt der Übertragbarkeit auf reale Systeme umfasst die Untersuchung, inwieweit das virtuelle Lernszenario den Nutzern hilft, ein räumliches Verständnis der realen Umgebung und die Fähigkeit zur Instandhaltung der realen Werkzeugmaschine zu entwickeln. Der offene Charakter der Fragen gibt den Nutzern die Gelegenheit, ihre Meinung zu den Potenzialen und Grenzen der virtuellen Techniken sowie zu möglichen Anwendungsbereichen zu äußern. Diese Struktur ermöglicht eine umfassende Bewertung der verschiedenen Aspekte des virtuellen Lernszenarios und bietet wertvolle Einblicke in die Benutzererfahrung und die potenziellen Verbesserungsbereiche. Der Fragebogen wurde den Testpersonen nach der Durchführung des virtuellen Lernszenarios entweder in digitaler oder analoger Variante zur Verfügung gestellt, wobei sich die Fragen nicht veränderten. Insgesamt wurde der Fragebogen von 31 Testpersonen vollständig ausgefüllt. Im Fragebogen wurde eine fünfstufige Unterteilung (Skala) in “Stimme überhaupt nicht zu”, “Stimme nicht zu”, “teils/teils”, “Stimme zu” und “Stimme voll und ganz zu” angewendet. Dies ermöglicht eine differenzierte Erfassung der Meinungen der Testpersonen. Diese fünfstufige Einteilung hat den Vorteil, dass die Testpersonen ihre Meinung präziser ausdrücken können, was dabei hilft Unterschiede in den Einstellungen und Meinungen klar zu erkennen. Darüber hinaus unterstützt diese Skaleneinteilung eine Ausgewogenheit der Antwortmöglichkeiten, was eine ehrliche und differenzierte Rückmeldung fördert. Durch die Normierung der Antwortmöglichkeiten auf eine wiederkehrende Skale wird die Aussagekraft der Daten erhöht.

3.3 Datenauswertung

Das Technology Acceptance Model (TAM) untersucht, welche Faktoren die Akzeptanz und Nutzung einer Technologie beeinflussen. Zwei zentrale Komponenten des Modells sind die wahrgenommene Nützlichkeit und die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit einer Technologie (Jockisch 2010). Die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit ist direkt mit der Usability verbunden. Wenn Nutzer eine Technologie als benutzerfreundlich empfinden, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sie diese akzeptieren und nutzen. TAM kann daher verwendet werden, um zu verstehen, wie die Usability einer Anwendung die Akzeptanz und Zufriedenheit der Nutzer beeinflusst. Durch die Kombination von Usability-Tests und TAM-basierten Nutzerbefragungen können detaillierte Einblicke gewonnen werden, wie verschiedene Aspekte der Benutzerfreundlichkeit die Gesamtakzeptanz einer Technologie, hier im Sinne lernförderlicher UX virtueller Lernumgebungen, beeinflussen. Dies ermöglicht es, gezielte Verbesserungen der Gestaltungsansätze vorzuneh-

men, um die Nutzererfahrung der virtuellen Lernumgebungen zu verbessern. Die Abbildung 5 bildet exemplarisch die statistische Auswertung sowie die daraus resultierende Verteilung an der Frage „Die Informationstafeln waren leicht lesbar“ ab. Diese Frage verdeutlich sehr gut, welchen Einfluss die Gestaltung auf Usability hat. Die Informationstafeln sind grundlegende Gestaltungsansätze innerhalb der virtuellen Lernumgebung. Mit einem Mittelwert von 3,76 liegen die meisten Befragten zwischen “teils/teils” und “stimme zu”. Der Median von 4 zeigt, dass die typische Antwort “stimme zu” ist. Dies bedeutet, dass die Hälfte der Befragten der Aussage zustimmt oder weniger zustimmt, während die andere Hälfte der Aussage genauso stark oder stärker zustimmt. Die Standardabweichung von etwa 1,09 zeigt eine größere Streuung in den Antworten, was bedeutet, dass es eine breitere Vielfalt von Meinungen gibt. Einige Befragte stimmen überhaupt nicht zu (Wert 1), während andere voll und ganz zustimmen (Wert 5). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Befragten unterschiedliche Meinungen zu der gestellten Frage haben. Während der durchschnittliche Befragte dazu neigt, der Frage zuzustimmen, gibt es eine signifikante Anzahl von Befragten, die entweder weniger zustimmen oder überhaupt nicht zustimmen.

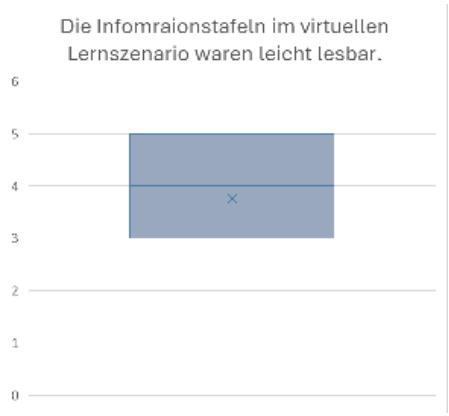


***Abbildung 5**: Auswertung Befragung zum Gestaltungsansatz Lesbarkeit Inhalte Informationstafel*

4. Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Die statistische Auswertung der Fragebögen zeigt eine Vielzahl von Verbesserungsvorschlägen, die auf unterschiedliche Aspekte der Benutzerfreundlichkeit und Orientierung im Sinne von lernförderlichen Gestaltungsansätzen abzielen. Hauptpunkte des Feedbacks umfassen die Verwendung von einfacher Sprache und klaren Anweisungen, um Missverständnisse zu vermeiden oder die Verwendung von genaueren Hinweisen zu einzelnen Komponenten, da nicht alle Nutzer mit Fachbegriffen oder Maschinen vertraut sind. Darüber hinaus wurden visuelle Orientierungshilfen thematisiert. Informationstafeln sollten immer an der gleichen Stelle platziert werden und blinkende Pfeile zum Einsatz kommen, um die Orientierung im virtuellen Raum zu erleichtern und damit auch den Ort markieren, an welchem die nächste Aufgabe durchzuführen ist. So erkennt die Testperson schnell, wohin sie sich bewegen muss.

5. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Gestaltung lernförderlicher UX in virtuellen

Lernumgebungen. Zentrale Gestaltungsansätze zur Informationsvermittlung umfassen die Verwendung von Informationstafeln und Wegweisern, die den Nutzern klare Anweisungen zu den Aufgaben geben. Ein strukturierter Fragebogen ermöglichte eine differenzierte Bewertung der Benutzerfreundlichkeit und Effektivität des virtuellen Szenarios. Die Fragebogenkategorien reichten von Lernunterstützung über Detailtreue bis hin zur Übertragbarkeit auf reale Systeme. Die Ergebnisse zeigten eine heterogene Meinungsverteilung unter den 31 Befragten, was auf unterschiedliche Erfahrungen hinweist. Das verwendete TAM diente als theoretischer Rahmen zur Analyse der Faktoren, die die Akzeptanz der Technologie beeinflussen. Das Feedback der Testpersonen lieferte wertvolle Hinweise zur Verbesserung der UX, wie z. B. die Verwendung einfacher Sprache, konsistente Platzierung von Informationstafeln sowie visuelle Orientierungshilfen wie blinkende Pfeile. Diese Erkenntnisse sind essenziell für die Weiterentwicklung effektiver Gestaltungansätze in virtuellen Lernumgebungen, um sowohl die Usability als auch den langfristigen Wissenserhalt zu fördern.

6. Literatur

Breyer-Mayländer T, Zerres C, Müller A, Rahnenführer (Hrsg.) (2022) Die Corona-Transformation https://doi.org/10.1007/978-3-658-33993-7_10 : 166.

Dörner R, Broll W, Grimm P, Jung B (Hrsg.) (2019) Virtual und Augmented Reality (VR/AR) 8-3-662-58861-1 (eBook) https://doi.org/10.1007/978-3-662-58861-1: 18.

Engel B, (2019) Immersion oder Versinken in der virtuellen -Realität – auch ein Thema für die Arbeitsmedizin? In: Zeitschrift für medizinische Prävention, vol. 54, n° 09, Enligne: https://www.asu-arbeitsmedizin.com/node/ 30413/print. 604–607

Eckardt R, Goldhahn L (2024) Virtual training for the maintenance of machine tools. In: Isabel L. Nunes (eds) Human Factors and Systems Interaction. AHFE (2024) International Conference. AHFE Open Access, vol 154. AHFE International, USA. http://doi.org/10.54941/ahfe1005367, 199 - 207

FOERST GmbH, Effiziente Fahrsimulatoren für Pkw, Lkw und Busse. Zugang am Jan 7, 2020, https://www.fahrsimulatoren.eu/de/

Goldhahn L; Eckardt R: Learning Scenarios for the Improvement of Operating Safety of Machine Tools. In: Black, N.L.; Neumann, W.P.; Noy, I. (eds): Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021). IEA 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 223. Cham: Springer; doi.org/10.1007/978-3-030-74614-8_92, S. 749 – 760

Hirt C, Spahni M, Kompis Y, Jetter D, Kunz A (2019) Alles rund um die Maschine – Begehbare virtuelle Schulung an Werkzeugmaschinen. In: VAR² 2019 – Realität erweitern, Hrsg. Putz M, Klimant P, Klimat F, Chemnitz, ISBN: 978-3-00-064420-7 : 43 - 58

International Organization for Standardization (ISO) (2019) Ergonomics of human-system interaction
– Part 210: Human–centred design for interactive systems. ISO 9241-210

Jockisch M (2010) Das Technologieakzeptanzmodell. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-8484-5_11 . 233 In: Bandow G, Holzmüller H H (Hrsg). 978-3-8349-1842-0

Kirchhoff S, Kuhnt S, Lipp P, Schlawin S. (2010) Der Fragebogen. 978-3-531-16788-6: 37

Norman D, Nielsen J. (2016). The definition of User Experience (UX). Accessed Jan 07, 2025 www.nngroup.com/articles/definition-user-experience

Petersen I (2023) User Experience verstehen. 327. In Hoffmann S (Hrsg.) Digitales Produktmanagement (2023)

Schwanke A, Torcoli G (2022) Einsatz von Virtual Reality im Arbeitsschutz. DGUV Forum 3/2022. 30.

VDI 3633, Blatt 11 (2020), Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen Simulation und Visualisierung: 3.

Witte F. (2018) Metriken für das Testreporting. https://doi.org/10.1007/978-3-658-19845-9_25 .173

Danksagung: Die Autoren danken dem BMBF für die finanzielle Unterstützung sowie dem PTKA für die Betreuung des Forschungsprojektes „PerspektiveArbeit Lausitz (PAL)“, Förder-kennzeichen 02L19C300. Die Verantwortung für diesen Beitrag liegt bei den Autoren.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Auswirkungen digitaler Assistenzsysteme auf den Anlernprozess von Mitarbeitenden im produzierenden Gewerbe

Fabian DIETRICH, Torsten MERKEL

Institut für Produktionstechnik, Westsächsische Hochschule Zwickau, Kornmarkt 1, D-08056 Zwickau

Kurzfassung: In der Arbeitswelt von heute ist das Neuerlernen von Arbeitsprozessen wie auch die stetige Weiterbildung ein essenzieller Bestandteil des Berufslebens. Um die Mitarbeitenden von Unternehmen im produzierenden Gewerbe schnell und unkompliziert in den Arbeitsalltag zu integrieren, bedienen sich Arbeitgeber zunehmend KI-gestützter, AR-basierter digitaler Assistenzsysteme. Wenig untersucht ist allerdings bisher, inwieweit diese teils allumfängliche Unterstützungsmaßnahmen Auswirkungen auf das Prozessverständnis und die Persönlichkeitsentwicklung der Mitarbeitenden sowie die tatsächlich erreichbaren Qualitätsniveaus der hergestellten Produkte haben. Im Artikel wird eine Studie vorgestellt, welche Antworten auf diese Fragen liefert und aus welcher Gestaltungsempfehlungen abgeleitet werden können.

Schlüsselwörter: Digitale Assistenzsysteme, Boreout, KI-Unterstützung, AR-Systeme, Lernen, Persönlichkeitsförderlichkeit

1. Einleitung

Der Megatrend der Globalisierung sowie lokal entstehender Fachkräftemangel führen zur Neuorientierung vieler Arbeitnehmer in für sie geografisch und/oder tätigkeitsbezogen neue Bereiche. Dies ist stets mit Anlernprozessen verbunden, welche sowohl für Arbeitnehmer wie auch Arbeitgeber herausfordernd sind und oft zusätzlich durch eine Sprachbarriere erschwert werden. Der aktuelle Stand von Wissenschaft und Wirtschaft führt außerdem zu einem stetigen Wandel in der Prozessgestaltung. Dementsprechend müssen sich auch die bestehenden Mitarbeitenden stets in neue Arbeitsabläufe und -aufgaben einarbeiten.

Um den Mitarbeitenden diesen Prozess zu erleichtern und die unproduktive Zeit für das Unternehmen möglichst gering zu halten, kommen unter anderem visuell aufbereitete Arbeitsanweisungen und AR-gestützte, teils KI-basierte Assistenzsysteme zum Einsatz oder befinden sich in Entwicklung. Fraglich ist jedoch, ob dieses schnelle Anlernen den Mitarbeitern ermöglicht, ein umfassendes Verständnis für Produkte, Baugruppen und Prozesse zu entwickeln und so selbstständig und zuverlässig Fehler erkennen und beheben zu können.

Wenig untersucht ist bisher, wie sich das schnelle Anlernen und die zahlreichen digitalen Unterstützungssysteme auf diese Faktoren, also Qualität und Quantität der hergestellten Produkte wie auch auf das Wohlbefinden der Mitarbeitenden auswirkt.

2. Problemstellung

Die zunehmende Internationalisierung führt dazu, dass immer häufiger Sprachbarrieren, vor allem bei der Neuaufnahme einer Tätigkeit, vorhanden sind. Dies verkompliziert neben der notwendigen Sozialisierung im Arbeitsumfeld auch das Anlernen von neuen Arbeitsaufgaben. Außerdem befinden sich die Qualitätsanforderungen für die einzelnen Arbeitsaufgaben oft auf sehr hohem Niveau bei gleichzeitig geringen Zeitpensa. Dies führt, gerade bei unerfahrenen Mitarbeitenden, schnell zu einer kaum überwindbaren Diskrepanz zwischen Qualitäts- und Quantitätsanforderungen.

In den Köpfen vieler Chefs hält sich parallel dazu nach wie vor die „Mär des süßen Nichtstuns“ nach Rothlin & Werder (2007). Gemeint ist damit, dass es dem Mitarbeitenden am besten geht, wenn er nichts tun oder zumindest nicht nachdenken muss.

Als Konsequenz aus den geschilderten Problemen und Ansichten kommen zahlreiche KI- gestützte, AR- basierte Assistenzsysteme zur Unterstützung der Arbeitnehmenden in allen Phasen der Prozessbearbeitung zur Anwendung und werden von Wissenschaftlern erforscht.

Ein Beispiel dafür ist das Pick-and-Place-by-Light, welches von Mittelstand-Digital (2023) als Demonstrator für KMU bereitgestellt wird. An dem Montagearbeitsplatz wird gezeigt, wie Mitarbeitende an einem Montagearbeitsplatz mittels Projektionen bei der Durchführung ihrer Arbeitsaufgabe unterstützt werden. Zusätzlich dazu prüft eine KI in Echtzeit, ob die einzelnen Komponenten korrekt verbaut wurden.

Markus et al. (2024) führten eine wissenschaftliche Studie durch, welche untersucht, wie Fehlerkommunikation während der manuellen Montage die Montagequalität und die Zufriedenheit der Mitarbeitenden beeinflusst. Die Teilnehmenden erledigten eine Montageaufgabe, wobei in einer experimentellen Bedingung ein System Fehler erkannte und eine Korrekturanweisung gab. Die Ergebnisse der Studie, welche noch ausstehen, sollen Aufschluss darüber geben, wie sich diese Art der Fehlerkommunikation auf die Effizienz und das Wohlbefinden der Mitarbeitenden auswirkt.

Parallel dazu zeigen Nitsch et al. (2024) auf, dass die KI-Entwicklung und damit auch die Integration in industrielle Prozesse auf Grund des großen Potentials schnell voranschreitet. Es wurde aber auch erkannt, dass die Nutzung von KI auf einem menschenzentrierten Ansatz beruhen sollte und dass ethische wie auch arbeitswissenschaftliche Aspekte, speziell mit Fokus auf die psychische Gesundheit der Arbeitnehmenden, systematisch untersucht werden müssen. Ergänzend dazu haben Studien gezeigt, dass die beispielsweise aus einem umfassenden Assistenzsystem resultierende Unterforderung langfristig ähnliche körperliche und psychische Auswirkungen wie eine stetige Überforderung haben kann. Statt des bekannten Burnout-Syndroms kann sich, wie unter anderem von Vedder & Korinth (2016) beschrieben, ein Boreout-Syndrom entwickeln.

Diese Erkenntnisse müssen bei der Gestaltung von Arbeitsprozessen und Assistenzsystemen unbedingt berücksichtigt werden. Zu Gunsten der vermeintlichen maximalen Entlastung der Mitarbeitenden und der Steigerung von Effizienz und Qualität rücken die geschilderten Bedenken häufig in den Hintergrund.

3. Untersuchungsansatz

Um die tatsächlichen Auswirkungen einer kurzen, von menschlichen Interaktionen losgelösten und sehr punktuell ausgerichteten Einweisungen in Kombination mit einem

Assistenzsystem bei Mitarbeitenden zu untersuchen wurde ein Versuchsschema entwickelt (vgl. Abb. 1). Dieses besteht aus den folgenden Schritten:

1. *Fragebogen zur Erfassung des Erfahrungswissens*
   An dieser Stelle wird ermittelt, welches Vorwissen im beruflichen und privaten Umfeld hinsichtlich manueller Montagetätigkeiten, handwerklicher Tätigkeiten oder Handarbeit die Probanden haben. Weiterhin werden die Sprachkenntnisse abgefragt. Dies ermöglicht eine bessere Einordnung der Ergebnisse während der Auswertung.
2. *Einweisung in den Versuchsaufbau*
   In diesem Schritt wird beim Vorgehen zwischen Kontrollgruppe und Versuchsgruppe unterschieden.
   Die Kontrollgruppe erhält eine ausführliche Aufbauanleitung vom Versuchsleiter und Hinweise, worauf bei der Montage besonders zu achten ist. Weiterhin wird die Baugruppe in das Gesamtprodukt eingeordnet. Das zur Anwendung kommende Assistenzsystem wird ebenfalls erklärt.
   Die Versuchsgruppe erhält lediglich eine sehr kurze Aufbauanleitung an Hand eines kurzen Videos und den Hinweis, dass ein Assistenzsystem beim Zusammenbau unterstützt und auf Fehler aufmerksam macht.
3. *Durchführen der Montageaufgabe*
   Alle Probanden sollen innerhalb von 60 Minuten eine komplexe Baugruppe 20 Mal montieren. Die Taktzeit beträgt dementsprechend 3 Minuten. Sie werden dabei von einem AR-Assistenzsystem unterstützt. Dieses zeigt an welche Teile für die Montage zu verwenden sind, projiziert die Aufbauanleitung vor den Probanden und weist auf Fehler hin.
   Um zu ermitteln wie gut die Probanden den Montageprozess im Rahmen der Einweisung verinnerlicht haben und wie sich der Einfluss des Assistenzsystems auswirkt, werden einige Baugruppen falsch vorkommissioniert oder das Assistenzsystem gibt falsche Anweisungen. Wenn die Probanden einen Fehler bemerken oder dieser durch das Assistenzsystem angezeigt wird, können die Probanden entweder den Fehler beheben oder die Montage dieser Baugruppe abbrechen und mit dem nächsten Takt beginnen.
4. *Fragebogen zur Erfassung der Arbeitserfahrung*
   Am Ende des Versuchs werden die Probanden erneut gebeten einen Fragebogen auszufüllen. Mit diesem soll das persönliche Erleben der Probanden in Bezug auf Einweisung, Assistenzsystem und Erledigung der Arbeitsaufgabe erfasst werden.

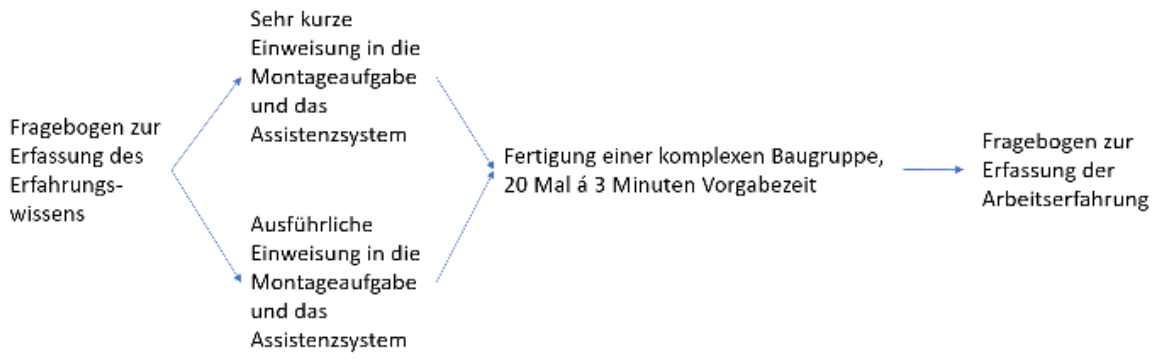


***Abbildung 1**: Versuchsablauf für Probanden mit Versuchsgruppe (oben) und Kontrollgruppe(unten)*

4. Ausblick

Die geplanten Untersuchungen sind von großer Bedeutung für Unternehmen des produzierenden Gewerbes, aber auch für Arbeitswissenschaftler und Entwickler von digitalen Assistenzsystemen. Verschiedene wissenschaftliche Studien zeigten, dass die maximale Unterstützung in Form von vollständiger kognitiver oder auch physischer Entlastung langfristig eher zu Krankheitssymptomen als einem glücklichen und produktiven Mitarbeitenden führt (vgl. Kap. 2). Erst wenn die Unterstützung des Mitarbeitenden auf dessen Bedürfnisse und vor allem im Sinne seiner oder ihrer Persönlichkeitsförderlichkeit ausgelegt ist, kann ein langfristiger Erfolg erwartet werden. Dies bezieht sich auf Qualität und Quantität der gefertigten Produkte, aber auch auf die langfristige Mitarbeiterbindung und die Entwicklung von Enthusiasmus, Zugehörigkeitsgefühl und Motivation der Angestellten hinsichtlich des Arbeitgebers und der Arbeitsaufgabe.

5. Literatur

Markus A, Daling L M, Borowski E, Isenhardt I (2024) Error Communication in Manual Assembly through a Projection-Based Assistance System. In: Isabel L. Nunes (eds), Human Factors and Systems Interaction, AHFE Open Access Vol 154, 179-188.

Mittelstand-Digital Zentrum Chemnitz (2023) Assistenzsysteme und Erfolgskontrolle mit KI. Accessed Jan 15, 2025. https://demonstratoren.gfe-net.de/demonstratoren/assistenzsysteme-und-erfolgskontrolle-mit-ki.

Nitsch V, Rick V, Kluge A, Wilkens U (2024) Human-centered approaches to AI-assisted work: the future of work?, In: Zeitung für Arbeitswissenschaft 78, 261-267.

Rothlin P, Werder P R (2007) Diagnose Boreout – Warum Unterforderung im Job krank macht. In: Redline Wirtschaft, Heidelberg: Redline GmbH.

Vedder G, Korinth E (2016) Boreout – Unterforderung am Arbeitsplatz, GfA Dortmund, Arbeit in komplexen Systemen. Digital, vernetzt, human?! In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Dortmund: GfA-Press, B.6.8.

Danksagung: Das Kompetenzzentren PAL (FKZ: 02L19C300 - 02L19C333) wird im Rahmen der Fördermaßnahme „Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für diesen Beitrag liegt bei den Autoren.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Development and evaluation of a simulator with mimic vibration stimuli for vehicle training purpose

Wei-Chen LAI [1], Rudy Ying-Yin HUANG[1*], Hsieh-Ching CHEN[2], Zhen-Wei WENG[2]

[1] National Taiwan University, No. 1, Section 4, Roosevelt Road, 106319 Taipei, Taiwan
[2] National Taipei University of Technology, No. 1, Section 3, Zhongxiao E. Road, 10608 Taipei, Taiwan

Abstract : Environmental conditions and the whole-body vibration may affect operation, communication, and cognitive performance of personnel in a moving vehicle. In order to train and/or evaluate personnel's ability in handling various situations under specific conditions, the use of simulators offers an efficient and economical approach. Simulators have become a common tool for training programs of personnel such as drivers and crews, as most of them can be used without time and weather restrictions. Modern simulators with advanced technology can support training platforms for various vehicle types. It is essential to develop and control the simulated environment precisely in order to duplicate certain physical conditions as in reality. In this study, we aim to re-produce some important vibration stimuli in a 6DOF simulator. Simulated signals of vibrations are compared with the actual data recorded in real road sections for the similarity. We further evaluate the perception and feedback of participants for the consistency in various road sections between simulation and reality. Results of this study may provide more insights and help to optimize the design of training programs.

Keywords: simulator, whole-body vibration, vehicle training, calibration of physical quantities, cognitive load

1. Introduction

In modern military operations, the efficiency and safety of military vehicle operations are of critical importance. However, drivers often face extreme environments such as vibrations, unstable terrains, and high-pressure scenarios, which can impair their attention and decision-making capabilities. Studies have shown that exposure to vibration environments significantly reduces drivers' attention, thereby negatively impacting task performance and operational safety (Park et al. 2019). This highlights the urgent need for advanced training tools capable of simulating extreme conditions in controlled settings.

Traditional training methods struggle to replicate dynamic complexities and risks of real-world operations, with environmental constraints often reducing training effectiveness and increasing the likelihood of human errors. In high-risk scenarios, insufficient training exacerbates potential threats to driver safety (Ahmadi et al. 2022). Simulation technologies have proven to be effective in safely recreating scenarios that are difficult or dangerous to replicate in real environments (Çavuşoğlu et al. 2010). However, there is still a lack of 6-DOF platforms that may accurately simulate complex

interactions between terrain and vehicle vibrations for military training purposes. This study aims to design and implement a 6-DOF hydraulic vehicle simulation platform to enhance training efficiency, reduce human error, and mitigate operational risks in real-world scenarios (Adel et al. 2020).

2. Simulator Settings

First, we applied regression analysis to establish a platform control model and validated it using real-world road test data. Considering human sensitivity to vibrations below 10 Hz and the platform's vertical acceleration limit of 1g, the maximum analysis frequency was set at 5 Hz.

Platform calibration experiments were conducted in two stages: 1) testing horizontal (X, Y-axis) vibrations, and 2) testing vertical (Z-axis) vibrations. All parameter combinations used sinusoidal wave inputs to refine platform calibration. A PCB 356B41 vibration sensor and an NI 9230 IEPE acquisition module were used to capture vibration acceleration signals from a medium eight-wheeled tactical armored vehicle. Data acquisition was performed using NI Signal Express at a unified sampling frequency of 1000 Hz per channel. Subsequent analysis, including filtering, spectral analysis, and second-order integration for displacement calculation, was conducted using LabVIEW. ISO 2631-1 Wd and Wk weighting ensured data accuracy. The test road spanned approximately 5 km and included five road conditions: uphill/downhill, gravel, asphalt, wavy road, and beach sand.

Four metrics were used to compare the similarity between the six-axis platform and original data: 1) Displacement waveform: Maximum cross-correlation was used to evaluate fidelity. 2) Primary vibration frequency: Compared the 1/6 octave band frequencies with the highest and second-highest acceleration spectrum energy. 3) Acceleration RMS: Evaluated the average intensity of irregular signals. 4) Displacement RMS: Measured overall differences between simulated & real data.

Similarity Analysis*:* Regression analysis indicated that the input control signals for the X and Y axes were 1.15 and 1.3 times the target signals, respectively, with amplified values constrained within a range of ±8 cm; any values exceeding this range were subjected to boundary processing. For the Z-axis, target values were computed using the nonlinear regression formula $Z = 0.644Pz - 0.0525Pz^2$.

Maximum cross-correlation coefficients were calculated for the displacement waveforms obtained from field measurements and simulations. Results showed that the coefficients for the same road sections were generally above 0.5, while those for different road sections were below 0.2, demonstrating high fidelity in the simulation. Spectral analysis of acceleration signals further revealed excellent agreement between the primary vibration frequencies of simulated and measured data. Only a few cases exhibited primary vibration frequencies above 5 Hz (e.g., Z-axis vibrations on concrete roads and X/Z-axis vibrations on sandy terrain), but their secondary frequencies still aligned with simulated results.

Simulated RMS values for acceleration were generally higher than the measured values, likely due to high-frequency noise (e.g., hydraulic vibrations) influencing the >5 Hz spectrum. In contrast, the RMS values for displacement were consistently lower than the measured data, particularly in road conditions with significant vehicle tilting, such as wavy roads, uphill/downhill sections, and sandy terrain. This discrepancy is attributed to the simulation being limited to X, Y, and Z-axis translations and cons-

trained by an 8 cm travel range, which prevented the platform from fully replicating vehicle tilting dynamics.

3. Signal Improvement

The displacement data of the simulation platform exhibits significant errors when addressing scenarios with pronounced inclinations. This issue arises from the use of a triaxial accelerometer during vibration data collection, which fails to account for rotational movements such as roll, pitch, and yaw, thereby leading to discrepancies between the simulation and actual experience. Figure 1 shows the acceleration sensors installed on the platform.

To enhance the accuracy and realism of the simulation, we have implemented adjustments to the platform's angular configurations, enabling a more precise replication of complex road conditions such as uphill/downhill, wavy road, and beach sand. Sine wave control signals were sequentially input into the platform along the X, -Y, and -Z axes, with horizontal and vertical displacements (Px, Py, Pz) set to 0. The frequencies (Fx, Fy, Fz) were configured to 0.5 Hz and 1 Hz, while the rotational angles (Rx, Ry, Rz) were set to 5° and 10°. Simultaneous measurements were conducted to evaluate the effects of axis rotations on acceleration at various platform positions.

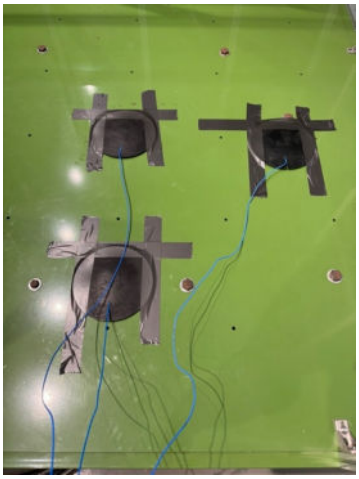


***Figure 1**: The experiment involved installing acceleration sensors at three distinct positions on the platform. Right and rear sensors were positioned 50 cm away from the central one.*

Experimental results indicate that the center of rotation for the 6DOF platform is not located at the platform's surface but approximately 70 to 75 cm below it. As a result, when the platform surface tilts, it is accompanied by oscillatory displacements of the surface. Furthermore, the amplitude of oscillation is significantly influenced by frequency, with the amplitude at 0.5 Hz being approximately twice that at 1 Hz. This phenomenon highlights the need to comprehensively account for the interaction among the simulated point's height, platform position, and frequency during platform tilting and oscillation. Accordingly, adjustments to control signals are necessary to enhance the accuracy of the simulation.

To address the discrepancy between the simulated and actual Z-axis vibration amplitudes on wavy road sections, our team referred to the results of prior systematic testing and analysis. By shifting the seating position 50 cm rearward from the platform's center and incorporating a control signal for Y-axis rotation, the oscillation amplitude

was successfully adjusted to more closely match actual vibration conditions, thereby optimizing subsequent experiments. The rotational control signal for the Y-axis is derived through a transformation of the P_z input, with the conversion formula provided as follows:

$$\theta y = \sin^{-1}(\frac{-Pz}{50}) \times \frac{180}{\pi}$$

On real sandy road sections, the uneven terrain causes the vehicle body to tilt laterally. To simulate this effect, we used X-axis rotation as a substitute for Y-axis displacement. The formula for the rotation angle is as follows:

$$\theta x = tan^{-1}\left(\frac{Py}{70}\right) \times \frac{180}{\pi}$$

In the control signals for uphill and downhill road sections, a 10° rotational angle was introduced, aligned with the video timeline, to simulate the vehicle's body inclination on slopes. Given that the platform's maximum angle is ±10°, while the actual slope angles are ±30°, this adjustment was made to reflect the limitation. Additionally, during the transitions on slopes, a 0.5 Hz vibration frequency with an amplitude of 1 was applied on the Z-axis to replicate the sensation of instantaneous vibrations.

4. Road Section Perception Experiment

Although the signal simulation has successfully reproduced the original vibrations, verifying the realism of the simulation still requires consideration of subjective human perception and actual experience. In the absence of participants with real-world riding experience, simulation validation must rely on video data and the observation and interpretation of road section characteristics. This indicates that, in addition to precise quantitative analysis of the data, incorporating subjective feedback and visual perception is essential to further enhance the realism and credibility of the simulated road sections. Such an integrated approach provides a more comprehensive evaluation of the simulation's effectiveness, ensuring it aligns more closely with real-world scenarios.

In the experimental design, participants first observed video clips of five road sections, with a total duration of approximately 5 minutes, to familiarize themselves with the characteristics of each section. During the formal on-platform tests, participants did not re-watch the videos but were required to identify the type of simulated road section based on their memory of its features. The experiment consisted of five trials, with a randomly selected road section simulated in each trial. The duration of each simulation was approximately 30 seconds. After each simulation, participants completed a perception questionnaire to determine which road section from the videos most closely matched their experience. Each simulation and corresponding questionnaire was based on a different road section, ensuring that all five trials featured unique road sections and non-repeated questionnaire options. Five participants were recruited for the experiment, all of whom had no prior experience riding in an armored vehicle. Before the experiment, a safety briefing was conducted to inform participants of potential risks and corresponding precautionary measures. Experimental procedure is shown in Fig. 2.

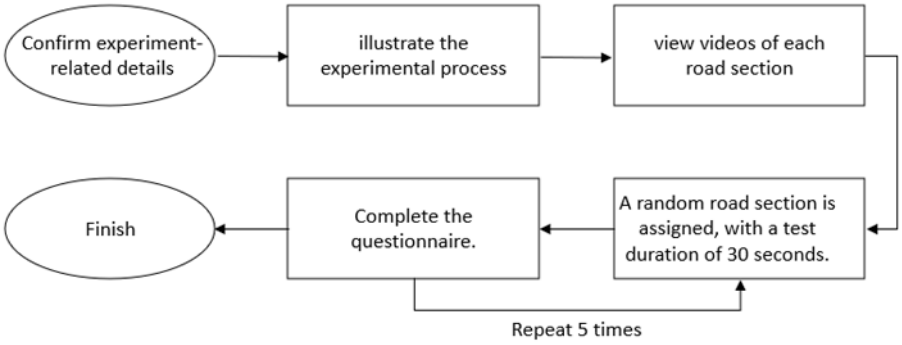


***Figure 2**: Procedure of the attention Road Section Perception Experiment.*

Since the expected value in each cell of the contingency table is less than 5, the sample size is small, and it remains unclear whether the data meet the assumption of normality, the chi-square test was not applied. Instead, Fisher's Exact Test combined with the Monte Carlo method was selected and analyzed using Excel (Kim 2017). The Monte Carlo method generates random data to simulate all possible distributions, making it particularly suitable for large contingency tables or scenarios requiring the evaluation of multiple distributions. This approach enables rapid estimation of p-values, effectively reducing the complexity associated with direct computation.

5. Results & Discussion

Results of perception for each road section is shown in Tab. 1. The experimental data reveal that, apart from the wavy road and uphill/downhill sections, which both achieved a 100 % accuracy rate, the other road sections exhibited signs of confusion.

***Table 1:** Perception Results for Each Road Section.*

real \ guess	asphalt	gravel	wavy road	uphill/downhill	beach sand
asphalt	3	1	0	0	1
gravel	2	3	0	0	0
wavy road	0	0	5	0	0
uphill/downhill	0	0	0	5	0
beach sand	0	1	0	0	4

The wavy road and uphill/downhill sections are easier to identify due to their distinct characteristics: the wavy road is characterized by rhythmic oscillations, while the uphill/downhill section features noticeable elevation changes. In contrast, the accuracy rates for asphalt and gravel roads were only 60 %. According to participant feedback, the vibration patterns of these two sections are not sufficiently distinct, leading to confusion.

For the beach sand section, the accuracy rate was 80 %, falling short of 100 % because participants found the swaying characteristics of sandy terrain less discernible. Using the Monte Carlo method with 10000 random simulations, the p-value was found to be less than 0.0001, while the original calculated p-value was 1.6E-12. This indicates that the experimental results are not due to random chance and exhibit significant

statistical evidence. Furthermore, the findings confirm that the simulated road section features align closely with participants' perceptions. Participants demonstrated a strong ability to accurately distinguish between different road section characteristics and correctly identify their types.

6. Conclusion

This study aims to establish a comprehensive and systematic validation method to accurately translate real-world road vibration data into control signals for a 6DOF simulation platform. The validation process includes platform hardware calibration, vibration data acquisition, and similarity verification of simulation results, while incorporating feedback from test participants to ensure that the simulation system not only maintains operational accuracy and stability but also provides subjective experiences consistent with real-world conditions. These findings lay a solid foundation for enhancing the realism of military simulation training and serve as a reliable reference for military research and applications.

7. References

Adel, A., Mahmoud, M., Sayed, N., Hisham, O., Ossama, O., Adel, P., & Maqbool, H. F. (2020, February). Design of a 6-DOF hydraulic vehicle driving simulator. In 2020 International Conference on Innovative Trends in Communication and Computer Engineering (ITCE) (pp. 170-175). IEEE.

Ahmadi, K. D., Rashidi, A. J., & Moghri, A. M. (2022). Design and simulation of autonomous military vehicle control system based on machine vision and ensemble movement approach. The Journal of Supercomputing, 78(15), 17309-17347.Yoon, H. J., Sellers, M., & Jo, B. (2024). Sample-Based Model Predictive Control for Stewart Platform Using Data-Driven Model. In AIAA AVIATION FORUM AND ASCEND 2024 (p. 4574).

ÇAVUŞOĞLU, A., ŞEN, B., & ATASOY, F. (2010). Developing a Terrain Sensitive Flexible Simulation Platform For Mobile Vehicles. In The 1st International Symposium on Computing in Science & Engineering ISCSE.Shi, W., Li, M., Guo, J., & Zhai, K. (2020). Evaluation of road service performance based on human perception of vibration while driving vehicle. Journal of Advanced Transportation, 2020(1), 8825355.

Debenedictis, T. A., Fraysse, F., Milanese, S., Tomkinson, G., Billing, D., Furnell, A., & Thewlis, D. (2018). The simulation of the whole-body vibration experienced during military land transit. Human Factors and Mechanical Engineering for Defense and Safety, 2, 1-9.

Kim, H. Y. (2017). Statistical notes for clinical researchers: Chi-squared test and Fisher's exact test. Restorative dentistry & endodontics, 42(2), 152-155.

Luha, A., Merisalu, E., Reinvee, M., Kinnas, S., Jõgeva, R., & Orru, H. (2020). In-vehicle noise exposure among military personnel depending on type of vehicle, riding compartment and road surface. BMJ Mil Health, 166(4), 214-220.

Nakashima, A. M. (2005). Whole-body vibration in military vehicles: a literature review. Canadian Acoustics, 33(2), 35-40.

Paddan, G. S., & McIlraith, M. L. (2021). Noise and vibration measurements in a Viking military vehicle. Defence Technology, 17(6), 1976-1987.

Park, D. J., Choi, M. G., Song, J. T., Ahn, S. J., & Jeong, W. B. (2019). Attention decrease of drivers exposed to vibration from military vehicles when driving in terrain conditions. International Journal of Industrial Ergonomics, 72, 363-371.

Acknowledgement: This project was supported by funding from the Taiwan National Defense Industrial Development Foundation, for which we express our sincere gratitude.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Methoden und Hindernisse der Wissensintegration in der transdisziplinären Zusammenarbeit – Eine Herangehensweise für Untersuchungen in den Ingenieurwissenschaften

Katharina HUNGER

CIMTT Zentrum für Produktionstechnik und Organisation,
Technische Universität Dresden, D-01062 Dresden

Kurzfassung: Die Wissensintegration in der transdisziplinären Zusammenarbeit ist besonders im Ingenieurwesen herausfordernd, da technologische Entwicklungen oft soziale und ethische Aspekte vernachlässigen. Globale Herausforderung erfordern jedoch zwangsläufig die Einbindung disziplinenübergreifender und nicht-wissenschaftlicher Perspektiven. Ziel der Dissertation ist die Analyse von Methoden und Barrieren der Wissensintegration sowie die Entwicklung geeigneter Ansätze zur Förderung transdisziplinärer Zusammenarbeit. Dafür werden eine systematische Literaturanalyse, quantitative Erhebungen und qualitative Interviews mit Akteuren aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft durchgeführt. Die Ergebnisse sollen Strategien zur Verbindung technischer Innovation mit gesellschaftlicher Verantwortung liefern.

Schlüsselwörter: Transdisziplinäre Zusammenarbeit, Wissensintegration, Ingenieurswissenschaft, Technikfolgeabschätzung

1. Problemstellung und Hintergrund

Die Entwicklung technologischer Innovationen im Ingenieurwesen wird maßgeblich durch ein disziplinär geprägtes Wertekonstrukt beeinflusst, das auf technischer Effizienz, Funktionalität und Wirtschaftlichkeit basiert (Mitcham 2009, S. 353f.). Häufig bleiben dadurch soziale und ethische Implikationen unzureichend berücksichtigt (Cech 2014, S. 45; Van De Poel 2016, S. 668). Angesichts globaler Herausforderungen – wie Klimawandel, Biodiversitätsverlust und Abkehr von fossilen Energieträgern – wird jedoch deutlich, dass technologische Lösungen nicht isoliert entwickelt werden können (Irwin 2018; Seager et al. 2012). Diese sogenannten „wicked problems“ zeichnen sich durch komplexe Wechselwirkungen und Zielkonflikte aus, die zahlreiche Interessengruppen mit unterschiedlichen Perspektiven betreffen. Interventionen haben oft unvorhersehbare Folgen. Sie stoßen einen transformativen, umfassenden Prozess an, der zu einer grundlegenden Veränderung führt (Coyne 2005).

Ein Beispiel hierfür ist die Energiepolitik in der Strukturwandelregion Lausitz, wo der Ausbau erneuerbarer Energien Zielkonflikte zwischen Klimaschutz, lokalen Interessen und wirtschaftlichen Aspekten sichtbar macht. Gleichzeitig verdeutlichen unvorhergesehene Wechselwirkungen, wie die Beeinträchtigung von Ökosystemen durch Windkraftanlagen oder die Auswirkungen des Tagebaurückbaus auf den Wasserhaushalt, die Vielschichtigkeit solcher Transformationsprozesse.

Die Bewältigung dieser Herausforderungen ist nicht mehr durch Beiträge einzelner Disziplinen lösbar. Vielmehr sind transdisziplinäre Ansätze erforderlich, um Wissen aus verschiedenen Quellen zusammenzuführen. (Irwin 2018, S. 976f.; Seager et al.

2012, S. 469). Die Einbindung von Akteuren mit unterschiedlichen Hintergründen, heterogenen Wissensbeständen und normativen Vorstellungen erschwert gleichzeitig den Prozess, ermöglicht aber die Einbindung diverser Perspektiven, die für die Lösung notwendig sind. Dabei wird die traditionelle Wissensproduktion, wie sie im Modus-1 beschrieben wird, durch eine „Agora" abgelöst, in der Wissenschaft, Markt, Politik und Gesellschaft miteinander interagieren und Wissen kontextualisiert wird (Nowotny et al. 2008 S. 253ff.). Diese Kontextualisierung erfordert neue Fähigkeiten von Ingenieuren, um gesellschaftliche Bedürfnisse und Werte stärker in ihre Arbeit zu integrieren.

Die Aufgabe für die Arbeitswissenschaft besteht daher darin, Ingenieuren experimentelle, iterative Methoden bereitzustellen, die disziplinübergreifende Perspektiven gezielt in den Innovationsprozess integriert. Transdisziplinäre Ansätze sowie etablierte Methoden anderer Disziplinen können dazu beitragen, die Kluft zwischen technischer Exzellenz und sozialer Verantwortung zu überwinden. Es bleibt allerdings offen, wie diese Ansätze in die Forschungspraxis integriert werden können und welche Barrieren der Wissensintegration bestehen (Irwin 2018; Ribeiro and Nagano 2023; Scholz & Steiner 2023). Dafür ist es erforderlich, Hindernissen der Wissensintegration in der transdisziplinären, ingenieurwissenschaftlichen Zusammenarbeit nachzugehen.

2. Forschungsstand zu Wissensintegration und Transdisziplinarität im Ingenieurwesen

Die Untersuchung von Einflussfaktoren der Wissensintegration zwischen Ingenieurwissenschaft und Gesellschaft stützt sich auf theoretische Ansätze wie das „Triple-Helix-Modell" und die transdisziplinäre Forschung, die seit den 2000er Jahren an Bedeutung gewonnen haben. Angesichts veränderter Anforderungen an die Forschungslandschaft wird eine kontextspezifische Wissensproduktion gefordert, die reale Probleme durch die Einbindung vielfältiger Akteure adressiert (Stadie 2012, S. 9; Wickson et al. 2006, S. 1047). Im Folgenden werden die theoretischen Grundlagen und aktuellen Forschungsstände kurz skizziert.

2.1 Wissensintegration

Im Kontext von Forschungsprozessen sind die Anwendung von existierendem und die kreative Erschaffung von neuem Wissen eng miteinander verflochten. Forschungstätigkeiten erfordern die Fähigkeit, eigenes Wissen und Wissen aus internen und externen Quellen zu erkennen, zu integrieren und zu nutzen (Berggren et al. 2013, S. 10). Wissensintegration ist ein zielorientierter Prozess zur Koordination und Rekombination von Wissen aus unterschiedlichen Quellen. Spezialisiertes und sich ergänzendes Wissen sowie Erfahrungen von Individuen und Organisationen aus verschiedenen Disziplinen oder Funktionen werden miteinander kombiniert (Tell 2013, S. 24; Zahra et al. 2020, S. 166). Der Prozess der Wissensintegration ist komplex und beinhaltet ein Zusammenspiel von vielen Faktoren auf individueller und organisationaler Ebene (Subramanian et al. 2017, S. 204). Einflussfaktoren sind beispielsweise die Heterogenität der Akteure, kulturelle Aspekte oder organisationale Strukturen. Auch Vertrauen, eine gemeinsame Sprache und verständliche Kommunikation von wissenschaftlichen Inhalten spielen eine große Rolle (Pershina et al. 2019; Zahra et al. 2020). Die erfolgreiche Integration von Wissen erfordert die Berücksichtigung verschiedener Wissensarten (implizit, artikulierbar, explizit) entlang der Schritte Wissenssuche, Wissensbeschaffung, Wissensverknüpfung und Wissenstransformation (Tell 2017 S. 35ff.)

2.2 Transdisziplinarität und Einbindung gesellschaftlicher Akteure

Die Einbindung gesellschaftlicher Akteure ist ein zentraler Bestandteil von transdisziplinären Ansätzen. Verwendet wird der Begriff Transdisziplinarität zur Beschreibung einer Kooperation mindestens zweier Disziplinen mit wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Akteuren (Mieyeville et al. 2015, S. 4). Während sich interdisziplinäre Zusammenarbeit auf den Wissensaustausch zwischen Fachdisziplinen beschränkt, geht Transdisziplinarität darüber hinaus. Disziplinen nehmen Einfluss aufeinander und produzieren gemeinsam neues Wissen. Ziel der Zusammenarbeit ist es, Sachverhalte kritischer zu betrachten und neue Perspektiven einzunehmen (Takeuchi et al. 2020, S. 218). Für diese Arbeit wird die Definition von Transdisziplinarität noch erweitert. Die nicht-wissenschaftliche Perspektive wird unterteilt in gesellschaftliche, wirtschaftliche und politische Interessengruppen. Dies ermöglicht eine differenziertere Betrachtungsweise von Innovationsprozessen in der Forschungsumgebung.

Das in der Einleitung erwähnte Modell „Mode 2 der Wissensproduktion“ nach Nowotny et al. (2008) sowie das „Triple-Helix-Modell“ nach Etzkowitz und Leydesdorff (2000) dienen als grundlegende Modelle zur Einordnung des Zusammenhangs von Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft und/oder Politik. Das „Triple-Helix-Modell“ beschreibt die kooperative Entwicklung von Innovationen unter Einbezug von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik und wurde 2009 von Carayannis und Campbell durch das „Quadruple-Helix-Modell“ erweitert, das zusätzlich die gesellschaftliche Dimension berücksichtigt. Die veränderte Form der Wissensproduktion, zunehmend komplexere Problemstellungen und wachsende Bedeutung der Gesellschaft als Stakeholder, machen die Ergänzung erforderlich (Franke-Jordan et al. 2023, S. 56).

Gesellschaft bezeichnet hier eine heterogene Sammlung von Menschen mit unterschiedlichen Bedürfnissen, Werten und Erfahrungen. Zivilgesellschaftliche Akteure werden für diese Arbeit definiert als vom Problem bzw. von der Transformation betroffene Privatpersonen, beispielsweise Anwohnende oder Menschen, die transformative bzw. innovativen Lösungen im Alltag nutzen.

2.3. Transformation im Ingenieurwesen

Dass technologische Entwicklung in einigen Fällen als „Echte-Welt-Experimente“ eingeführt werden, ohne auf die Auswirkungen für das gesellschaftliche System zu achten, wurde erstmals in den 1980er Jahren diskutiert. Zu dieser Zeit wurden soziale Auswirkungen noch nicht als integraler Bestandteil technologischer Entwicklungen betrachtet (Johnson and Wetmore 2008, S. 569). Die enge Verbindung und gemeinsame Veränderung von sozialen und technischen Aspekten führen allerdings zunehmend zu einem Umdenken. Forschende argumentieren, dass technologische Entwicklung nicht isoliert ist und dass ihr Charakter und ihre Richtung von einer Vielzahl gesellschaftlicher Faktoren und Kräfte geprägt werden (Johnson and Wetmore 2008, S. 571). Die Idee der Einführung einer neuen Technologie in ein sozio-technisches System als eine Form des realen Experiments wurde auf verschiedene Bereiche und Fälle angewendet (Van De Poel 2016, S. 671).

Ansätze wie die Technikfolgeabschätzung (eng.: „Technology Assessment“, TA) sind ein zentraler Teil der Transformationsforschung in den Ingenieurwissenschaften. Das „Technology Assessment“ wird eingesetzt, um frühzeitig potenzielle Risiken und Chancen zu bewerten. Dies ermöglicht es, technologische Entwicklungen als ko-evolutionäre Prozesse zu betrachten. Der Ansatz „Responsible Research and Innovation“ (RRI) basiert darauf und erweitert die Perspektive der TA, indem er eine normative

Grundlage für gesellschaftlich akzeptable, nachhaltige und ethisch vertretbare Innovationen bietet. Insbesondere berücksichtigt RRI Akteurseinbindung, Vorausschau und Verantwortung (Grunwald 2014 S. 15).

Ebenfalls relevant für die Einordnung sind interdisziplinäre Forschungsgebiete wie „Transition Engineering“ und „Sustainable Engineering Science“, die sich besonders in der englischsprachigen Literatur etablieren. Sie schlagen Methoden wie Backcasting, Visionsbildung, reflektierende Fallbegegnungen oder Techniken zur Stärkung des kulturellen Bewusstseins vor (Nachhaltigkeitssextant) (Seager et al. 2012, S. 477). Beispielsweise führen Irwin, Tonkinwise und Kossoff (2015) Design Tools und Techniken mit ingenieurwissenschaftlichen Entwicklungsprozessen zusammen. Sie schlagen einen iterativen zyklischen Prozess vor, der sicherstellen soll, dass sich langfristiges Denken durchsetzt und Zukunftsvisionen nicht „starr“ und statisch werden. Technologische Entwicklungen befinden sich dabei in einem kontinuierlichen Entwicklungs- und Veränderungsprozess, der auf Rückmeldungen und Ergebnisse aktueller Projekte von verschiedenen Stakeholdern beruht (Irwin 2018 S. 971). Damit wird aufgezeigt, dass es verschiedene Forschungsgebiete gibt, die methodische Ansätze liefern, um disziplinenübergreifende Perspektiven in die ingenieurwissenschaftliche Forschungspraxis zu integrieren. Es ist aber wenig dazu bekannt, welche konkreten Wissensbarrieren bestehen und wie diese mit geeigneten Methoden der Wissensintegration überwunden werden können.

3. Methodische Herangehensweise

Das folgende Kapitel beleuchtet die methodischen Ansätze, die in der Dissertation zur Anwendung kommen. Das methodische Herangehen ist in drei Teile gegliedert, um einen breiten Einblick in die Thematik der Wissensintegration in der transdisziplinären, ingenieurwissenschaftlichen Forschung zu gewährleisten. Der Fokus liegt auf der Evaluierung von Methoden und der Überwindung von Barrieren zur Förderung der Wissensintegration in der Zusammenarbeit zwischen ingenieurwissenschaftlichen, privatwirtschaftlichen und zivilgesellschaftlichen Akteuren. Zunächst wird eine Literaturrecherche durchgeführt, um die bisherigen Erkenntnisse zu Methoden und Barrieren aufzunehmen und die konkrete Forschungslücke zu identifizieren. Möglicherweise muss aufgrund von fehlenden Anhaltspunkten zur Umsetzung im deutschen Raum eine Expertenbefragung angeschlossen werden. Im zweiten Schritt folgt die Auswahl eines oder mehrerer Fallbeispielen anhand eines Kriterienkatalogs, der im Rahmen der Literaturanalyse festgelegt wird. Im Rahmen dieser werden quantitative Erhebungen und qualitative Befragungen durchgeführt.

3.1 Literaturanalyse

Für die Literaturrecherche wird ein semi-systematisches Verfahren nach Synder (2019) gewählt. Da das Thema der Wissensintegration in der transdisziplinären Zusammenarbeit mehrere Disziplinen betrifft, ist das Ziel, einen Überblick zu verschaffen. Am Ende steht eine Kartierung der theoretischen Ansätze und die Identifikation von Wissenslücken. Die Definition von Suchstrategien, Datenbanken und Einschlusskriterien werden nach der „PRISMA-Methode“ festgelegt. Die Suchstrategie stellt möglichst transparent und replizierbar dar, welche Studien einbezogen werden und aus welchen Gründen sie ggf. aufgeschlossen werden

Um disziplinübergreifende Konzepte zu untersuchen, werden die Keywords "Knowledge Integration", "Transdisciplinary" und "Engineering" verwendet. Diese relevanten Schlüsselbegriffe ergeben sich aus den drei Grundlagenbereichen. Zunächst gibt es keine Einschränkung nach Jahr und Qualität. Um die Perspektive der Ingenieurwissenschaft abzubilden, werden die Datenbanken Webofscience und Scopus verwendet. Es werden zunächst doppelte Artikel ausgeschlossen und die Auswahl wird nach Titel und Abstract gefiltert. Dabei werden thematische Schwerpunkte, verwendete Methoden sowie Aktualität und Qualität analysiert. Zum Schluss erfolgt eine Inhaltsanalyse der Volltexte nach theoretischen Modellen, methodischem Vorgehen, Forschungslücken und Erkenntnissen zur Wissensintegration. Die Vorauswahl ist bereits getroffen, auf Eignung wurde noch nicht geprüft.

3.1 Quantitative Erhebung zu Wissensbeständen

Im Rahmen der ausgewählten Fallbeispiele werden zunächst quantitative Erhebungen zu Wissensbeständen und der Bewertung von transdisziplinären Ansätzen für die Wissensintegration durchgeführt. Mithilfe von Fragekatalogen, die bereits in anderen Untersuchungen zur Wissensintegration bei Studierenden eingesetzt werden, werden die beteiligten Akteure nach ihrem Kenntnisstand zu den entsprechenden Themen der „wicked problems“ und Erfahrungen mit transdisziplinärer Arbeit befragt (Göhring 2024, S. 37ff.; Peters et al. 2024, S. 7f.).

3.2 Qualitative Befragungen zur Bedeutung von transdisziplinärer Wissensintegration

Um konkret auf Hindernisse und Auswirkungen von Methoden eingehen zu können, werden qualitative Interviews und Fokusgrupppendiskussionen angesetzt. Zahra, Neubaum und Hyton (2020 S. 167) betonen, dass Studien davon profitieren, die individuellen Einflussfaktoren auf die organisationale Wissensintegration zu untersuchen. Durch Interviews und Beobachtungen kann die Verarbeitung von neuen Informationen und Rekombination von Wissen im Team und als Einzelperson betrachtet werden. Dazu werden leitfadengestützte Interviews mit mind. je einem Akteur der relevanten Gruppen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft durchgeführt. Darüber hinaus werden Fokusgruppendiskussionen zur Untersuchung der Interaktion angestrebt. Die Daten werden mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse und einem Kodierleitfaden ausgewertet. Anschließend werden die Ergebnisse im Vergleich mit anderen Studienergebnissen und Literaturquellen diskutiert.

4. Literatur

Berggren C, Bergek A, Bengtsson L, Söderlund J. (2013) Exploring Knowledge Integration and Innovation. In: Knowledge integration and innovation: critical challenges facing international technology-based firms (C. Berggren, A. Bergek, L. Bengtsson, M. Hobday, and J. Söderlund, eds). Oxford Univ. Press:Oxford. 3–19.

Cech EA. (2014) Culture of Disengagement in Engineering Education? Science, Technology, & Human Values 39:42–72; doi:10.1177/0162243913504305.

Coyne R.(2005) Wicked problems revisited. Design Studies 26:5–17; doi:10.1016/j.destud.2004.06.005.

Etzkowitz H, Leydesdorff L.(2000) The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. Research Policy 29:109–123; doi:10.1016/S0048-7333(99)00055-4.

Franke-Jordan S, Krause-Jüttler G, Hausmann S, Hunger K, Ott G, Schmauder M. (2023) Wissen teilen

– Technologietransfer aus Sicht der Arbeitsforschung. In: Erfolgreicher Transfer in der Arbeitsgestaltung. Wie Dienstleistungen zur präventiven Arbeitsgestaltung und Ergebnisse der Arbeitsforschung die Akteure in den Unternehmen wirkungsvoll erreichen (E. Borowski, O. Cernavin, F. Hees, and T. Joerißen, eds). Waxmann Verlag GmbH.

Göhring A. (2024) Design Research 2024 : PhD Research in Industrial Design Engineering. J. Krzywinski, C. Wölfel, and A. Augsten, eds. Technische Universität Dresden.

Grunwald A. (2014) Technology Assessment for Responsible Innovation. In: Responsible Innovation 1: Innovative Solutions for Global Issues (J. Van Den Hoven, N. Doorn, T. Swierstra, B.-J. Koops, and H. Romijn, eds). Springer Netherlands:Dordrecht.

Irwin T. (2018) The Emerging Transition Design Approach.; doi:10.21606/drs.2018.210.

Irwin T, Tonkinwise C, Kossoff G. (2015) Transition Design: An Educational Framework for Advancing the Study and Design of Sustainable Transitions.

Johnson DG, Wetmore JM. (2008) STS and Ethics: Implications for Engineering Ethics. In: The Handbook of Science and Technology Studies (E.J. Hackett, O. Amsterdamska, M. Lynch, and J. Wajcman, eds). The MIT Press:Cambridge and London. 567–581.

Mieyeville F, Gaultier R, Peche J-P, Silberzahn P. (2015) A design-based approach research in Innovation: from multidisciplinarity to transdisziplinarity. The Value of Design Research.

Mitcham C. (2009) A Philosophical Inadequacy of Engineering: S.J.B. Sugden, ed Monist 92:339–356; doi:10.5840/monist200992320.

Nowotny H, Scott P, Gibbons M. (2008) Wissenschaft neu denken - Wissen und Öffentlichkeit in einem Zeitalter der Ungewißheit. Velbrück Wissenschaft:Weilerswist.

Pershina R, Soppe B, Thune TM. (2019) Bridging analog and digital expertise: Cross-domain collaboration and boundary-spanning tools in the creation of digital innovation. Research Policy 48:103819; doi:10.1016/j.respol.2019.103819.

Peters I, Hildebrand T, Ammon S. (2024) Preparing Future Engineers for Responsible Technology Development by Disciplinary Irritation in Inter- and Transdisciplinary Teaching.; doi:10.5281/ZENODO.14254874.

Ribeiro SX, Nagano MS. (2023) On the relation between knowledge management and university-industry-government collaboration in Brazilian national institutes of science and technology. VJIKMS 53:808–829; doi:10.1108/VJIKMS-01-2020-0002.

Scholz RW, Steiner G. (2023) Process ownership in science–practice collaborations: the special role of transdisciplinary processes in sustainable transitioning. Sustain Sci 18:1501–1518; doi:10.1007/s11625-023-01291-7.

Seager T, Selinger E, Wiek A. (2012) Sustainable Engineering Science for Resolving Wicked Problems. J Agric Environ Ethics 25:467–484; doi:10.1007/s10806-011-9342-2.

Snyder H. (2019) Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. Journal of Business Research 104:333–339; doi:10.1016/j.jbusres.2019.07.039.

Stadie M. (2012) Transdisziplinarität als Aspekt innovativer Universitäten. Dr. Kovač:Hamburg.

Subramanian AM, Lim K, Soh P. (2017) Bridging Scientists and Informal R&D Collaborations: Implications for Firm-Level Knowlegde Integration and Patent Performance. In: Managing Knowledge Integration across Boundaries (F. Tell, C. Berggren, S. Brusoni, and A. Van de Ven, eds). Oxford University Press:Oxford. 191–205.

Takeuchi MA, Sengupta P, Shanahan M-C, Adams JD, Hachem M. (2020) Transdisciplinarity in STEM education: a critical review. Studies in Science Education 56:213–253; doi:10.1080/03057267.2020.1755802.

Tell F. (2013) Knowledge Integration and Innovation: A Survey of a Field. In: Knowledge integration and innovation: critical challenges facing international technology-based firms (C. Berggren, A. Bergek, L. Bengtsson, M. Hobday, and J. Söderlund, eds). Oxford Univ. Press:Oxford. 20–58.

Tell F. (2017) Managing across Knowledge Boundaries. In: Managing Knowledge Integration across Boundaries (F. Tell, C. Berggren, S. Brusoni, and A. Van de Ven, eds). Oxford University Press: Oxford. 19–38.

Van De Poel I. (2016) An Ethical Framework for Evaluating Experimental Technology. Sci Eng Ethics 22:667–686; doi:10.1007/s11948-015-9724-3.

Wickson F, Carew AL, Russell AW. (2006) Transdisciplinary research: characteristics, quandaries and quality. Futures 38:1046–1059; doi:10.1016/j.futures.2006.02.011.

Zahra SA, Neubaum DO, Hayton J. (2020) What Do We Know About Knowledge Integration: Fusing Micro- and Macro-Organizational Perspectives. Academy of Management Annals 14: 160–194.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

KI-gestützte Themenlandkarte der Arbeitsforschung: Ein Kompass für die Zukunft der Arbeit?

Juliane WELZ, Karl TRELA, Pierre ACHKAR, Satiyabooshan MURUGABOOPATHY

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI,
Martin-Luther-Ring 13, D-04109 Leipzig

Kurzfassung: In einer Zeit dynamischer Veränderungen ist es entscheidend, die Entwicklungen u. a. in der Arbeitsforschung zu verstehen und zukünftige Trends zu antizipieren. Um ein umfassendes Bild potenzieller zukünftiger Entwicklungen zu erhalten und Probleme frühzeitig zu erkennen, wurde eine dynamische Themenlandkarte der Arbeitsforschung basierend auf einer KI-gestützten Analyse von wissenschaftlichen Publikationen entwickelt. Die Analyse zeigt nicht nur die Breite und Tiefe des Forschungsfeldes, sondern identifiziert auch Cluster mit besonders hoher Dynamik, die wahrscheinlich für die Zukunft der Arbeit von großer Bedeutung sein werden. Die resultierende Themenlandkarte bietet Forschenden, Praktikern und Entscheidungsträgern ein leistungsfähiges Instrument zur Navigation durch die komplexe Landschaft der Arbeitsforschung.

Schlüsselwörter: Arbeitsforschung, Horizon Scanning, Trends, KI, Themenlandkarte

1. Zukunftsthemen für die Arbeitsforschung

In einer Zeit rasanter technologischer und gesellschaftlicher Veränderungen ist es entscheidend, die Entwicklungen u. a. in der Arbeitsforschung zu verstehen und zukünftige Trends zu antizipieren. Um ein umfassendes Bild potenzieller zukünftiger Entwicklungen zu erhalten und Probleme frühzeitig zu erkennen, können Methoden der Zukunftsforschung genutzt werden. Ein zentraler Grundsatz der Vorausschau ist, dass sich die Zukunft nicht vorhersagen lässt und stets eine Vielzahl möglicher Zukünfte existiert. Aussagen über Zukünfte werden daher immer auf Basis von Sachverhalten getroffen, die bereits in der Gegenwart bzw. Vergangenheit existieren (Neuhaus & Steinmüller 2015, S. 17f.). Die Erforschung von Möglichkeitsräumen kann eine wichtige Orientierung für Entscheidungen in der Gegenwart sein. Zur Erforschung möglicher Zukünfte kann bspw. die Methode des Horizon Scanning genutzt werden. Ziel ist dabei die systematische Identifikation, Überwachung und Untersuchung von relevanten Themen oder Phänomenen (auch sog. „Signale“) sowie das Aufdecken früher Anzeichen potenziell wichtiger Entwicklungen.

Horizon Scanning zielt darauf ab, ein umfassendes Bild potenzieller zukünftiger Entwicklungen zu erfassen (Cuhls 2020), um „Probleme frühzeitig zu erkennen, Daten und Wissen darüber zu sammeln und somit bedeutende Entscheidungen zu informieren“ (Sutherland et al. 2011, S. 10, eigene Übersetzung). Es ist ein systematisches Verfahren der Zukunftsvorausschau oder Foresight, das zum Zweck der strategischen Entscheidungsfindung eingesetzt und dem Erkenntnisgegenstand angepasst wird. Nach der Definition von Miles et al. (2016) wird Horizon Scanning als eine Untergruppe von Umweltanalysen betrachtet, die als „systematische Identifikation, Überwachung

und Untersuchung von relevanten Themen“ (ebd. S. 68) definiert sind. Der Zweck von Horizon Scanning besteht darin „frühe[r] Anzeichen potenziell wichtiger Entwicklungen“ zu erkennen (Cuhls et al. 2015, S. 3). Die Interpretation der Anzeichen erfordert ein Verständnis und die Strukturierung zu Hinweisen auf konstante oder im betrachteten Zeithorizont kontinuierliche Entwicklungen (vgl. Cuhls 2015, S. 3).

Das Horizon Scanning besteht aus den drei Phasen: Scoping, Scanning und Sense Making. Im Rahmen des Scopings wird der Untersuchungsbereich in Abhängigkeit des Erkenntnisinteresses definiert, Datenquellen und Suchbegriffe festgelegt. Beim Scanning erfolgt eine strukturierte, systematische Suche nach Informationen innerhalb von Datenquellen bzw. Dokumente oder über Interviews/Workshops mit Expert*innen im zuvor definierten Scope. Durch das Sense Making werden die zuvor gesammelten Informationen analysiert, interpretiert und vor dem Hintergrund des Scopings kontextualisiert. Muster, Zusammenhänge und mögliche Auswirkungen der identifizierten Informationen werden gemeinsam mit Expert*innen hergestellt bzw. weiter antizipiert. Ergebnisse von Horizon Scanning Prozessen münden bspw. in Themenlandkarten, Steckbriefen oder umfangreiche Berichte.

Mit zunehmender Verfügbarkeit großer Datenmengen und den erheblichen Fortschritten im Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI) sind die Erwartungen an die Leistungsfähigkeit quantitativer Verfahren bei der Früherkennung zukünftiger Entwicklungen weiter gestiegen. Die jüngere Forschungsliteratur schlägt hier verschiedene Methoden zur automatisierten Erkennung zukünftiger Veränderungen mithilfe von Textmining vor (Ha et al. 2023, Kayser & Blind 2017). Insbesondere in der Scanning-Phase kommen zunehmend KI-gestützte Datenanalysen zum Einsatz und unterstützen mittels Komplexitätsreduktion. Das gesamte Dokumentenkorpus wird mithilfe von KI-gestützten Textmining-Verfahren entsprechend zu inhaltlich zusammenhängenden Dokumentengruppen zusammengefasst, die Themen zum relevanten Themenfeld repräsentieren. Die Wahl der Modellierungsmethode hat dabei indirekt auch einen Einfluss darauf, welche Themen erkannt und weiterverarbeitet werden.

Der vorliegende Beitrag konzentriert sich auf die Entwicklung einer dynamischen Themenlandkarte für die Arbeitsforschung, welche basierend auf der Analyse von wissenschaftlichen Publikationen entwickelt wurde. Die resultierende Themenlandkarte bietet Forschenden, Praktikern und Entscheidungsträgern ein leistungsfähiges Instrument zur Navigation durch die komplexe Landschaft der Arbeitsforschung. Sie ermöglicht es, aufkommende Trends frühzeitig zu erkennen, Forschungslücken zu identifizieren und informierte Entscheidungen für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsrichtungen zu treffen.

2. Methodisches Design

Das methodische Vorgehen ist Teil des BMBF-Projekts „Connect & Collect: KI-gestützte Plattform für die interdisziplinäre vernetzte Forschung und Innovation für die Zukunftsarbeit (CoCo)“ und kann als Kompass für die Gestaltung zukünftiger Arbeitsökosysteme dienen. Für die Erstellung der Themenlandkarte wurde eine innovative und KI-gestützte Methodik zugrunde gelegt, welche folgende Schritte umfasst:

1. Akquise der Daten: Ausgehend von über 160 Millionen Publikationen von Semantic Scholar haben wir jene identifiziert, die in den Bereich der Arbeitsforschung fallen, indem wir ausschließlich nach Publikationen aus arbeitsforschungsrelevanten Journals gefiltert haben. Dies resultierte in einem Daten-

satz von 21.566 relevanten Publikationen aus folgenden Journals: Human Relations, Human Resource Management Review, Journal of Occupational and Organizational Psychology, Human Factors, Employee Relations, Zeitschrift fur Arbeits- und Organisationspsychologie, Journal of Occupational Health Psychology, Ergonomics, Work and Stress, European Journal of Work and Organizational Psychology, British Journal of Psychology, Journal of Occupational Psychology und der Zeitschrift für Arbeitswissenschaft.

2. Dimensionsreduktion: Zur Gewinnung einer strukturierten Datenbasis, Reduktion der hohen Dimensionalität und für eine – später folgende – bessere Visualisierung der Dokumente wurde UMAP (Uniform Manifold Approximation and Projection) angewendet.
3. Hierarchisches Clustering: Die ausgewählten, dimensionsreduzierten Publikationen wurden mittels HDBSCAN (Hierarchical Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) – einer fortschrittlichen Clustering-Technik – in insgesamt 118 thematische Gruppen eingeteilt.
4. Repräsentative Dokumentauswahl: Unter Verwendung der MMR-Methode (Maximal Marginal Relevance) wurden repräsentative Dokumente innerhalb jedes Clusters ermittelt, die möglichst umfassend jeweiliges Cluster zusammenfassen.
5. KI-generierte Clusterbeschreibungen: Jedem Cluster wurde mittels eines Large Language Models (LLM) und der repräsentativen Dokumentauswahl ein prägnanter Name und eine kurze Zusammenfassung zugewiesen.
6. Verbesserung der Cluster: Um die Qualität der Cluster weiter zu optimieren, wurde mittels LLM-basierter Distillation eines Arbeitsforschungs-Dokuments ein Fragenkatalog angefertigt. Wenn diese Fragen durch ein Cluster nicht ausreichend erfüllt wurden, wurde dieses entfernt – dies war 16-mal der Fall, wodurch 102 Cluster verblieben.
7. Trendanalyse: Wir haben die Dynamik der Cluster über die letzten 15 Jahre analysiert, um besonders aktive Forschungsbereiche zu identifizieren. Der implementierte Ansatz erstellt Frequenzmatrizen, um über multiplikative Raten und geometrische Mittelwerte das zeitliche Wachstum einzelner Cluster zu berechnen. Durch die daraus resultierenden Wachstumsraten können aufkommende Trends identifiziert werden.
8. Visualisierung: Um eine intuitive Darstellung der Forschungslandschaft zu ermöglichen, wurden die ermittelten Cluster abschließend visualisiert.

Diese Methodik ermöglicht, einen umfassenden Überblick über die Arbeitsforschung der letzten 15 Jahre zu gewinnen und potenzielle Zukunftsthemen zu erkennen. Unsere Analyse zeigt nicht nur die Breite und Tiefe des Forschungsfeldes, sondern identifiziert auch Cluster mit besonders hoher Dynamik, die wahrscheinlich für die Zukunft der Arbeit von großer Bedeutung sein werden.

3. Einblicke in die Themenlandkarte – Ergebnisse

Eine bibliometrische Analyse von Haner et al. (2024) hat verschiedene Begriffs- und Themencluster als Schwerpunkte der Arbeitsforschung identifiziert, darunter bspw. Künstliche Intelligenz, Partizipation, Menschzentrierung, Akzeptanz, Nachhaltigkeit, Innovation, Transformation und Digitalisierung. Die Analyse hat allerdings auch offenbart, dass ein prägnantes Bild des arbeitswissenschaftlichen Kernbegriffs fehlt. Es wurde insbesondere eine Lücke zwischen ressourcenorientierten Themenclustern

einerseits und risikoorientierten Clustern andererseits deutlich, was von dem Autorenteam als die „fehlende Mitte" bezeichnet wird. Es wird daher resümiert, dass eine Zukunftsaufgabe der Arbeitswissenschaft sein wird, entsprechende inhaltliche Brücken aufzubauen.

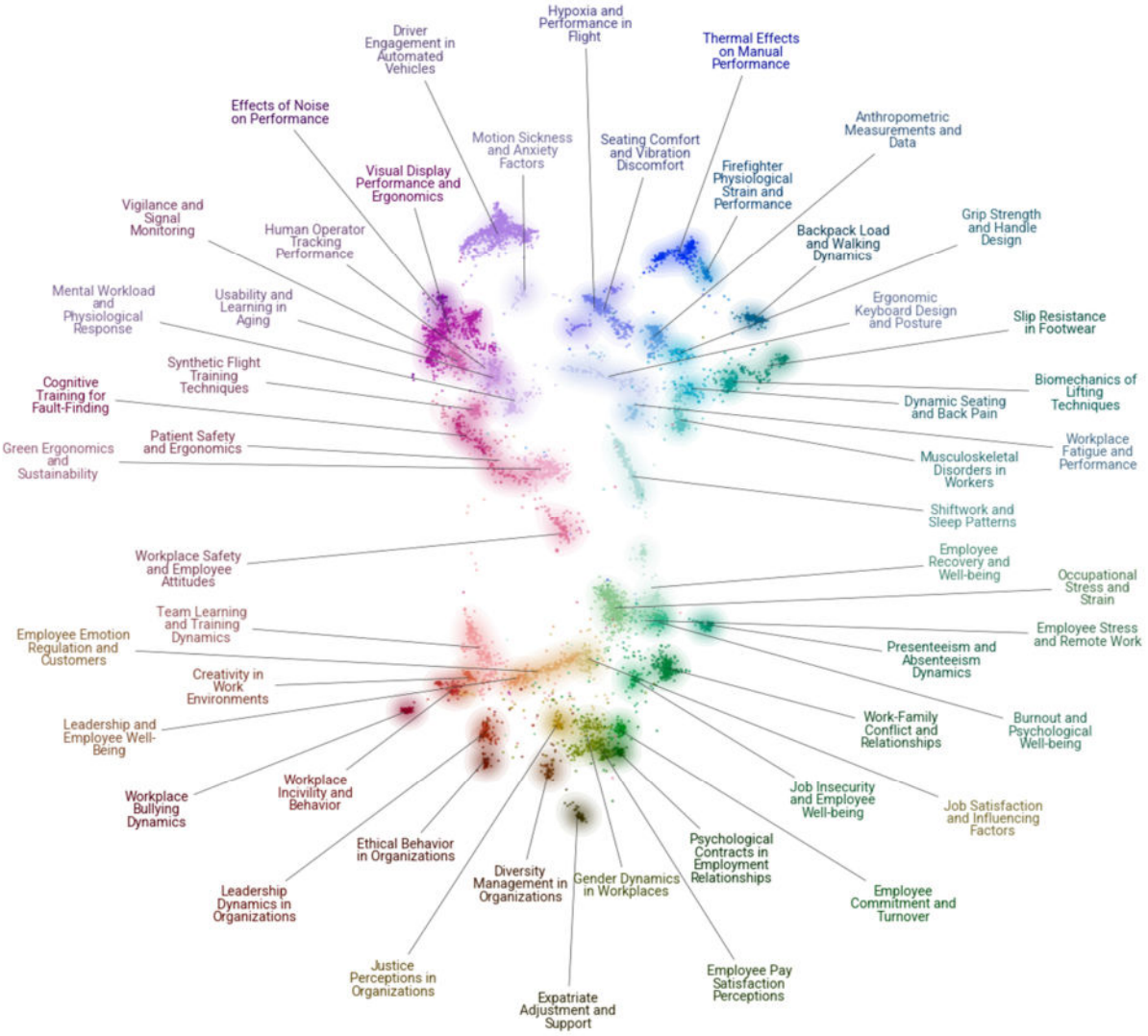


***Abbildung 1**: Exemplarische Visualisierung der identifizierten Cluster, wobei aus Gründen der Lesbarkeit und Übersichtlichkeit hier ausschließlich die 50 größten Cluster dargestellt sind. Quelle: Eigene Darstellung.*

Die Analyse der Publikationen hat gezeigt, dass eine „fehlende Mitte" auch hier noch zu beobachten ist (siehe Abbildung 1). Dabei bilden Themen wie „effect of noise on performance" oder „human operator tracking performance" performanz- bzw. ressourcenorientierte Cluster auf der einen Seite und „burnout and psychological well-being" oder „ethical behavior in organizations" Gegenpole auf der anderen Seite. Mittig bleibt eine Lücke zu erkennen.

In der nachfolgend durchgeführten Trendanalyse lassen sich Überlappungen mit prägnanten sozio-ökonomischen Themen der letzten Jahre erkennen. Themen wie „employee stress and remote work" und „trust in automation and reliability" stehen

exemplarisch für die Herausforderungen digitaler Transformation und Automatisierung, die in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen haben. Ebenso thematisiert „disability employment and stigma“ die Integration von Menschen mit Behinderungen im Arbeitsmarkt. Auch liegt ein Fokus auf ergonomischen Maßnahmen zur Gestaltung von Arbeitsplätzen, die darauf abzielen, körperliche Beschwerden – etwa Rückenschmerzen – und Verletzungsrisiken zu minimieren. Hierbei sind Themen wie „dynamic seating and back pain und low back pain and biomechanics“, „slip resistance in footwear und backpack load and walking dynamics“ oder „workplace health and exercise interventions“ zu nennen. Diese Trends werden vor dem Hintergrund eines demografischen Wandels – der eine alternde Belegschaft erfordert – und eines gestiegenen Gesundheitsbewusstseins in der Gesellschaft zunehmend relevanter. All diese Trends verdeutlichen, wie sich Arbeitsmodelle und zwischenmenschliche Dynamiken wandeln und bieten eine Grundlage für tiefgreifendere Untersuchungen.

Die Themenlandkarte verdeutlicht darüber hinaus, dass die von Haner et al. (2024) identifizierten Themen wie Künstliche Intelligenz, Partizipation, Nachhaltigkeit, Innovation, Transformation und Digitalisierung weniger im Mittelpunkt der identifizierten Cluster stehen. Dies kann mglw. mit der Auswahl der arbeitswissenschaftlichen Journals begründet werden. Eine Validierung durch qualitative Expertendiskussionen im Zuge des Sense Makings könnte hierbei eine Unterstützung bieten.

4. Diskussion und Ausblick

Der Beitrag demonstriert, wie KI-Technologien im Rahmen von Scanning-Prozessen genutzt werden können, um große Datenmengen in der Arbeitsforschung zu analysieren und daraus wertvolle Erkenntnisse für die Gestaltung zukünftiger Arbeitsökosysteme zu gewinnen. Die Erstellung einer Themenlandkarte kann daher als ein Kompass für die Gestaltung zukünftiger Arbeitsökosysteme dienen. Allerdings wäre auch an dieser Stelle nochmal zu prüfen, ob der eingehende Datensatz an wissenschaftlichen Publikationen noch weiter ergänzt werden könnte. Zum einen wäre es denkbar, weitere Journals in den Datensatz aufzunehmen, zum anderen wäre es in weiteren Studien sinnvoll die wissenschaftlichen Publikationen durch weitere Datenquellen (wie Fachzeitschriften, Newsblogs o.Ä.) zu ergänzen.

Darüber hinaus versprechen KI-gestützte Ansätze in der Zukunftsforschung zwar eine höhere Objektivität, allerdings können sie auch ein irreführendes Bild von Präzision und Verlässlichkeit zukunftsbezogener Aussagen vermitteln und über die unauflöslichen Unwägbarkeiten möglicher zukünftiger Entwicklungen hinwegtäuschen. Vor diesem Hintergrund ist eine Validierung der Themencluster durch qualitative Methoden im Rahmen des Sense Makings zu empfehlen.

5. Literatur

Cuhls, K. (2020) Horizon Scanning in Foresight – Why Horizon Scanning is only a part of the game. Futures & Foresight Science, 2:e23, https://doi.org/10.1002/ffo2.23.

Cuhls, K.; Van Der Giessen, A.; Toivanen, H. (2015) Models of Horizon Scanning – How to integrate Horizon Scanning into European Research and Innovation Policies, Publications Office, https://data.europa.eu/doi/10.2777/338823.

Ha, T.; Yang, H.; Hong, S. (2023) Automated weak signal detection and prediction using keyword network clustering and graph convolutional network. Futures, (152), S. 103202.

Haner, U., Braun, M. und Hölzl, K. (2024) Die "fehlende Mitte" der Arbeitsforschung. Ein bibliometrisch begründetes Review der Inhalte des GfA-Frühjahrskongresses 2024. WT WERKSTATTSTECHNIK BD. 114 (2024) NR. 6, S. 334-343. https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-06-86.

Kayser, V.; Blind, K. (2017) Extending the knowledge base of foresight: The contribution of text mining. Technological Forecasting and Social Change, (116), S. 208-215.

Miles, I.; Saritas, O.; Sokolov, A. (2016) Foresight for Science, Technology and Innovation. Springer International Publishing, Cham.

Neuhaus, C., Steinmüller, K. (2015) Grundlagen der Standards Gruppe 1. In: Gerhold, L.; Holtmannspötter, D.; Neuhaus, C.; Schüll, E.; Schulz-Montag, B.; Steinmüller, K.; Zweck, A. (Hrsg.): Standards und Gütekriterien der Zukunftsforschung. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, S. 17-20.

Sutherland, W. J.; Bardsley, S.; Bennun, L.; Clout, M.; Côté, I. M.; Depledge, M. H.; Dicks, L. V.; Dobson, A. P.; Fellman, L.; Fleishman, E.; Gibbons, D. W.; Impey, A. J.; Lawton, J. H.; Lickorish, F.; Lindenmayer, D. B.; Lovejoy, T. E.; Nally, R. M.; Madgwick, J.; Peck, L. S.; Pretty, J.; Prior, S. V.; Redford, K. H.; Scharlemann, J. P. W.; Spalding, M.; Watkinson, A. R. (2011) Horizon scan of global conservation issues for 2011. Trends in Ecology & Evolution, (26)1, S. 10-16.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Gefahren, Gefahrenprävention und Hygiene in österreichischen Wald- und Naturkindergruppen

Elisabeth QUENDLER, Alina BRANCO

Institut für Landtechnik, Universität für Bodenkultur Wien,
Peter Jordan Straße 82, A-1190 Wien

Kurzfassung: Das Konzept der Wald- und Naturkindergärten, aus Norden Europas stammend, ist seit mehr als 20 Jahren auch in Österreich vertreten. Aktuell bestehen in Österreich 79 Wald- und Naturkindergruppen, welche aufgrund mangelnder gesetzlicher Verankerung, in einem Großteil der Bundesländer nicht als Wald- oder Naturkindergärten anerkannt sind. Regelmäßige Naturaufenthalte haben positive Einflüsse auf die kognitive und motorische Gesundheit von Kindern und Erwachsenen, jedoch bestehen im Naturraum, insbesondere für Kleinkinder, spezielle Gefahren und Risiken.
Ziel dieser Studie war es deshalb, einerseits die bisher bestehenden 79 Wald- und Naturkindergruppen Österreichs zu Unfällen, Prävention und Hygiene online zu befragen.
Es ereigneten sich sieben Unfälle im Jahr 2023, mit leichten bis mittelschwere Verletzungen im Outdoorbereich, eine Unfallrate, die nicht höher als in Regelkindergärten ist. In den befragten Wald- und Naturkindergruppen kommen technische, organisatorische sowie personenbezogene Maßnahmen zum Einsatz. Die Hygiene ist schwierig erfüllbar, das Hände waschen mit warmem Wasser oder die Desinfektion von Wickelflächen sind im Schutzraum weitgehend möglich und gestalten sich im Freien schwieriger. Aus- und Weiterbildungsinhalte zu Gefahren, Prävention und Hygiene für Pädagog*innen werden in Österreich noch nicht offeriert. Diese werden über Aneignung von Komplementärwissen sowie Berufserfahrung bewältigt.

Schlüsselwörter: Waldkindergarten, Naturkindergarten, Naturbildung, Flächen, Schutzraum

1. Ausgangssituation

Naturerfahrungen waren bis vor wenigen Jahrzehnten ein selbstverständlicher Bestandteil der Kindheit. Kinder fanden nicht nur in ländlichen Regionen zahlreiche Gelegenheiten, die Natur zu entdecken, sondern auch in urbanen Gebieten. In den vergangenen Jahren wurden diese Naturfreiräume in der Kulturlandschaft zunehmend unzugänglich gemacht. Gleichzeitig hat sich eine Tendenz zur „Überbehütung“ entwickelt, bei der Eltern aus Sorge um die Sicherheit ihrer Kinder, deren Bewegungsfreiheit und Möglichkeiten zur Naturerfahrung einschränken.

Die Folgen dieser Naturentfremdung zeigen sich sowohl auf körperlicher als auch auf psychischer Ebene. So leiden heute 60 % der Kinder an Haltungsschäden oder -schwächen, 40 % weisen ein schwaches Herz-Kreislauf-System auf, und bei 30 bis 40 % treten muskuläre Schwächen auf. Auch motorische Defizite sind weit verbreitet und erhöhen das Risiko für Unfälle bereits im Kindergartenalter. Psychische Beeinträchtigungen kommen ebenso häufig vor (Quendler et al. 2020, Raith et al. 2014).

Erkrankungen bei Kindern und Jugendlichen in Österreich sind eine Vielzahl an chronischen und akuten Gesundheitsproblemen, wobei zu den häufigsten Adiposität sowie Depressionen zählen. Übergewicht oder Adipositas haben 17 % der 11- bis 17-jährigen Schülerinnen sowie 25 % der Burschen im gleichen Alter. Risikofaktoren hierfür sind körperliche Inaktivität, ein niedriges Bildungsniveau, ungünstige Essgewohnheiten, Zugehörigkeit zum männlichen Geschlecht sowie ein hoher Urbanisierungsgrad.

Depressionen verursachen innerhalb aller psychischen Erkrankungen bei unter 19-Jährigen den größten Verlust an gesunden Lebensjahren (Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz 2024).

Gerade die Natur bietet eine Umgebung, die diese negativen Entwicklungen ausgleichen und die kindliche Entwicklung fördern kann.

Einen besonderen Beitrag zur Förderung von Naturerfahrungen leisten die gegenwärtig existenten Wald- und Naturkindergruppen in Österreich, die sich seit 2001 über Elterninitiativen etablierten und deren Mehrzahl in privater Trägerschaft geführt und auch finanziert sind. Diese Einrichtungen ermöglichen Kindern einen täglichen Zugang zur Natur und fördern so eine intensive und unmittelbare Auseinandersetzung mit ihrer Umwelt.

Gegenwärtig gibt es in Österreich aber nur 79 Gruppen, die etwa 900 Kindergartenplätze mit Naturerfahrung, 0,2 % an österreichische Vorschulkinder, offerieren.

Obwohl die Mehrzahl der österreichischen Wald- und Naturkindergruppen eine Schutzrauminfrastruktur haben, fehlen wissenschaftliche Arbeiten in Bezug auf die Anforderungen, die Gefährdungsbeurteilung sowie die Hygiene dieser.

In Deutschland gibt es bereits einige Leitfäden für die Gefährdungsbeurteilung des Outdoor-Bereichs (Bösken 2017; DGUV 2020; Landeskirchenamt Kiel 2022; Schulz 2008), zum Großteil wurden diese auf Basis bestehender Rechtvorschriften erstellt. In Österreich fehlen diese noch gänzlich.

2. Untersuchungsgegenstand und -methode

Die Anzahl der österreichischen Wald- und Naturkindergruppen wurden durch Internetrecherche identifiziert, da diese noch nicht erhoben waren und unter der Annahme, dass das Internet das beliebteste Marketingmedium ist.

Um detaillierte Informationen zu Gefahren, Prävention und Hygiene zu erhalten, wurde eine Online-Befragung mit einem halbstandardisierten Fragebogen mit der Applikation LimeSurvey zeit- und kostensparend durchgeführt (Atteslander 2008)

Die Befragung beinhaltete die Themenblöcke Gefahren- und Unfallprävention sowie Hygiene, wobei jeder dieser aus mehreren Items bestand. Die Gefahrenprävention wurde nach dem TOP-Prinzip erfragt (Schlick et al. 2018).

Bei der Abfrage der ereigneten Unfälle wurden neben der Anzahl der Unfälle auch detaillierte Informationen zu den einzelnen Unfällen erhoben, angelehnt an die ESAW-Klassifikation (Europäische Union 2013).

Es wurden 79 Wald- und Naturkindergruppen ausfindig gemacht, welche somit den Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit darstellen.

3. Ergebnisse

3.1 Unfälle

Im Jahr 2023 wurden sieben Unfälle als auch sieben Erkrankungen bei den Vorschulkindern in den befragten Gruppen verzeichnet.

Bei den Unfällen gab es drei leichte (3/7; 43 %) und vier mittelschwere (4/7; 57 %) Unfälle. Die verletzten Körperteile waren Finger (3/7; 43 %), Kopf- und Halsbereich (2/7; 29 %) Lippe (1/7) und Zahn (1/7, 14,3 %). Zu den Unfallorten zählten Naturbereiche wie Wald und Wiese, öffentliche Spielplätze bis Parkplätze.

Unfallursachen waren Abrutschen/Umknicken/Stürzen (2/7; 29 %), Anstoßen (1/7; 14 %), Unebenheit (2/7; 29 %) sowie sonstige Unfallursachen (2/7; 29 %), die sich bei verschiedensten Tätigkeiten ereigneten.

Beinahe alle Verletzungen entsprachen der Kategorie Wunde/Prellung/Quetschung, nur eine Gruppe nannte als sonstige Verletzungsart das Ausfallen eines Zahnes.

Im den Regelkindergärten kamen Unfälle bisher auch häufiger im Outdoorbereich zustande (Eberl et al. 2008). In den Wald- und Naturkindergruppen findet der Großteil der Betreuung im Wald- und Naturraum statt, sodass Unfälle wahrscheinlicher in diesen Bereichen auftreten. Studien, welche das Aufkommen von Unfällen zwischen Regelkindergärten und Waldkindergruppen verglichen, stellten keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Unfallzahl fest (Frenkel et al. 2019; Imanishi et al. 2018). Um zu eruieren, ob dieser Zusammenhang auch im Falle von Österreich besteht, müssten weiterführende Analysen durchgeführt werden.

3.1 Präventionsmaßnahmen

Präventionsmaßnahmen, die in den befragten Wald- und Naturkindergruppen zum Einsatz kamen, entsprechen dem TOP-Prinzip, sind technischer, organisatorischer sowie personenbezogener Natur.

3.1.1 Technische Schutzmaßnahmen Out- und Indoor

Beinahe alle befragten Wald- und Naturkindergruppen schätzten ihre Schutzrauminfrastruktur sowie den Außenbereich als weitgehend gefährdungsfrei ein. Mehr als 40 % der Befragten trafen Indoor (17/41, 41,5 %) sowie Outdoor (17/40; 43 %) technische Maßnahmen, um eine unfallfreie Nutzung der Infrastruktur zu gewährleisten.

Zu diesen zählten das Absperren, Abtrennen beziehungsweise Ver- sowie Abdecken bestimmter Bereiche und Entfernen, wie diese in der Tabelle 1 beispielhaft angeführt sind.

Tabelle1: *Technische Schutzmaßnahmen im Outdoor- und Indoorbereich von Wald- und Naturkindergruppen (2024)*

Technische Schutzmaßnahmen			
Outdoor (n=15)	Anzahl	**Indoor (n=11)**	Anzahl
Absperren von Gefahrenbereichen	6	Absperren bestimmter Bereiche (Ofenabsperrgitter, Räume)	8
Abgrenzen des Nutzungsbereichs der Kinder (Zaun, symbolische Markierung, Absturzsicherungen, Handläufe)	3	Schutzfolie auf den Fenstern (gegen Glassplitter)	1
Geländer	2	Steckdosensicherung	2
Entfernen von Gefahren (Äste, Müll) durch Personal	1		
Entfernen von Gefahren (Bäume, Äste, etc.) durch externes Fachpersonal	3		

Die technischen Maßnahmen umfassten das Absperren von Gefährdungsbereichen wie Bäumen, Gräben, Öfen oder Ähnlichem. Es wurden hierfür Zäume, optische Symbole (Bänder an Bäumen) sowie Absperrgitter und Türen verwendet. Für die Sicherung von Stufen wurden Stufengeländer und Handläufe angebracht. Um Gefahren im Zusammenhang mit elektrischem Strom abzuwenden, wurden Steckdosensicherungen eingesetzt. Diese Maßnahmen sind auch als Empfehlungen dem Leitfaden zur Gesundheit und Sicherheit für elementarpädagogische Bildungseinrichtungen der AUVA (2019) zu entnehmen.

3.1.2 Organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen Out- und Indoor

Über ein Drittel der befragten Gruppen trafen organisatorische Maßnahmen Outdoor (15/40; 38 %) sowie Indoor (15/41, 37 %), um eine gefährdungsfreie Nutzung dieser Bereiche zu gewährleisten.

Zu diesen zählte die Gefährdungsbeurteilung des Wald- und Naturbereichs sowie des Schutzraumes. Diese erfolgte großteils (57 %, 16/28) einerseits täglich durch die Pädagogen*innen mit, teilweise und ohne Einbezug der Kinder. Andererseits wurden diese in regelmäßigen Abständen durch externe Personen, wie Gemeindemitarbeiter*innen, Mitarbeiter*innen der Bundesforste, Forstarbeiter*innen oder Waldbesitzer*innen sowie Sicherheitsberater (AUVA) durchgeführt. Einen wesentlichen Beitrag in der Prävention leisteten auch Mitarbeitergespräche.

Mit 57 % (16/28) führte ein Großteil der Gruppen die Gefährdungsanalyse laufend während der Betreuungszeit durch. Knapp 4 % (1/28) erledigten die Gefährdungsanalyse ausschließlich in der Früh, während weitere 40 % (11/28) diese sowohl in der Früh als auch während der Betreuungszeit machten. Ein Drittel (30 %, 9/30, 3,3 %, 1/30)

der Befragten stuften sich als mäßig bis nicht kompetent in der Eruierung von Gefahren im Schutzraum ein.

In regelmäßigen Abständen wurden auch Erste-Hilfe-Kurse sowie Löschübungen für den Schutzraum absolviert. Derzeit eignen sich Wald- und Naturpädagog*innen Expertisen zur Gefährdungsbeurteilung als Komplementärwissen durch Weiterbildung im Ersten Hilfe-Bereich sowie in der Land- und Forstwirtschaft neben dem Ausbau des Erfahrungswissens durch die Berufserfahrung in Wald- und Naturkindergruppen an, es ist nicht Inhalt ihrer Fachausbildung.

Persönliche Präventionsmaßnahmen verfolgten 43 % (17/40) der befragten Gruppen. Neben Unterweisungen für Kinder und Betreuungspersonen (5/16) und Aufstellen von Regeln (3/16) gab es auch Betretungsverbote (1/16) für bestimmte Bereiche. Auch das Tragen geeigneter Outdoorkleidung und Mitführen von Ausrüstung (6/16) zählten zu den persönlichen Schutzmaßnahmen.

3.1.3 Hygiene

Bei der Hygiene gibt es in den Wald- und Naturkindergruppen besondere Herausforderungen. Hygienestandards wie Händewaschen mit warmem Wasser oder die Desinfektion von Wickelflächen können im Schutzraum, in Abhängigkeit vom Infrastrukturtyp eingehalten werden und gestalten sich im Freien schwieriger.

Zu den eingesetzten Hygieneartikel zählen WC-Papier, Stoffhandtücher, Papierhandtücher, Desinfektionsmittel, Seife, Sonnenschutzcreme, Hautschutzcreme, Windeln, feuchtes Toilettenpapier, Papiertaschentücher sowie Einweghandschuhe.

Am häufigsten, von 90 % der befragten Gruppen (36/40), wurde WC-Papier genutzt. Beim Großteil der Gruppen wurde das WC-Papier von der Gruppe zur Verfügung gestellt (12/18; 67 %).

Kaltes Wasser und fehlende sanitäre Einrichtungen abseits der Schutzrauminfrastruktur erschweren insbesondere im Winter die Hygiene.

Dennoch achten die Gruppen auf die Bereitstellung grundlegender Hygieneartikel wie abgekochtes warmes Wasser in Thermoflaschen, Seife, Desinfektionsmittel und Handtücher.

Weitere häufig genutzte Hygieneartikel sind Desinfektionsmittel, Seife und Sonnenschutzcreme. Dabei wurden Desinfektionsmittel (13/16; 81 %) und Seife (12/15; 80 %) im Großteil der Fälle von der Gruppe zur Verfügung gestellt. Mehr als die Hälfte, 52 % der Gruppen (21/40), nutzten Stoffhandtücher, während 45 % (18/40) Papierhandtücher verwendeten. Sowohl Stoff- als auch Papierhandtücher wurden zum Großteil von den Gruppen bereitgestellt.

Veröffentlichte Hygieneleitfäden für Kinderbetreuungseinrichtungen empfehlen grundsätzlich die Nutzung von Papierhandtüchern. Stoffhandtücher können laut den Hygienerichtlinien für Kinderbetreuungseinrichtungen auch genutzt werden. Alle genannten Hygienemaßnahmen finden sich auch in den Hygieneleitfäden von Bundesländern, wie beispielsweise Wien, die teils bis vollständig erfüllt werden (Stadt Wien 2023).

Hygieneprobleme ergaben sich insbesondere dann, wenn die Gruppen im Wald- oder Naturbereich abseits der Schutzrauminfrastruktur unterwegs waren. Das Händewaschen, Wickeln und Stuhlgang stellten Problemfelder dar. Eine weitere Erschwernis war das Reinigen von verschmutzter, gatschiger Outdoorkleidung. Im Winter wurde durch die Kälte das Warmhalten des Wassers zum Händewaschen sowie die Reinigung der Sanitärbereiche erschwert.

4. Ausblick

Wald- und Naturkindergruppen bieten eine wertvolle naturnahe außerfamiliäre Betreuungsalternative zu Regelkindergärten der Volkswirtschaft. Sie sind in Österreich aber aktuell unzureichend rechtlich verankert sowie in extremer Minderanzahl und daher für die Mehrzahl der Vorschulkinder nicht erreichbar. Ein Umstand, der sich im Sinne der kindlichen Entwicklung sowie Volksgesundheit unbedingt ändern muss. Um eine Nutzung von Wald-, Naturraum sowie auch Bauernhof Kindern aus dem öffentlichen Bereich zu ermöglichen, ist eine richtlinienbasierte Gefährdungsbeurteilung für Aus- und Weiterbildung der Pädagog*innen essenziell. Bei der Etablierung dieser sind alle relevanten Stakeholder einzubinden, um anerkannte praxisnahe Leitlinien offerieren und die öffentliche Zugänglichkeit von Wald, Natur und Bauernhof absichern zu können.

5. Literatur

Atteslander, P.; Cromm, J. (2008): Methoden der empirischen Sozialforschung. 12. Aufl., Berlin: E. Schmidt.

Allgemeines Unfallversicherungsanstalt (2019): Leitfaden Sicherheit und Gesundheit für elementarpädagogische Bildungseinrichtungen, Teil 1, Teil 2, www.auva.at/publikationen.

Bösken, N. (2017): Basisleitfaden Sicherheit in der Wald- und Umweltpädagogik.

Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz (2024): Gesundheitsbericht Kinder und Jugendliche, Überblick über chronische Krankheiten – Adipositas – Depression, BMSGPK, Wien.

DGUV (2020): Mit Kindern im Wald. Berlin: DGUV.

Eberl, R.; Schalamon, J.; Singer, G.; Ainoedhofer, H.; Petnehazy, T.; Hoellwarth, M. E. (2008): Analysis of 347 kindergarten-related injuries. European journal of pediatrics, 168 (2), S. 163–166.

ESAW (2013): Zusammenfassende Methodik (2013). Luxembourg: Publications Office.

Frenkel, H.; Tandon, P.; Frumkin, H.; Vander Stoep, A. (2019): Illnesses and Injuries at Nature Preschools. Environment and Behavior, 51 (8), 936–965.

Imanishi, A.; Takashi, H.; Imanishi, J. (2018): Frequency of injuries and the prevalent safety measures in forest kindergartens. Journal of the Japanese Institute of Landscape Architecture, 81 (5), S. 513–516.

Landeskirchenamt Kiel (2022): Einleitung Handlungshilfe Gefährdungsbeurteilung „Naturkindertagesstätten“. Kiel.

Quendler, E., Michitsch, V., Leitner, C. (2020): Bedeutung landwirtschaftlicher Betriebe zur Förderung der Gesundheit von Kleinkindern aus Sicht der Stakeholder. In: Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment Volume 71, Issue 3, 147–156.

Raith, A., Lude, A. (2014): Startkapital Natur. Wie Naturerfahrung die kindliche Entwicklung fördert. Oekom Verlag München.

Schlick, C.; Bruder, R.; Luczak, H. (2018): Arbeitswissenschaft. Berlin: Springer Berlin Heidelberg.

Stadt Wien (2023): Allgemeine Hygienerichtlinien für Kindergruppen. Wien: Stadt Wien Kinder- und Jugendhilfe.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Definition und Analyse von Stressoren zur Entwicklung eines Dashboards zur tätigkeitsbezogenen Analyse der Arbeitsbelastung

Marcus LÖFFLER[1], Sandro FISCHER[2], Sven HELLBACH[1], Torsten MERKEL[2]

[1] Fakultät Physikalische Technik/Informatik, Westsächsische Hochschule Zwickau, Kornmarkt 1, D-08056 Zwickau
[2] Fakultät Automobil- und Maschinenbau, Westsächsische Hochschule Zwickau, Kornmarkt 1, D-08056 Zwickau

Kurzfassung: Um Parameter für eine präzise und tätigkeitsbezogene Beurteilung der Arbeitsbelastung von Arbeitnehmer*innen zu definieren, wurden im Labor mit arbeitenden Proband*innen Vitalparametermessungen durchgeführt und ein frei verfügbarer Datensatz herangezogen. Ziel der Messungen und der Auswertung des Datensatzes war es, allgemein gültige Stressoren und Muster zu identifizieren. Die Analyse der Messdaten erfolgte mithilfe gängiger statistische Auswertemethoden, wie der Bestimmung der Standardabweichung der Herzschlagintervalle. Weiter wurde jeweils unter Verwendung der Messdaten und des Datensatzes ein Machine-Learning-Modell trainiert. Die Ergebnisse flossen in die Entwicklung eins Dashboards ein, das zukünftig für die Analyse unterschiedlicher Datenquellen genutzt werden kann.

Schlüsselwörter: Herzfrequenzvariabilität, Vitalparameteranalyse, Random-Forest-Klassifizierung, Dashboard

1. Einführung

Eine ausgewogene Balance zwischen Belastung und Erholung im Arbeitsalltag ist essenziell für die mentale und physische Gesundheit sowie die Leistungsfähigkeit und Produktivität der Mitarbeitenden (Charles & Nixon 2019). Die Analyse tätigkeitsbezogener Stressoren kann helfen, das Risiko für Fehler und Unfälle zu verringern und Krankheiten vorzubeugen (Gan et al. 2020; Rusnock & Borghetti 2018). Die Herzfrequenzvariabilität (HRV) beschreibt die Varianz der Herzschläge und ist ein geeigneter und gut erforschter Parameter zur Untersuchung des vegetativen Nervensystems (Shaffer & Ginsberg 2017). Zeit- und frequenzbezogene Parameter wie die Quadratwurzel des Mittelwerts der quadrierten Differenzen aufeinanderfolgender Herzschlagintervalle (RMSSD) oder die Analyse der Frequenzen im Zeitbereich, liefern Informationen über die sympathische und parasympathische Aktivität (Baevsky & Chernikova 2017). Im Rahmen des Projektes „PerspektiveArbeit Lausitz“ wird ein Dashboard entwickelt, in das Methoden zur Darstellung und Analyse von Vitalparametern und Stressoren im Arbeitsalltag integriert werden. Die Auswertung im Dashboard soll auf statistischen Methoden wie RMSSD und Methoden des maschinellen Lernens beruhen. Hierfür wurden im Labor Messungen der Herzschlagfrequenz von Personen unter definierten Bedingungen durchgeführt. Auf deren Basis wurden statistische Auswertungen vorgenommen und ein Modell erstellt. Zudem wurde ein vorhandener Datensatz genutzt, um ein weiteres Modell zu trainieren. Da die Messungen

noch weitergeführt werden, werden in dieser Arbeit die Teilergebnisse der Auswertung vorgestellt und ein erster Prototyp des Dashboards beschrieben.

2. Methodik

Zur Erzeugung und Analyse von Stressoren wurden Messungen unter Laborbedingungen durchgeführt. Zudem fand der Datensatz „Smart Reasoning for Well-Being at Work and at Home“ (SWELL-Datensatz) für die Untersuchungen und Methodenentwicklung Verwendung. Hierfür wurden die Stressoren Laufen (1.), Handhabung (2.), Umsetzen (3.), NASA-TLX (4.), Ruhe (5.), Unterbrechungen (6.), Zeitdruck (7.) definiert.

Die Untersuchung der Stressoren 6. und 7. erfolgte unter Nutzung des SWELL-Datensatzes. Laufen wurde im Labor unter Verwendung eines Laufbandes durchgeführt. Handhabung stellt eine Tätigkeit dar, in der Teile geordnet werden müssen und beim Umsetzen musste eine schwere Last (m = 15 kg) mehrmals gehoben werden. Der Punkt 5. Ruhe wird aufgrund der Übersichtlichkeit in den Tabellen und Abbildungen in dieser Arbeit ebenfalls als Stressor bezeichnet.

Tabelle 2 enthält die aus den Daten der eigens durchgeführten Messungen berechneten Parameter. Mithilfe des SWELL-Datensatzes wurde das Modell 1 trainiert, welches zwischen keinem Stress, Unterbrechungen des Arbeitsablaufes und Zeitdruck klassifiziert. Mit den Daten der Messungen konnte Modell 2 trainiert werden, welches zwischen den im Versuch definierten Stressoren (1-5) klassifiziert.

2.1 Messungen im Labor

Die Probanden und Probandinnen wurden umfangreich aufgeklärt. Bezüglich der Datenerfassung unterzeichneten sie eine verbindliche Datenschutzerklärung. Die Messung der Herzschlagfrequenz erfolgte mit dem Pulsratensensor *Polar Verity Sense* der Firma *Polar Electro GmbH* (Sensor 1) und dem EKG-Sensor der Firma *movisens GmbH* (Sensor 2). Zusätzlich zu den Vitalparametern erfolgte die Erfassung von Umgebungsbedingungen, wie die Lautstärke oder der Kohlenstoffdioxidgehalt in der Luft, mit dem *air-Q* Messgerät der Firma *Corant GmbH*. Nachdem die Proband*innen mit der Sensorik ausgestattet wurden, durchliefen sie den Versuchsablauf. Geführt wurden sie dabei durch einen mit der Software *Intervall Timer* der Firma *dreamspark* entwickelten Versuchsplan.

2.2 SWELL-Datensatz

Der SWELL-Datensatz wurde 2014 an der Radboud University in den Niederlanden zur Erforschung des Einflusses von Stressoren aufgenommen. Insgesamt 25 Proband*innen mussten Tätigkeiten ausführen die teilweise durch E-Mails unterbrochen oder unter erhöhtem Zeitdruck durchzuführen waren. Eine detaillierte Beschreibung des Datensatzes erfolgte durch (Koldijk et. al. 2014) und (Nkurikiyeyezu et. al. 2019).

2.3 Auswertung Messungen im Labor

Die Datenauswertung erfolgte in Python. Die Synchronisierung der Daten des Sensors 1 und Sensors 2 erfolgte anhand der Zeitstempel. Die Herzschlagfrequenz der Sensoren wurden miteinander verglichen. Für die Verarbeitung im Modell 2 und die

statistischen Auswertungen wurden die Daten des Sensors 2 verwendet. Die Tabelle 1 enthält alle Parameter, die aus der gemessenen Herzschlagfrequenz zum Trainieren des Modells 2 errechnet wurden. Die zu berechnenden Parameter wurden so gewählt, dass der bearbeitete Datensatz mit dem bearbeiteten SWELL-Datensatz übereinstimmt. Für Modell 2 fanden die Daten von vier Proband*innen als Trainingsdaten Verwendung. Im ersten Schritt wurden aus der ermittelten Herzschlagfrequenz die Herzschlagfrequenzintervalle berechnet. Aus diesen Daten erfolgte die Ermittlung aller 14 Parameter, die auch beim Modell 1 beim Trainieren Anwendung fanden.

Tabelle 1: *Die Tabelle enthält alle 14 Parameter, die aus der Herzschlagfrequenz zum Anlernen des Modells berechnet wurden.*

Parameter	Erläuterung
RR	Abstand der Herzschlagintervalle (RR)
SDNN	Standartabweichung der RR-Intervalle
RMSSD	Quadratwurzel des Mittelwerts der quadrierten Differenzen aufeinanderfolgender RR-Intervalle
KURT	Kurtosis der RR-Intervalle
SKEW	Skewness der RR- intervale
MEAN_REL_RR	siehe (Marcus Vollmer, 2015)
MEDIAN_REL_RR	
RMSSD_REL_RR	
SDRR_REL_RR	
VLF_PCT	siehe (Marek Malik et. al, 1996)
HF_PCT	
TP	
LF_HF	
sampen	siehe (Roberto Sassi et. al, 2015)

2.4 Auswertung SWELL-Datensatz

Der Originaldatensatz enthält 34 berechnete Parameter die unter (Nkurikiyeyezu et. al. 2019) erläutert werden. Annotiert sind die Zeitintervalle mit „no stress“, „interruption“ und „time pressure“. Um die Features zum Trainieren des Modells 1 zu reduzieren, erfolgte in einem ersten Schritt die Bestimmung der Pearson-Korrelationskoeffizienten der Parameterpaare. Von den Parametern, die einen Korrelationskoeffizienten größer 0,75 hatten, wurde jeweils einer ausgewählt. Übrig blieben 14 Parameter, die zum Trainieren des Modells 1 zur Anwendung kamen. Als Verfahren wurde der Random-Forest-Classifier (Breiman 2001) von sklearn (Pedregosa et al. 2011) verwendet.

3. Ergebnisse

3.1 Auswertung Messungen

Sensor 1 und Sensor 2 wurden miteinander verglichen. Beide Sensoren geben einen Wert pro Sekunde aus. Da die Herzschlagfrequenz von Sensor 1 mehr geglättet ist, erfolgte die weiteren Berechnungen der HRV-Parameter anhand der Daten von Sensor 2. Die Datensätze der einzelnen Probanden wurden so bearbeitet, dass die Vitalwerte dem Stressor zugeordnet werden können. Abbildung 1 verdeutlicht das Prinzip anhand einer Messung.

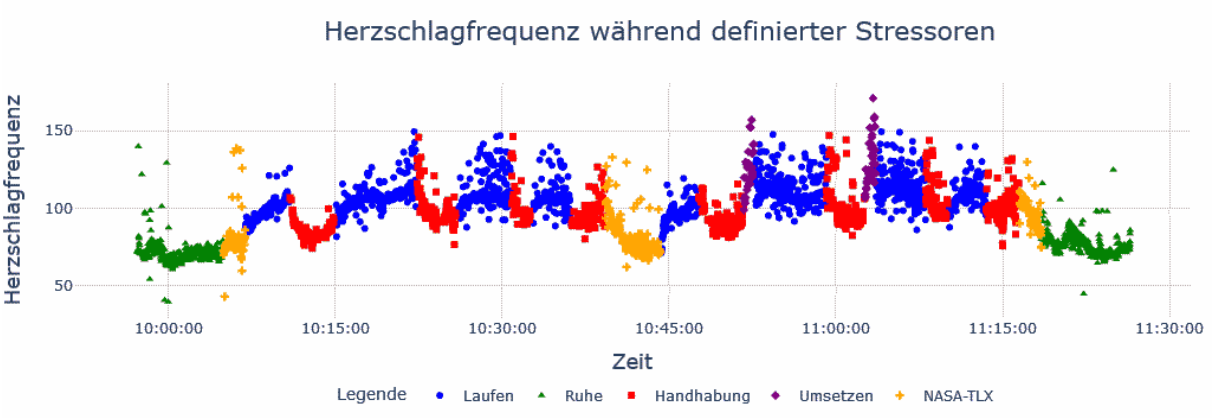


***Abbildung 1**: Die Abbildung zeigt die Herzschlagfrequenz in Abhängigkeit der Zeit während einer Labormessung. Die unterschiedlichen Farben und Marker zeigen an, zu welcher Zeit ein jeweiliger Stressor wirkte.*

Aus den Trainingsdatensätzen wurde für alle Bedingungen der RMSSD und die Standardabweichung (SDNN) sowie die mittlere Herzrate (MHr) und der HRV – Stressindex nach Baevsky (BSI) bestimmt. In der Tabelle 2 sind die Ergebnisse zusammengefasst.

***Tabelle 2**: Die Tabelle beinhaltet die Stressoren und die aus dem gesamten Trainingsdatensatz berechneten Mittelwerte für die Herzschlagfrequenz, den RMSSD, die SDNN und den BSI jeweils mit Standartabweichung.*

Stressor	MHr [min^{-1}]	RMSSD [ms]	SDNN [ms]	BSI
Ruhe	78,97 ± 10,4	42,76 ± 18	57,45 ± 24,1	122,36 ± 64,5
NASA-TLX	91,02 ± 18,27	34,88 ± 14,71	53,86 ± 18,51	98,65 ± 64,68
Laufen	116,03 ± 13,92	10,61 ± 6,9	17,83 ± 12,23	1005,92 ± 756,85
Handhabung	108,38 ± 15,15	20,53 ± 9,74	40,31 ± 19,74	308,91 ± 204,96
Umsetzen	132,09 ± 13,22	12,7 ± 5,16	24,77 ± 12,33	344,52 ± 343,5

Zum Trainieren des Modells 2 wurden nun aus der Herzschlagfrequenz alle 14 Parameter berechnet, die auch beim Trainieren des Modells 1 zur Anwendung kamen. Das so antrainierte Modell 2 erreicht eine Korrektklassifikationsrate (englisch: accuracy, ACC) von 0,86. Die Tabelle 3 zeigt wichtige Parameter zur Beurteilung der Klassifikationsleistung.

***Tabelle 3**: Enthält die Parameter zur Beschreibung der Performance des aus dem Daten der Messungen angelernten Modells.*

Stressor	Sensitivität	Spezifität	F1-Score
Ruhe	0,90	0,80	0,84
NASA-TLX	0,81	0,82	0,81
Laufen	0,91	0,90	0,89
Handhabung	0,99	0,88	0,88
Umsetzen	0,80	0,83	0,93

3.2 Auswertung SWELL-Datensatz

Die Autoren (Koldijk et. al. 2014) stellten ein Trainings- und einen Testdatensatz zur Verfügung. Das trainierte Modell 1 konnte auf den Testdaten eine ACC von 1,0 erreichen mit einem F1-Score von 1,0 in allen drei Kategorien.

3.3 Dashboard

Die beiden Modelle wurden, wie auch die Methoden zur Berechnung der statistischen Parameter, in das Dashboard integriert. Das Dashboard basiert auf Webtechnologien und wird in Python unter Verwendung der Bibliotheken Dash (Plotly Technologies Inc., 2017) und Plotly (Plotly Technologies Inc., 2015) entwickelt. Es erlaubt das Einlesen der Daten aus unterschiedlicher Datenquellen. Der Benutzer hat die Möglichkeit Zusatzinformationen, wie eine Probandennummer oder eine Gruppe, beim Laden der Daten einzugeben. So ist eine vergleichende Auswertung möglich. Je nach dargestellten Parametern kann zwischen verschiedenen Auswertungen gewählt werden. Berechnet und angezeigt werden die Herzschlagfrequenz, der RMSSD, die SDNN, der BSI und die Umgebungsparameter, wie der Kohlenstoffdioxidgehalt in der Luft, die Temperatur und die Feinstaubbelastung. Weiter ermöglicht es die Erzeugung verschiedener Grafiken, wie ein Poincaré-Diagramm der Herzschlagintervalle oder einen Vergleich der RMSSD Werte verschiedener Probanden oder Gruppen.

4. Diskussion

Durch die Auswertung der Messungen und die Verwendung des SWELL-Datensatzes konnten zwei Modelle antrainiert und in ein Dashboard integriert werden. Das Modell 1 erreicht eine ACC von 1,0. Nkurikiyeyezu et. al. kamen in ihrer Veröffentlichung aus dem Jahr 2019 auf das gleiche Ergebnis. Ein Grund dafür kann sein, dass die Vitaldaten bei den gewählten Stressoren sehr charakteristische Unterschiede zeigen und damit eine einfache Klassifikation ermöglichen. In der Praxis und bei Integration weiterer Klassen bzw. Stressoren wird dieser Wert wahrscheinlich nicht zu erreichen sein. Das Modell 2, welches mit den Daten der Messungen angelernt wurde, zeigt mit einer ACC von 0,86 eine gute Klassifikationsleistung. Hier ist zu prüfen, wie weitere Stressoren zugefügt werden können. Allgemein ist die Datenmenge durch weitere Messungen zu erhöhen. Hierzu zählt auch die Durchführung von Messungen mit Schwerpunkten, wie erhöhte mentaler Aufmerksamkeit oder Unterforderung. Datenbereiche des Überganges zwischen zwei Stressoren aus den Trainingsdaten zu entfernen, könnte die Performance des Modells 2 weiter verbessern. Zudem ist das Modell 2 mit anderen Verfahren wie XGBoost (Chen & Guestrin, 2016) oder neuronalen Netzen zu vergleichen. Die berechneten Standartabweichungen in Tabelle 2 zeigen die große Individualität beim Umgang mit Vitalparametern. Hier könnten Methoden des maschinellen Lernens die Analyse unterstützen. Das Dashboard ist in der Praxis zu erproben und anzupassen.

5. Literatur

Breiman L (2001), Random Forests. Machine Learning, Volume 45, 5-32.

Baevsky R M, Chernikova A G (2017) Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods. Cardiometriy.2017.10.6676.

Charles R L, Nixion J, (2019) Measuring mental workload using physiological measures: A systematic revie. Applied Ergonomics 74 (2019) 221-232.

Chen, T, Guestrin, C (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system**.** Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 785–794. https://doi.org/10.1145/2939672.2939785.

Gan Y, Dong X, Zhang Y, Zhang X (2020) Workload measurement using physiological and activity measures for validation test: A case study for the main control room of a nuclear power plant. International Journal of Industrial Ergonomics 78:102974.

Koldijk S, Sappelli M, Verberne S, Neerincx M A, Kraaij W (2014) The SWELL Knowledge Work Dataset for Stress and User Modeling Research. ICMI '14: Proceedings of the 16th International Conference on Multimodal Interaction (2014) 291-298.

Nkurikiyeyezu K, Shoji K, Yokokubo A, Lopez G (2019) Thermal Comfort and Stress Recognition in Office Environment. 12th Conference on Health Informatic, DOI:10.5220/0007368802560263.

Pedregosa, F, Varoquaux, G, Gramfort, A, Michel, V, Thirion, B, Grisel, O, Blondel, M, Prettenhofer, P, Weiss, R, Dubourg, V, Vanderplas, J, Passos, A, Cournapeau, D, Brucher, M, Perrot, M, & Duchesnay, É (2011) Scikit-learn: Machine Learning in Python. Journal of Machine Learning Research, 12, 2825–2830.

Plotly Technologies Inc. (2015). Plotly: Collaborative data science. Plotly Technologies Inc. https://plotly.com.

Plotly Technologies Inc. (2017). Dash: A Python framework for building analytical web applications. Plotly Technologies Inc. https://dash.plotly.com.

Rusnock C F, Borghetti B J (2018) Workload profiles: A continuous measure of mental workload. International Journal of Industrial Ergonomics. 63, 49-64.

Shaffer F, Ginsberg J P (2017) An overview of heart rate variability metrics and norms. Frontiers in public health 258.

Förderung: Teile des zugrunde liegenden Vorhabens wurden mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 02L19C300 – 02L19C333 gefördert.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Betriebliche Bildung als Puffer für Organisationen in unsicheren Zeiten

Judith SCHÖNER, Julius HENTSCHEL, Michael DICK

Lehrstuhl für Betriebspädagogik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Zschokkestr. 32, D-39104 Magdeburg

Kurzfassung: Der Beitrag stellt die betriebliche Bildung zweier Verwaltungen vor. In der einen Verwaltung sind die Bemühungen um Stabilität und Flexibilität äußerst mühsam, weil es an Rückhalt in der Organisation fehlt. Formale Regeln und informelle Praktiken werden instrumentell eingesetzt, um das Überleben der Abteilung zu sichern. Dagegen balanciert die betriebliche Bildung der anderen Verwaltung Stabilität und Flexibilität produktiv aus, sodass sie Chancen für die Gesamtorganisation wahrnehmen und Herausforderungen bewältigen kann. Für beide Organisationen erweisen sich *Stabilität–Flexibilität* und *formale Regeln–informelle Praktiken* als Kontinuen, mit denen sich erkenntnisreich beschreiben lässt, wie die betriebliche Bildung in der Gesamtorganisation agiert und was sie dadurch (nicht) leisten kann.

Schlüsselwörter: Betriebliche Bildung, Weiterbildung, Betrieb, Organisation, Personalentwicklung, Organisationsentwicklung

1. Einleitung

Der vorliegende Beitrag skizziert Teil-Ergebnisse aus dem Projekt ALL:konkret[1], welches darauf abzielte, die Praxis betrieblicher Bildung empirisch zu rekonstruieren und so ein originäres Gegenstandsverständnis zu entwickeln. Hierfür wurden ethnographische Fallstudien in neun Organisationen (sieben Unternehmen, zwei Verwaltungen) unterschiedlicher Größen und Branchen angefertigt (Dick et al. 2023; Dick & Termath 2020). In der Auswertung der Daten bestätigte sich ein integriertes Verständnis betrieblicher Bildung, d. h. betriebliche Bildung umfasst Organisations- und Personalentwicklung, betriebliche Weiterbildung und Qualifizierung sowie Wissensmanagement und hat Bezüge zur Arbeitsgestaltung (vgl. Becker 2023; Dehnbostel 2022; Geißler 2006 u. a.).

Darüber hinaus zeigen die Projekterkenntnisse u. a., wie die betriebliche Bildung innerhalb der Gesamtorganisation agiert und was sie dadurch (oder auch was sie nicht) für die Gesamtorganisation leisten kann. Dies lässt sich anhand verschiedener Kontinuen nachvollziehen, von denen in diesem Beitrag zwei aufgegriffen werden: *Stabilität–Flexibilität* und *formale Regeln–informelle Praxis*.

Nachfolgend wird die betriebliche Bildung in zwei Verwaltungen vorgestellt (Abschnitte 2.1 und 2.2). Hierfür wurden die im Forschungsprojekt erarbeiteten Fallstudien der zwei Verwaltungen herangezogen und für den Beitrag die Aspekte entnommen, die Bezüge zu den beiden genannten Kontinuen haben. Eine Gegenüberstellung der

[1] „Arbeitswelt als Kontext für lebensbegleitendes Lernen – Ethnografische Studien zu Akteuren, Agenden und Arenen (ALL:konkret)“; gefördert durch das BMBF (Förderkennzeichen W145800), Laufzeit 01/2020 bis 12/2024.

betrieblichen Bildung beider Verwaltungen (Abschnitt 2.3) ermöglicht weitere Erkenntnisse im Hinblick auf die Kontinuen (Abschnitt 3).

2. Vorstellung der betrieblichen Bildung zweier Verwaltungen

2.1 Verwaltung A – Sachgebiet Fortbildung

In der Verwaltung A wird Organisationentwicklung über verschiedene Stabsstellen verteilt konzeptionell-strategisch gedacht und geplant. Die Umsetzung erfolgt in Form von Weiterbildungen v. a. im Sachgebiet Fortbildung und mit eigenem Budget. Das Sachgebiet Fortbildung wird im Folgenden stellvertretend für die betriebliche Bildung in der Verwaltung A betrachtet.

Die Stadt selbst befindet sich seit Jahren in einer finanziellen Notlage, sodass sich die Verwaltung gezwungen sieht Personal einzusparen. Weil sich das Sachgebiet Fortbildung auf keine gesetzliche Verankerung berufen kann, gerät es bei solchen Sparmaßnahmen immer wieder ins Blickfeld und muss somit seine Daseinsberechtigung in der Verwaltung ständig unter Beweis stellen.

Diesem Legitimationsdruck begegnet das Sachgebiet Fortbildung auf verschiedenen Wegen. Beispielsweise übernimmt es die zwar schwerfällige, aber in der Verwaltung etablierte Nutzung von Printmedien anstelle digitaler Medien: Anmeldungen zu Veranstaltungen oder Rückmeldungen zu Bedarfen der Fachbereiche erfolgen in Papierform und das Sachgebiet wartet mit einem Fortbildungskatalog auf, welcher in seiner ausgedruckten Form den großen Umfang an Seminaren vor Augen führen soll. An anderer Stelle umgeht das Sachgebiet etablierte Vorgehensweisen der Verwaltung, welche sich generell durch lange und komplexe Kommunikationswege auszeichnen, die teilweise den Nicht-Einbezug des Sachgebiets bei relevanten und sie betreffenden Entscheidungen nach sich ziehen. Um dies zu verhindern bzw. Kommunikationswege abzukürzen, ist das Sachgebiet in relevanten Arbeitsgruppen vertreten und nutzt den besonderen Draht seines Leiters zur höheren Führungsebene der Verwaltung.

> *„bis man zu einer Entscheidung beim Oberbürgermeister kommt, hast du eins zwei drei Hierarchiestufen zu überwinden […] das ist vielleicht auch eine Besonderheit der Fortbildung oder so wie sie jetzt hier praktiziert wird […] mit jemandem, der das seit 30 Jahren macht und da auch manchmal kürzere Wege [nach oben] hat.“ (Leiter des Sachgebiets Fortbildung).*

Es zeigt sich, dass das Sachgebiet Fortbildung sowohl formale Regeln befolgt als auch informelle Praktiken nutzt, um sich zu legitimieren. Gerade letzteres erfolgt keineswegs ohne Schwierigkeiten. Stattdessen steht die durch Formalität, Hierarchie und Starrheit geprägte Gesamtorganisation in starkem Widerspruch zu den dynamischeren und informelleren Handlungen des Sachgebiets Fortbildung, was teils zu Verwirrung und Konflikten führt.

Neben dem jährlich fortgeführten und entsprechend der Bedarfe angepassten Fortbildungskatalog entwickelt und initiiert das Sachgebiet Fortbildung proaktiv Angebote, die für gesamtorganisationale Veränderungen als relevant erachtet werden. In dieser Rolle versteht sich das Sachgebiet als Impulsgeber in Veränderungsprozessen und als *„Vorreiter […] in der Organisationsentwicklung“ (Leiter des Sachgebiets Fortbildung)*. Auch solche Angebote werden jedoch in Seminarform angeboten, sodass es bei einer betrieblichen Bildung bleibt, die sich durch eine aus dem Arbeitsprozess herausgelöste Anpassungsqualifizierung charakterisiert. Zudem bergen solche über das reguläre Seminargeschäft hinaus initiierte Aktivitäten immer das Risiko, sich in die

Schusslinie finanzieller Einsparungen zu begeben.

Insgesamt verdichtet sich der Eindruck, dass fast alle Bemühungen des Sachgebiets Fortbildung auf das Funktionieren (resp. die Stabilität) der Gesamtorganisation abzielen oder sogar vorrangig auf das *„Überleben“* (resp. die Stabilität) innerhalb der Gesamtorganisation. Dabei werden auch Aktivitäten rund um eine mögliche Vorreiterrolle diesem Zweck untergeordnet. Eine andauernde Stabilität im Sinne einer langfristigen Legitimation wird dabei aber offenbar nie erreicht. Erfolgreiche Bemühungen um Flexibilität lassen sich nur innerhalb des Sachgebiets Fortbildung erkennen, wenn dieses prozessual und strukturell flexibel agiert. Von außen bringt ihm dies die – positiv zu verstehende – Zuschreibung eines *„Exoten“* ein. Diesem Status sind jedoch durch die Verfasstheit der Gesamtorganisation und den ständigen Legitimationsdruck enge Grenzen gesetzt.

2.2 Verwaltung B – Abteilung Personalentwicklung

In der Verwaltung B wird betriebliche Bildung vorrangig von der Abteilung Personalentwicklung vorangetrieben und verantwortet. Die Abteilung umfasst die drei Teams Personalentwicklung, Betriebliches Gesundheitsmanagement (BGM) und Ausbildung. Durch den Kreisdirektor in den 90er Jahren zur Priorität benannt, profitiert die Abteilung bis heute vom Rückhalt und der finanziellen Unterstützung durch die Verwaltungsführung. So zeigt auch die gegenwärtige Landrätin großes Interesse an der Weiterentwicklung der Personalentwicklung, z. B. durch das Setzen von Impulsen für deren Ausrichtung. Darüber hinaus wird die Abteilung vom Personalrat unterstützt, z. B. durch die Befürwortung einer *„Experimentierklausel“* in der Rahmen-Dienstvereinbarung, durch welche in definierten Pilotbereichen interne Regelungen befristet außer Kraft gesetzt werden konnten, um Raum für notwendige Veränderungsprozesse zu schaffen (Bundesministerium für Arbeit und Soziales o. J.). Im Rahmen dieser Klausel vereinbarte die Abteilung Personalentwicklung mit dem Verwaltungsvorstand Ausnahmen, z. B. zur Ausstattung, räumlichen Nutzung und zu Arbeitszeiten, welche unter externer Begleitung bewusst genutzt wurden. Die Mitarbeiter*innen der Abteilung lernten dabei u. a. die Anwendung neuer agiler Arbeitsmethoden und digitaler Tools (z. B. ein digitales Kanban-Board) kennen, die sie in ihr Arbeitshandeln integrierten. Die Resultate dehnen sich heute auf weitere Bereiche der Verwaltung aus.

> *„Und ich finde es gut, wenn Personalentwicklung [...] der Zeit vorausgeht oder als Beispiel vorangeht und experimentiert. Und da sind wir ja auch gerade. Wir sind ja Experimentierabteilung.“ (Mitarbeiterin der Abteilung Personalentwicklung)*

Generell sucht die Abteilung aktiv Möglichkeiten der externen Zusammenarbeit in Form von Forschungsprojekten, um auf notwendige Veränderungen von Verwaltungsprozessen zu reagieren, oder durch das Hinzuziehen externer Expert*innen, z. B. zur Entwicklung eines organisationsspezifischen Kompetenzmodells, für den systematischen Wissenstransfer oder für Potenzialanalysen zur Besetzung von Führungsstellen.

Organisationsintern arbeitet die Abteilung Personalentwicklung insbesondere mit den Abteilungen *„IT und Verwaltungsdigitalisierung“* und *„Personal und Lohnstelle“* zusammen. Der *„Arbeitskreis Fortbildung“* trifft sich halbjährlich und setzt sich aus Vertreter*innen des Personalbereichs, des Personalrats, der Gleichstellungsbeauftragten und der Schwerbehindertenvertretung zusammen. Der Arbeitskreis dient als steuerndes Gremium und trifft wichtige Entscheidungen, wobei v. a. Gesundheitsförderung und Fortbildung im Fokus stehen.

Im Ergebnis der Zusammenarbeit entstehen verschiedene Leistungen der Personalentwicklung. Neben Seminaren, Vorträgen, halb- und ganztägigen Schulungen sowie mehrwöchigen Qualifizierungsreihen werden Einzelne und Teams durch Coaching, Supervision und Mediation gefördert. Die Themen und Problemstellungen sind vielfältig und reichen z. B. von der Bewältigung einer persönlichen Belastungssituation über die Rollenfindung bis hin zur Begleitung bei persönlichen und organisationalen Veränderungsprozessen. Von den Formaten werden einige jährlich wiederholt, während andere aufgrund von Rückmeldungen aus den Fachbereichen, als Nebeneffekt von Kooperationen (z. B. mit Krankenkassen im Bereich BGM) oder als Teil eines umfassenderen Organisationsentwicklungsprozesses (insbesondere im Rahmen der Digitalisierungsbemühungen) entwickelt werden. Die Basis solcher Neuentwicklungen ist dabei immer das organisationsspezifische Kompetenzmodell.

Bis hierher zeichnet sich ein (zunächst kontraintuitiv erscheinendes) Zusammenspiel zwischen Formalisierungen einerseits und Flexibilität andererseits ab. Der Rückhalt in der Organisation ermöglicht die Formalisierung von Freiräumen (*„Experimentierklausel“*), die der Abteilung Personalentwicklung größere (u. a. räumliche und zeitliche) Flexibilität ermöglicht. Diese nutzen die Mitarbeiter*innen, um neue Möglichkeiten der Aufgabenerledigung (z. B. agile Methoden) auszuprobieren und ggf. in der gesamten Organisation einzuführen und zu verstetigen, was wiederum einen Schritt der Formalisierung darstellt.

Für die Entwicklung der verschiedenen Personalentwicklungsformate lässt sich konstatieren, dass Bedarfe in der Organisation und Trends aus dem Umfeld flexibel berücksichtigt werden. Die Neuentwicklungen sind dabei keinesfalls willkürlich oder beliebig, da das Kompetenzmodell immer als Grundlage dient und in dieser Form eine gewisse Stabilität ermöglicht.

Ähnlich verhält es sich hinsichtlich der (Führungs-)Kultur innerhalb der Abteilung Personalentwicklung. Eine gewisse Stabilität wird durch die Führungskraft hergestellt, indem sie Rahmenbedingungen vorgibt (z. B. eine Mindestbesetzung in Präsenz). Zugleich schafft die Führungskraft durch Vertrauen und Offenheit Freiräume dafür, dass die Mitarbeiter*innen Aspekte der Arbeitsorganisation und des Arbeitsumfeldes mitgestalten sowie sich entfalten und ihre Ideen verfolgen können. Zusätzlich fördern informelle Treffen und Events eine Kultur des harmonischen und offenen Miteinanders.

Zusammenfassend nimmt die Abteilung Personalentwicklung durch ihre Besonderheiten eine Sonderstellung ein, die zugleich immer wieder mit der Gesamtorganisation in Einklang zu bringen ist. Denn als *„Experimentierabteilung“* hat sie bestimmte Privilegien, läuft damit aber zugleich Gefahr sich zu weit von den Bedarfen des Kollegiums zu entfernen und Widerstand anstelle von Unterstützung und Zustimmung zu ernten. Sie muss also immer wieder ausbalancieren, u. a. zwischen Selbstdarstellung und Eingliederung, Innenblick und Außenblick, Ermutigung zum selbstständigen Experimentieren und begleiteter Förderung.

2.3 Gegenüberstellung der betrieblichen Bildung beider Verwaltungen

Nachfolgende Tabelle illustriert Unterschiede zwischen der betrieblichen Bildung der beiden Verwaltungen.

Tabelle 1: *Gegenüberstellung des Sachgebiets Fortbildung der Verwaltung A und der Abteilung Personalentwicklung der Verwaltung B.*

	Verwaltung A: Sachgebiet Fortbildung	**Verwaltung B: Abteilung Personalentwicklung**
Stellung innerhalb der Organisation	Ständiger Legitimationsdruck	Rückhalt der obersten Führungsebene und des Personalrats
Umsetzung / Nutzung formaler Regeln	Instrumentell, als Nachweis von Wichtigkeit innerhalb der Organisation (z. B. Fortbildungskatalog)	Reflektiert, zugunsten von sowohl Stabilität als auch Flexibilität der Abteilung und der Gesamtorganisation (z. B. „Experimentierklausel“)
Umsetzung / Nutzung informeller Praktiken	Instrumentell, zur Sicherung von Einfluss innerhalb der Organisation (z. B. Abkürzung von Kommunikationswegen)	Kulturell, zur Förderung eines harmonischen und offenen Miteinanders (z. B. informelle Treffen)
Verhältnis zu Stabilität	Ringen um eine stabile Position innerhalb der Organisation bei gleichzeitiger Instabilität der Organisation selbst (finanzielle Notlage)	Stabilität als Basis oder Rahmen für Freiräume, Verstetigung bewährter Praktiken und Konzepte sichern Professionalität (z. B. Orientierung am Kompetenzmodell)
Verhältnis zu Flexibilität	Vision einer Vorreiterrolle, die aber angesichts des Legitimationsdrucks erschwert bzw. stets mit Risiken versehen ist (z. B. Gefahr in die Schusslinie zu geraten)	Gezielte Herstellung von Flexibilität durch verschiedene Mechanismen: - Interne und externe Vernetzung zur Identifikation von Chancen und Herausforderungen - Freiräume für „Experimentieren“ ermöglichen Lernen - Offene, vertrauensvolle Kultur in der Abteilung

3. Fazit: Elastizität als Synthese von Stabilität und Elastizität

Beide Abteilungen haben in ihrer Organisation einen Sonderstatus. Dieser unterscheidet sich jedoch. Für die betriebliche Bildung in Verwaltung A wird ersichtlich, dass formale Regeln und informelle Praktiken reaktiv und instrumentell genutzt werden und dass Bemühungen sowohl um Stabilität als auch um Flexibilität mühsam sind, wenn der Rückhalt in der Organisation fehlt. Im Unterschied zu Verwaltung B kann die betriebliche Bildung ihr Potenzial daher nicht entfalten. Dieses Potenzial besteht darin, initiativ und gezielt auf Stabilität und Flexibilität der Organisation einzuwirken, wie es in Verwaltung B gelingt. Stabilität und Flexibilität stehen sich dabei nicht als Gegensätze gegenüber, sondern entfalten verschiedene Qualitäten: Stabilität ermöglicht den beständigen Rahmen, der für Organisationen unerlässlich ist. Innerhalb dieses Rahmens kann Flexibilität erzeugt werden, die für die nötige Anpassung an verschiedene Gegebenheiten sorgt. In der Synthese lassen sich Stabilität und Flexibilität als Elastizität fassen. Elastizität benötigt etablierte Strukturen, auf die man sich stützt (Kompetenzmodell) und gleichzeitig flexible Initiative („Experimentierabteilung“), die für die Gesamtorganisation Probleme zu lösen verspricht. Eine Pseudo-Stabilität, die jederzeit bedroht ist und Pseudo-Flexibilität, die von der Gesamtorganisation interessiert, aber distanziert wahrgenommen wird, sind hingegen nicht belastbar. Diese Verbindung aus Stabilität und Flexibilität wirkt eher fragil als elastisch.

4. Literatur

Becker M (2023) Personalentwicklung: Bildung, Förderung und Organisationsentwicklung in Theorie und Praxis. (7. vollständig überarbeitete Auflage 2023). Schäffer-Poeschel. https://www.wiso-net.de/document/SPEB,ASPE,VSPE__97837910576371000.

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (o.J.) INQA-Experimentierraum „AgilKom“. https://www.inqa.de/DE/angebote/inqa-experimentierraeume/foerderschwerpunkt-digitalisierung-alle-highlights-und-projekte/agilkom.html.

Dehnbostel, P. (2022) Betriebliche Bildungsarbeit: Kompetenzbasierte Berufs- und Weiterbildung in digitalen Zeiten (1st ed.). Studientexte Basiscurriculum Berufs- und Wirtschaftspädagogik. wbv. https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=7387476.

Dick M, Kasseck S, Scholz C, Modrzynski D, Bechstein J (2023) Strukturierte Kommunikation als Modus agiler Organisation: Eine Fallstudie zu Gruppenprozessen und Lernen bei einem Finanzdienstleister. Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO) 54(4):465-472. https://doi.org/10.1007/s11612-023-00720-6.

Dick M, Termath W (2020) Begeisterung und Beharrlichkeit: Erste Ergebnisse einer ethnografischen Rekonstruktion betrieblicher Bildungsarbeit. In Bünning F, Dick M, Jahn RW, Seltrecht A (Hrsg), Berufsbildung, Arbeit und Innovation: Band 57. Zwischen Ingenieurpädagogik, Lehrkräftebildung und betrieblicher Praxis: Eine Festschrift für Klaus Jenewein. wbv, 143-160.

Geißler H (2006) Integration von Personal- und Organisationsentwicklung in der beruflichen Bildung. In Arnold R (Hrsg.), Handbuch der Berufsbildung (2., überarb. und aktualisierte Aufl.). VS Verl. für Sozialwiss., 204-224.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Einfluss von Unsicherheitskommunikation in KI-basierten Entscheidungsunterstützungssystemen auf die Entscheidungsqualität: Ein praxisorientiertes Studienkonzept

Antonia MARKUS, Johanna M. WERZ, Esther BOROWSKI, Ingrid ISENHARDT

[1] Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen University, Campus-Boulevard 30, D-52074 Aachen

Kurzfassung: Unsicherheitskommunikation in KI-basierten Entscheidungsunterstützungssystemen erleichtert den Nutzenden die Interpretation des Systemergebnisses und trägt somit zur Optimierung der Kollaboration zwischen dem Menschen und dem System bei. Die genauen Wirkzusammenhänge zwischen den verschiedenen Gestaltungsmöglichkeiten sind bislang jedoch unklar. Zudem weisen existierende Studien methodische Schwächen vor allem hinsichtlich der Praxisorientierung auf. In diesem Artikel werden die theoretischen Grundlagen beschrieben und ein Konzept für eine experimentelle, praxisnahe Studie abgeleitet und diskutiert.

Schlüsselwörter: Unsicherheitskommunikation, Entscheidungsunterstützungssysteme, praxisorientiertes Studiendesign

1. Motivation

Entscheidungsunterstützungssysteme (Decision Support Systems), die auf Künstlicher Intelligenz basieren (KI-DSS), werden zunehmend im Kontext der Industrie 4.0 als Instrumente zur Optimierung von Entscheidungsprozessen eingesetzt (Kasie et al. 2017). Dabei ist eine effektive Interaktion zwischen Nutzenden und KI-Systemen entscheidend, um das Potenzial der Technologie zur Entfaltung zu bringen. Jedoch zögern Nutzende den Ergebnissen dieser Systeme zu vertrauen, da sie die Interpretation derer oftmals herausfordert. Ein Mittel, um den Nutzenden zu helfen die Zuverlässigkeit der KI-Ergebnisse einzuschätzen und das Vertrauen in die Systeme zu stärken, sind Konfidenzwerte. Diese werden als Unsicherheitskommunikation zusätzlich zu Ergebnissen angezeigt. Darüber hinaus zeigen verschiedenste Studien, dass das Potenzial von KI-DSS zur Maximierung der Benutzerleistung und Zufriedenheit in der Interaktion mit den Nutzenden noch nicht voll ausgeschöpft wird. Unsicherheitskommunikation könnte eine entscheidende Rolle bei der Beeinflussung von Leistung, Aufgabenbelastung und Einstellung zu KI spielen. Jedoch stellt sich die Frage, wie die Wirkung von Konfidenzwerten praxisnah untersucht werden kann.

Um eine Studie zu entwickeln, die diese Fragestellung untersucht, sind verschiedene Vorüberlegungen nötig. Im Folgenden wird der theoretische Hintergrund der Unsicherheitskommunikation in KI-DSS dargelegt, Forschungsfragen abgeleitet und ein mögliches Studiendesign mit dem Ziel hoher Praxisrelevanz diskutiert.

2. Entscheidungsunterstützungssysteme im Arbeitskontext

KI-DSS werden zunehmend in verschiedenen Bereichen wie der Medizin, Design und Wirtschaft eingesetzt, um entscheidungsrelevante Informationen aus großen Datenmengen zu bündeln und die Entscheidungsfindung zu erleichtern (Bhatt & Zaveri 2002). Besonders im Arbeitskontext unterstützen diese Systeme bei komplexen Entscheidungsszenarien sowie in niederschwelligen Aufgaben wie Fabrikplanung, Projektmanagement und Kundensupport (Münker et al. 2023).

Um das Ziel von KI-DSS zu erfüllen, die Beschäftigten durch Datenanalyse zu entlasten, ihre Leistung zu steigern und die wahrgenommene Arbeitsbelastung zu reduzieren, muss den Nutzenden ermöglicht werden eine positive Einstellung gegenüber KI-DSS zu entwickeln. Diese fördert die erfolgreiche Mensch-KI-Interaktion und ist Voraussetzung für eine Nutzungsintention. Die drei Zielvariablen erfolgreicher KI-basierter DSS sind Leistung, wahrgenommene Aufgabenbelastung und Einstellung gegenüber KI:

2.1 Leistung

Die Leistungssteigerung bezieht sich auf die Verbesserung der Genauigkeit und Effizienz von Prozessen durch KI. Bei der Zusammenarbeit von Mensch und KI soll die Leistung des Mitarbeiters durch KI-Unterstützung verbessert werden.

Eine Meta-Analyse von Vaccaro et al. (2024) zeigt, dass die Kombination aus Mensch und KI oft schlechter abschneidet als Entscheidungen, die vom Menschen oder der KI allein getroffen werden. Meistens übertrifft die Entscheidungsqualität der KI den Menschen. Trotzdem bleibt der Mensch in vielen Arbeitskontexten für Entscheidungen verantwortlich und muss somit in die Entscheidungsfindung eingebunden werden. Daher gilt es die Kollaboration der beiden Parteien mit bestmöglichem Leistungsoutcome weiter zu verfolgen.

2.2 Aufgabenbelastung

KI-Systeme sollen die kognitive Belastung der Nutzenden nicht erhöhen, sondern verringern. Aufgabenkomplexität beeinflusst die kognitive Belastung und somit die Arbeitsleistung (Hancock et al. 1995). Bei komplexen und ungewissen Aufgaben steigt das Vertrauen in unterstützende KI-Systeme, häufig jedoch in zu starkem Maß (Salimzadeh et al. 2024). Auch kann eine hohe kognitive Belastung dazu führen, dass Nutzende die Fähigkeiten von KI überschätzen (Goddard et al. 2014) . Daher ist es wichtig, dieses „Übervertrauen“ in KI insbesondere bei komplexen Aufgaben zu regulieren. Bisherige Forschung jedoch beruht häufig auf künstlich konstruierten Aufgaben, reale Entscheidungsszenarien fehlen und gilt es zukünftig stärker zu berücksichtigen (Lai et al. 2023).

2.3 Einstellung gegenüber KI

Die Einstellung der Nutzenden zu KI-Systemen beeinflusst deren tatsächliche Nutzung, wie das Technologieakzeptanzmodell (TAM) von Davis (1989) (*Technology Acceptance Model* 1989) beschreibt. Negative Einstellungen gegenüber einem System, insbesondere bei unerfahrenen Nutzenden, können die Nutzung verringern (Lichtenthaler 2020). Die Variablen „Leistung“, „Wahrgenommene Aufgabenbelastung“ und „Einstellung gegenüber KI“ werden u. a. von Nutzendenvariablen (z. B. Vorerfahrung, Alter, Geschlecht) aber auch von der Gestaltung des KI-Systems beeinflusst. Dazu

zählt auch die Unsicherheitskommunikation (Zhang et al. 2020). Im Folgenden wird die Bedeutung der Unsicherheitskommunikation für diese Variablen analysiert.

3. Unsicherheitskommunikation

Das Design eines KI-Systems hat einen erheblichen Einfluss auf die Leistung und die Kollaboration von Mensch und System. Eine Maßnahme zur Verbesserung der Zusammenarbeit mit KI-basierten Systemen ist die Kommunikation von Unsicherheit.

Unsicherheitskommunikation lässt sich in globale und lokale Varianten unterteilen. Globale Unsicherheitskommunikation, wie die Angabe der Systemgenauigkeit (accuracy), zeigt den Anteil korrekter Systemempfehlungen in der Vergangenheit (Lukashova-Sanz et al. 2023). Sie liefert jedoch keine Informationen über die Korrektheit in einer konkreten Einzelfallentscheidung. Lokale Unsicherheitskommunikation, oft in Form von Konfidenzwerten, bietet probabilistische Informationen für einzelne Fälle. Diese Werte helfen den Nutzenden, die Wahrscheinlichkeit der Richtigkeit einer konkreten KI-Empfehlung einzuschätzen und das Vertrauen in das KI-Modell für jedes Ergebnis zu kalibrieren (Zhang et al. 2020).

Die Darstellung der Unsicherheitskommunikation variiert zwischen numerischen und visuellen Ansätzen. Der numerische Ansatz zeigt probabilistische Informationen in Form von Konfidenzwerten, die die Wahrscheinlichkeit der Richtigkeit einer Entscheidungsoption quantifizieren. Der visuelle Ansatz wandelt diese Werte in Symbole wie Ampeln oder Smileys um. Numerische Werte bieten Präzision, können aber falsch interpretiert oder übergewichtet werden (Gigerenzer et al. 2007), während visuelle Indikatoren die Entscheidungsfindung vereinfachen und die kognitive Belastung verringern (Zhao et al. 2024). Beide Ansätze haben Vor- und Nachteile, und es bleibt unklar, welcher vorteilhafter ist. Somit ergibt sich die Forschungsfrage:

Unterscheiden sich Individuen in ihrer Leistung, ihrer wahrgenommenen Belastung und ihrer Einstellung zu KI je nachdem, ob und welche Art von Unsicherheitskommunikation das KI-System bietet?

In der Studie sind a) Leistungsunterschiede zwischen Teilnehmenden ohne Unsicherheitskommunikation und denen, die visuelle oder numerische Angaben der Unsicherheitskommunikation erhalten, zu erwarten. Ebenso werden b) Unterschiede in der wahrgenommenen Belastung und der Einstellung gegenüber KI, abhängig von der Art der Unsicherheitskommunikation erwartet.

Zusätzlich zu den unklaren Ergebnissen verschiedener Arten der Unsicherheitskommunikation zeigen sich in der Analyse bisheriger Studien auch Lücken im Studiendesign. So weisen aktuelle Studien Schwächen in Bezug auf die Stichprobenrepräsentativität, die Eindimensionalität der Entscheidungen und die unzureichende Berücksichtigung des Anwendungskontexts, wie der Arbeitsumgebung, auf (Lai et al. 2023). Viele Studien basieren auf Stichproben von Studierenden und künstlich konstruierten Szenarien, die nicht die Realität am Arbeitsplatz widerspiegeln. Weitere Forschung in realen Umgebungen mit qualitativen Designs und repräsentativen Stichproben ist notwendig, um die Wirksamkeit von KI-gestützter Entscheidungsfindung besser zu verstehen (Mahmud et al. 2022).

Ziel der im Folgenden vorgestellten Studie ist es also, die vorgestellte Forschungsfrage zu klären und dabei die methodischen Schwächen bisheriger Forschung zu adressieren. Dabei werden die Auswirkungen verschiedener Formen der Unsicherheitskommunikation auf die drei eingeführten Zielvariablen analysiert: Leistung, wahr genommene Belastung und Einstellung gegenüber KI.

4. Methodisches Vorgehen

Die Erforschung von KI-DSS erfordert ein ganzheitliches Studiendesign, das den Arbeitskontext, die Zielpopulation und die multidimensionale Natur von Entscheidungen berücksichtigt. Die Komponenten des methodischen Ansatzes und entsprechenden Studiendesigns werden im Folgenden dargelegt.

4.1 Stichprobe

Um eine möglichst repräsentative Stichprobe zu erhalten, sollte das Rekrutierungsziel Berufstätige mit einer Altersspanne von 18 bis 65 Jahre sein und aus verschiedenen Branchen stammen.

4.2 Instrumente zur Messung der Abhängigen Variablen (AV)

Die Variablen Leistung, wahrgenommene Aufgabenbelastung und Einstellung der Nutzenden gegenüber KI werden wie folgt operationalisiert:

Objektive Leistungsmessungen: Die Effizienz wird anhand der Zeit gemessen, die Teilnehmer für die Entscheidungsszenarien benötigen. Die Effektivität ergibt sich aus der Anzahl der richtigen Entscheidungen.

Wahrgenommene Aufgabenbelastung: Der NASA Task Load Index (NASA TLX) Fraugebogen (Hart & Staveland 1988) misst die kognitive Belastung der Teilnehmenden. So lässt sich die wahrgenommene Belastung ohne KI-Unterstützung mit der mit KI-Unterstützung vergleichen.

Einstellung gegenüber KI: Die Einstellung gegenüber KI wird sowohl vor als auch nach der Interaktion mit der KI-Unterstützung gemessen, um festzustellen, ob die Interaktion das Akzeptanzniveau beeinflusst. Für die Bewertung wird die Attitudes Towards Artificial Intelligence Scale (ATTARI-12) verwendet (Stein et al. 2024).

4.3 Aufgabe

Kern der Studie stellt eine Aufgabe dar, die in Zusammenarbeit mit einem Unternehmen entwickelt wurde. Diese simuliert den Einsatz von KI im technischen Kundensupport. Die Teilnehmer erhalten E-Mails mit Produktproblemen und müssen aus einer Liste den passenden Lösungstext auswählen. Die Gestaltung dieser Aufgabe ist entscheidend, da sie die Realitätsnähe des Arbeitskontextes sicherstellt und gleichzeitig die Bearbeitung unter kontrollierten und messbaren Bedingungen ermöglicht.

4.4 *Studienaufbau*

Ziel der Studie ist es, die Auswirkungen der Unsicherheitskommunikation auf Leistung, Aufgabenbelastung und Einstellung gegenüber KI zu untersuchen. Die AV werden vor und nach der KI-Nutzung gemessen, um Vergleiche der Variablen bezogen auf den individuellen Probanden zu ermöglichen (within-subject). Eine zusätzliche Between-Subject-Bedingung mit drei Arten der Unsicherheitskommunikation führt zu einem 2x3-faktoriellem Design.

Die Studie beginnt mit einer Übungsphase, in der die Teilnehmenden Produktinformationen lesen und sich mit dem E-Mail-System mit zwei Beispielmails vertraut machen. Anschließend folgt ein Kontrollblock mit vier E-Mails, die ohne KI-Unterstützung bearbeitet werden. Die anschließende KI-unterstützte Interaktionsphase umfasst zwei

Blöcke mit je fünf E-Mails. Nach jedem Block erfolgt ein verbales Feedback zur Leistung. Nach dem Kontrollblock sowieso nach den beiden KI-unterstützten Blöcken füllen die Teilnehmenden die Fragebögen zu den AVs Aufgabenbelastung und KI-Einstellung aus.

In der KI-unterstützten Phase ordnet die KI die Lösungstexte nach Wahrscheinlichkeit. Dabei kommen die drei Between-Bedingungen zum Tragen, denen die Teilnehmenden zufällig zugewiesen werden. Zwei Gruppen erhalten zusätzliche Unsicherheitskommunikation: eine mit numerischen Wahrscheinlichkeiten, die andere mit symbolischen Pfeilen.

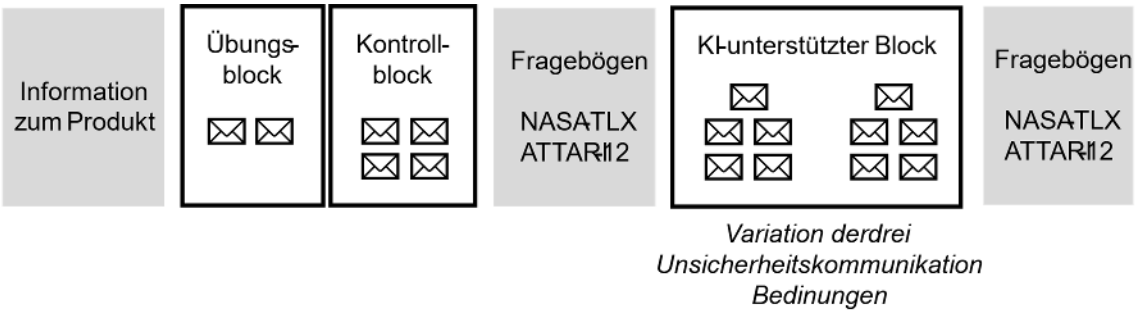


***Abbildung 1**: Darstellung des Studienablaufs mit den verschiedenen E-Mail-Blöcken und Erhebungszeitpunkten durch die Fragebögen.*

4.5 Analyse

Nach der Datensammlung im Rahmen der Durchführung des Experiments werden zur Prüfung der ersten Hypothese a) in der Analyse die objektiven Leistungsmessungen Effizienz und Effektivität zwischen den verschiedenen Gruppen der Unsicherheitskommunikation verglichen. Für die zweite Hypothese b) werden der wahrgenommenen Belastung und die Einstellung gegenüber KI berechnet und analysiert, ob es Gruppenunterschiede nach der Interaktion mit der KI gibt. Die vorher erhobenen Vergleichswerte dienen hierbei als Baseline. So lässt sich der Einfluss auf von Unsicherheitskommunikation auf die drei Zielvariablen untersuchen.

5. Bewertung und Fazit

Das Ziel des vorgeschlagenen Studiendesigns ist die Untersuchung von Auswirkungen der Unsicherheitskommunikation in KI-unterstützten Entscheidungssituationen. Dabei wird besonderer Wert auf die Praxisnähe gelegt und durch die Stichprobe von Berufstätigen sowie die mit einem Unternehmen gemeinsam entwickelte Aufgabe adressiert.

Dadurch ergibt sich ein erheblicher Aufwand für die Rekrutierung und das Problem der Aufgabenschwierigkeit: Um eine Aufgabe aus einem realen Arbeitskontext verwenden zu können, ist eine hoher Aufwand an Einarbeitung nötig. Gleichzeitig darf die Aufgabe nicht zu komplex, aber auch nicht zu einfach sein. Der Aufbau und das Konzept der Studie balancieren diesen Aspekt aus. Um dennoch mögliche Schwierigkeiten zu ermitteln, wird angestrebt, im Anschluss an die Studiendurchführung einige Teilnehmende zu interviewen. So ermöglicht die Studie eine Untersuchung von der Leistung, Aufgabenbelastung sowie der Einstellung gegenüber KI in einem praxisnahen experimentellen Setting.

6. Literaturverzeichnis

Bhatt, G. D. & Zaveri, J. (2002). The enabling role of decision support systems in organizational learning. Decision Support Systems, 32(3), 297–309. https://doi.org/10.1016/s0167-9236(01)00120-8.

Gigerenzer, G., Gaissmaier, W., Kurz-Milcke, E., Schwartz, L. M. & Woloshin, S. (2007). Helping Doctors and Patients Make Sense of Health Statistics. Psychological science in the public interest : a journal of the American Psychological Society, 8(2), 53–96. https://doi.org/10.1111/j.1539-6053.2008.00033.x.

Goddard, K., Roudsari, A. & Wyatt, J. C. (2014). Automation bias: empirical results assessing influencing factors. International journal of medical informatics, 83(5), 368–375. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2014.01.001.

Hancock, P. A., Williams, G., Manning, C. M. & Miyake, S. (1995). Influence of task demand characteristics on workload and performance. The International Journal of Aviation Psychology, 5(1), 63–86. https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0501_5.

Hart, S. G. & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In Advances in Psychology (S. 139–183). Elsevier. https://doi.org/10.1016/s0166-4115(08)62386-9.

Kasie, F. M., Bright, G. & Walker, A. (2017). Decision support systems in manufacturing: a survey and future trends. Journal of Modelling in Management, 12(3), 432–454. https://doi.org/10.1108/JM2-02-2016-0015.

Lai, V., Chen, C., Smith-Renner, A., Liao, Q. V. & Tan, C. (2023). Towards a Science of Human-AI Decision Making: An Overview of Design Space in Empirical Human-Subject Studies. In 2023 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (S. 1369–1385). ACM. https://doi.org/10.1145/3593013.3594087.

Lichtenthaler, U. (2020). Extremes of acceptance: employee attitudes toward artificial intelligence. Journal of Business Strategy, 41(5), 39–45. https://doi.org/10.1108/JBS-12-2018-0204.

Lukashova-Sanz, O., Dechant, M. & Wahl, S. (2023). The Influence of Disclosing the AI Potential Error to the User on the Efficiency of User–AI Collaboration. Applied Sciences, 13(6), 3572. https://doi.org/10.3390/app13063572.

Mahmud, H., Islam, A. N., Ahmed, S. I. & Smolander, K. (2022). What influences algorithmic decision-making? A systematic literature review on algorithm aversion. Technological Forecasting and Social Change, 175, 121390. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121390.

Münker, S., Padrón, M., Markus, A., Kemmerling, M., Abdelrazeq, A. & Schmitt, R. H. A Human-Centered Decision Support System in Customer Support. In (S. 3–10). https://doi.org/10.1007/978-3-031-71304-0_1.

Salimzadeh, S., He, G. & Gadiraju, U. (2024). Dealing with Uncertainty: Understanding the Impact of Prognostic Versus Diagnostic Tasks on Trust and Reliance in Human-AI Decision Making. In F. F. Mueller, P. Kyburz, J. R. Williamson, C. Sas, M. L. Wilson, P. T. Dugas & I. Shklovski (Hrsg.), ACM Digital Library, Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (S. 1–17). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3613904.3641905.

Stein, J.-P., Messingschlager, T., Gnambs, T., Hutmacher, F. & Appel, M. (2024). Attitudes towards AI: measurement and associations with personality. Scientific reports, 14(1), 2909. https://doi.org/10.1038/s41598-024-53335-2.

Technology acceptance model. (1989). https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-030-45274-2.pdf.

Vaccaro, M., Almaatouq, A. & Malone, T. (2024). When combinations of humans and AI are useful: A systematic review and meta-analysis. Nature human behaviour. Vorab-Onlinepublikation. https://doi.org/10.1038/s41562-024-02024-1.

Zhang, Y., Liao, Q. V. & Bellamy, R. K. E. (2020). Effect of confidence and explanation on accuracy and trust calibration in AI-assisted decision making. In Proceedings of the 2020 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency. ACM. https://doi.org/10.1145/3351095.3372852.

Zhao, J., Wang, Y., Mancenido, M. V., Chiou, E. K. & Maciejewski, R. (2024). Evaluating the Impact of Uncertainty Visualization on Model Reliance. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 30(7), 4093–4107. https://doi.org/10.1109/tvcg.2023.3251950.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Abraka-Assembly: Ein KI-Montagetisch, der sich an ungünstige Körperposen adaptiert

David KOSTOLANI[1], Benedikt FREY[1], Aida LJAJIC[2], Siegfried IDINGER[2], Sebastian SCHLUND[1]

[1] Mensch-Maschine-Interaktion, TU Wien,
Theresianumgasse 27, A-1040 Wien
[2] Siemens Mobility GmbH, Abteilung für Digitalisierung,
Leberstraße 34, A-1100 Wien

Kurzfassung: Die Anpassung der Arbeitsumgebung an die Arbeitskraft ist ein zentrales Thema in der Ergonomie. Während höhenverstellbare Montagetische zunehmend verbreitet sind, basiert deren Gestaltung weiterhin auf der Perzentillogik, die die Anforderungen unterschiedlicher Tätigkeiten unzureichend berücksichtigt. Zudem fehlt vielen Arbeitskräften das Wissen zur optimalen Einstellung der Arbeitsumgebung. Unser Work-in-Progress-Beitrag präsentiert einen IoT-gestützten Montagetisch, der die Körperhaltung mittels KI analysiert, einen Ergonomie-Score berechnet und die Tischhöhe automatisch anpasst. Wir diskutieren die technischen und arbeitswissenschaftlichen Herausforderungen adaptiver Arbeitssysteme und deren Potenzial für eine ergonomischere und effizientere Montage.

Schlüsselwörter: Adaptive Arbeitssysteme, Ergonomie, Montage, Höhenverstellbarer Tisch, Posenerkennung, Arbeitsoptimierung

1. Einleitung

Die Anpassung der Arbeitsumgebung an die Arbeitskraft, statt dass sich Menschen an die Arbeit anpassen müssen, ist die allgemeine Zielsetzung der Ergonomie seit dem 19. Jahrhundert. Seit jeher spielt die Sicherstellung der Arbeitseffizienz und des Arbeitskomforts eine zentrale Rolle in allen Bereichen der Fertigung, in denen menschliche Arbeit unerlässlich ist. Die Montage stellt auch heute noch einen Bereich dar, der einen hohen Grad an Flexibilität erfordert, weshalb Montagetätigkeiten einen überwiegend manuellen Charakter haben (Fletcher et al. 2019). Obwohl sich in der Montage modulare Aufbauten und höhenverstellbare Tische, die eine teilweise Anpassung der Arbeit an die Arbeitskraft erlauben, in den letzten Jahren durchgesetzt haben, wurde die Perzentillogik und das Auslegen der Arbeitsumgebung für den „mittleren Menschen“ (Jürgens 1989) nicht abgeschafft.

Ein zentrales Problem der Perzentillogik ist, dass sie individuelle Körperhaltungen und anthropometrische Unterschiede zwischen den Arbeiter*innen nicht berücksichtigt. Die optimale Tischhöhe kann zudem je nach Tätigkeit variieren (Schlund et al. 2019). Häufig fehlt den Arbeitskräften jedoch das Wissen, um die Tischhöhe optimal einzustellen, und eine individuelle Anpassung durch eine Ergonomie Abteilung ist in der Praxis nicht umsetzbar.

Die fortschreitende Digitalisierung und der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) eröffnen hier allerdings neue Möglichkeiten. In unserem aktuellen Work-in-Progress-Beitrag berichten wir zu einem IoT-gestützten Montagetisch. Dieser Tisch erfasst die

Arbeitspose der Nutzer*innen mittels einer Kamera, berechnet daraus einen Ergonomie-Score und kalibriert die Tischhöhe automatisch, ohne die Körpergröße eingeben zu müssen. Mit unserem Referat möchten wir eine Diskussion zur Ära der adaptiver Arbeitssysteme anregen und dabei sowohl die technischen als auch die arbeitswissenschaftlichen Herausforderungen beleuchten.

2. Stand der Forschung

Die Körperhaltung spielt eine entscheidende Rolle bei der Verteilung der auf den Körper wirkenden Kräfte und der daraus resultierenden Arbeitsbelastung. Eine ergonomische Körperhaltung trägt zur Reduktion körperlicher Beanspruchung und Ermüdung bei und kann durch optimierte Greifwege die Arbeitseffizienz signifikant steigern. Sowohl bei Sitz- als auch bei Steharbeiten steht die Arbeitshöhe in direktem Zusammenhang mit der Körperhaltung. Die Auslegung des Arbeitsplatzes auf eine optimale Arbeitshöhe stellt jedoch eine Herausforderung dar, insbesondere in Montagearbeitsplätzen, die überwiegend im Schichtbetrieb betrieben werden und somit unterschiedliche individuelle Anforderungen sowie variierende Körpergrößen berücksichtigen müssen.

Aus anthropometrischer Sicht basieren übliche Designmaße auf dem 5. Perzentil weiblicher und dem 95. Perzentil männlicher Körpergrößen, was eine Bandbreite von 96 bis 117,5 cm für die Sitzarbeitshöhe ergibt. Diese Spannweite von über 21 cm ist bereits beträchtlich, deckt jedoch nur 90 % der Arbeitnehmer*innen ab, da das Design für die Extremwerte außerhalb des 5. und des 95. Perzentils unzureichend ist. Hinzu kommen tätigkeitsrelevante Anforderungen, wie die Differenzierung zwischen feinen und mittelschweren Arbeiten, die die benötigte Anpassungsbandbreite um bis zu 30 cm erweitern können. Diese Faktoren verdeutlichen die Komplexität eines optimalen Designs für unterschiedliche Arbeitsanforderungen (Schlund et al. 2019).

Das Konzept der adaptiven Arbeitssysteme verfolgt das Ziel, Automatisierung und Digitalisierung zugunsten der Arbeitnehmer*innen zu nutzen, um diese bestmöglich zu unterstützen (Fletcher et al. 2019). Insbesondere die Idee einer automatischen Anpassung der Systeme an ergonomische Anforderungen zur Optimierung der Körperhaltung hat in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen, bedingt durch die Fortschritte in digitaler Vernetzung, Sensorik und künstlicher Intelligenz. Mittels Posen Schätzung aus Kamerabildern kann die Körperhaltung in Echtzeit erfasst und auf ihre ergonomische Ausrichtung analysiert werden (Kostolani et al. 2022).

Eine der ersten Pionierstudien im Bereich KI-basierter Optimierung der Arbeitsplatzergonomie wurde von Nguyen et al. (2014) vorgestellt. Diese Studie nutzte einen Microsoft-Kinect-Sensor und eine Heuristik, die auf 3D-Koordinaten der Hüfte sowie der Schulter-Distanz zur Arbeitsfläche basiert. Auf Basis dieser Daten wurde eine Empfehlung zur Anpassung der Arbeitshöhe abgeleitet. Die Arbeit von He et al. (2020) ging einen Schritt weiter, indem ein IoT-Modul entwickelt haben, das die Tischhöhe automatisch anpasst. Hierbei wurden Gesichtserkennung und Ultraschall Sensorik verwendet, um ein Benutzerprofil zu erstellen und die optimale Arbeitshöhe anhand anthropometrischer Merkmale zu berechnen. Ein ähnliches Konzept namens „Ergo Mate“, das auf voreingestellten Benutzerprofilen basiert, wurde von Zagel et al. (2023) entwickelt und in einer Nutzbarkeitsstudie evaluiert. Die Studie, die in einem öffent–lichen Coworking-Umfeld mit 12 Nutzer*innen durchgeführt wurde, zeigt, dass die automatische Anpassung der Tischhöhe von den Teilnehmer*innen gut akzeptiert wurde.

Die bisher beschriebenen Entwicklungen basieren auf festen Höhenangaben und anthropometrischen Merkmalen und setzen einen starren Zusammenhang zwischen der optimalen Arbeitshöhe und der Körpergröße voraus. Körperhaltungen sind jedoch nur bedingt statisch. Beispielsweise werden beim Sitzen im Durchschnitt 19 Haltungsänderungen beobachtet, wobei eine geringere Anzahl von Anpassungen mit einem niedrigeren Arbeitskomfort korreliert (Akkarakittichoke et al. 2023). Dementsprechend sollte die Anpassung der Arbeitshöhe auch dynamische Veränderungen der Körperhaltung berücksichtigen, wie das Wechseln zwischen Sitzen und Stehen bei der Computerarbeit oder Mikroanpassungen wie Kniebeugen oder Zurücklehnen. Ein starres Modell, das ausschließlich auf anthropometrischen Angaben basiert, berücksichtigt solche Arbeitssituation jedoch nicht.

Ein alternativer Ansatz betrachtet die Körperhaltung als dynamisches Modell, das für numerische Optimierungen genutzt werden kann. El Makrini et al. (2022) haben einen Algorithmus entwickelt, der die Höhe der Übergabe von Objekten zwischen Roboter und Mensch durch partielle Differenzialgleichungen optimiert. Das Lösen des Gleichungssystems ermöglicht eine ergonomische Anpassung der Arbeitshöhe im Mensch-Roboter-System. Yazdani et al. (2022) präsentierten einen ähnlichen Ansatz, bei dem neuronale Netze zur dynamischen Optimierung der Ergonomie in Mensch-Roboter-Interaktionen verwendet wurden. Trotz dieser technischen Fortschritte wurde die dynamische Optimierung der Tischhöhe bisher nicht untersucht.

3. Abraka-Assembly: Anpassung der Arbeitshöhe an die Ergonomie

Unsere Vision adaptiver Arbeitssysteme zielt darauf ab, die Arbeitsumgebung dynamisch an die Bedürfnisse der Mitarbeiter*innen anzupassen, unabhängig von der spezifischen Tätigkeit. Anstelle fixer Vorgaben durch Perzentilwerte erfordert dies ein Modell, das auf einer kontinuierlichen Adaptierung basierend auf erkannter ergonomischer Körperhaltung beruht. Ein zentrales Element bei der Entwicklung unseres Konzepts war die empirische Fundierung und die Anwendung eines menschzentrierten Designs. Im ersten Schritt haben wir daher die Anforderungen an das Artefakt durch qualitative Studien beim Projektpartner erfasst. Darauf aufbauend wurde der Prototyp eines höhenverstellbaren Tisches in einer labornahen Umgebung umgesetzt.

3.1 Design Rationale – Analyse von Montagetätigkeiten

User-Centered Design (UCD) spielt eine zentrale Rolle in der Entwicklung adaptiver Arbeitssysteme und sorgt dafür, dass die entwickelten Artefakte den realen Bedürfnissen und Arbeitsbedingungen entsprechen und so die Akzeptanz und Effektivität erhöhen. Die Grundlage unserer Entwicklung waren Beobachtungen in der Montageabteilung unseres Projektpartners. Die analysierten Tätigkeiten umfassten die Vormontage von Kabeln, eine variantenreiche Aufgabe mit einer hohen Bandbreite an Tätigkeiten, von feinen Arbeiten, die präzises Sehen erfordern, bis zu Steharbeiten und der Handhabung von Objekten. Obwohl es derzeit keine höhenverstellbaren Tische gibt, verfügen alle Arbeitsplätze über höhenverstellbare Sessel. Im Rahmen der Beobachtungen haben wir festgestellt, dass die Körperhaltung an den Arbeitsplätzen unergonomisch ist. Ergänzend dazu haben wir zwei Mitarbeiter*innen befragt. Dabei zeigte sich, dass die vorhandenen Anpassungsmöglichkeiten, wie die Einstellung der Sesselhöhe, kaum genutzt werden. Zwar war ihnen der Begriff Ergonomie bekannt, jedoch fehlte

ihnen ein praktisches Verständnis für dessen Bedeutung und Umsetzung. Hinsichtlich adaptiver Anpassungen waren die Mitarbeiter*innen anfangs skeptisch, betonten jedoch, dass sie solche Anpassungen akzeptieren könnten, solange sie ihre Autonomie über die Arbeitsweise behalten.

3.2 Architektur und KI-basierte Optimierung

Der entwickelte Prototyp besteht aus einem höhenverstellbaren Bürotisch, der mittels eines KI-Algorithmus angesteuert wird. Zur dynamischen Adaptierung wird das Posenmodell vom Mediapipe Toolkit verwendet, mit dem eine 3D Schätzung der Körperpose aus einem RGB-Kamerabild in (nahezu) Echtzeit möglich ist. Das Mediapipe Toolkit bietet eine Maschine Learning Lösung an, die 33 Schlüsselpunkte, z. B. Schulter, Ellbogen, Knie etc., des menschlichen Körpers im 2D Kamerabild erkennt und die räumliche Position der Schlüsselpunkte abschätzt. Basierend auf den Koordinaten der Schlüsselpunkte werden die Winkel der Gelenke, also Kniewinkel, Ellbogenwinkel, etc. sowohl in der Sagittal- als auch Frontalebene berechnet. Dabei wird der durchschnittliche Winkel über mehrere Bilder berechnet, um schnelle kurze Abweichungen zu glätten und nur strukturelle Änderungen in der Ergonomie zu betrachten.

Das RULA-Verfahren zur ergonomischen Beurteilung des Arbeitsplatzes bewertet die Haltung der oberen Körperhälfte und Gliedmaße auf einer Skala von 1-7 basierend auf den Gelenkwinkeln in beteiligten Körpergruppen (Nacken, Ellbogen, Rücken). Dieses System bildet die Grundlage des Algorithmus zur Bewertung der Ergonomie der Nutzer*innen. Die diskrete Natur der RULA-Skala und fehlende Anpassungsempfehlung verhindert eine direkte Adaptierung zur Bewertung der Pose aus den berechneten Gelenkwinkeln, allerdings liefert es die grundsätzlichen Regeln der optimalen Arbeitsergonomie für verschiedene Tätigkeiten und die Toleranz der Abweichungen von bestmöglicher Ergonomie in Gelenkwinkeln. Der Algorithmus verwendet eine Linearisierung um den optimalen Gelenkwinkel und berechnet mit dieser Funktion eine Bewertung jedes Gelenkwinkels. Die Bewertungen werden gewichtet und summiert. Diese Summe wird mit einer tanh-Aktivierungsfunktion auf einen Wert zwischen -1 und 1 normiert. Eine optimale Ergonomie ergibt eine Bewertung von Null. Eine negative Bewertung führt zu einer Korrektur des Tisches nach unten und eine positive Bewertung zu einer Korrektur nach oben. Dabei kann die Sensitivität des Algorithmus mit einer höheren oder geringeren Toleranz um den Nullpunkt beeinflusst werden. Die Tischmotoren aktivieren erst wenn dieser Schwellwert überschritten wird.

3.3 Anpassung mittels Gestensteuerung

Damit die Autonomie und Kontrolle für Nutzer*innen gewährleistet ist, wurde auch ein Modul zur manuellen Anpassung der Arbeitshöhe mittels Gestensteuerung implementiert. Dieses Modul verwendet ein anderes Modell des Mediapipe Toolkit zur Handposen Erkennung. Basierend auf den Handposen kann ein weiteres Mediapipe Modell ausgewählte Gesten erkennen. Das Modul zur manuellen Steuerung nutzt dabei die Gesten: „Daumen hoch“, „Daumen runter“ und die „ausgespreizte Hand“. Eine erkannte „Daumen hoch“ Geste aktiviert die Steuerung und fährt den Tisch nach oben, eine „Daumen runter“ Geste aktiviert entsprechend die Korrektur nach unten, während die ausgespreizte Hand als Stopp-Signal benutzt wird.



***Abbildung 1**: Visualisierung des Artefakts. Wenn die Arbeitspose als unergonomisch evaluiert wird, passt sich die Tischhöhe an, bis die Körperhaltung durch die Anpassung adaptiert wird.*

4. Diskussion und Fazit

Das Paper präsentiert einen KI-Ansatz zur dynamischen Anpassung der Tischhöhe an die Ergonomie der Nutzer*innen auf der Basis von Kameradaten. Dabei wird mithilfe eines Posen-Erkennungssystem und dem RULA-Beurteilungssystem eine ergonomisch-sinnvolle Anpassung der Tischhöhe errechnet. Das System ist dabei unabhängig vom Tisch und der Kamera und ist kompatibel mit anderer Hardware. Das Ziel des Systems ist zweiseitig, erstens sollen Menschen erreicht werden, die im aktuellen Muster der Perzentillogik durch das Raster fallen. Während die Perzentil-getriebenen Arbeitsumgebungen theoretisch bis zu 90 % der Nutzer*innen abdecken, werden wieterhin Menschen aufgrund ihres Körperbaus von Ergonomie-gerechten Arbeitsumgebungen ausgeschlossen. Dynamische Systeme bieten die Möglichkeit Nutzer*innen außerhalb des Spektrums zu erreichen. Zusätzlich sind dynamische Systeme ideal für Arbeitsumgebungen bei denen mehrere Nutzer*innen auf dieselben Ressourcen wie geteilte Montagetische zugreifen. Unser System bietet die Möglichkeit aufgrund der Verwendung des allgemeingültigen RULA-Systems schnell zwischen Nutzer*innen zu wechseln, ohne ein Personenprofil etablieren zu müssen. Das zweite Ziel des Systems ist eine vereinfachte Nutzung ergonomischer Angebote. Obwohl 90 % der Nutzer*nnen theoretisch in der Lage wären, ihren Arbeitsplatz ergonomisch korrekt einzustellen, fehlt vielen das notwendige Know-how, um eine ideale Arbeitsposition einzunehmen. Durch die autonome Anpassung der Arbeitshöhe seitens des Systems soll das ergonomische Arbeiten unterstützt werden und auf die unergonomische Körperhaltung aufmerksam gemacht werden.

Eine Einschränkung des aktuellen Systems besteht in der Aufsummierung verschiedener Winkel, die zur Körperhaltung beitragen. Dieser Prozess kann dazu führen, dass sich mehrere ungünstige Winkel gegenseitig ausgleichen, wodurch notwendige Anpassungen ausbleiben und Nutzer*innen weiterhin in einer ergonomisch inkorrekten

Haltung arbeiten. Zudem ist zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Gelenkstellungen je nach Arbeitsaufgabe eine unterschiedliche Priorität haben. So erfordern beispielsweise Computerarbeit und das Arbeiten an einem Werkstück jeweils spezifische Körperhaltungen. Künftig wird das System mit einer KI-gestützten Erkennung von Arbeitstätigkeiten verbunden werden, gleichzeitig werden Unterstützungsprofile für verschiedene Anforderungen und Tätigkeiten, wie etwa präzise Handarbeit oder das Manipulieren schwerer Gegenstände, entwickelt. Dadurch sollen die unterschiedlichen ergonomischen Anforderungen in der Montage bestmöglich abgedeckt werden.

5. Literatur

Akkarakittichoke, N., Waongenngarm, P., & Janwantanakul, P. (2023). Effects of Postural Shifting Frequency on Perceived Musculoskeletal Discomfort During 1-Hour Sitting in Office Workers. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics, 46(2), 76-85.

El Makrini, I., Mathijssen, G., Verhaegen, S., Verstraten, T., & Vanderborght, B. (2022). A virtual element-based postural optimization method for improved ergonomics during human-robot collaboration. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 19(3), 1772-1783.

Fletcher, S. R., Johnson, T., Adlon, T., Larreina, J., Casla, P., Parigot, L., ... & del Mar Otero, M. (2020). Adaptive automation assembly: Identifying system requirements for technical efficiency and worker satisfaction. Computers & Industrial Engineering, 139, 105772.

He, Z., Shao, X., & Xiao, Y. (2020, March). Adaptive Height Table and Chair System Based On Face Recognition. In Proceedings of the 3rd International Conference on Information Science and Systems (pp. 78-81).

Jürgens, H. W., Aune, I. A., & Pieper, U. (1989). Internationaler anthropometrischer Datenatlas. Wirtschaftsverl. NW.

Kostolani, D., Wollendorfer, M., & Schlund, S. (2022, November). ErgoMaps: Towards interpretable and accessible automated ergonomic analysis. In 2022 IEEE 3rd International Conference on Human-Machine Systems (ICHMS) (pp. 1-7). IEEE.

Nguyen, T. D., Kleinsorge, M., & Krüger, J. (2014). A System for Automated Live Ergonomics Assessment and Its Applications in Manufacturing. Advances in Physical Ergonomics and Human Factors, 14(1), 211.

Schlund, S., Mayrhofer, W., & Rupprecht, P. (2018). Möglichkeiten der Gestaltung individualisierbarer Montagearbeitsplätze vor dem Hintergrund aktueller technologischer Entwicklungen. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft.

Yazdani, A., Novin, R. S., Merryweather, A., & Hermans, T. (2022, October). Dula and deba: Differentiable ergonomic risk models for postural assessment and optimization in ergonomically intelligent phri. In 2022 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (pp. 9124-9131). IEEE.

Zagel, C., Leyendecker, M., & Piazza, A. (2023). ErgoMate: Concept and Prototype of an Automated Ergonomic Workpace System for Office Environments. The Human Side of Service Engineering, 108(108).

Acknowledgment: This work was supported by the Austrian Research Promotion Agency as a part of the A2P project (FFG-891196).

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Ergonomie, klar, aber bei welcher Task? Integration von KI-basierten Tätigkeitserkennung und Ergonomiebewertung

Aida LJAJIC[1], David KOSTOLANI[2], Siegfried IDINGER[1], Sebastian SCHLUND[2]

[1] Siemens Mobility, Digitalisierungsabteilung, Leberstrasse 34, A-1110 Wien
[2] Mensch-Maschine-Interaktion, TU Wien, Theresianumgasse 27, A-1040 Wien

Kurzfassung: Mit der fortschreitenden Automatisierung und Digitalisierung im Rahmen der Industrie 5.0 kommen Mensch-Maschine-Systeme zum Einsatz, die Menschen unterstützen sollen, anstatt Aufgaben zu übernehmen. Eine Herausforderung bei der Gestaltung solcher Systeme ist die Notwendigkeit, ihren Einsatz zweckmäßig zu gestalten. Diese Analyse erfolgt bislang manuell, da es keinen Algorithmus gibt, der sowohl die Ergonomie als auch die Erkennung physischer Tätigkeiten mit Unterstützungscharakter vereint. Dieser Beitrag stellt ein Deep Learning Modell vor, das Tätigkeiten klassifiziert und ergonomische Bewertungen vornimmt. Durch die Integration einer ergonomischen Risikobewertung mit der Tätigkeitserkennung ermöglicht das vorgeschlagene System eine gezielte Auswahl eines physischen Assistenzsystems durch die Analyse der Tätigkeit selbst.

Schlüsselwörter: Mensch-Maschine-Systeme, KI-gestützte Ergonomie, Tätigkeitserkennung, Physische Assistenzsysteme, Industrie 5.0, Deep Learning

1. Einleitung

Die moderne Fertigung ist durch kürzere Produktlebenszyklen, erhöhte Individualisierung und globalen Wettbewerb geprägt, was die Produktion dynamisch und unsicher macht (Kaasinen et al. 2020). Diese Faktoren tragen zwar zur Steigerung der Effizienz bei, aber bringen gleichzeitig neue Gesundheitsrisiken mit sich. Aus diesem Grund gewinnt die ergonomische Gestaltung von Arbeitsplätzen zunehmend an Bedeutung (Korhan et al. 2022). Um die körperliche Belastung zu reduzieren, die Produktivität zu steigern und Verletzungen vorzubeugen, werden verschiedene Assistenzsysteme implementiert (Möncks et al. 2020). Die Entwicklung solcher Systeme ist jedoch komplex, da sie an die Fähigkeiten der Arbeitenden und die Anforderungen der Aufgaben angepasst werden müssen (Pokorni et al. 2022).

Die Gestaltung und Anpassung von Assistenzsystemen ist derzeit auf manuelle Analyse beschränkt (Pokorni et al. 2022). Darüber hinaus passen sich Systeme, sobald sie entworfen wurden, nicht autonom an den Kontext der physischen Nutzung an. Eine mögliche Lösung zur Ermöglichung einer solchen Kontextsensitivität umfasst die Erkennung menschlicher Aktionen (Human Action Recognition, HAR; Beddiar et al. 2020). HAR wird mit verschiedenen Sensortypen durchgeführt, die im Wesentlichen in zwei Kategorien unterteilt werden können: inertial- und visionbasierte Sensoren (Bulling et al. 2014; Aggarwal & Xia 2014). Während inertiale Sensoren Trägheits-

messeinheiten nutzen, die Gyroskope, Beschleunigungsmesser und Magnetometer kombinieren, verwenden visionbasierte Sensoren verschiedene Kameratypen und Tiefensensoren. Die Nutzung von HAR zur Erkennung physischer Arbeitskontexte ist jedoch noch begrenzt, da domänenspezifische Daten und Methoden fehlen, um eine zuverlässige Erkennung in nicht-egozentrischen Szenarien wie großen Montagearbeitsplätzen zu ermöglichen.

Jüngste Fortschritte in der HAR Forschung haben verschiedene Eingabedatenmodalitäten untersucht, darunter RGB-, Skelett- und Tiefendaten (Zhang et al. 2019). RGB Daten bieten reichhaltigen Szenenkontext, sind jedoch rechenintensiv. Skelettdaten erfassen effizient Gelenkbewegungen, bieten jedoch keine Umweltinformationen. Tiefendaten, hauptsächlich in autonomen Fahrsystemen genutzt, erfassen 3D Strukturen und Entfernungen (Al-Faris et al. 2020; Liu et al. 2019). Die Kombination mehrerer Modalitäten kann die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Erkennung erheblich verbessern. Eine besonders effektive Methode kombiniert RGB Video mit Skelettdaten, da RGB kontextuelle Details liefert und Skelettdaten die Präzision bei Ganzkörperbewegungen wie Heben erhöhen. Diese Fusion ermöglicht eine genauere Erkennung physischer Arbeitskontexte.

Diese Studie zielt darauf ab, die Erkennung physischer Arbeitskontexte zu verbessern, indem ein automatisierter Algorithmus zur Ganzkörperaktionserkennung mit einer ergonomischen Risikobewertung kombiniert wird. Ziel ist es, die Analyse zur Gestaltung von Assistenzsystemen zu vereinfachen. Ein praktischer Anwendungsfall ist Siemens Mobility Austria GmbH, die nachhaltige Transportlösungen herstellt. Das Unternehmen plant, Assistenzsysteme entlang seiner Montagelinien zu integrieren, um Arbeitende zu unterstützen. Die Implementierung von HAR und ergonomischer Analyse wird entscheidend für die Optimierung zukünftiger Fertigungsprozesse sein.

2. Hintergrund

Manuelle Arbeit spielt nach wie vor eine entscheidende Rolle in zahlreichen Aspekten des Fertigungsprozesses. Arbeitsintensive Tätigkeiten setzen Arbeitende monotonen Bewegungen, langanhaltender körperlicher Belastung, unbequemen Haltungen sowie verlängertem Stehen und Sitzen aus (Chatzis et al. 2022). Die wiederholende Natur solcher Aufgaben erhöht das Risiko von Überlastungsverletzungen und belastet Muskeln, Sehnen und Nerven, was zu arbeitsbedingten muskuloskelettalen Störungen (WMSD) führen kann. WMSDs sind heutzutage die Hauptursache für Krankheitsausfälle, arbeitsbedingte Behinderungen und einen allgemeinen Produktivitätsverlust in den Industrieländern (Massiris Fernández et al. 2020). Um diese Störungen zu verringern, ist es entscheidend, die Risikostufen der Belastung zu bewerten und Gegenmaßnahmen wie physische Unterstützungssysteme einzuführen (Chatzis et al. 2022). Physische Assistenzsysteme wie Exoskelette können die negativen Auswirkungen ungünstiger Körperhaltungen ausgleichen. Aufgrund ihrer Einschränkungen, wie der Verlagerung der Belastung auf andere Körperteile (McGowan & Beltzman 2020), ist es jedoch notwendig, sie entsprechend dem physischen Kontext der Arbeit einzusetzen. Dies kann durch ergonomische Risikobewertung quantifiziert werden.

In Arbeitsumgebungen, in denen Arbeitende direkt bei ihren Aufgaben beobachtet werden, werden visuelle Ansätze in Kombination mit einer der Beobachtungsmethoden wie OWAS, RULA oder REBA verwendet (Kwon et al. 2022). Die Rapid Upper Limb Assessment (RULA) ist eine Methode zur Messung von Risikofaktoren für muskoskeletale Störungen, die mit Bewegungen der oberen Gliedmaßen, des Nackens

und des Rumpfes verbunden sind. Diese Methode ist besonders wertvoll in Branchen, in denen wiederholte oder langandauernde Aufgaben mit den oberen Gliedmaßen häufig vorkommen, wie z. B. in der Fertigung, Montage und im Gesundheitswesen.

Ein großes Problem der ergonomischen Risikobewertung ist jedoch, dass diese Methoden weder die Aktionen noch den Kontext der Arbeit berücksichtigen. Stattdessen basieren sie nur auf den Winkeln zwischen Körperteilen. Das bedeutet, dass das Bücken ohne Gewicht dasselbe Risiko wie das Heben eines schweren Objekts darstellt. Durch die Einbeziehung der Aktionserkennung könnte die ergonomische Bewertung eine objektivere Einschätzung für den Einsatz von Unterstützungssystemen bieten. Dies ist auch notwendig, da ohne die Berücksichtigung von Aktionen das Risiko nicht auf einen spezifischen Arbeitsschritt kontextualisiert wird und daher nur als ein durchschnittlicher Wert für den gesamten Prozess betrachtet werden kann, jedoch nicht aktionspezifisch.

3. Methode

Die derzeit vorgeschlagenen automatisierten ergonomischen Risikoassessments fehlen an Detailliertheit, da sie tendenziell auf allgemeine Aufgaben fokussiert sind, anstatt auf spezifische Körperbewegungen. Eine bestimmte Arbeitstätigkeit kann einen hohen ergonomischen Risikowert haben, aber ohne Kontextualisierung ist nicht klar, welche Körperbewegung den größten Einfluss darauf hat. Durch die Integration von HAR zusammen mit automatisierten Risikoassessments kann diese Einschränkung überwunden werden. Auf diese Weise liefert das HAR System detaillierte Informationen über die erkannten Körperhaltungen, während die ergonomische Risikoanalyse für jede erkannte Haltung einen bestimmten Risikowert zuweist.

Um die Genauigkeit der automatisierten ergonomischen Risikoanalyse zu verbessern, wurde ein integrierter Ansatz entwickelt, der HAR mit der RULA Methode kombiniert. Das hybride Framework klassifiziert zunächst Ganzkörperbewegungen und verknüpft sie mit den entsprechenden RULA Werten. Dadurch werden Bewegungen, die für RULA nicht relevant sind, herausgefiltert, so dass nur die relevanten Bewegungen weiter analysiert werden. Der Ablauf dieses Ansatzes ist in Abbildung 1 dargestellt.

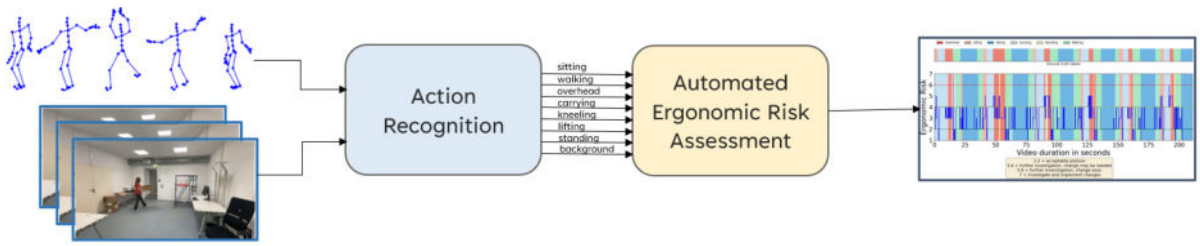


***Abbildung 1**: Integration des HAR-Modells und der automatisierten ergonomischen Bewertung*

Der erste Schritt besteht darin, YOLOv8 zu verwenden, um Posen aus einer Videoaufnahme zu extrahieren, die die Arbeitenden bei der Ausführung einer bestimmten Aufgabe zeigt. Das vorverarbeitete Video wird dann in das HAR Modell eingegeben, das die aufgezeichneten Körperbewegungen in eine der sieben Ganzkörperaktionsklassen einteilt: Tragen, Überkopf, Sitzen, Stehen, Gehen, Knien und Heben. Anschließend wird das automatisierte ergonomische Risikobewertungsframework, Ergo Maps (Kostolani et al. 2022), eingesetzt. Dieses Framework weist jeder Aktionsklasse eine spezifische ergonomische Risikobewertung zu. Schließlich erzeugt die Integration

des HAR Modells und von ErgoMaps eine farbcodierte Grafik, die die Verteilung der ergonomischen Bewertungen über die identifizierten Aktionsklassen hinweg anzeigt und ein umfassendes Verständnis der Auswirkungen jeder Klasse auf die Ergonomie der Arbeitenden bietet.

3.1 Use Case

Logistikoperationen in Fertigungsumgebungen beinhalten eine Vielzahl von Aktivitäten, die für den Materialfluss entscheidend sind. Aufgrund der Komplexität und Vielfalt dieser Aufgaben sind sie ideal für Videoanalysen. Daher wurde beschlossen, die Körperbewegungen der Arbeitenden während dieser Aufgaben zu erfassen und zu analysieren, um ein Framework aus Videoklassifikationsmodellen und automatisierter ergonomischer Risikoanalyse zu implementieren.

Für die Evaluation wurde Videomaterial typischer Logistikaufgaben aufgenommen. Diese wurden in Innenräumen produziert, in denen typische Logistikobjekte wie Rollregale und Kartons zu finden sind. Jede simulierte Aufgabe enthält eine Reihe von Aktionen, die wiederholt ausgeführt werden, um Variabilität in Faktoren wie Geschwindigkeit und Intensität zu gewährleisten. Die aufgezeichnete Arbeitsaufgabe umfasst fünf Klassen: Heben, Tragen, Überkopf, Sitzen und Gehen. Zunächst werden Kisten mit Materialien an der Werkstation platziert. Die arbeitende Person hebt und trägt die Kisten zu einer anderen Werkstation. Anschließend lagert sie die Kisten auf Kopfhöhe (Überkopf). Danach geht die arbeitende Person zum Schreibtischbereich, führt zusätzliche Aufgaben wie das Erfassen des Materials durch (Sitzen) und kehrt schließlich zur ursprünglichen Werkstation zurück (Gehen).



***Abbildung 2**: Arbeitsaufgabe, die typische logistische Körperbewegungen darstellt*

3.2 Ergebnisse

Das Video, das mit den vom vorgeschlagenen Modell klassifizierten Labels exportiert wurde, wird manuell analysiert. Laut dieser Analyse hat das Modell eine gute Leistung bei allen Körperbewegungen gezeigt. Aktionen wie Sitzen, Tragen und Gehen wurden größtenteils korrekt vorhergesagt. Nach der Klassifikation wird eine ergonomische Bewertung durchgeführt. Zuerst wird ein Diagramm erstellt, das die Videodauer in Sekunden auf der x-Achse und die ergonomischen Risikowerte auf der y-Achse darstellt. In diesem Diagramm wird jede Klasse durch eine vordefinierte Farbe repräsentiert. Für die RULA Bewertung werden die interessierenden Klassen (Überkopf und Heben) im roten Spektrum hervorgehoben. Wie in Abbildung 3 gezeigt, haben diese

Klassen ein hohes ergonomisches Risiko, mit Werten über 3. Darüber hinaus treten zahlreiche Spitzen (Wert 5) innerhalb dieser Klassen auf, was auf einen dringenden Änderungsbedarf der Aufgaben hinweist. Am oberen Rand des dargestellten Diagramms sind die Ground-Truth-Labels angezeigt.

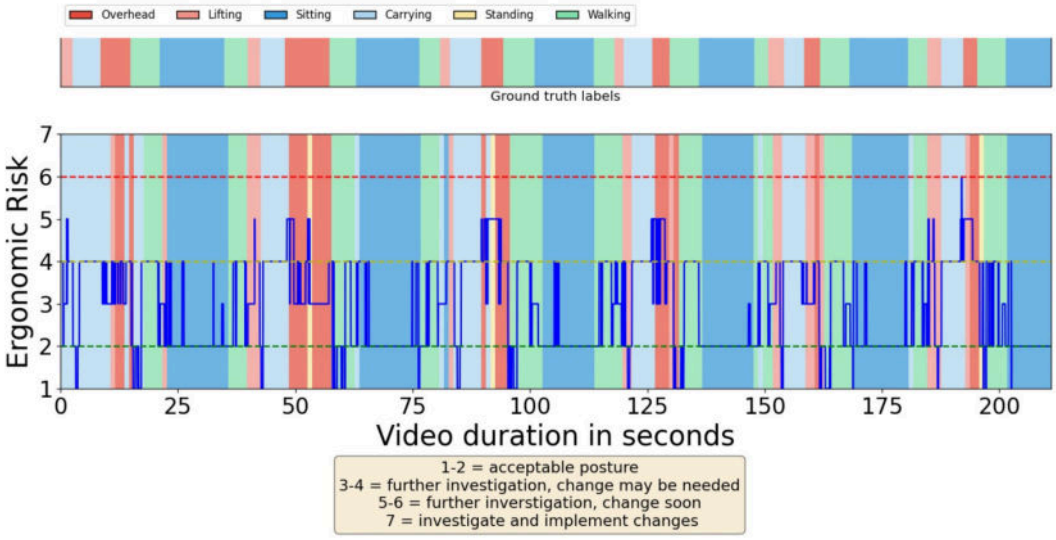


***Abbildung 3**: Ergonomische Scores der aufgezeichneten Aufgabe mit den vom HAR-Modell gekennzeichneten Klassen und den entsprechenden Ground Truth Labels*

4. Diskussion

Ergonomische Risikoassessments werden oft ohne Berücksichtigung des physischen Kontextes der Arbeit durchgeführt. Beispielsweise basiert das weit verbreitete RULA Modell hauptsächlich auf der Berechnung von Winkeln zwischen verschiedenen Körperteilen, um das ergonomische Risiko zu bewerten. Während dieser Ansatz wertvolle Einblicke in die Körperhaltung bietet, werden kontextuelle Elemente im Arbeitsbereich, wie die spezifische Aufgabe, die die Arbeitenden gerade ausführen, nicht berücksichtigt.

Um dieses Problem zu adressieren, wird ein integriertes, auf Deep Learning basierendes Framework vorgeschlagen, das ein Videoklassifikationsmodell mit einer automatisierten ergonomischen Risikoanalyse kombiniert. Das vorgeschlagene Modell nutzt ein fusionsbasiertes HAR Modell zusammen mit einer automatisierten ergonomischen Risikoanalyse basierend auf der RULA Methode. Dieses Framework erzeugt ergonomische Risiko Diagramme, die den ergonomischen Risiko Score über die gesamte Dauer der Aufgabe veranschaulichen.

Durch die Kombination mit einem Videoklassifikationsmodell wird es einfach, vollwertige Körperbewegungen, die ergonomische Risiken darstellen, genau zu isolieren. Zum Beispiel würde das alleinige Vertrauen auf die RULA Bewertung für die Klasse Sitzen diese fälschlicherweise als hohes ergonomisches Risiko einstufen, weil diese Körperbewegung nicht für die RULA Bewertung geeignet ist. Durch die Integration mit dem HAR Modell können jedoch solche Körperbewegungen ausgeschlossen und relevante Bewegungen wie Überkopf oder Knien fokussiert werden. Daher führt dieser integrierte Ansatz zu einer erheblich präziseren ergonomischen Risikoanalyse.

5. Fazit

Kürzlich vorgeschlagene automatisierte ergonomische Risikobewertungen berücksichtigen nicht den spezifischen Kontext der Arbeitsstationen und liefern Ergebnisse, die nicht mit bestimmten Körperhaltungen verknüpft werden können. Zur Schließung dieser Forschungslücke wird ein integriertes Framework vorgeschlagen, das ein Videoklassifikationsmodell mit einer automatisierten ergonomischen Risikobewertung kombiniert. In einer simulierten Umgebung für Logistikaufgaben in der Fertigung getestet, zeigt sich: Eine ergonomische Risikobewertung ohne Kontextualisierung ist ungenau. Mit HAR lässt sich die Bewertung jedoch präzisieren, um gesundheitsrelevante Bewegungen gezielt zu identifizieren.

6. Literatur

Aggarwal JK, Xia L (2014) Human activity recognition from 3D data: A review.

Al-Faris M, Chiverton J, Ndzi D, Ahmed AI (2020) A review on computer vision-based methods for human action recognition.

Beddiar DR, Nini B, Sabokrou M, Hadid A (2020) Vision-based human activity recognition: a survey. Multimedia Tools and Applications 79.

Bulling A, Blanke U, Schiele B (2014) A tutorial on human activity recognition using body-worn inertial sensors. ACM Computing Surveys 46.

Chatzis T, Konstantinidis D, Dimitropoulos K (2022) Automatic ergonomic risk assessment using a variational deep network architecture. Sensors 22:6051.

Kaasinen E, Schmalfuß F, Özturk C, Aromaa S, Boubekeur M, Heilala J, Heikkilä P, Kuula T, Liinasuo M, Mach S, Mehta R, Petäjä E, Walter T (2020) Empowering and engaging industrial workers with Operator 4.0 solutions. Comput Ind Eng 139.

Korhan O, Fallaha M, Cinar Z, Zeeshan Q (2022) The Impact of Industry 4.0 on Ergonomics.

Kostolani D, Wollendorfer M & Schlund S. (2022). Ergomaps: Towards interpretable and accessible automated ergonomic analysis. In 2022 IEEE 3rd International Conference on Human Machine Systems (ICHMS), pp. 1–7.

Kwon Y-J, Kim D-H, Son B-C, Choi K-H, Kwak S, Kim T (2022) A work-related musculoskeletal disorders (WMSDs) risk-assessment system using a single-view pose estimation model. Int J Environ Res Public Health 19:9803.

Liu G, Qian J, Wen F, Zhu X, Ying R, Liu P (2019) Action recognition based on 3D skeleton and RGB frame fusion.

McGowan B, Beltzman B (2020) Exoskeletons: The good, the bad and the ugly. https://www.ehstoday.com/safety-technology/article/21138659/exoskeletons-the-good-the-bad-and-the-ugly.

Möncks M, Bohné T, Roth E (2020) Worker assistance systems: Understanding the human perspective. https://www.themanufacturer.com/articles/worker-assistance-systems-understanding-the-human-perspective/.

Majumder S, Kehtarnavaz N (2021) Vision and inertial sensing fusion for human action recognition: A review.

Massiris Fernández M, Álvaro Fernández J, Bajo JM, Delrieux CA (2020) Ergonomic risk assessment based on computer vision and machine learning. Comput Ind Eng 149:106816. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835220305192.

Pokorni B, Popescu D, Constantinescu C (2022) Design of cognitive assistance systems in manual assembly based on quality function deployment. Appl Sci 12(8):3887.

Roth E, Möncks M, Bohné T, Pumplun L (2020) Context-aware cyberphysical assistance systems in industrial systems: A human activity recognition approach.

Zhang HB, Zhang YX, Zhong B, Lei Q, Yang L, Du JX, Chen DS (2019) A comprehensive survey of vision-based human action recognition methods.

Danksagung: Diese Arbeit wurde von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft im Rahmen des Projekts A2P (FFG-891196) gefördert.

Planung und Simulation von MRI-Anwendungen am Beispiel BZ-Stack- Montage zur Steigerung der Effizienz und Ergonomie

Michael SPITZHIRN[1], Jayanto HALIM[2], Mohamad BDIWI[2], Andreas HESSE[3]

[1] imk Industrial Intelligence GmbH, D-09128 Chemnitz
[2] Gruppe Kollaborative Robotersysteme, Fraunhofer IWU, D-09126 Chemnitz
[3] BEAS Technology GmbH, D-09125 Chemnitz

Kurzfassung: Brennstoffzellen-Stacks (BZ-Stacks) können einen wichtigen Beitrag zur klimaneutralen Energieversorgung leisten. Um einen breiten Einsatz dieser Technologie zu ermöglichen, ist eine signifikante Reduzierung der Produktionskosten erforderlich. Aufgrund aktuell geringer Stückzahlen und komplexer Handhabung bieten Mensch-Roboter-Interaktionen (MRI) hier eine flexible und adaptive Lösung, die wirtschaftliche und ergonomische Potenziale versprechen. Unter Einsatz der Planungssoftware ema Work Designer werden zwei MRI-Konzepte zur Montage des OSS-Stack050 simuliert und bzgl. Ergonomie und zeitlichen Effizienz bewertet. Dabei werden verschiedene Aufgabenteilungen zwischen Mensch und Roboter untersucht, um die Herausforderungen und Mehrwerte zu identifizieren. Konzept 1 führt zur wesentlichen Zeitreduktion, während Konzept 2 signifikante ergonomische Verbesserungen bietet. Die Prozesssimulation unterstützt hierbei die Ermittlung und Auswahl geeigneter Montagekonzepte für BZ-Stacks und trägt zur Entwicklung nachhaltiger, wirtschaftlicher und ergonomischer Arbeitsbedingungen bei.

Schlüsselwörter: Brennstoffzellen, Digitale Arbeitsplanung, Digitale Menschmodelle, MRK, Mensch-Roboter-Interaktion, Prozesssimulation

1. Motivation und Stand der Technik

Die globale Verpflichtung zur Klimaneutralität fördert den Übergang zu sauberen Energien, wobei Wasserstoff-Brennstoffzellen (BZ) als Schlüsseltechnologie gelten, insbesondere im Automobilsektor (ZSW 2021). Der Brennstoffzellen-Stack (BZ-Stack), der aus mehreren in Reihe geschalteten Einzelzellen besteht, stellt eine zentrale Komponente dieser Technologie dar. Um einen breiten Einsatz dieser Technologie zu ermöglichen, müssen die Preise für BZ-Stacks signifikant sinken. Ein verstärkter Einsatz von Robotern und Automatisierung könnte einen wesentlichen Beitrag leisten (Zhang et al. 2022). Hohe Produktkomplexität sowie -vielfalt wie auch die noch geringen Produktionsmengen von BZ-Stacks stehen einer vollständigen Automatisierung aktuell noch entgegen. In diesem Kontext stellt die Mensch-Roboter-Interaktion (MRI) eine flexible und adaptive Lösung dar, die die Prozesseffizienz als auch Ergonomie signifikant verbessern kann (Cardoso et al. 2021). Die Gestaltung und Umsetzung kann hierbei durch geeignete Softwarelösungen unterstützt werden (Spitzhirn et al. 2024). Diese Arbeit untersucht in einer simulativen Fallstudie das Automatisierungspotenzial der BZ-Stack-Montage unter Verwendung verschiedener MRI-Konzepte, um die Effizienz der Produktion zu verbessern sowie die ergonomischen Risiken für die Mitarbeitenden zu senken.

2. Vorgehensweise zur digitalen Planung von Mensch-Roboter-Interaktionen

Bei der Planung von MRI-Arbeitsplätzen sind wirtschaftliche, technische, ergonomische sowie sicherheitsrelevante Aspekte zu berücksichtigen (Müller et al. 2019). Ebenso ist eine frühzeitige Einbindung der späteren Anwender erforderlich, um eine hohe Akzeptanz und damit eine nachhaltige Nutzung der entwickelten Systeme sicherzustellen (Bauer et al. 2016). Die Planung der MRI-Arbeitsplätze erfolgt nach Abb. 1 unter Verwendung einer strukturierten MRI-Methodik und dem Prozessplanungswerkzeug emaWD (Spitzhirn et al. 2023, Spitzhirn et al. 2024).

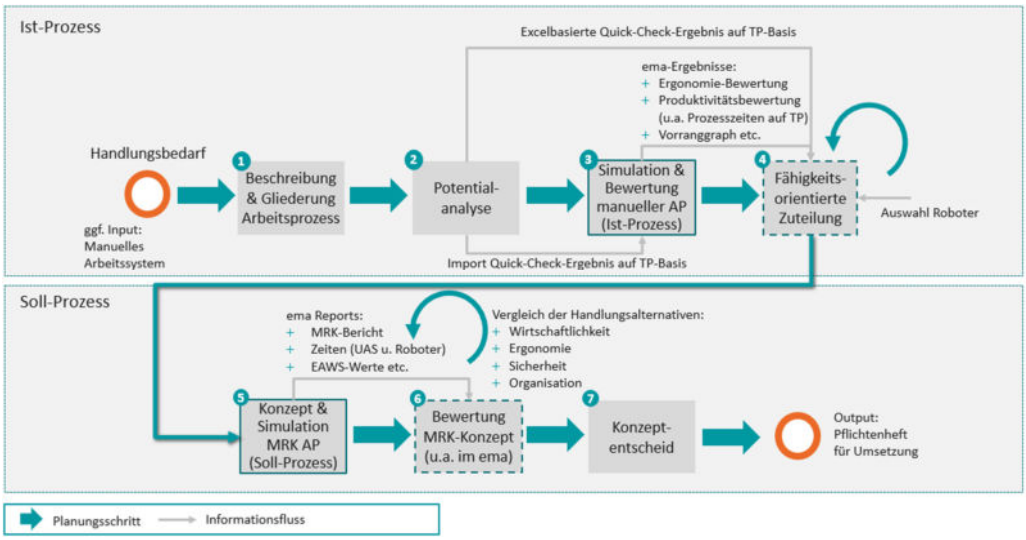


Abbildung 1: *MRI-Planungsprozess für BZ-Stack-Montage mittels ema Work Designer*

Die Untersuchung und Simulation der manuellen Montageprozesse sowie der MRI-Konzepte erfolgt im emaWD nach Spitzhirn et al. 2023 unter Einbeziehung von drei Menschmodellen (M50: Mann, 50. KH-Perzentil: 175 cm, AK-Klasse: 40 Jahre; F05: Frau, 5. KH-Perzentil: 151 cm, AK-Klasse 60 Jahre; M95: Mann, 95. KH-Perzentil: 191cm, AK-Klasse 20 Jahre). Dabei wird eine fähigkeitsgerechte Aufgabenzuteilung zwischen Mensch und Roboter durchgeführt. Die Überprüfung der Automatisierbarkeit sowie des MRI-Potentials erfolgt mit dem Quick Check (Emer et al. 2019) unter Bewertung der Bauteileigenschaften (Gewicht, Empfindlichkeit, Handhabbarkeit etc.), deren Zu- und Abführung (Aktionsradius, Ordnungszustand etc.) und dem Verbesserungspotential (Ergonomie, Zeitbedarf, Sicherheit). Die Simulation wird bzgl. Ausführbarkeit, Ausführungszeiten nach MTM-UAS, Wartezeiten, ergonomischen Risiken nach EAWS für Gesamtkörper und obere Extremitäten sowie Sicherheitskriterien nach ISO 15066 bewertet. Die Entwicklung der Konzepte erfolgt iterativ unter Einbindung von Roboter- und Ergonomieexperten. Die Simulationsergebnisse werden zudem in emaVR in virtuellen VR-Tryouts betrachtet und getestet, um die Machbarkeit und Akzeptanz der Konzepte zu evaluieren.

3. Use-Case: Brennstoffzellen-Stack und dessen Aufbau

Die MRI-Planung wird anhand des Open Source Stack OSS050 (BZ-Stacks) demonstriert (HZwo 2025). Der Stackaufbau sowie eine mögliche Montagereihenfolge mit den Montageschritten sind in Abb. 2 dargestellt. Es handelt sich hierbei um eine

stark sequenzielle Bauweise, bei der eine Variation der Montagereihenfolge nur in den Schraubverbindungen sowie in der Reihenfolge der Baugruppen (BG: Einzelzelle-A, BG: Oberes Endplattensystem) möglich ist. Für die Ergonomie- und Zeitanalysen wurden die Massen der Komponenten (zw. 0,012 kg bis 4,2 kg), aufzubringende Kräfte (<30N) in die emaWD Simulation übertragen und eine Nettoarbeitszeit von 440 Minuten mit 40 Minuten Pause (zwei Pausen > 8 Minuten) angenommen.

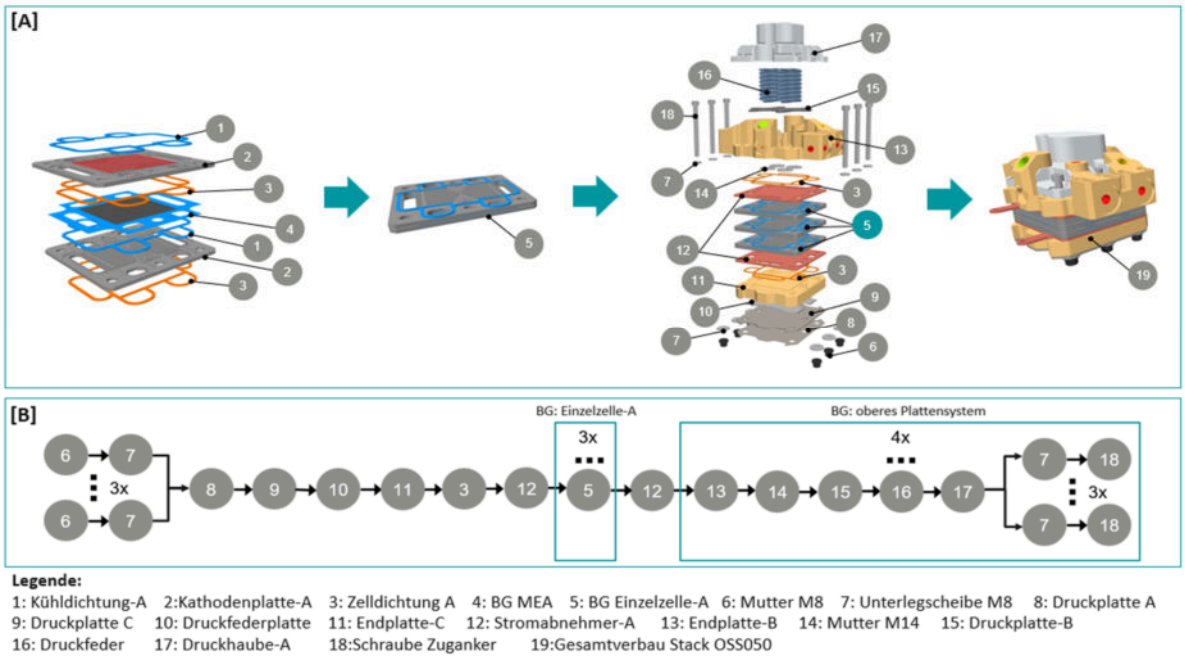


***Abbildung 2**: Zusammenbau OSS050-Stack mit Einzelkomponenten und BZ-Einzelzelle [A] sowie Montagevorranggraphen [B]*

4. Analyse des Ausgangszustands und dessen Automatisierbarkeit

4.1 Simulation und ergonomische und zeitliche Auswertung Ausgangszustand

Zuerst wurde die manuelle Montage des OSS050-Stacks mittels emaWD simuliert und bewertet. Die Ausführungszeit für den gesamten Prozess beträgt 282,1 s, wodurch 94 Stacks pro Schicht produziert werden können. Die Prozessschritte „Einzelzelle montieren und Einzelteile platzieren“ (139,9 s, 49,6 %), „Oberes Endplattensystem montieren“ (30,8 s, 10,9 %) sowie „Schrauben Zuganker eindrehen“ (24,8 s, 8,8 %) verursachen zusammen etwa 70 % der Ausführungszeit. Für alle untersuchten Menschmodelle – von der kleinen Frau (F05) über den mittleren Mann (M50) bis hin zum großen Mann (M95) – sind die Tätigkeiten ausführbar und alle erforderlichen Informationen sowie Objekte wahrnehmbar. Einschränkungen bestehen für die kleine Frau (F05) beim Herausholen von Bauteilen aus den oberen Regalfächern, was zu Bewegungen in maximalen Gelenkbereichen führen kann. Bezogen auf den Gesamtkörper ergibt die EAWS-Bewertung für die drei Personengruppen (F05: 14,5 Pkt., M50: 10 Pkt., M95: 6,5 Pkt.) ein geringes ergonomisches Risiko. Eine hohe Belastung wird durch die Handhabung des montierten Stacks (9 kg) verursacht. Aufgrund der hohen Anzahl an Wiederholungen und ähnlicher Bewegungen sowie teilweiser ungünstiger Gelenkwinkelstellungen ergibt sich nach EAWS für die oberen Extremitäten mit 58 Punkten ein hohes Risiko für muskuloskelettale Beschwerden des

Hand-Arm-Systems. Abb. 3 zeigt den Aufbau des manuellen Arbeitsplatzes sowie die zeitlichen und ergonomischen Bewertungen für das Menschmodell M50.

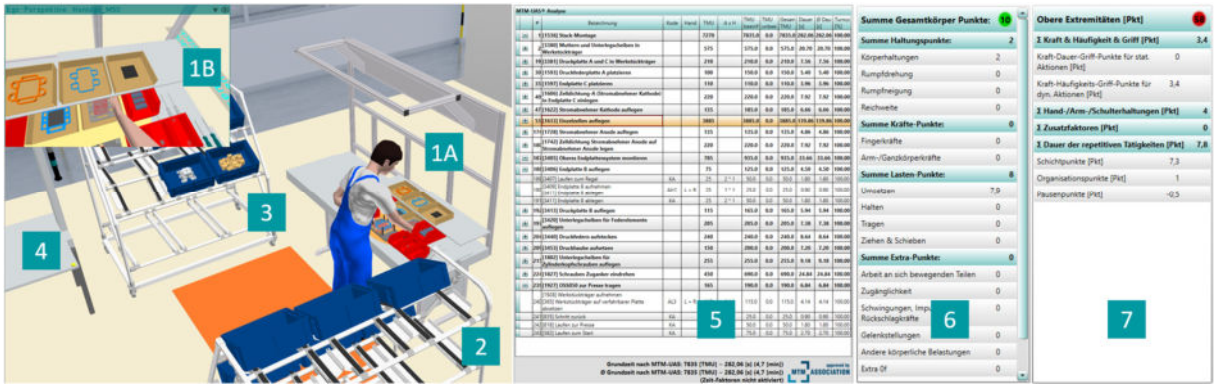


Abbildung 3: *Aufbau manueller Arbeitsplatz (1A: Montagetisch, 1B: Egoperspektive am Montagetisch, 2 & 3: Regale, 4: Presse) und dessen Bewertungen für Zeit nach MTM-UAS (5), EAWS für Gesamtkörper (6) und EAWS für obere Extremitäten (7)*

4.2 MRK- / Automatisierungspotential und Aufgabenzuordnung

Im nächsten Schritt wurde das Automatisierungspotential (69,7 %) sowie das MRI-Potential (19 %) mittels des Quick-Check ermittelt. Die höchste Bewertung erfolgt für die Prozesse „Schrauben Zuganker [18]“ (77,3 %), „Druckplatte A und C einlegen“ sowie „Druckfeder A und Endplatte platzieren“ (jeweils 75 %). Die Prozesse „Zelldichtung in Endplatte einlegen“ (59,1 %) und „Einzelzelle montieren und Einzelteile platzieren“ (54,5 %) werden aufgrund der Bauteileeigenschaften sowie der Anforderungen an Zu- und Abführung als besonders herausfordernd für eine Automatisierung eingestuft. Nach zeitlichen und ergonomischen Aspekten besteht für den Prozess „Einzelzelle montieren und Einzelteile platzieren“ ein hohes Potential, da dieser einen sehr hohen zeitlichen Aufwand (50 % der Gesamtzeit) verursacht sowie hohe Anforderung an den Menschen aufgrund hoher Präzision und einer Vielzahl gleichförmiger Bewegungen erfordert.

5. Bewertung MRI-Arbeitssysteme

Im weiteren Verlauf wurden zwei MRI-Konzepte im emaWD simuliert und bewertet (siehe Abb. 4). Als Roboter wurde der ABB IRB2600 gewählt, da dieser beim späteren Anwendungspartner verfügbar ist. Mit einer Reichweite von 1.650 mm und einer maximalen Traglast von 12 kg eignet sich dieser Roboter für die vorgesehenen Aufgaben. Für einen sicheren Betrieb wurde eine maximale Verfahrgeschwindigkeit von 1 m/s festgelegt, zusätzlich wird ein Bodenscanner verwendet, um Schneid-, Quetsch- und Kollisionsgefahren zu vermeiden. Darüber hinaus wurde der Arbeitsplatz neugestaltet, indem hinderliche Streben entfernt und die Zu- sowie Abführung der Komponenten für den Roboter über Fließbänder in den Konzepten realisiert werden. Die Materialien werden lagerichtig in Werkstückträgern und Magazinen bereitgestellt.

Die Aufgabenteilung der zwei Konzepte ist in Abb. 4 dargestellt. In Konzept 1 werden die Prozesse „Einzelzelle montieren und Einzelteile platzieren“ sowie „Stromabnehmer und Zelldichtungen auflegen“ auf den Roboter übertragen. Alle anderen Tätigkeiten verbleiben beim Menschen. Für die Montage der Einzelzelle und

-teile wird ein kombinierter Sauggreifer mit vier Fingergreifern eingesetzt. Die plattenförmigen Bauteile werden durch den Vakuumgreifer und die flexiblen Teile durch die vier Fingergreifer gehandhabt. In Konzept 2 übernimmt der Roboter nach Quick-Check die Vormontage von zwei Baugruppen, die die Prozesse „Druckplatte A und C einlegen“, „Druckfederplatte und Endplatte einlegen“ sowie den Prozess „Oberes Endplattensystem montieren“ umfassen, und transportiert den montierten Stack auf ein Förderband. Die Schraubprozesse sowie die Montage der Einzelzellen und flexiblen Teile verbleiben beim Menschen. Im Konzept wird ein hybrider Greifer mit parallelem Greifer und Flächenvakuumgreifer verwendet.

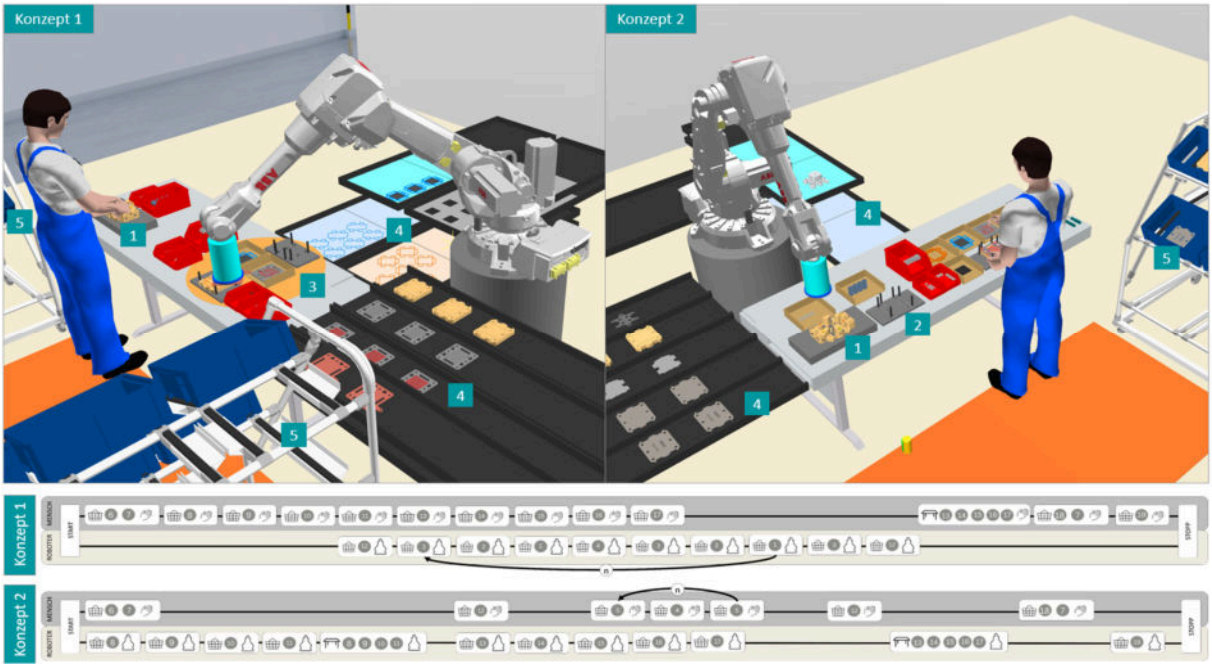


***Abbildung 4**: Aufbau MRI-Arbeitsplätzte (1: Vormontage, 2: Vormontage BG Druck- Feder- & Endplatte, 3: Drehtisch, 4: Zuführsysteme für Roboter 5: manuelle Zuführung (IST) inkl. Arbeitsgangfolge-Diagramme für MRI-Konzept 1 und MRI-Konzept 2*

Die Gesamtausführungszeit nach MTM-UAS beträgt für Konzept 1 292,1 s und für Konzept 2 282,1 s. Der Roboter benötigt mit 224,2 s doppelt so viel Zeit wie Mensch (109,4 s). Daher wird die Einführung einer Roboter Vormontage empfohlen, um die Auslastung des Gesamtsystems zu erhöhen und den Prozess vom Menschen zu entkoppelt. Dadurch können Sicherheitsanforderungen reduziert und die Ausführungsgeschwindigkeit wesentlich erhöht werden. In Konzept 2 führt die Vormontage der Baugruppen zu geringfügigen Zeitreduktionen, die jedoch durch die reduzierte Robotergeschwindigkeit von 250 mm/s im direkten Bereich des Menschen nahezu vollständig kompensiert wird. Bei der Entkopplung des Prozesses zwischen Roboter und Mensch könnte die Ausbringungsmenge in Konzept 1 mehr als verdoppelt werden. Dies führt zu einer geringfügigen Erhöhung der ergonomischen Belastung für den Gesamtkörper (14 Punkte), jedoch zu einer erheblichen Steigerung der Belastung für die oberen Extremitäten auf 70,1 Punkte (hohes Risiko). In Konzept 2 bleibt die Ausführungsmenge unverändert. Durch die Übernahme der montierten Stacks (9 kg) wird die ergonomische Belastung für den Gesamtkörper bei 13 Punkten (geringes Risiko) gehalten. Es wird jedoch ein erhöhter Wert für das Stehen festgestellt, da die Bewegungen in einem sehr eingeschränkten Bewegungsbereich (0,57 m²) stattfinden.

Durch die Verlagerung repetitiver Bewegungen auf den Roboter kann die Belastung der oberen Extremitäten auf 40,5 Punkte (mögliches Risiko) gesenkt werden.

6. Diskussion und Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit untersucht das Automatisierungspotential und die Nutzung von Mensch-Roboter-Interaktion (MRI) zur Optimierung der Produktionsprozesse in der Brennstoffzellen-Stack (BZ-Stack)-Montage unter Verwendung des ema Work Designers. Dabei wurde der Einsatz eines ABB-Roboters inklusive Sicherheitstechnik und Anpassung der Greifersysteme bei verschiedenen Aufgabenteilungen zwischen Mensch und Roboter untersucht. Es wurde aufgezeigt, welche Mehrwerte und Herausforderungen in verschiedenen MRI-Konzepten bestehen und wie diese als Grundlage für weiterführende Entscheidungen dienen können. Eine besondere Herausforderung stellt die Reduktion der Robotergeschwindigkeit bei MRI dar, die zu einer signifikanten Verringerung der Ausbringungsmenge führen kann. Durch die Einführung separater Arbeitsplätze in Konzept 1 konnten diese Herausforderungen jedoch verringert werden. Konzept 2 reduzierte die ergonomische Belastung durch geeignete Aufgabenteilung sowie Optimierung der Greifräume und Arbeitshöhen. Der Einsatz digitaler Werkzeuge wie emaWD unterstützt hierbei die Entwicklung von wirtschaftlichen und ergonomischen Arbeitsplätzen für die zukünftige BZ-Produktion.

7. Literatur

Bauer W, Bender M, Braun M, Rally P, Scholtz O (2016). Leichtbauroboter in der manuellen Montage – einfach einfach anfangen. – Erste Erfahrungen von Anwenderunternehmen. Fraunhofer IAO.

Cardoso, A., Colim, A., Bicho, E. et al. (2021). Ergonomics and human factors as a requirement to implement safer collaborative robotic workstations: A literature review. Safety, 7(4), 71

Ermer AK, Seckelmann T, Barthelmey A el al. (2019). A Quick-Check to Evaluate Assembly Systems' HRI Potential. 4. Kongress Montage Handhabung Industrieroboter. Berlin: Springer Vieweg.

Mateus, J. C., Claeys, D., Limère, V et. al. (2019). A structured methodology for the design of a human-robot collaborative assembly workplace. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 102, 2663-2681.

Spitzhirn, M., Gärtner, C., Fritzsche F. (2023). Digital planning of ability-appropriate and productive human-robot interactions in production. IEEE International Conference on Advanced Robotics and Its Social Impacts (ARSO), Berlin, Germany, 2023, pp. 166-171, doi: https://doi.org/10.1109/ARSO56563.2023.10187520

Spitzhirn, M., Halim, J. Bdiwi, M. (2024). Simulation und Programmierung von Mensch-Roboter-Interaktionen für agile Produktionssysteme. In GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2024, Stuttgart „Arbeitswissenschaft in-the-loop: Mensch-Technologie-Integration und ihre Auswirkung auf Menschen, Arbeit und Arbeitsgestaltung“ (1-6; Beitrag C.4.6)

Zhang, S. W., Wang, Z., Cheng, D. J. et al. (2022). An intelligent decision-making system for assembly process planning based on machine learning considering the variety of assembly unit and assembly process. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 121(1), 805-825.

ZSW (2021). Systemvergleich zw. Wasserstoffverbrennungsmotor und Brennstoffzelle im schweren Nutzfahrzeug: Eine technische und ökonomische Analyse zweier Antriebskonzepte. E-mobil BW.

Danksagung: Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt (03RU2U021K, Lfz: 01.08.2023-31.07.2026) wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „RUBIN – Regionale unternehmerische Bündnisse für Innovation“ gefördert und vom Projektträger Jülich Forschungszentrum (PtJ) betreut.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Analyse des Tageslärmexpositionspegels in der Schweißerei unter Einbeziehung dynamischer Arbeitsabläufe

Jonathan BECHTEL[1], Sandra GROOS[2], Nicolas SÄNGER[1], Karsten KLUTH[1]

[1] Institut für Produktionstechnik, Arbeitswissenschaft/Ergonomie, Universität Siegen, Paul-Bonatz-Straße 9-11, D-57068 Siegen
[2] Institut für Allgemeinen Maschinenbau (IAM), Technische Hochschule Köln, Steinmüllerallee 1, D-51643 Gummersbach

Kurzfassung: In der metallverarbeitenden Industrie sind viele Beschäftigte von Lärm betroffen und nicht immer gestaltet sich die Beurteilung der individuellen Lärmexposition einfach. Mit dem Ziel belastbare, repräsentative Werte für den Tageslärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ in der Schweißerei eines mittelständischen Maschinenbauunternehmens zu ermitteln, wurde ein methodischer Ansatz zur adäquaten Berücksichtigung der dynamischen Arbeitsabläufe entwickelt. Die Kombination der angewandten Methodik hat sich dabei als sehr sinnvoll herausgestellt und die Auswahl einer personenbezogenen Messstrategie sowie die Definition repräsentativer Arbeitstage ermöglicht. In den Schallmessungen ergaben sich $L_{EX,8h}$ über 85 dB(A) für die Gruppe der Schweißer und damit die Notwendigkeit zur Durchführung von Lärmschutzmaßnahmen.

Schlüsselwörter: Lärm, Tageslärmexpositionspegel, Gefährdungsbeurteilung, Arbeitsanalyse, Lärmkataster, Schweißerei

1. Einleitung

Mit dem stetig wachsenden Bewusstsein für Themen des Arbeitsschutzes insbesondere in der Industrie gerät auch der Lärm als eine der häufigsten Gefährdungen am Arbeitsplatz immer weiter in den Fokus. Die Lärmschwerhörigkeit war gemäß den Fallzahlen der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) im Jahr 2019 die am häufigsten anerkannte Berufskrankheit in Deutschland (vgl. Strehl et al. 2022). Insbesondere Beschäftigte in der metallverarbeitenden Industrie sind hierbei gemäß Hecker et al. (2008) von hohen Lärmbelastungen betroffen, sodass sich in diesem Bereich ein besonderer Bedarf zur schalltechnischen Untersuchung der Lärmsituation ergibt. Dabei stellte die Berufsgruppe der Schweißer mit 13,6 % aller neu anerkannten Fälle die dritthäufigste von Lärmschwerhörigkeit betroffene Berufsgruppe dar (vgl. Hecker et al. 2008).

Im Allgemeinen ist der Arbeitsbereich der Schweißerei nach Angabe der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) häufig mit Tageslärmexpositionspegeln von über 85 dB(A) verbunden und damit vielmals einer der lärmintensivsten Bereiche im Unternehmen (vgl. BGHM 2013). Hierzu tragen verschiedene lärmintensive Tätigkeiten bei, welche gemäß dem Merkblatt zu der Berufskrankheit Nr. 2301 (2008) zumeist in der Metallbearbeitung auftreten und dabei vielfältig sein können. Das Merkblatt nennt hierzu unter anderem Richtarbeiten mit dem Hammer, die Arbeit mit Druckluftwerkzeugen, das Schleifen sowie einige Schweiß- und Schneidverfahren. Die bei verschiedenen herkömmlichen Schweißverfahren gemessenen Schallpegel liegen da-

bei gemäß der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) zumeist im Bereich von 70 bis 95 dB(A) (vgl. DGUV 2017). Probst (2006) gibt in seinem Auszug aus der Datenbank berufsgenossenschaftlicher Schallmessungen ähnlich hohe Schallpegel für typische Schweißverfahren an und führt für das häufig auftretende Schleifen mit Winkelschleifer sogar einen mittleren Schallpegel von 93,2 dB an. Diesen lärmintensiven Tätigkeiten und der damit verbundenen Lärmexposition von Schweißern ist im betrieblichen Umfeld besondere Berücksichtigung zu schenken.

Die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) ist dabei maßgeblich für die Beurteilung von Lärm im beruflichen Umfeld und gilt damit dem Schutz der Arbeitnehmer im Hinblick auf Gesundheit und Sicherheit (vgl. LärmVibrationsArbSchV (2021)). Diese definiert als Beurteilungspegel den auf eine Achtstundenschicht bezogenen und zeitlich gemittelten Tageslärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ sowie den Spitzenschalldruckpegel L_{Cpeak}. Um dabei in den Schalluntersuchungen belastbare, repräsentative Ergebnisse zur Bewertung der Schallsituation zu erzielen, sieht die LärmVibrationsArbSchV in den zugehörigen technischen Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (TRLV) eine systematische Gefährdungsbeurteilung inklusive umfassender Arbeitsanalyse zur Auswahl von Messstrategie und -situation vor (vgl. TRLV Lärm Teil 1 2017).

Das vorliegende Praxisbeispiel einer Schalluntersuchung in der Schweißerei eines mittelständischen Maschinenbauunternehmens zeigt die Herausforderungen in der praktischen Umsetzung dieser Forderung auf. Die Arbeit im Werksbereich der Schweißerei ist dabei von einer komplexen Tätigkeitsstruktur, einer großen Vielfalt verschiedener Bauteile und Arbeitsaufgaben sowie damit verbundenen großen Schwankungen der Lärmemissionen geprägt. Diese Umstände erschweren die Ermittlung repräsentativer und belastbarer Messwerte für die Lärmexposition der Beschäftigten in diesen Bereichen und machen eine systematische schalltechnische Analyse erforderlich.

2. Methodik

Um dieser Herausforderung Rechnung zu tragen, wurde ein methodischer Ansatz zur systematischen Analyse der Lärm- und Arbeitssituation unter Einbeziehung dynamischer Arbeitsabläufe und komplexer Tätigkeitsstrukturen entwickelt. Die verwendete Methodik lässt sich hierbei in eine orientierende und eine vertiefende Methodik unterteilen.

In der Orientierungsphase wurde zunächst eine Abfrage der subjektiven Beurteilung der Lärmsituation mittels anonymer Fragebögen durchgeführt. Der Fragebogen umfasste dabei neben Angaben zum eigenen Tätigkeitsfeld und der Wahrnehmung der Lärmsituation auch eine Abfrage von als besonders lärmintensiv empfundenen Tätigkeiten und Bauteilen. Auch das Tragen von Gehörschutzmitteln und eine freiwillige Angabe zu Beeinträchtigungen des Gehörs wurde dabei abgefragt. Ergänzend hierzu wurde eine Analyse des Arbeitsbereiches im Hinblick auf potenzielle Lärmquellen sowie die raumakustische Situation durchgeführt. Erkannte Lärmquellen wurden mitsamt den Gründen für die Schallentstehung erfasst sowie das Vorliegen von Schallemissionsangaben geprüft.

Die vertiefende Phase umfasste eine umfangreiche Tätigkeits- und Bauteilanalyse auf Grundlage der betriebsinternen Fertigungsdaten. Hierzu wurden Fertigungsdaten der vergangenen 20 Monate sowie Planungsdaten für die kommenden sechs Monate im Hinblick auf Art der Arbeitsgänge, Art der Bauteile sowie jeweils Häufigkeit und Zeitdauer untersucht. Für eine feinere Aufschlüsselung der Einzeltätigkeiten sowie zur

Abschätzung der Tätigkeitszeitanteile wurde eine harmonographische Arbeitsablaufanalyse durchgeführt. Hierbei wurde ein erfahrener Schweißer über den gesamten Arbeitstag begleitet und die Teiltätigkeiten in einminütigem Abstand in einem Formblatt notiert (siehe Abbildung 1). Mittels unterstützender Vorversuche zur Messung von grundlegenden Orientierungswerten, lärmintensiven Einzeltätigkeiten und dem Untersuchen vermuteter Einflüsse, wie dem Einfluss der Hallentore oder auch der Hallengröße, konnten abschließend Messtage mit repräsentativen Arbeitsschichten sowie geeignete Messstrategien ausgewählt werden.

Die Schallmessungen wurden für die Gruppe der Schweißer sowie den Bereichsleiter der Schweißerei als achtstündige Langzeitmessung personenbezogen mittels Lärmdosimeter ausgeführt. Zusätzlich wurden Vergleichswerte durch stichprobenartige arbeitsplatzbezogene Messungen in den Schweißkabinen sowie ortsfeste Ganztagesmessungen im Hallenflur ermittelt. Für weiterführende Informationen zur Messstrategie und zum Versuchsdesign wird auf Groos et al. (2025) verwiesen. Für die Messungen wurden die zwei Schallpegelmesser (NTI AL1 mit Messmikrofon MC230 und NTI XL2 mit Messmikrofon M2210) sowie zwei Lärmdosimeter (Svantek SV 102+ und Larson Davis Modell 700) eingesetzt. Als Messgrößen dienten der energieäquivalente Dauerschallpegel L_{Aeq} sowie der Spitzenschalldruckpegel L_{Cpeak}, wobei letztgenannter beim Dosimeter LDM 700 aus technischen Gründen nicht parallel zur Messung von L_{Aeq} ermittelt werden konnte (vgl. Groos et al. 2025).

3. Ergebnisse

Im Folgenden werden schwerpunktmäßig die Ergebnisse der angewandten Methodik und damit insbesondere deren Nutzen vorgestellt. Die Ergebnisse der Schallmessungen entsprechend dem zuvor genannten Versuchsdesigns werden ebenfalls kurz aufgeführt. Eine detailliertere Zusammenstellung der Messungsergebnisse ist Groos et al. (2025) zu entnehmen.

3.1 Ergebnisse der Methodik

Für die Beschäftigten der Schweißerei lassen sich auf Grundlage der Analyseergebnisse keine Einzeltätigkeiten mit größeren Zeitanteilen eindeutig voneinander abgrenzen und einzeln vermessen. Das ausgefüllte Formblatt sowie die Auswertung der Arbeitsablaufanalyse in Abbildung 1 zeigen, dass neben dem Ziehen der Schweißnaht (24 % der Arbeitszeit) und der Kranbedienung (17 % der Arbeitszeit) häufig wechselnde Einzeltätigkeiten von teils nur kurzen Zeitabschnitten auftreten. Aufgrund der komplizierten Tätigkeitsstruktur bestehend aus Kommissionieren, Kranbedienung, Zusammenbau, Schweißen, Schleifen und vielem mehr sowie der innerhalb kürzester Zeit häufig wechselnden Teiltätigkeiten ist die tätigkeitsbezogene Messstrategie nach DIN EN ISO 9612 (2023) nicht anwendbar. Stattdessen wurde entsprechend Anhang B der DIN EN ISO 9612 (2023) die berufsbildbezogene Messung ausgewählt und um die Messstrategie der Ganztagesmessung ergänzt. Die Kombination dieser beiden Strategien empfiehlt sich besonders infolge der komplexen Tätigkeits- und Geräuschsituation am repräsentativen Arbeitstag.

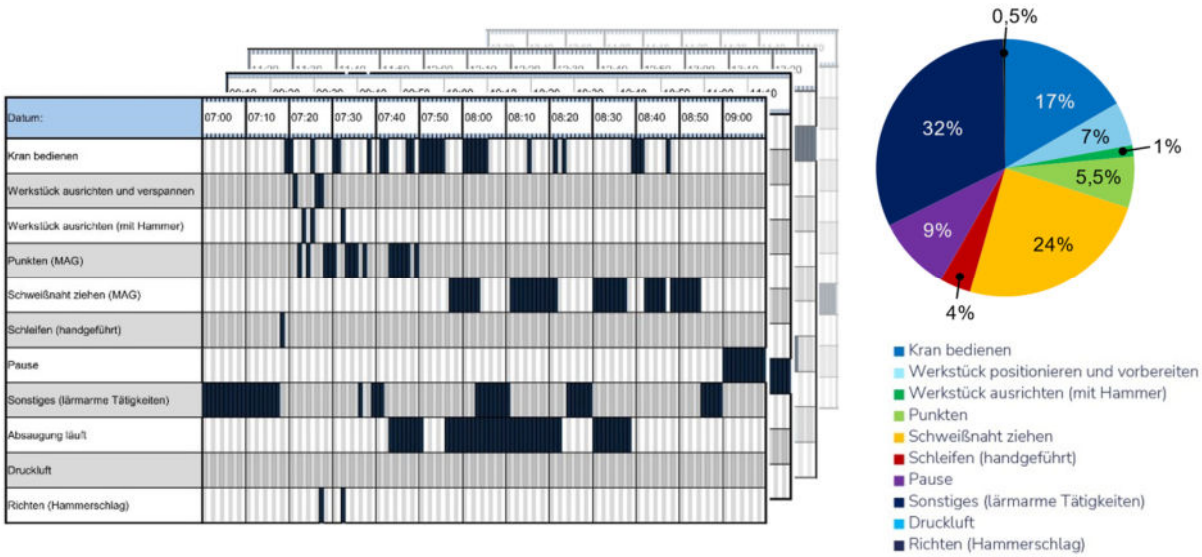


***Abbildung 1**: Ausgefülltes Formblatt der Arbeitsablaufanalyse (links) sowie die zugehörige Auswertung im Hinblick auf Tätigkeitszeitanteile (rechts).*

Um die Lärmsituation bei einer vollständigen Auslastung der Schweißerei abzubilden, sollten möglichst alle Arbeitsplätze an den Messtagen besetzt sein. In Absprache mit den Beschäftigten wurde festgelegt, dass die Messung im Zeitraum von 8:00 Uhr bis 15:00 Uhr erfolgt, sodass alle Schweißer für die Zeit der Messung anwesend sind. Die Pausenzeiten wurden entsprechend der normalen Gewohnheit durchgeführt. Darüber hinaus wurde entsprechend den Ergebnissen aus den Vorversuchen entschieden, dass die Hallentore während der Schallmessungen nicht dauerhaft offenstehen sollen, auch wenn kein wesentlicher Schallpegelunterschied infolge der wegfallenden Reflexionsflächen bei offenen Hallentoren festgestellt werden konnte. Eine normale Nutzung der Tore entsprechend der jeweiligen Notwendigkeit war während der Schallmessungen selbstverständlich zulässig und erwünscht.

Für die beiden Messtage wurden auf Grundlage der Tätigkeits- und Bauteilanalyse die durchzuführenden repräsentativen Tätigkeiten sowie die hierfür zu bearbeitenden Schweißbauteile ausgewählt. Die Haupttätigkeiten der Schweißer waren mit dem Zusammenbauen und Schweißen an beiden Messtagen in allen Schweißkabinen in leicht unterschiedlichen Anteilen je nach Bauteil vertreten. Hierzu kam überwiegend das im Arbeitsalltag meistgenutzte MAG-Schweißverfahren zum Einsatz, wobei an den Messtagen in ausgewählten Schweißkabinen vorübergehend das gelegentlich genutzte WIG-Verfahren angewendet wurde.

Für die Ganztagesmessungen mittels Lärmdosimeter wurden für den ersten Messtag das Zusammenbauen und überwiegend Schweißen eines großen, kammerartigen Bauteils ausgewählt. Dieses bildet die Lärmexposition beim Schweißen größerer Schweißbauteile, die entsprechend der Bauteilanalyse häufig auftreten, aufgrund seiner Form und Größe gut ab. Für den zweiten Messtag wurde die Lärmexposition beim Zusammenbau eines großen, offenen Bauteils mittels Dosimeter gemessen. Dieses Bauteil verfügt trotz einer ähnlichen Gesamthöhe über eine offene statt einer kammerartigen Konstruktion, sodass sich auch diese ebenfalls häufig vorkommende und für die Lärmemission günstigere Situation anhand eines repräsentativen Tages berücksichtigen ließ.

3.2 Ergebnisse der Schallmessungen

Eine Zusammenfassung der Messergebnisse für die Gruppe der Schweißer sowie den Bereichsleiter der Schweißerei ist in Abbildung 2 dargestellt. Angegeben ist hierbei die Art der Messung sowie der jeweils ermittelte Tageslärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ und der Spitzenschalldruckpegel L_{Cpeak}. Der Tageslärmexpositionspegel für die Schweißer betrug 91,4 dB(A) für den ersten und 86,0 dB(A) für den zweiten Messtag. Der Spitzenschalldruckpegel konnte nur am zweiten Messtag bestimmt werden und betrug 137,2 dB(C). An den gleichen Messtagen lagen die $L_{EX,8h}$ der ortsfesten und arbeitsplatzbezogenen Messungen unter 80 dB(A). Der Tageslärmexpostionspegel der Dosimetermessung des Bereichsleiters betrug 82,8 dB(A) und der dazugehörige Spitzenschalldruckpegel 141,8 dB(C). Weitere Messergebnisse sind Abbildung 2 zu entnehmen.

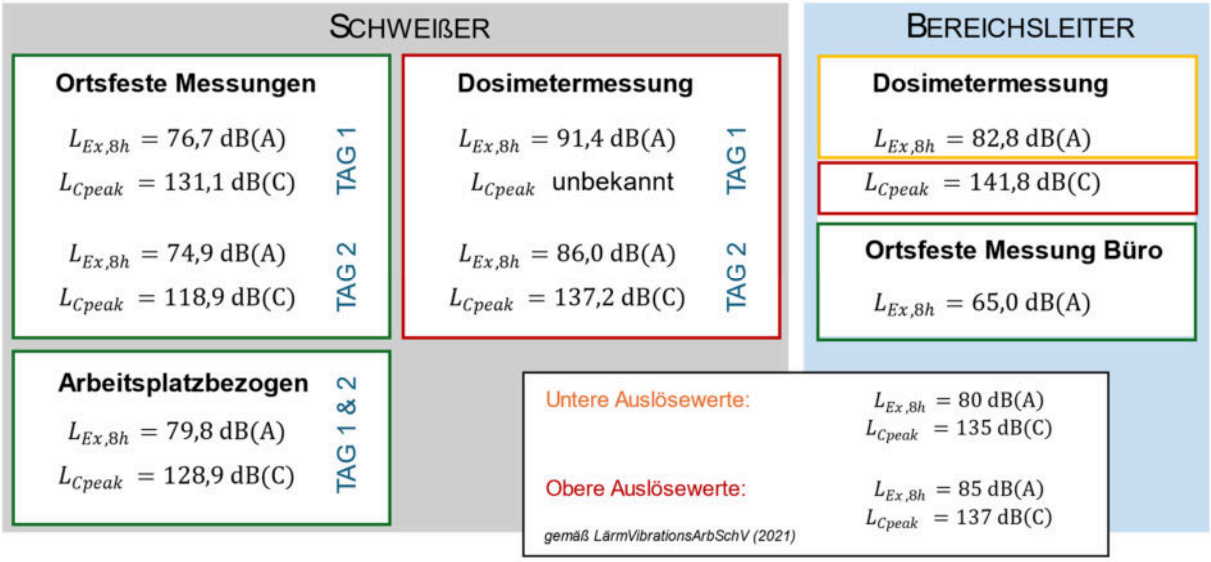


***Abbildung 2**: Übersicht über die Ergebnisse der Schallmessungen für die Gruppe der Schweißer sowie den Bereichsleiter der Schweißerei mit Auslösewerten gemäß LärmVibrationsArbSchV (2021).*

4. Diskussion

Als grundlegende, orientierende Methodik hat sich die Befragung der Beschäftigten mittels Fragebögen sowie die Analyse des Arbeitsbereiches im Hinblick auf mögliche Lärmquellen als hilfreich herausgestellt. Hierdurch konnte ein erster Überblick über die schalltechnische Gesamtsituation in der Schweißerei gewonnen werden und ein Einblick in den zu untersuchenden Arbeitsbereich erfolgen. Die darauf aufbauende Arbeitsablaufanalyse sowie die Auswertung von Fertigungsdaten in der Tätigkeits- und Bauteilanalyse ermöglichten eine Abschätzung repräsentativer Tätigkeiten mitsamt deren Zeitanteilen sowie eine Betrachtung häufig gefertigter Bauteile. Besonders die Einblicke in die Arbeitsabläufe beim Begleiten eines Schweißers während der Arbeit im Rahmen der Arbeitsablaufanalyse sowie die Kombination aus Tätigkeits- und Bauteilanalyse, haben sich als nützlich herausgestellt. In den Vorversuchen konnten Orientierungswerte im Bereich des Hallenflurs sowie der Schweißkabinen aufgenommen, Einzeltätigkeiten gemessen sowie Einflüsse von Hallengröße und Hallentoren untersucht werden. Aufbauend auf den Ergebnissen der Methodik war es möglich passende

Messstrategien für die Schweißer, den Bediener der Brennschneideanlage und den Bereichsleiter sowie typische Tätigkeiten und Bauteile für repräsentative Arbeitstage auszuwählen. Insgesamt hat sich die angewandte Methodik dabei als nützliche und sinnvolle Hilfestellung zur systematischen Erfassung der Lärmsituation herausgestellt und liefert einen guten Ansatz für vergleichbare Arbeitsbereiche mit ähnlich komplexen Tätigkeitsstrukturen.

In den durchgeführten Schallmessungen konnten für die Schweißer sowie den Bediener der Brennschneideanlage Tageslärmexpositionspegel von über 85 dB(A) und Spitzenschalldruckpegel von über 137 dB(C) ermittelt werden. Die Lärmbelastung an den Arbeitsplätzen liegt damit über den oberen Auslösewerten der LärmVibrations ArbSchV (2021) und stellt eine Gefährdung für das Gehör der Beschäftigten dar. Auch der Bereichsleiter ist mit einem Tageslärmexpositionspegel von über 80 dB(A) und Spitzenschallpegeln von über 137 dB(C) durch seine Arbeitsgänge in der Schweißerei von dieser Lärmbelastung betroffen. Die stichprobenartigen arbeitsplatzbezogenen Messungen in den Schweißkabinen liegen mit einem sich ergebenden Tageslärmexpositionspegel von knapp unter 80 dB(A) deutlich unter den Ergebnissen der in Ohrnähe durchgeführten Dosimetermessungen. Dies verdeutlicht die Wichtigkeit der sorgsamen Auswahl von Messort und -strategie und unterstützt die Erkenntnis, dass bei den untersuchten Arbeitsplätzen der eigens erzeugte Direktschall gegenüber dem Sekundärschall umliegender Arbeitsplätze zumeist überwiegt. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Beschäftigten der Schweißerei infolge ihrer Arbeit einer hohen Lärmbelastung ausgesetzt sind.

5. Literatur

BGHM (2013) Lärm am Arbeitsplatz. DGUV Information 209-023. Mainz: Berufsgenossenschaft Holz und Metall.

DGUV (2017) Lichtbogenschweißen. DGUV Information 209-010. Berlin: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V.

DIN EN ISO 9612: Akustik – Bestimmung der Lärmexposition am Arbeitsplatz – Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 (Ingenieurverfahren) (2023). Beuth Verlag, Berlin.

Groos S, Bechtel J, Sänger N, Kluth K (2025) Einfluss der Messmethodik auf die Ermittlung des Tageslärmexpositionspegels in einer Schweißerei. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.) Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit. Dortmund: GfA_Press, in diesem Band.

Hecker C, Drechsel-Schlund C, Francks H-P, Plinske W, Butz M (2008) Dokumentation des Berufskrankheiten-Geschehens in Deutschland. Daten und Fakten zu Berufskrankheiten – Lärmschwerhörigkeit – Durch Infektionserreger oder Parasiten verursachte Krankheiten. Berlin: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (Hrsg.).

Lärm- und Vibrationsarbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) vom 6. März 2007 (BGBl. I S. 261), zuletzt geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 21. Juli 2021 (BGBl. I S. 3115).

Merkblatt zu der Berufskrankheit Nr. 2301 der Anlage zur Berufskrankheiten-Verordnung Lärmschwerhörigkeit, Bek. d. BMAS v. 1.7.2008 - IVa4-45222-2301 publiziert im GMBl 2008/39, S. 798 ff.

Probst W (2006) Gestaltung lärmarmer Fertigungsstätten in metallverarbeitenden Betrieben. 1. Auflage. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft GmbH.

Strehl C, Quade N, Brose M (2022) Die Zukunft der Prävention von Hautkrebs durch Sonnenstrahlung. Abgerufen am 27.11.2024. https//forum.dguv.de/ausgabe/5-2022/artikel/die-zukunft-der-praevention-von-hautkrebs-durch-sonnenstrahlung.

TRLV Lärm Teil 1: Technische Regel zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung – Beurteilung der Gefährdung durch Lärm. GMBl 2017, S. 592 [Nr. 34 35] vom 05.09.2017.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Einschätzung und Beurteilung muskuloskelettaler Belastungen am Arbeitsplatz im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung – Kann virtuelle Realität unterstützen?

Mirjam JOST[1,2], Jörg PETER[1,2], Johann POPP[1,2], Nina TKOCZ[1], Thorbjörn RUPPEL[2], Boris TOLG[1,2], André KLUßMANN[1,2]

[1] Competence Center Gesundheit (CCG), Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Ulmenliet 20, D-21033 Hamburg
[2] Forschungs- und Transferzentrum Medizin, Gesundheit, Technik (FTZ-MGT), Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Ulmenliet 20, D-21033 Hamburg

Kurzfassung: Zur Veranschaulichung von Arbeitstätigkeiten wurde eine virtuelle Laboreinheit entwickelt, die zum Ziel hat, die Kompetenzen zur Gefährdungsbeurteilung anhand der Leitmerkmalmethode zu steigern. Am Pflegekraft-Avatar in VR wurden in Echtzeit die körperlichen Belastungen in rot-gelb-grün Abstufung angezeigt. Sowohl vor als auch nach dem Erleben der Pflegetätigkeit wurde anhand einer Videosequenz diese Tätigkeit mit der LMM-Ganzkörperkräfte beurteilt und anschließend Befragungen durchgeführt. Die virtuelle Laboreinheit durchliefen insgesamt 27 Teilnehmer*innen. Eine Korrelationsanalyse zu einer Experteneinschätzung zeigte keine Signifikanz, jedoch zeigten die Ergebnisse eine tendenzielle Kompetenzsteigerung in den Basisfertigkeiten „Beobachten und Erkennen“.

Schlüsselwörter: Gefährdungsbeurteilung, Virtual Reality, Leitmerkmalmethode, muskuloskelettale Belastung

1. Einleitung

In der Vermittlung von Bildungsinhalten kann der Einsatz von immersiven Medien die Lehrinhalte und deren Veranschaulichung unterstützen. Aufgrund der Interaktivität, der Realitätstreue und der Skalierbarkeit ist es ein immer beliebter werdendes Medium. Virtuelle Technologien ermöglichen Interaktionen in Umgebungen, die nicht dauerhaft zugänglich sind, und fördern damit das Verständnis komplexer Konzepte, Objekte und Prozesse (Martín-Gutiérrez *et al.* 2017). Virtual (VR) und Augmented (AR) Reality kommen bereits in verschiedenen Bereichen zum Einsatz. In der (Weiter-) Bildung von Mitarbeiter*innen wird VR eingesetzt (Sotiriou & Bogner 2008), um beispielsweise das Bedienen von Flugzeugen oder industriellen Anlagen zu erlernen (Merchant *et al.* 2014). Durch die Entwicklung und Einbindung didaktischer Konzepte, lassen sich Lernziele erreichen und Kompetenzen steigern (Wannemacher 2016; Horz & Schulze-Vorberg 2018). Risiken beim Einsatz von VR/AR können mögliche kognitive Überlastungen durch eine hohe Komplexität und überflüssige Informationen (Müser & Fehling 2022) sein, aber auch physische und psychische Belastungen durch z. B. anstrengende Körperhaltungen (Costello & Costello 1997). Eine weitere Herausforderung im

Einsatz von immersiven Medien ist die Entwicklung und Einbindung didaktischer Konzepte, die Lernkompetenzen steigern (Wannemacher 2016; Horz & Schulze-Vorberg 2018).

Die Beurteilung der Arbeitsbedingungen ist verpflichtend von Arbeitgebern durchzuführen. Fachkräfte für Arbeitsschutz beraten hierbei und benötigen die Kompetenz, Beurteilungsmethoden zu kennen und korrekt anwenden zu können. Dazu werden sie u. a. auch an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Hamburg (HAW Hamburg) qualifiziert. Zur Beurteilung und Gestaltung von physischen Arbeitsbelastungen werden die Teilnehmer*innen u. a. in der Anwendung der Leitmerkmalmethoden (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), 2019) anhand von Videobeispielen und praktischen Übungen geschult. Mit den Leitmerkmalmethoden (LMM) lassen sich Arbeitsplätze und körperliche Arbeitsbelastungen screenen und Defizite in der Arbeitsplatzgestaltung aufzeigen. Hierbei werden sechs Belastungsarten unterschieden. Die LMM-Ganzkörperkräfte (LMM-GK) wird üblicherweise für Tätigkeiten eingesetzt, die mit einem erheblichen Kraftaufwand des ganzen Körpers einhergehen und die erforderlichen Kräfte so hoch sind, dass die Tätigkeit nicht mehr im Sitzen verrichtet werden kann. Die erforderliche Krafteinleitung geschieht meist durch die Hände und wird über Schultern, Rücken und Beine fortgeleitet. Bisherige Erfahrungen in der Anwendungsqualifizierung zur LMM zeigen, dass es in der Lernphase bei der Einschätzung der Belastungshöhe teilweise eine hohe Varianz gibt. Im Projekt „Virtual Reality im Motion Lab – VRiMoLa“ wurde eine authentische, interaktive Lernsimulationen in VR zur Kompetenzsteigerung in der Beurteilung von physischen Belastungen am Beispiel von Pflegetätigkeiten entwickelt.

Ziel des Projektes ist es zu ermitteln, ob die Beurteilungskompetenzen der Teilnehmer*innen durch den Einsatz immersiver Medien gesteigert werden können. Dazu wird eine interaktive Laboreinheit in VR entwickelt, in der Pflegetätigkeiten ausprobiert und körperliche Belastungen simuliert werden können. Im Gegensatz zu realen praktischen Übungen hat die VR-Laboreinheit den Vorteil eines unmittelbaren Biofeedbacksystems, indem an einem Avatar in farblicher Abstufung körperliche Belastungen in Echtzeit angezeigt werden.

2. Methoden

Die Teilnehmer*innen der VRiMoLa Studie haben einmalig an der VR-Laboreinheit teilgenommen. Vorbereitend auf den Laborversuch wurde ein Skript und ein Erklärvideo zur Verfügung gestellt. Sie wurden vor dem Laborversuch in Dreiergruppen aufgeteilt, wovon jede*r eine der Interventionsrollen VR-Pfleger*in, VR-Patient*in oder Beobachter*in übernahm. Schritt (1) der Intervention bestand in der Gefährdungsbeurteilung anhand der LMM-GK von einer Videosequenz der Pflegetätigkeit – dem Aufrichten des Patienten und an die Bettkante setzen. In Schritt (2) wurden die Interventionsrollen eingenommen und der VR-Versuch gestartet. Dabei bewegte sich der/die VR-Pfleger*in real in einem Raum und musste die Pflegetätigkeit ausführen. Im Head-Mounted-Display (HMD) und am Computerbildschirm sahen alle Teilnehmer*innen ein virtuelles Patientenzimmer mit Patient*in und der/dem Pfleger*in als Avatar, der je nach Belastung verschiedene Körperbereiche in Echtzeit anfärbte. Nach der Durchführung wurde eine Feedbackpause eingelegt, in der die Gruppe sich über Maßnahmen zur Belastungsreduzierung austauschen konnte. Dieses Vorgehen wurde insgesamt dreimal durchgeführt. Anschließend wurde in Schritt (3) der Vorher-LMM-

GK-Wert korrigiert, sodass es zwei ggf. unterschiedliche LMM-GK-Werte pro Probanden gab – Vorher und Nachher.

2.1 Beschreibung der subjektiven Selbsteinschätzung

Zur Bewertung der subjektiven Selbsteinschätzung bzgl. der Kompetenzentwicklung bei der Gefährdungsbeurteilung von physisch belastenden Arbeitstätigkeiten, wurde ein standardisierter Fragebogen entwickelt, der nach der Laboreinheit von den Teilnehmer*innen ausgefüllt wurde. Die Fragen konnten überwiegend anhand einer Likert-Skala beantwortet werden. Betreffende Fragen bezüglich der Kompetenzentwicklung bezogen sich einerseits auf die Basisfähigkeiten wie dem „Beobachten und Erkennen“ von Belastungen und andererseits auf Expertenfähigkeiten wie dem „Anwenden der LMM-GK“ sowie dem „Ableiten von Präventionsmaßnahmen.

2.2 Beschreibung der objektiven Kompetenzentwicklung

Die Kompetenzentwicklung der Teilnehmer*innen wurde zusätzlich objektiv erfasst. Dazu wurden die Vorher-Nachher-LMM-GK-Werte der Teilnehmer*innen ausgewertet. Die Differenz der beiden Werte wurde mit einem Expertenwert korreliert. Anhand des Verlaufs vom ersten zum zweiten Wert verglichen mit dem Expertenwert konnte die Kompetenzentwicklung objektiv ausgewertet werden. Endpunkte sind hierbei die Differenzen zwischen den Vorher-Nachher-Einschätzungen, sowie die Differenzen zur Experteneinschätzung.

2.3 Beschreibung der Statistischen Auswertung

Die subjektive Selbsteinschätzung und der empfundene Schwierigkeitsgrad der LMM-Anwendung sowie die Korrelationsanalyse wurden als Balkendiagramme mit übergelagerten Boxplots und Mittelwerten dargestellt. Bei der Korrelationsanalyse wurde die prä-post-Differenz der Differenzen berechnet und in einem gepaarten T-Test auf statistische Signifikanz geprüft.

3. Ergebnisse

3.1 Stichprobenbeschreibung

An der VRiMoLa Studie nahmen insgesamt 27 Teilnehmer*innen teil, davon zwei männlich und 25 weiblich. Die Stichprobe hatte ein mittleres Alter von 23,6 ± 4,55 Jahren. 9 Teilnehmer*innen hatten bereits Erfahrungen in der Pflege, die anderen zwei Drittel der Stichprobe konnten keine Erfahrungen angeben. Die VR-Laboreinheit wurde im Labor für Arbeit und Gesundheit (ErgoLab) an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Hamburg durchgeführt.

3.2 Ergebnisse der Kompetenzentwicklung anhand der Selbsteinschätzung

Die Selbsteinschätzung der Teilnehmer*innen wurde anhand eines standardisierten Fragebogens aufgenommen, der aus mehreren Teilen bestand. Die Kompetenzentwicklung wurde in „Beobachten und Erkennen von muskuloskelettalen Belastungen“ und „Anwendung der LMM-GK“ sowie „Ableitung von Präventionsmaßnahmen“ unterteilt.

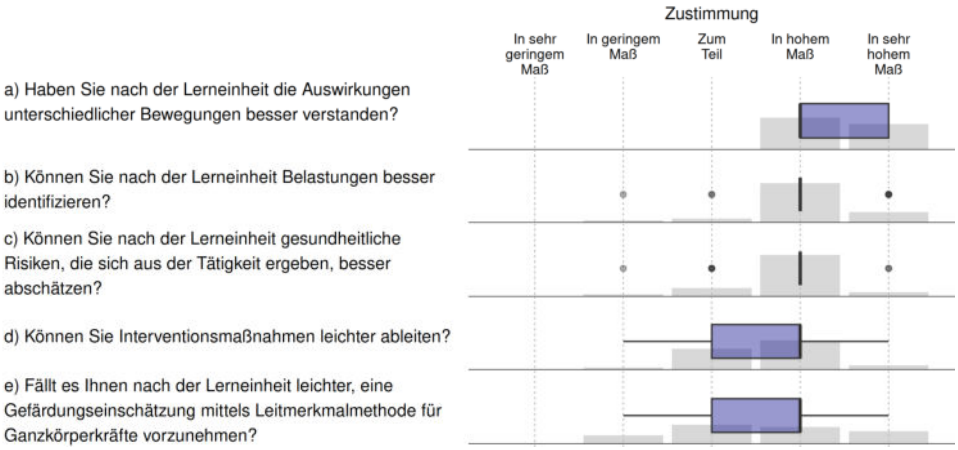


***Abbildung 1**: Auswertung der Kompetenzentwicklung anhand einer Selbsteinschätzung.*

Die Ergebnisse zeigten eine höhere Kompetenzentwicklung „in hohem/sehr hohem Maß“ in den Basisfertigkeiten. Die Expertenfähigkeiten „dem Anwenden der LMM-GK“ und dem „Ableiten von Präventionsmaßnahmen“ konnten „zum Teil“ bis „in hohem Maß“ durch die virtuelle Laboreinheit mit Echtzeit-Feedbacksystem gesteigert werden (Abbildung 1). Die Resultate sind in den Rollen zu erklären, da die Beobachter*innen und teilweise die VR-Pfleger*innen ihre Kompetenzen mehr steigern konnten als der/die Patient*in.

3.3 Ergebnisse der Kompetenzentwicklung anhand der Korrelationsanalyse mit Expertenwerten

Die objektive Kompetenzentwicklung zeigte die Korrelation zwischen der Selbsteinschätzung und der Differenz der Summenwerte der LMM-GK der Teilnehmer*innen zum Experten (Abbildung 2).

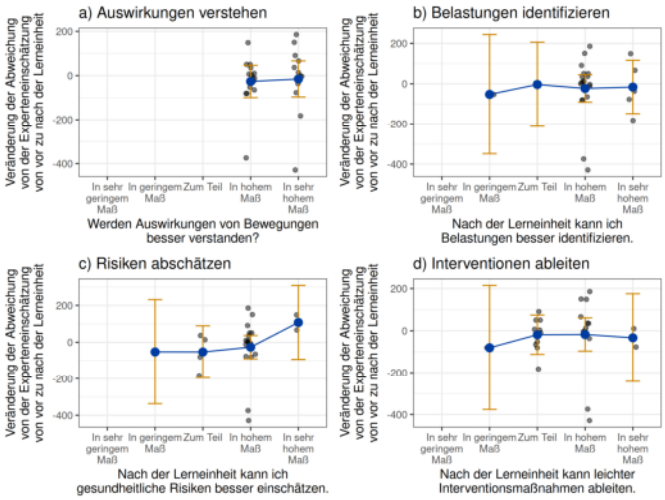


***Abbildung 2**: Ergebnisse Kompetenzentwicklung anhand einer Korrelationsanalyse zwischen Selbsteinschätzung und Leitmerkmalmethode*

Erkennbar war auch hier die höhere Kompetenzsteigerung in den Basisfertigkeiten. Die Belastungen der Bewegungen wurden besser identifiziert und deren Auswirkungen besser verstanden. Auch das gesundheitliche Risiko konnte nach der virtuellen Laboreinheit besser eingeschätzt werden.

4. Diskussion

Die Ergebnisse zeigten Unterschiede bei der Einschätzung der Belastungshöhe im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung von muskuloskelettalen Belastungen bei Arbeitstätigkeiten. Anhand der Leitmerkmalmethode Ganzkörperkräfte wurde die Beurteilung einer Pflegetätigkeit von zukünftigen Fachkräften für Arbeitssicherheit durchgeführt. Die Auswertungen zeigten eine Differenz zwischen den LMM-Summenwerten Vor- und Nach der virtuellen Laboreinheit. Auch eine nicht signifikante Korrelationsanalyse zu einer Experteneinschätzung zeigte eine tendenzielle Veränderung in der Gefährdungsbeurteilung durch das Erleben der Pflegetätigkeit in VR. Insbesondere wurde abgebildet, dass es ein wichtiger Faktor der Kompetenzentwicklung ist, ob man als aktiver oder passiver Teilnehmer in der Laboreinheit mitwirkt. Demnach war die Kompetenzsteigerung der Teilnehmer*innen deutlich höher, die in der VR als Pfleger*in aktiv waren oder aber aktiv das Geschehen von außen miterlebten, als bei den Teilnehmer*innen, die passiv als Patient die Laboreinheit durchgeführt hatten. Das Ergebnis ließ darauf schließen, dass praktische Lerneinheiten und interaktives Experimentieren – ermöglicht durch VR – einen positiven Einfluss auf Lernprozesse und Kompetenzentwicklungen haben. Dies bestätigten auch die Forschungsergebnisse anderer Studien (Henrich et al. 2023; Stiefelbauer *et al.* 2023), die zeigten, dass VR Szenarien zur Vermittlung von komplexem Wissen und Zusammenhängen eingesetzt werden kann und die Immersion durch das Experimentieren und Erleben kognitive Fähigkeiten steigert. Außerdem sind Reinmann-Rothmeier & Mandl (2001) der Meinung, dass selbstgesteuertes Lernen, durch selbstbestimmte Steuerung der Aufgabenbewältigung, einen positiven Beitrag zum Lernerfolg leistet. Auch wenn die VR-Laboreinheit eine Pflegetätigkeit und dessen Ausführungen vorgegeben hat, hatten die Teilnehmer*innen durch den feedbackgesteuerten Prozess das Gefühl der Selbstbestimmung und -steuerung. Sie konnten zu jedem Zeitpunkt das theoretisch Gelernte in der VR ausprobieren, verstehen, evaluieren und korrigieren. Die digitale Komponente der virtuellen Realität stößt gerade bei jungen Menschen auf Zuspruch, bietet eine hohe Realitätstreue, mögliche Skalierbarkeit, Reproduzierbarkeit (Wannemacher 2016; Horz & Schulze-Vorberg 2018) und ist mit einer Gewöhnungsphase verbunden. Aufgrund von zeitlichen Kapazitäten, konnten die Teilnehmer*innen die Pflegetätigkeit nicht mehr als dreimal wiederholen. Trotzdem zeigte sich im Verlauf ein immer sicher werdender Umgang mit der VR und dem iterativen Prozess der Bewegungsverbesserung hinsichtlich der körperlichen Belastungen. Die Teilnehmer*innen sagten dazu aus, dass ihnen der Avatar und die farbliche Einstufung der Belastungen am meisten geholfen haben sowie das weiderholende Experimentieren.

Die Ergebnisse zeigen sowohl Chancen als auch Limitationen für das Umsetzen von virtuellen Laboreinheiten für Bildungsinhalte. Die Studienergebnisse zeigen tendenzielle Kompetenzsteigerungen ohne Signifikanz, was vermutlich in der geringen Stichprobengröße begründet ist. Die Entwicklung von virtuellen Szenarien ist mit einem hohen Aufwand und hohen Anschaffungskosten der technischen Ausstattung verbunden. Auch die Entwicklung eines geeigneten didaktischen Konzepts ist mit einem hohen Aufwand verbunden.

Abschließend lässt sich sagen, dass die Teilnehmer*innen viel Freude hatten und im Experimentieren motiviert waren. Sie empfanden die Laboreinheit als eine unterstützende Komponente, die das Verständnis positiv beeinflusst hat. Weitere Forschung wäre in dem Bereich notwendig, um verallgemeinernde Aussagen treffen zu können.

5. Literatur

Bundesanstalt Für Arbeitsschutz Und Arbeitsmedizin (BAuA) (2019) 'Gefährdungsbeurteilung bei physischer Belastung – die neuen Leitmerkmalmethoden (LMM): Kurzfassung'. https://doi.org/10.21934/BAUA:BERICHT20191203.

Henrich, A., Kontokosta, S., and :Unav (2023) 'VR-gestützte Produktentwicklung in der universitären Lehre'. Fraunhofer-Gesellschaft. https://doi.org/10.24406/PUBLICA-1471.

Horz, H. and Schulze-Vorberg, L. (2018) 'Digitalisierung in der Hochschullehre'. Konrad Adenauer Stiftung Analysen & Argumente, Ausgabe 283.

Martín-Gutiérrez, J. et al. (2017) 'Virtual Technologies Trends in Education', EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 13(2). https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00626a.

Merchant, Z. et al. (2014) 'Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis', Computers & Education, 70, pp. 29–40. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033.

Reinmann-Rothmeier, G. and Mandl, H. (2001) Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. 4., vollständig überarbeitete Auflage, S. 601-646. Beltz Psychologie Verlags Union.

Sotiriou, S. and Bogner, F.X. (2008) 'Visualizing the Invisible: Augmented Reality as an Innovative Science Education Scheme', Advanced Science Letters, 1(1), pp. 114–122. https://doi.org/10.1166/asl.2008.012.

Stiefelbauer, C. et al. (2023) 'Intertwined learning worlds: Physical, virtual, seamlessVerschränkte Lernwelten: physisch, virtuell, seamless'. Available at: https://doi.org/10.3217/ZFHE-SH-HL/09.

Wannemacher, K. (2016) 'Digitale Lernszenarien im Hochschulbereich'.

Danksagung: Das Projekt wurde von der Stiftung Innovation in der Hochschullehre finanziell unterstützt.

GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2025, Aachen
Arbeit 5.0: Menschzentrierte Innovationen für die Zukunft der Arbeit

Analyse der vegetativen Stressreaktion bei Kardiotechnikern mittels Herzfrequenzvariabilität während herzchirurgischer Eingriffe

Farah SPANTGAR[1], George AWAD[2], Sabine DARIUS[1], Irina BÖCKELMANN[1]

[1] Bereich Arbeitsmedizin, Otto-von-Guericke-Universität (OvGU) Magdeburg, Leipziger Straße 44 (Haus 20), D-39120 Magdeburg
[2] Universitätsklinik für Herz- und Thoraxchirurgie Magdeburg, Leipziger Straße 44 (Haus 5b), D-39120 Magdeburg

Kurzfassung: Minimalinvasive Verfahren wie die Transkatheter- Aortenklappenimplantation (TAVI) haben die Herzchirurgie verändert und stellen neue Anforderungen an Kardiotechniker (KT). Diese Studie analysiert die vegetative Stressreaktion während einer TAVI im Vergleich zum offenem Aortenklappenersatz (AKE) mit Einsatz einer Herz-Lungen-Maschine (HLM) und zwei weiteren Operationen (OPs). Bei fünf Kardiotechnikern wurde die Beanspruchung objektiv mithilfe der Analyse der Herzfrequenzvariabilität (HRV) aus EKG-Aufzeichnungen und subjektiv mittels einer Borg-Skala erfasst. Die Ergebnisse zeigten eine signifikant höhere sympathische Aktivierung und eine subjektiv stärkere Belastungsempfindung bei der TAVI. Diese Unterschiede deuten auf komplexere Anforderungen an KT bei einer TAVI hin.

Schlüsselwörter: Herzfrequenzvariabilität, Stressreaktion, Kardiotechniker, TAVI, AKE, Arbeitsmedizin

1. Einleitung

Die Erfindung der Herz-Lungen-Maschine (HLM) markierte den Beginn einer neuen Ära in der Herzchirurgie und ermöglichte erstmals komplexe Eingriffe am offenen Herzen (Hessel 2014). Seitdem bildet dieses Fachgebiet ein sehr dynamisches, sich rasant entwickelndes und hochkomplexes Arbeitsfeld in der Medizin.

In den letzten Jahren haben minimalinvasive Verfahren wie die Transkatheter- Aortenklappenimplantation (TAVI) die Herzchirurgie erneut revolutioniert und bieten insbesondere Patienten mit erhöhtem Operationsrisiko schonendere Behandlungsoptionen (Vahanian et al. 2022).

Neben Chirurgen und Kardioanästhesisten spielen Kardiotechniker (KT) als hochspezialisierte Fachkräfte eine Schlüsselrolle bei herzchirurgischen Operationen (OPs). Sie sind nicht nur für die Steuerung und Überwachung der HLM während der operativen Eingriffe verantwortlich, sondern spielen auch eine zentrale Rolle bei der Durchführung minimalinvasiver Verfahren. Unterschiedliche Operationsmethoden wie der offene Aortenklappenersatz (AKE) unter Einsatz einer HLM und die minimalinvasive TAVI stellen variierende Anforderungen an Kardiotechniker.

Die vegetative Stressreaktion, gemessen anhand der Herzfrequenzvariabilität (HRV), bietet eine Möglichkeit, die physiologische Beanspruchung objektiv zu bewerten. Die HRV reflektiert die Aktivität des autonomen Nervensystems mit ihren sympathischen und parasympathischen Anteilen und dient als etablierter Indikator für Stress (Böckelmann 2012; Thielmann & Böckelmann 2016).

Ziel der vorliegenden Pilotstudie ist es, die vegetative Stressreaktion von KT während einer TAVI im Vergleich zum offenen AKE, zum Aorto-Coronaren Bypass (ACB) sowie zu kombinierten Eingriffen aus Bypass und Klappenersatz (Kombi) unter Einsatz einer HLM zu analysieren und ggfs. Unterschiede hinsichtlich der Stressbelastung zu bewerten.

Durch die Ergebnisse dieser Arbeit soll ein Beitrag zum besseren Verständnis der Arbeitsbelastung bei unterschiedlichen herzchirurgischen OPs geleistet werden, um langfristig Strategien zur Stressreduktion und zur Förderung der Gesundheit der Kardiotechniker zu entwickeln.

2. Methoden

Die Studie wurde im Rahmen einer Zusammenarbeit zwischen dem Bereich Arbeitsmedizin der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und der Klinik für Herz-Thorax-Chirurgie des Universitätsklinikums Magdeburg durchgeführt. Sie orientiert sich an der aktuell gültigen Fassung der ethischen Standards der Deklaration von Helsinki. Das positive Ethikvotum der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg mit der Registrierungsnummer 2020/185/19 lag vor.

2.1 Studiendesign

Für die Studie konnten insgesamt fünf Kardiotechniker (KT) im Alter von 47,6 ± 10,6 Jahren aus der Klinik für Herz-Thorax-Chirurgie des Universitätsklinikums Magdeburg rekrutiert werden. Alle gaben an, klinisch gesund zu sein und füllten vor Studienbeginn einen Fragebogen aus, um potentielle Einflussfaktoren auf die Herzfrequenzvariabilität (HRV) zu erfassen.

Verglichen wurden der offene Aortenklappenersatz (AKE) mit Einsatz der Herz-Lungen-Maschine (HLM) und die minimalinvasive Aortenklappen-Implantation (TAVI). Weiterhin erfolgte ein Vergleich zu zwei weiteren herzchirurgischen Operationen (OPs) mit Einsatz einer HLM – zum Aorto-Coronaren Bypass (ACB) und einem kombinierten Eingriff aus einem Bypass und einem Klappenersatz (Kombi). Der Schwerpunkt dieses Manuskripts wird auf den ersten Vergleich gelegt.

Die vegetative Stressreaktion wurde objektiv anhand der Analyse der Herzfrequenzvariabilität (HRV) aus EKG-Aufzeichnungen ermittelt. Die subjektive Beanspruchung wurde mithilfe einer Borg-RPE-Skala (in der Skalierung von 6 bis 20) erfasst.

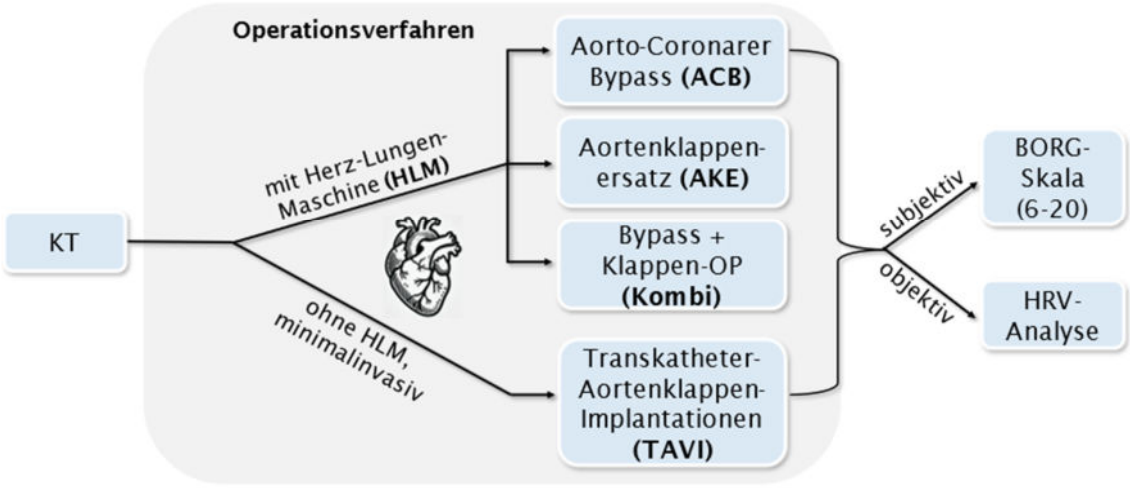


***Abbildung 1**: Studiendesign*

2.2 HRV-Analyse

Zur Qualitätssicherung wurden die Empfehlungen der AWMF-s2k-Leitlinie (Sammito et al. 2021) sowie der Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (Malik et al. 1996) berücksichtigt.

Die Erfassung der NN-Intervalle erfolgte mittels mobilem 3-Kanal-EKG-Recorder medilog® AR12plus (Fa. SCHILLER Medizintechnik GmbH, Baar, Schweiz).

Die Auswertung der EKG-Aufzeichnungen und die manuelle Artefaktbereinigung wurden mit der Software medilog®DARWIN2 durchgeführt. Die Berechnung der HRV-Parameter erfolgte mit der Kubios HRV Premium Software (Tarvainen et al. 2021). Die in Tabelle 1 aufgeführten HRV-Parameter wurden in diese Studie integriert.

***Tabelle 1:** Erläuterung der HRV-Parameter modifiziert nach AWMF-s2k-Leitlinie (Sammito et al. 2021).*

HRV-Parameter	**Erklärung**	**Aussagekraft/ Aktivität als Teil des autonomen Nervensystems**
PNS-Index	Globaler HRV-Parameter	Parasympathikus
SNS-Index	Globaler HRV-Parameter	Sympathikus
Stressindex	Globaler HRV-Parameter	Balance zwischen Sympathikus und Parasympathikus
SDNN [ms]	Standardabweichung der NN-Intervalle	Sympathikus und Parasympathikus
RMSSD [ms]	Quadratwurzel aus dem arithmetischen Mittel der quadrierten Differenzen zwischen benachbarten NN-Intervallen	Parasympathikus
HF nu	High frequency normalized unit: normierte-Leistung oder Leistung der HF in normierten Einheiten	Parasympathikus
LF/HF	Quotient aus dem Spektrum in LF und dem Spektrum im HF	Balance zwischen Sympathikus und Parasympathikus
D2	Korrelationsmaß	Langfristige Flexibilität und Anpassungsfähigkeit des Herzens

2.3 Borg-Skala - Ratings of Perceived Extertion (RPE)

Zur Quantifizierung der subjektiv empfundenen Anstrengung wurde die Borg-Skala sowohl prä- als auch postoperativ abgefragt (Borg 1982). Die Skala reicht von 6 - 8 Punkte (sehr, sehr leicht) über 9 - 10 (sehr leicht), 11 - 12 (leicht), 13 - 14 (etwas anstrengend), 15 - 16 (anstrengend), 17 - 18 (sehr schwer) bis 19 - 20 Punkte (sehr, sehr schwer).

2.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit IBM SPSS Statistics, Version 27.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

Es fand eine Analyse von gemischten Modellen statt. Der jeweilige HRV-Parameter stellte die abhängige Variable und das Operationsverfahren (AKE, ACB, Kombi oder TAVI) die festen Effekte. Die individuelle Variabilität der Stressreaktion der Kardiotechniker wurde bei den statistischen Analysen als zufälliger Effekt berücksichtigt. Die Berechnung des Intraklassenkorrelationskoeffizienten (ICC) ermöglichte die Bestimmung des prozentualen Anteils der Gesamtvarianz, der durch die individuellen Unterschiede in der Stressreaktion zwischen den KT erklärt werden kann. Zusätzlich wurde ein Test auf paarweise Vergleiche mit Bonferroni-Korrektur zur Anpassung des Signifikanzniveaus aufgrund von Mehrfachvergleichen durchgeführt.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse (Tabelle 2) zeigen sowohl bei den globalen (PNS-Index, $p < 0{,}001$; SNS-Index, $p < 0{,}001$; Stressindex, $p = 0{,}004$) und zeitbezogenen (SDNN, $p < 0{,}001$; RMSSD. $p < 0{,}001$) als auch bei den frequenzbezogenen (HF nu, $p < 0{,}001$; LF/HF, $p < 0{,}001$) und nichtlinearen HRV-Parametern (D2, $p < 0{,}001$) signifikante Unterschiede zwischen AKE und TAVI. Ähnliche signifikante Ergebnisse wurden bei den Vergleichen zwischen den anderen OP-Verfahren ACB und TAVI sowie Kombi und TAVI festgestellt.

Der ICC-Wert lag bei dem Vergleich AKE und TAVI zwischen 34 % bei HF nu und 68 % bei SDNN. Die ICC-Werte der zwei weiteren Vergleiche lagen in einem ähnlichen Bereich.

Tabelle 2: *Vergleich der HRV-Parameter.*

HRV-Parameter	**Operationen**		**$P_{\text{Tests auf feste Effekte}}$**	**ICC[a]**
	AKE	**TAVI**		
	Geschätzte Randmittel			
	Mittelwert ± Standardfehler [95% CI]			
PNS-Index	-0,80 ± 0,24 [-1,40 – -0,20]	-1,68 ± 0,23 [-2,28 – -1,08]	< 0,001***	0,658
SNS-Index	0,30 ± 0,37 [-0,66 – 1,25]	1,48 ± 0,37 [0,52 – 2,44]	< 0,001***	0,652
Stressindex	8,62 ± 0,94 [6,28 – 10,96]	11,16 ± 0,93 [8,82 – 13,51]	0,004**	0,513

SDNN [ms]	83,11 ± 7,38 [64,09 – 102,14]	63,39 ± 7,32 [44,32 – 82,44]	< 0,001***	0,678
RMSSD [ms]	26,91 ± 2,35 [20,96 – 32,86]	17,49 ± 2,33 [11,53 – 23,46]	< 0,001***	0,604
HF nu	12,92 ± 1,35 [9,72 – 16,13]	6,26 ± 1,33 [3,06 – 9,45]	< 0,001***	0,342
LF/HF	7,80 ± 2,55 [1,29 – 14,32]	17,37 ± 2,53 [10,84 – 23,90]	< 0,001***	0,634
D2	2,89 ± 0,21 [2,38 – 3,40]	1,87 ± 0,21 [1,36 – 2,38]	< 0,001***	0,364

[a] ICC = Intraklassenkorrelationskoeffizient;
**** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05; [t] tendenzieller Unterschied p < 0,1*

Nach Auswertung der Borg-Skala zeigte sich ein signifikant höheres Anstrengungsempfinden nach einer TAVI (Mittelwert ± Standardfehler: 12,8 ± 0,42) im Vergleich zur AKE (Mittelwert ± Standardfehler: 11,4 ± 0,43; p = 0,003). Im Vergleich zu den anderen OPs wurde nach einer TAVI ebenfalls ein signifikant höheres Anstrengungsempfinden berichtet (p = 0,004; ICC = 44 %).

4. Diskussion

Insgesamt lässt sich zusammenfassen, dass TAVI-Eingriffe im Vergleich zum offenen Aortenklappenersatz mit Einsatz der HLM und auch zum ACB und zur Kombi sowohl objektiv als auch subjektiv eine stärkere Stressreaktion bei KT ausgelöst haben.

Die HRV-Parameter zeigen bei TAVI-Eingriffen eine deutlich höhere sympathische Aktivität, erkennbar an höheren SNS-Index-, Stressindex- und LF/HF-Werten. Gleichzeitig ist die parasympathische Aktivität reduziert, was sich in niedrigeren PNS-Index-, RMSSD- und HF nu-Werten widerspiegelt. Die Gesamtvariabilität der Herzfrequenz, der SDNN-Wert und auch der nichtlineare HRV-Parameter D2, sind bei einem AKE höher als bei der TAVI.

Auch die Auswertung der Borg-Skala zeigte nach einer TAVI eine höher empfundene Anstrengung im Vergleich zu den anderen operativen Eingriffen.

Diese Ergebnisse legen nahe, dass TAVI-Eingriffe eventuell komplexere Arbeitsanforderungen an KT stellen als der offene Aortenklappenersatz oder andere OP-Verfahren unter Einsatz der HLM. Insgesamt kann angenommen werden, dass Kardiotechniker Eingriffe mit Einsatz einer HLM häufiger durchführen und dadurch vertrauter mit diesen Abläufen sind, während TAVI-Eingriffe anspruchsvollere oder weniger routinierte Aufgaben mit sich bringen. So sind sie beispielsweise bei TAVI-Operationen für das Crimpen, d. h. dem Zusammenfalten der neuen biologischen Klappe zuständig. Das Crimpen setzt ein hohes Maß an Genauigkeit und technischer Kompetenz voraus, da bereits minimale Unregelmäßigkeiten die strukturelle Stabilität und die einwandfreie Funktion der Klappe beeinträchtigen können, was möglicherweise intraoperative Probleme oder eine fehlerhafte Positionierung zur Folge haben kann (Steblovnik & Bunc 2022).

Zusätzliche Faktoren, die diese Unterschiede in der höheren Beanspruchung bei der TAVI erklären könnten, könnten das Alter und der Gesundheitszustand der Patienten sein. Laut Leitlinie sind TAVI-Eingriffe hauptsächlich für ältere (> 75 Jahre), multi

morbide Patienten mit einem hohen Operationsrisiko geeignet (Vahanian et al. 2022). Dadurch steigt die Komplexität des perioperativen Managements, da diese Patientengruppe empfindlicher auf hämodynamische Schwankungen reagiert. Während TAVI-Eingriffen müssen Kardiotechniker daher jederzeit auf eine mögliche Kreislaufinstabilität vorbereitet sein und im Notfall den Einsatz einer HLM gewährleisten

Auch eine höhere physische Belastung im Zusammenhang mit der Körperstellung des KTs ist zu diskutieren. Während Kardiotechniker bei einer Operation mit der HLM meist sitzen, müssen sie bei TAVI-Eingriffen überwiegend stehen.

Um eindeutigere Erkenntnisse zu gewinnen und gezielte Maßnahmen zur Stressreduktion empfehlen zu können, wäre es sinnvoll, die Studie mit mehr Teilnehmern und dem Fokus auf TAVI-Eingriffe in einer multizentrischen Studie zu wiederholen.

5. Literatur

Böckelmann I (2012). Analyse der Herzfrequenzvariabilität (HRV) - praktische Relevanz. Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 62(5), 275–279. https://doi.org/10.1007/BF03346164.

Borg G (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. Medicine and science in sports and exercise, 14(5), 377–381.

Hessel EA. II (2014). A Brief History of Cardiopulmonary Bypass. Seminars in cardiothoracic and vascular anesthesia, 18(2), 87–100. https://doi.org/10.1177/1089253214530045.

Malik M, Bigger JT, Camm,AJ, Kleiger RE, Malliani A, Moss AJ & Schwartz PJ (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. European Heart Journal, 17(3), 354–381. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a014868.

Sammito S, Thielmann B, Klussmann A., Deußen A, Braumann KM & Böckelmann I (2021). S2k-Leitlinie: Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin und der Arbeitswissenschaft. https://register.awmf.org/assets/guidelines/002-042l_S2k_Nutzung-Herzschlagfrequenz-Herzfrequenzvariabilitaet-Arbeitsmedizin-Arbeitswissenschaft_2022-03_1.pdf.

Steblovnik K & Bunc M (2022). Technical Aspects and Development of Transcatheter Aortic Valve Implantation. Journal of cardiovascular development and disease, 9(8). https://doi.org/10.3390/jcdd9080282.

Tarvainen MP, Lipponen J, Niskanen JP & Ranta-aho PO (2021). Kubios HRV Software - USER`S GUIDE version 3.5: Kubios HRV Standard, Kubios HRV Premium. https://www.kubios.com/downloads/Kubios_HRV_Users_Guide.pdf.

Thielmann B & Boeckelmann I (2016). Herzfrequenzvariabilität als Beanspruchungsindikator für psychische Belastungen bei Chirurgen – ein Literaturüberblick [Heart Rate Variability as an Indicator of Mental Stress in Surgeons - A Review of the Literature]. Zentralblatt fur Chirurgie, 141(5), 577–582. https://doi.org/10.1055/s-0034-1396295.

Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, Milojevic M, Baldus S, Bauersachs J, Capodanno D, Conradi L, De Bonis M, De Paulis R, Delgado V, Freemantle N, Gilard M, Haugaa KH, Jeppsson A, Jüni P, Pierard L, Prendergast BD, Sabada JR, Tribouilloy C, Wojakowsk W (2022). 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. European Heart Journal, 43(7), 561–632. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab395.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt Frau Nancy Beyer aus dem Bereich Arbeitsmedizin der Otto-von-Guericke-Universität (OvGU) Magdeburg für Ihre Unterstützung bei der Auswertung der erhobenen Daten.