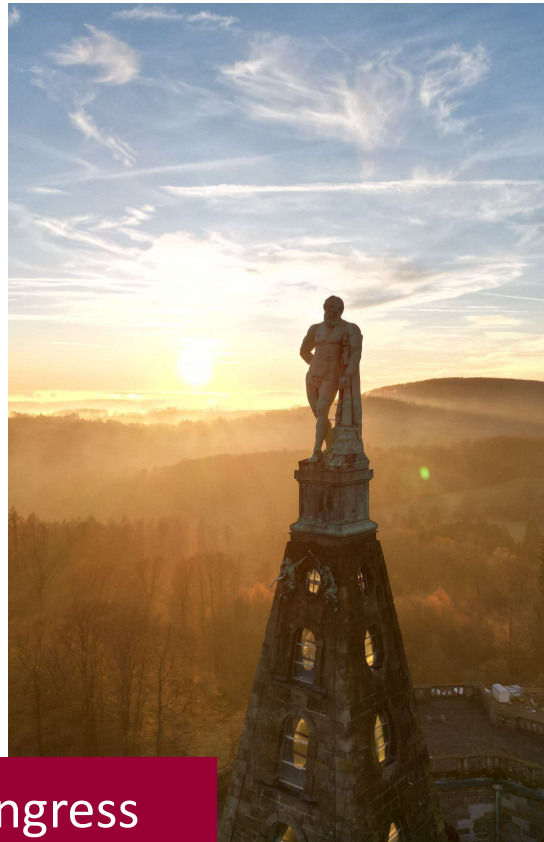




FRÜHJAHRSKONGRESS 2026 IN KASSEL



72. Frühjahrskongress

Der Gesellschaft für Arbeitswissenschaften

Posterbeiträge

Menschengerechte Arbeitsgestaltung

Fachgebiet Arbeits- und Organisationspsychologie
Universität Kassel

11. März bis 13. März 2026

Inhaltsverzeichnis

Aufstieg mit Hemmnissen: Retrospektive Analyse der Auswirkung von
Feuerwehrschtzbeleidung auf die Leistungsfähigkeit von Feuerwehrfrauen und
Feuerwehrmännern beim Treppensteigen

Carsten SCHIFFER, Vera B. RICK, Katharina SCHÄFER, Alexander MERTENS, Verena NITSCH

Biomechanische Wirksamkeit von Exoskeletten zur Reduktion der muskuloskelettalen
Belastung im Gesundheitswesen · eine Literaturübersicht

Mirko KAUFMANN, Ulrich HARTMANN, Albert NIENHAUS

Building Information Modeling in frühen Phasen der Bauplanung: Welchen Nutzen bieten
BIM-Tools für die Zusammenarbeit?

Eric BUNSE, Fabian WILLEMSSEN, Timon HAILU, Susanne MÜTZE-NIEWÖHNER

Digitale Lernumgebungen in der Arbeitswelt: Evaluationsergebnisse der Lern- und
Aktionsplattform LEA des Mittelstand-Digital Zentrum Kaiserslautern

Johanna PFENNING, Ilknur ATAKLI-AHMED, Viola HELLGE

From tensions to transformations: A dialectical perspective on SSCM

Hannah BRAND

Führung als Wahrnehmungsprozess · Ein Modell wahrnehmungszentrierter Führung im digitalen
Wandel

Lukas BURCHARD

Gamification als Türöffner für menschzentrierte Arbeitsgestaltung und Partizipation: Ein mobiler
Escape Room zur Vermittlung von KI und New Work in KMU

Oliver KEIM, Frank EIERDANZ, Tristan SCHADY, Viola HELLGE, Carolin FRITZINGER

Gig-Work im Fokus: Eine netnographische Analyse der Bedürfnisse und Anforderungen im
Plattformsektor in Deutschland

Katharina SCHÄFER, Carsten SCHIFFER, Maja SCHAUB, Verena NITSCH, Alexander MERTENS

Ki basierte Erkennung von Arbeitsprozessen im Reinraum

Fatemeh NADERI, Niklas KOCH, Immanuel KÖNIG, Judith HEINISCH, Klaus DAVID

KI-gestütztes Open-Source-Tool zur Effizienzsteigerung im Lern- und Wissensmanagement

Jannis PFISTER, Matthias JENNER, Till GÜNTHER, Rainer MÜLLER

Kompetenz und Konfidenz menschlicher Kontrolle von Hochrisiko-KI-Systemen in der
Personalauswahl: Selbsteinschätzung von Anwendern

Jan GRENZEBACH, Silvio ARMBRÜSTER, Thea RADÜNTZ

Management Perspektiven zur Gestaltung digitaler Transformation in Unternehmen. Eine
Literaturreview quantitativer Studien

Marie Luise HERMANN, Sophia JENKEL

Inhaltsverzeichnis

Menschliche Digitale Zwillinge zur Erfassung von Beanspruchungszuständen bei der Waldarbeit: Erkenntnisse eines Feldversuchs

Nikolas SCHIERHORST, Oliver BRUNNER, Martin ZIESAK, Alexander MERTENS, Verena NITSCH

Mitarbeitenden-Bedenken und Ängste gegenüber einem Einsatz von KI im Unternehmen messen und mit partizipativen Ansätzen vermeiden

Tristan SCHADY, Viola HELLGE, Frank EIERDANZ, Oliver KEIM

Physiological and Biomechanical Evaluation of a Military Lower-Extremity Exoskeleton Prototype during Treadmill Walking with a 20-kg Load

Yuh-Chuan SHIH

Seeing Safety in the field: Analytics of visibility aids usage for heavy machine operation

Shuaixin QI, Peter NICKEL, Andy LUNGFIEL, Marino MENOZZI, Carlo MENON

Sicheres Begegnen von Mensch und Roboter in simulierten Szenarien des öffentlichen Raums

Peter NICKEL, Anna-Maria MEER, Sven SCHNEIDER, Björn KAHL

Standardisierte Haltungscodierung zur Bewertung ergonomischer Einflussfaktoren · Methodische Entwicklung im Projekt CoSiMMI

Rebecca RACK, Susanne SUTSCHET, Sven MATTHIESEN, Klaus BENGLER

Validierung der aeroakustischen Lärmexposition beim Motorradfahren durch Kombination von Prandtlsonden-gestützten Strömungsanalysen im Windkanal und im Freifeld (Forum Arbeitsphysiologie)

Daniel SCHOLL, Karsten KLUTH

Aufstieg mit Hemmnissen: Retrospektive Analyse der Auswirkung von Feuerwehrsutzbekleidung auf die Leistungsfähigkeit von Feuerwehrfrauen und Feuerwehrmännern beim Treppensteigen

Carsten Schiffer, Vera B. Rick, Katharina Schäfer, Alexander Mertens, Verena Nitsch

Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen, Eilfschornsteinstraße 18, 52062 Aachen

Kernpunkte

- Risiko: Erhöhtes Unfallrisiko und Leistungseinbußen infolge behindernder Feuerwehrsutzbekleidung
- Kontext: Ergebnisse aus Treppenlaufwettbewerben als Indikator für passende Schutzbekleidung nutzen
- Ergebnisse: Leistungsdaten der Feuerwehrfrauen streuen stärker
- Implikation: Potential einer an Trägerinnen angepassten Schutzbekleidung noch nicht voll ausgenutzt

Methodik

- Sekundäranalyse: Treppenlauf-Wettbewerb
- Stichprobe: 33 Frauen- und 278 Männerteams
- Auswertungsmethode: deskriptive und Inferenzstatistik
- Analysedimensionen:
 - Wettkampfzeit (Klasse: Teamwettbewerb)
 - Bekleidung (Sport-/Feuerwehrsutzbekleidung)
 - Geschlecht (Frauen/Männer)

Ergebnisse und Diskussion

Median

Differenz der Mediane der Geschlechter für Sportbekleidung (117 s) und für Feuerwehrsutzbekleidung (116 s) fast gleich

→ Zusätzliche Belastung scheint für Männer und Frauen zunächst vergleichbar

Streuung

Für Frauen in Feuerwehrsutzbekleidung größere Standardabweichung (224 s) als für Männer (244 s). Varianzhomogenität darf nicht angenommen werden (Levene-Test: $F = 44.278, p < .001$)

→ Bei Frauen in Feuerwehrsutzbekleidung größere Streuung.

→ Streuung einiger anthropometrischer Maße bei Frauen größer als bei Männern.

→ Frauen mit einer Männern ähnlicheren Anthropometrie finden womöglich bessere Bedingungen bei Schutzbekleidung vor

Haupt- und Interaktionseffekt

signifikanter Haupteffekt für Geschlecht ($F(1,386) = 17.203; p < .001; \eta^2 = .043$) und Kleidung

($F(1,386) = 125.797; p < .001; \eta^2 = .260$); kein signifikanter Interaktionseffekt von Geschlecht und Kleidung $F(1,386) = .478; p < .490$

→ Einfluss von Geschlecht auf die Leistungsfähigkeit in Feuerwehrsutzbekleidung womöglich gering

Tabelle 1: Übersicht über die Laufzeitergebnisse

	Frauen		Männer	
	Sport	Feuer	Sport	Feuer
Anzahl	29	30	69	262
Minimum	319	612	245	352
Unteres Quartil	466	748	392	604
Median	549	853	432	737
Oberes Quartil	628	1.067	506	932
Maximum	869	1.553	749	1.335
Arithm. Mittel	557	926	454	782
Std.-abweichung	131	244	102	224

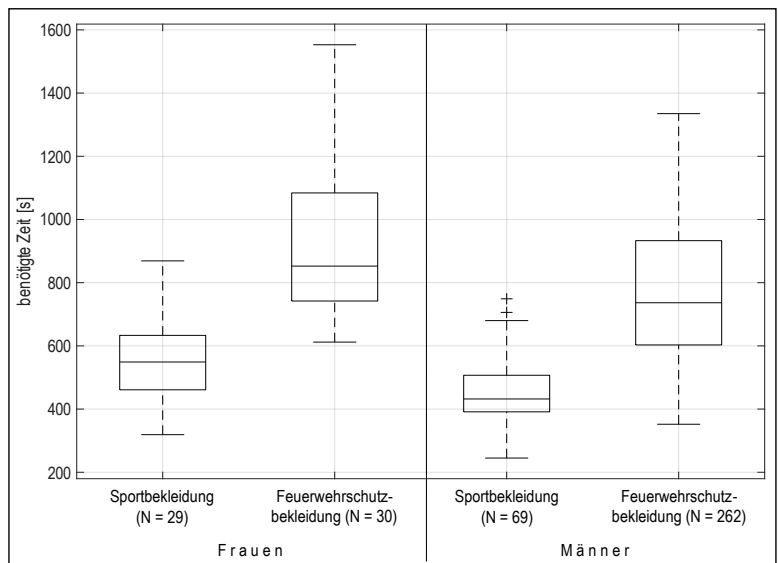


Abbildung 1: Boxplots zum Vergleich der für das Treppensteigen benötigten Zeit

Limitationen

Treppenlauf: Bedingungen und Aufgaben nicht repräsentativ für das gesamte Einsatzgeschehen der Feuerwehr

Sportwettbewerb: Teilnehmer:innen verausgaben sich vollständig (Annahme) und halten keine persönlichen Kraftreserven zurück

Schutzmaßnahmen: Typische Gefahren der Feuerwehr und damit korrespondierende, die Leistungsfähigkeit hemmende, Schutzmomente traten nicht auf

Fazit

Potential einer an die jeweilige Einsatzkraft angepassten Schutzbekleidung möglicherweise nicht vollständig ausgeschöpft

Frage: Wird die unterschiedliche Anthropometrie von Frauen und Männern bei der Gestaltung von Schutzausrüstung noch nicht ausreichend berücksichtigt?

Nächster Schritt: Welche Anthropometrischen Voraussetzungen haben einen besonders negative Effekt auf die Leistungsfähigkeit?

Biomechanische Wirksamkeit von Exoskeletten zur Reduktion der muskuloskelettalen Belastung im Gesundheitswesen – eine Literaturübersicht

Mirko Kaufmann^{1,2}, Ulrich Hartmann² & Albert Nienhaus³

¹ Institut für Sportwissenschaften, Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften, Universität Koblenz, Koblenz, Deutschland

² RheinAhrCampus Remagen, Fachbereich Mathematik Informatik Technik, Hochschule Koblenz, Remagen, Deutschland

³ Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW), Hamburg, Deutschland

Einleitung

Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems (MSE) hervorgerufen durch eine erhöhte Muskel-Skelett-Belastung (MSB) bei der Arbeit waren im Jahr 2024 die häufigste Ursache für Arbeitsunfähigkeitstage (19,4%; [1]). Speziell im Gesundheits- und Sozialwesen treten MSE vermehrt auf, vor allem im Rücken und in der Schulter. Tragbare Exoskelette können möglicherweise insbesondere für Mitarbeitende in diesen Bereichen eine präventive Maßnahme darstellen, um die MSB am Arbeitsplatz mittels physischer Unterstützung zu reduzieren und damit langfristig die Anzahl arbeitsbedingter MSE zu verringern. Um einen Überblick über die bisherigen Effekte von Exoskeletten auf die MSB bei Arbeiten im Gesundheits- und Sozialwesen zu erhalten, wurde eine systematische Literaturrecherche durchgeführt.

Methodik

Zu Beginn wurde die Zielstellung nach dem PICOS-Verfahren (**P**opulation, **I**ntervention, **C**omparisons, **O**utcome und **S**etting) präzisiert und Ein- und Ausschlusskriterien festgelegt. Es wurden nur Veröffentlichungen aufgenommen, in denen der Einfluss bereits fertig entwickelter Exoskelette auf die MSB an erwachsenen, körperlich gesunden Personen in einer wissenschaftlichen Studie gegenüber einer Kontrollbedingung ohne Exoskelett bei Arbeitstätigkeiten im Bereich Gesundheits- oder Sozialwesen evaluiert wurde. Die Literatur-recherche wurde in den Datenbanken „Pubmed“ und „Scopus“ im Juni 2025 von zwei Autoren durchgeführt und beinhaltete u.a. die Schlüsselwörter „exoskeleton“, „healthcare“ und „social care“.

Tabelle 1: Übersicht der verwendeten Exoskelette, des Probandenkollektiv und der ausgeführten Arbeitstätigkeiten innerhalb der gefundenen Studien

Jahr	Exoskelett	Probanden	Tätigkeit
2020	BackX (P, R)	30 Mitarbeiter med. Hilfsdienst	Kardiopulmonale Wiederbelebung (L)
2021	Flx ErgoSkeleton (P, R) V22 ErgoSkeleton (P, R) Laevo V2.5 (P, R)	20 Pflegekräfte	Patiententransfer zw. Rollstuhl u. Krankenbett (L)
2021	HAL for Care Support (H, R)	19 Teilnehmer	Patiententransfer (L)
2022	Levitare Airframe (P, S) Laevo V (P, R)	14 Mitarbeiter Universität	Statische Körperhaltungen; Tätigkeit aus Gefäßchirurgie (L)
2022	Muscle Suit Every (P, R)	20 Physiotherapeuten	Patiententransfer (L)
2023	Laevo V2.5 (P, R)	9 Ingenieure/Studenten	Patientenbaden (L)
2023	Levitare Airframe (P, S)	4 Sonographen	Echokardiographie (F)
2023	HAPO MS (P, S)	7 Mitarbeiter Gesundheitswesen	Reinigung chirurgischer Instrumente (F)
2024	Archelis wearable chair (P, UE)	6 Chirurgen	Setzen chirurgischer Naht (L)
2024	Laevo V2.5 (P, R)	8 Uni-Mitarbeiter	Patiententransfer (L)
2024	Levitare Airframe (P, S)	7 Mitarbeiter Chirurgie	Chirurgische Eingriffe (F)
2024	NekSpine (P, N)	12 Chirurgen	Chirurgische Eingriffe (F)
2024	StemRad MD (P, GK)	9 Radiologen/Gefäßchirurgen	Interventionelle Eingriffe (F)
2025	Auxivo Lift Suit (P, R)	8 Krankenpfleger	Patientenpflege (F)
2025	HAPO Front (P, S) HAPO (P, R) Japet W. (A, R)	19 Studenten d. Krankenpflege	Patientenmobilisierung am Krankenbett (L)
2025	Laevo V2.5 (P, R)	8 Uni-Mitarbeiter	Patiententransfer (L)
2025	Laevo V2.5 (P, R)	12 Studenten	Patientenumgang auf Krankenliege (L)
2025	Paexo Shoulder (P, S)	25 Chirurgen	Chirurgische Eingriffe (F)

R: Rumpf-System; S: Schulter-System; UE: System f. untere Extremitäten; N: Nacken-System; GK: Ganzkörper-System / P: passiv; A: aktiv; H: hybrid / L: Labor; F: Feld

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden 18 Studien (elf Labor-, sieben Feldstudien) im Zeitraum 2020 bis 2025 (zehn in den letzten zwei Jahren; s. Abb. 1) zum Einsatz von Exoskeletten in der Reduktion der MSB im Gesundheits- und Sozialwesen identifiziert, hauptsächlich beim Umgang mit Patienten und chirurgischen Eingriffen (s. Tab. 1). Die Nutzung, primär von rumpf- oder schulterunterstützenden Systemen (s. Abb. 2), führte dabei meistens zu einer geringeren Muskelaktivität, d.h. muskulären Beanspruchung, und zu einer reduzierten subjektiven Beanspruchung in den unterstützten Körperregionen. Diese Effekte zeigten sich jedoch ausschließlich bei isolierten Tätigkeiten oder kurzfristigem Einsatz. Bei ganztägigem Einsatz waren die Ergebnisse weniger eindeutig. Zudem traten teilweise kinematische Anpassungen auf, z.B. eine erhöhte Rumpfflexion oder geringere Armelevation, wobei deren biomechanische Auswirkungen auf die MSB noch unklar sind.

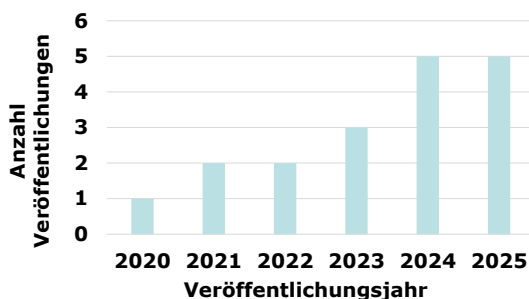


Abbildung 1: Anzahl der gefundenen Veröffentlichungen nach Veröffentlichungsjahr

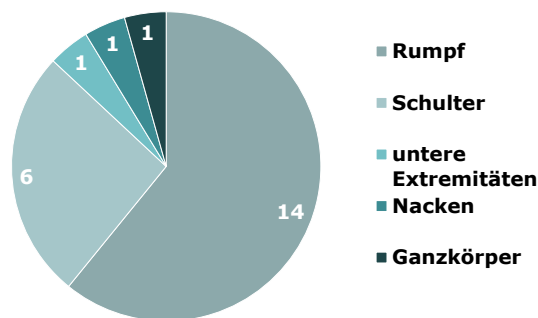


Abbildung 2: Anzahl der untersuchten Exoskelette aufgeteilt nach der unterstützten Körperregion

Zusammenfassung und Ausblick

Der Einsatz von Exoskeletten im Gesundheits- und Sozialwesen wurde somit bisher primär bei Tätigkeiten aus der Pflege und bei klinischen Eingriffen im OP-Saal evaluiert. Dabei konnte u.a. eine geringere muskuläre und subjektive Beanspruchung festgestellt werden. Dies impliziert wiederum deren biomechanische Wirksamkeit in der Reduktion der MSB bei der Arbeit. Aussagen über die präventive Wirksamkeit in der Prävalenz von MSE können allerdings aufgrund der geringen Untersuchungsdauer nicht getroffen werden. Längerfristige Untersuchungen sind daher notwendig.

Referenzen

1. BAuA (2025). Unfallverhütungsbericht 2024

Building Information Modeling in frühen Phasen der Bauplanung

Welchen Nutzen bieten BIM-Tools für die Zusammenarbeit?

Eric Bunse, Fabian Willemssen, Timon Hailu, Susanne Mütze-Niewöhner

Institut für Arbeitswissenschaft (IAW), RWTH Aachen University, Eilfschornsteinstraße 18, 52062 Aachen

1 Hintergrund & Motivation

Herausforderungen in der Bauplanung

- Wachsende Komplexität durch steigende Anforderungen an Gebäude
- Integration der Expertise verschiedener Fachdisziplinen notwendig⁶
- Interdisziplinäre und Interorganisatorische Zusammenarbeit** ist mit Herausforderungen verbunden^{5,7,9}

Ausgangssituation

- Trotz der Potenziale wird BIM in Deutschland nur zurückhaltend eingesetzt - bei ca. 18% der Unternehmen.^{2,4}
- Die Umsetzung von BIM erfordert den Einsatz **spezifischer Softwaresysteme oder -plattformen** (im Weiteren BIM-Tools oder -Werkzeuge).
- Die (Weiter-)Entwicklung eines BIM-Tools für die frühen Bauplanungsphasen war Gegenstand des Verbundprojekts **novaBIM**.
- In einer vorhergehenden Studie bewerteten Nutzende die Unterstützungsqualität von BIM-Werkzeugen mehrheitlich (eher) positiv.⁵

Building Information Modeling (BIM)

- Kollaborative Erstellung und Nutzung eines **digitalen Bauwerksmodells** über den gesamten Lebenszyklus³
- Potenziale: Transparenz erhöhen, Informationsaustausch vereinfachen, Planungskonflikte frühzeitig visualisieren¹

Platzhalter
QR-Code
mit Tonspur

2 Forschungsfrage & Forschungsdesign

Forschungsfrage

Wie muss die Arbeit mit BIM-Tools gestaltet werden, damit die Potenziale von BIM ausgeschöpft und die Hürden für die Nutzung abgebaut werden können?

Forschungsdesign

Zur Beantwortung wurden eine quantitative Befragung zur Unterstützungsqualität von BIM-Werkzeugen sowie qualitative Interviews zu Nutzenpotenzialen und Risiken der BIM-gestützten Zusammenarbeit durchgeführt.

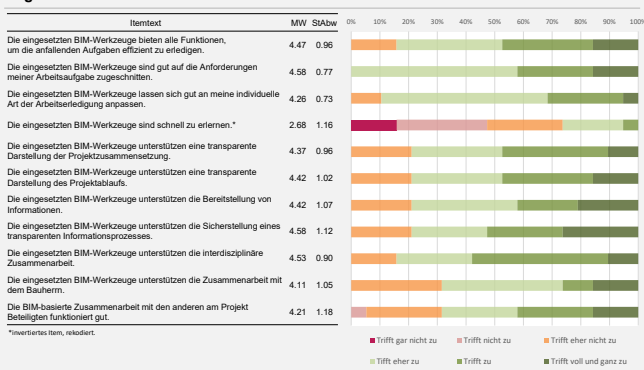
3 Durchgeführte Studien

Quantitative Studie: Online-Befragung

Methode

Online-Fragebogen zu Aufgabenangemessenheit, Individualisierbarkeit, Lernaufwand (nach Prümper & Anft, 1993)⁸ sowie Unterstützungsqualität der eingesetzten BIM-Werkzeuge⁵; Bewertung der Items auf 6-stufiger Likert-Skala. Nach Ausschluss von sechs Fällen mit geringerer Datenqualität, umfasst der ausgewertete Datensatz Daten von n = 19 Teilnehmenden, die angegeben haben, BIM bereits in Bauprojekten eingesetzt zu haben.

Ergebnisse



Qualitative Studie: Interviews

Methode

Semistrukturierte Interviews zu besonders herausfordernden Kollaborationsdimensionen wie Informationsaustausch, Wissensintegration, Koordination und Kommunikation sowie zur Unterstützung dieser Aspekte durch BIM. Befragt wurden n = 8 Planungsbeteiligte mit verschiedenen Rollen/Funktionen auf Basis eines von ihnen ausgewählten vergangenen Bauplanungsprojektes.

Ergebnisse

DIMENSION	NUTZEN	RISIKEN	Interviewauszüge
Datenaustausch & -verarbeitung	+ Verbesserte geometrische Prüfung im 3D-Gesamtsmodell + Standardisiertes Austauschformat (IFC) zwischen verschiedenen Softwaremodulen + Aufwandsreduktion in späteren Phasen durch frühzeitige Planungstiefe + Automatisierte Massen- und Kostenermittlung	- Erhöhter Aufwand in frühen Phasen ohne Sicherheit der Beteiligung in späteren Phasen - Überforderung und Überdetaillierung des Modells - Kompatibilität und Ausschluss: Alle Beteiligten müssen BIM (open BIM) oder gleiche BIM-Software (closed BIM) nutzen	"Das war [ein] neues BIM-Projekt. [...] Da hatten wir 12 [...] [Organisationen], die gemeinsam in Richtung des neuen Objekts die Inhalte liefern mussten. [...] also ich weiß nicht, wie ich es mit einer Excel-Datei hätte schaffen sollen [...] (B8) Und das fand dann [...] [...] natürlich auch zu Mehraufwänden, die du in den ersten Leistungsphasen hast, die du dafür in den späteren nicht hast. Aber manchmal weißt du auch nicht, ob du für die [späteren Leistungsphasen] beauftragt wirst, dann ist es halt eben ungünstig, wenn du so früh schon so viel Aufwand reinsteckst. (B8)
Koordination & Kommunikation	+ Transparente Fehlerdokumentation + Klare Aufgabenzuordnung und -definition + Visualisierung von Planungsproblemen zur Unterstützung der Problemlösung + Unterstützung der Kommunikation mit Planungsbeteiligten und Dritten durch Visualisierung + Kollisionsfreiheit und Fehlervermeidung durch gemeinsames Koordinationsmodell + Frühe Anforderungskommunikation und -abstimmung	- Dominanz der digitalen Kommunikation gegenüber persönlicher Kommunikation - Überforderung von Nutzern am Modell (Informationsflut) - Mangelnde Entscheidungskommunikation - Neue Rollen steigern die Anzahl der Projektbeteiligten	"Aber es ist schon [ein] große Unterstützung in der Kommunikation der Themen, weil du halt eben den beteiligten Plänen, Kunden etc. dann viel besser Dinge erläutern kannst, die nicht gut funktionieren. Ideen, die nicht klappt und so weiter. (B8) " [...] das habe ich die Erfahrung gemacht [...] [...] das Telefon in die Hand zu nehmen und erst mal das Problem mit den [...] Beteiligten zu klären, bringt mehr als wenn ich 'ne E-Mail schreibe. [...] oder bringt mehr, als wenn ich bis zum nächsten Jahr File warte oder wenn ich in einem BIM Modell [nein] B.C.F. Punkt irgendwas reinsetze und bei der nächsten Data Drop Prüfung der BIM Manager entdeckt, oh, ist dieser Punkt gelöst, Checkliste, Haken; nein, ist nicht gelöst, B.C.F. wieder zurück. (B7)
Wissensintegration	+ Frühe Berücksichtigung unterschiedlicher Anforderungen + Gegenseitiges Verständnis + Kreative Unterstützung durch Visualisierung	- Fokussierung von gestalterischer Qualität zu technischer Richtigkeit - Hoher Aufwand für Nachmodellierung von Bestandsgebäuden (Nachmodellierung des Bestandes) - Ablenkung vom Gesamtbild durch Detailinformationen	"Wenn das alles funktioniert, dann ist das echt super cool, weil man dann halt in so einem richtig coolen partizipativen Prozess mit den Nutzern quasi diesen Grundgedanken kann [...] (B4) " [...] dass wir als Institut als Nutzer sozusagen so gut wie möglich vorantreiben und wenn man dann mit den Plänen in die Gesprächsrunden geht [...] [...] [unser] unsere Vorstellungen, wenn [ja] realisierbar [sind] [...] [...] schon so früh einfließen" (B2) " [...] die Gefahr [...] [...] ist, dass du dich viel zu sehr nur mit dem BIM beschäftigen, aber nicht mehr mit dem, was wir eigentlich machen wollen, nämlich qualitativ hochwertige Umgebungen schaffen, in denen Menschen arbeiten, in denen Menschen leben" (B8)

Stichprobe: ArchitektInnen/Objekte: 11, 14, 17 und 18; Fabrik-Fachplaner: 15; Change-Manager*in: 16; Gebäudenutzende: 12 und 13.

4 Diskussion

Erlernbarkeit als Hürde

Mehr als 70 % der Befragten widersprechen der Aussage, BIM-Werkzeuge seien leicht zu erlernen. In Verbindung mit dem finanziellen Risiko unbezahlter Mehraufwände in frühen Phasen stellt dies besonders für **kleine Unternehmen und Handwerksbetriebe** eine erhebliche Nutzungsbarriere dar.

Visualisierung als Stärke

BIM-Werkzeuge bieten starke Unterstützung für **Kommunikation und Wissensintegration** durch die Visualisierung im 3D-Modell – sowohl für Planungsbeteiligte als auch für Dritte (z. B. Bauherr*innen, Nutzende).

Risiko der Fokussierung

Eine zu starke Fokussierung auf den Datenaustausch und das digitale Modell kann die **persönliche Kommunikation** und die **kreative Gestaltungsarbeit** verdrängen.

5 Gestaltungsempfehlungen

Vergütung sichern: Vergütungen für BIM-Planung in frühen Leistungsphasen vorsehen, um finanzielle Risiken v.a. für kleine Unternehmen zu reduzieren. (Eine Beteiligung in der Planungsphase garantiert keine Beauftragung in späteren Phasen.)

Offene Standards fördern: Nutzbarkeit neutraler Austauschformate (z.B. IFC) zwischen BIM-Systemen verschiedener Hersteller verbessern.

Niederschwellige Zugänge schaffen: Schnittstellen zu etablierten Anwendungen (z.B. MS Excel) und leicht bedienbare Web-Anwendungen ermöglichen aufwandsarmen Einstieg (siehe z.B. 9).

Persönliche Kommunikation verankern: Zeiträume für direkte Kommunikation und kreative Teamarbeit fest im Projektplan verankern; Ergebnistransfer ins Modell sicherstellen.

Usability verbessern: Filterfunktionen, adaptive Systeme und phasengerechte Informationsanzeige; Usability-Studien initiieren.

Partizipation ermöglichen: BIM-Werkzeuge nutzen, die partizipative Gestaltungsprozesse aller Beteiligten (inkl. Gebäudenutzende) unterstützen (z.B. das digitale Raumbuch aus dem Projekt novaBIM).

Literaturangaben
¹ Alankoud A, Abbene B, Wong P (2020) The Support of Continuous Information Flow Through Building Information Modeling (BIM). In: Kriengkrai, P., Uthairachakul & Chen-Ho K (Hg.) The 10th International Conference on Engineering, Project, and Production Management. Singapore: Springer Singapore, S. 125–137.
² Blum A. V. (Hg.) (2023) Bauwesen. BIM-Software und ihre Integration in den Einsatz. Berlin. Online verfügbar unter https://www.bimforum.org/Press/Pressemitteilung/Bauwesen-BIM-Software-Einsatz_zuletzt_gedruckt_am_13.01.2023

³ Bormann A, König M, Koch C, Beetz J (2021) Die BIM-Methode im Überblick. In: Bormann A, König M, Koch C & Beetz J (Hg.) Building Information Modeling. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (VDI-Buch), S. 1–31.
⁴ Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWi) (2023) Bericht zur Digitalisierung der Baubranche. Berlin: BMWi, 7. März 2023.

⁵ Bunse E, Willemssen F, Meyer C, Mütze-Niewöhner S (2023) Digital-gestützte Teamarbeit in der Bauplanung: Eine Studie zur Qualität der Kooperation aus Sicht von Beteiligten. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hg.) 71. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. Aachen, S. 898–903.

⁶ Dancy A, Moore D, Murray M (2003) Communication in construction: Theory and practice. New York: Taylor & Francis.

⁷ Bunse E, Hossain MR, Edwards DL, Li H, Papadimitrakaki F, Cao D (2019) Collaboration barriers in BIM-based construction networks: A conceptual model. In: International Journal of Project Management 37 (6), S. 839–854. DOI: 10.1016/j.ijproman.2019.05.004

⁸ Prümper J, Anft M (1993) Die Evaluation von Software auf Grundlage des Entwurfs zur interdisziplinären Systemgestaltung – ein Fallbeispiel. In: Röttger HP (Hg.) Software-Ergonomie 10. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag (Berichte des German Chapter of the ACM), S. 145–156.

⁹ Rottenbach J, Kaufeld 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. GIO, 51(3), 299–317. <https://doi.org/10.1007/s11612-020-00526-w>.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Förderhinweis:

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt novaBIM wurde im Rahmen des Programms „Innovative Arbeitswelten im Mittelstand“ (PZ2: 02.22B051) vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFT) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.



Institut für
Arbeitswissenschaft



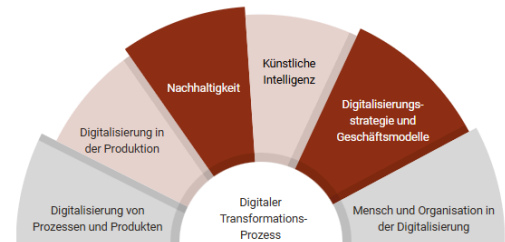
Digitale Lernumgebungen in der Arbeitswelt: Evaluationsergebnisse der Lern- und Aktionsplattform LEA des Mittelstand-Digital Zentrums Kaiserslautern

Johanna PFENNING, Ilknur ATAKLI-AHMED, Viola HELLGE
Institut für Technologie und Arbeit e.V.

Digitale Lernplattformen und Lernpfade

Digitale Lernplattformen bieten für KMU eine effiziente und orts- und zeitunabhängige Alternative zu klassischen Weiterbildungsangeboten und breite Möglichkeiten für ein Blended Learning bzw. arbeitsintegriertes Lernen und einen selbstorganisierten Kompetenzaufbau (Erpenbeck & Sauter 2019; Dehnbostel 2024). Dazu muss bei ihrer Konzeption und Umsetzung auf eine didaktisch fundierte Gestaltung der Plattform und Lerninhalte, sowie auf eine geeignete organisatorische Einbettung und auf eine technische Unterstützung der Lernenden im Umgang und bzgl. der Navigation auf der Plattform geachtet werden (O'Neill 2025). Erfolgsfaktoren für ein arbeitsplatzorientiertes Lernen mit Hilfe von Lernplattformen sind u.a. Interaktivität auf der Plattform, praxisnahe Aufgabenstellungen zum Transfer sowie personalisierte Lernpfade (Giannakos et al. 2022; Kerres 2024). Blended-Learning-Formate zeigen besonders gute Ergebnisse für die Vermittlung von komplexen, anwendungsorientierten Kompetenzen und für einen selbstorganisierten Kompetenzaufbau (Ahmad-Don et al. 2024; Erpenbeck & Sauter 2019). LEA deckt als Online-Lernplattform mehrere Stufen des sog. Workplace Learnings hin zu einem überwiegend selbstorganisierten und kompetenzentwicklungsorientierten Lernen ab.

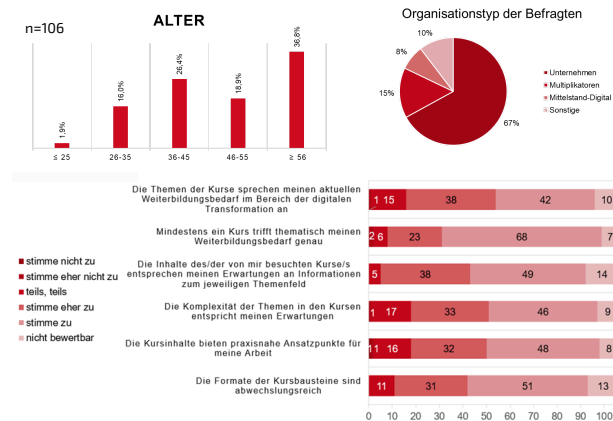
Die Lern- und Aktionsplattform LEA



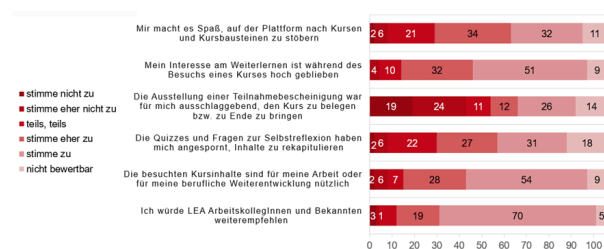
Alle Kurse #Betriebsrat #Geschäftsführer #Führungskraft #Fachkraft #Mitarbeiter #HR-Mitarbeiter

Auf LEA (www.lea.ita-kl.de) werden derzeit ca. 60 Kurse zu sieben Themenfeldern rund um die digitale Transformation angeboten. Eine Filtermöglichkeit nach Zielgruppen unterstützt auf der Startseite die Navigation durch die zahlreichen Kurse. Innerhalb der Kurse sorgen unterschiedliche Formate wie Videos, Podcasts, Texte, Checklisten, Webseiten, Gamification-Elemente sowie Quizze und Reflexionsfragen für Abwechslung und Interaktivität. Die Evaluation der LEA-Plattform hat ergeben, dass sie eine geeignete, niedrigschwellige Möglichkeit für KMU darstellt, ihre Mitarbeitenden zu Themen der digitalen Transformation selbstbestimmt und zielgerichtet weiterzubilden, wodurch Motivation bei den Teilnehmenden erzeugt wird.

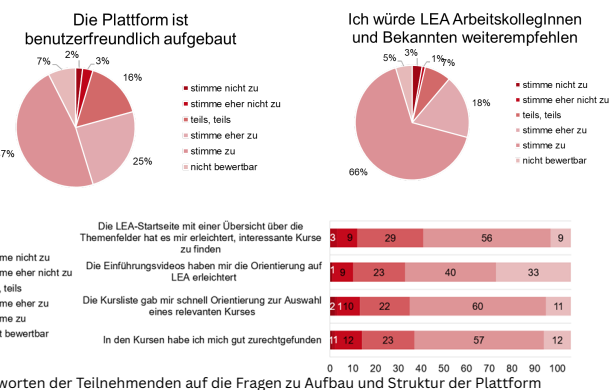
Evaluationsergebnisse



Antworten der Teilnehmenden auf die Fragen nach den Themen und Inhalten der Kurse



Antworten der Teilnehmenden auf die Fragen nach der persönlichen Lernerfahrung



Antworten der Teilnehmenden auf die Fragen zu Aufbau und Struktur der Plattform

Quellenangaben:

Ahmad-Don, R.; Suffian Mohd Zahari, A.; Abdullah, Z. (2024). Online Training in the workforce: A recent systematic review. In: International Journal of Entrepreneurship and Management practices Vo. 7, Iss. 28, 2024, p. 376-393.

Dehnbostel, P. (2024). Neugestaltung der betrieblichen Weiterbildung in der digitalen Transformation. In: Erwachsenenbildung, 51, 2024, S. 63-73.

Erpenbeck, J.; Sauter, S.; Sauter, W. (2015). E-Learning und Blended Learning. Selbstgesteuerte Lernprozesse zum Wissensaufbau und zur Qualifizierung. Springer Gabler, Wiesbaden.

Erpenbeck, J.; Sauter, W. (2019). Stopp die Kompetenzkatastrophe! Wege in eine neue Bildungswelt. 2.überarb. und erw. Auflage, Springer, Berlin.

Erpenbeck, J.; Sauter, W. (2013). So werden wir lernen! Kompetenzentwicklung in einer Welt fühlender Computer, kluger Wolken und sinnsuchender Netze. Springer Gabler.

frentix. (o. J.). Frentix – Wissen vermitteln. Abgerufen 5. Januar 2026, von <https://www.frentix.com/>

Giannakos, M. N.; Mikalef, P.; Pappas, I. O. (2022). Systematic Literature Review of E-Learning Capabilities to Enhance Organizational Learning. In: Information Systems Frontiers 24/2024, p. 619-635.

Hart, J. (2010). 5 stages of workplace learning. Centre for Learning & Performance Technologies (C4LPT)

Kerres, M. (2024). Mediendidaktik. Lernen in der digitalen Welt. 6. Auflage, DeGruyter, Berlin/Boston.

O'Neill, A. (2025). Transfer of workplace e-learning: A systematic literature review. In: Social Sciences & Humanities Open 11/2025.

World Economic Forum. (2025, Januar 17). Reskilling and upskilling: Lifelong learning opportunities. World Economic Forum.

From tensions to transformations: A dialectical perspective on SSCM

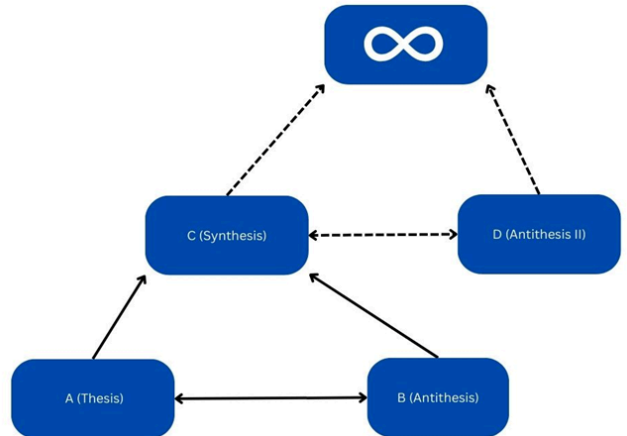
by Hannah Brand (PhD @University of Kassel and funded by Hans-Böckler-Stiftung)

Theoretical background

- Paradox Theory (Seidemann, 2024)
- **Dialectics**
 - Temporary and iterative negotiation process
 - affirmation, negation and transformation (Berti and Cunha, 2023)
 - “Resolving paradoxes by taking contradictory elements and merging them into new perspectives” (Matthews et al., 2024, p. 8)

Method: Systematic Literature Review (Seuring et al, 2021)

- 68 peer-reviewed English journal articles
 - Exclusion criteria: ABS Journal Ranking 2024 of 4*, 4 and 3)
 - 3 databases: WoS, Scopus, EBSCO
- Content analysis with MAXQDA (ongoing) (Mayring, 2021)
- Goal: **Theory extension** – modifying and adapting existing frameworks to the context of SSCM (Sauer & Seuring, 2023)



“Contradictory elements (thesis and antithesis) resolved through integration (synthesis), which, over time, will confront new opposition. Paradoxical when elements are both contradictory and interrelated. Because synthesis stresses their similarities, neglecting valued differences, integration is temporary” (Smith and Lewis, 2011, p. 387)

Current findings for Sustainable Supply Chain Management (SSCM):

- The dialectical lens has so far received little attention in the field (compared to paradoxical lens)
- Different logics (i.e.: instrumental, institutional, market etc.) more important for dialectical lens in SSCM than sensemaking approaches
 - Sustainable supply chains are dynamic, longitudinal systems of negotiation between conflicting logics
- Systematic power tends to be asymmetrical through intermediaries or higher entities
 - Power Sharing/Participation along the value chain
 - e.g.: trade unions, hub-spoke-structures (Liu et al. (2025), organised workers

Literature

Berti, M., & Cunha, M. P. E. (2023), “Paradox, Dialectics or Trade-Offs? A Double Loop Model of Paradox”, *Journal of Management Studies*, Vol. 60, No. 4, pp. 861–888.

Hargrave, T. J., & Van de Ven, A. H. (2017), “Integrating dialectical and paradox perspectives on managing contradictions in organizations”, *Organization Studies*, Vol. 38, No. 3-4, pp. 319–339.

Liu, G., Chen, Y., & Ko, W. W. (2025), “Justice and Contracts as Double-Edged Swords: Collaborative Product Innovation in Hub-and-Spoke Supply Chain Networks”, *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 61, No. 2, pp. 13–32.

Matthews, L., Gold, S., & Schleper, M. C. (2025), “Broadening the scope of operations and supply chain management scholarship on diversity, equity, and inclusion: Justice, paradox, and dialectical lenses”, *Production and Operations Management*, Vol. 34, No. 4, pp. 820–828.

Mayring, P. (2021), *Qualitative Content Analysis: A Step-by-Step Guide*, SAGE Publications Ltd, London.

Sauer, P. C., & Seuring, S. (2023), “How to conduct systematic literature reviews in management research: a guide in 6 steps and 14 decisions”, *Review of Managerial Science*, Vol. 17, No. 5, pp. 1899–1933.

Seidemann, I. (2024), “Blinded by the Light: A critique on the universality, normativity, and hegemony of paradox theory and research”, *Organization Theory*, Vol. 5, No. 4, pp. 1–24.

Seuring, S., Yawar, S. A., Land, A., Khalid, R. U., & Sauer, P. C. (2020), “The application of theory in literature reviews – illustrated with examples from supply chain management”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 41, No. 1, pp. 1–20.

Smith, W. K., & Lewis, M. W. (2011), “Toward a Theory of Paradox: A Dynamic Equilibrium Model of Organizing”, *Academy of Management Review*, Vol. 36, No. 2, pp. 381–403.

Current framework on Managing Contradictions in Organizations (Hargrave and Van de Ven, 2017):

- At a glance: to be revised for specific conditions of SSCM
- Sharpening dialectical perspective for use in SSCM

		Distribution of systemic power	
		Stable, symmetrical	Unstable and/or asymmetrical
Sensemaking approach	Acceptance both/and	Q1 Paradoxical management (synergy)	Q2 Assimilation
	Adversarial	Q3 Mutual adjustment	Q4 Dialectics (mobilization and conflict)

Führung als Wahrnehmungsprozess – Ein Modell wahrnehmungszentrierter Führung im digitalen Wandel

Lukas BURCHARD

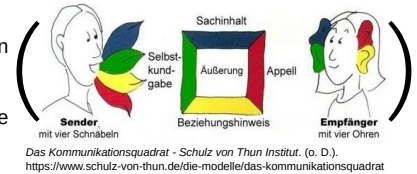
Führung im digitalen Wandel: Wenn die Intention nicht mehr ankommt

Die Ausgangslage:

- Automatisierung, KI und cyber-physische Systeme erschweren unter Unsicherheit, Beschleunigung und räumlicher Distanz die direkte Steuerung und unmittelbare Rückkopplung (Bauer & Hofmann 2018; Schuh et al. 2020; Lord et al. 2017).

Das Kernproblem:

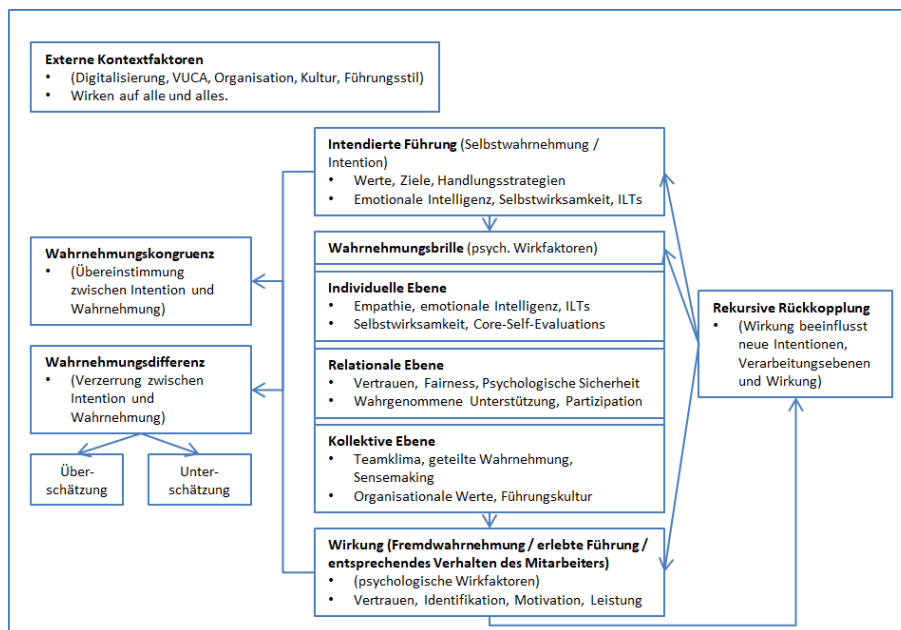
- Führungswirksamkeit hängt nicht von der reinen Intention, sondern maßgeblich davon, wie Führung von Mitarbeitenden wahrgenommen und interpretiert wird ab – Self-Other Agreement (SOA) (Lord & Maher, 1991).
- Digitale und hybride Arbeitsformen reduzieren informelle (Zeike et al. 2019).
- Während Wahrnehmungskongruenz Vertrauen und Teamklima fördert, können Wahrnehmungsdifferenzen diese Prozesse und die Führungswirksamkeit beeinträchtigen (Atwater & Yammarino 1992; Fleenor et al. 2010).



Die Forschungslücke:

- Bislang fehlt ein Bezugsrahmen, der Führung systematisch als Wahrnehmungsprozess konzeptualisiert und mit psychologischen Wirkfaktoren verknüpft.

Grundmodell wahrnehmungszentrierter Führung



Grundmodell wahrnehmungszentrierter Führung – eigene Darstellung

Methodik: Empirische Evaluation

Um die komplexen Wahrnehmungsdynamiken im digitalen Wandel zu erfassen, verfolgt das Forschungsdesign einen Mixed-Methods Ansatz.

Quantitative Ebene: Dyadische Analyse

- Parallele Erhebung der Selbstwahrnehmung (Führungskräfte) und der Fremdwahrnehmung (Mitarbeitende).
- Berücksichtigung zentraler Konstrukte: Führungswahrnehmung, psychologische Wirkfaktoren und Indikatoren der Führungswirksamkeit.

Qualitative Ebene: Prozessrekonstruktion

- Vertiefende Interviews mit einzelnen Führungskräften und Mitarbeitenden.

Implikationen & Zielsetzung

Das Modell fungiert als theoretisch fundierter Bezugsrahmen für die Führung im digitalen Wandel.

Wissenschaftlicher Beitrag: Systematische Konzeptualisierung der Wahrnehmung als zentrale Wirkungsebene von Führung.

Erweiterung der Theorie: Integrative Verknüpfung von Selbst- und Fremdwahrnehmung in einem rekursiven Prozessmodell.

Impulse für die Praxis: Verschiebung des Fokus – Weg vom reinen Führungsverhalten hin zur Gestaltung von Wahrnehmungs- und Rückkopplungsprozessen.

Literatur

- Atwater L, Yammarino F (1992) Does self-other agreement on leadership perceptions moderate the validity of leadership and performance predictions? *Personnel Psychology* 45:141–164.
- Bauer W, Hofmann J (2018) Arbeit 4.0 – Digitalisierung der Arbeitswelt. In: Bauer W, Schilund S (Hrsg) *Arbeitswelt der Zukunft*. Stuttgart: Fraunhofer IRB, 9–25.
- Fleenor JW, Smither JW, Atwater LE, Braddy PW, Sturm RE (2010) Self-other rating agreement in leadership: A review. *Leadership Quarterly* 21:1005–1034.
- Lord RG, Maher KJ (1991) *Leadership and information processing: Linking perceptions and performance*. Boston: Unwin Hyman.
- Lord RG, Maher KJ (1993) *Leadership and information processing: A social-cognitive perspective*. London: Routledge.
- Lord RG, Epitropaki O, Foti RJ, Hansbrough TK (2020) Implicit leadership theories, implicit followership theories, and dynamic processing of leadership information. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior* 7:49–74.
- Lord RG, Day DV, Zaccaro SJ, Avolio BJ, Eagly AH (2017) Leadership in applied psychology. *American Psychologist* 72:434–451.
- Schuh G, Anderl R, Gausemeier J, ten Hompel M, Wahlster W (2020) *Industrie 4.0 Maturity Index*. München: Herbert Utz Verlag.
- Zeike S, Bradbury K, Lindert L, Pfaff H (2019) Digital leadership skills and associations with psychological well-being. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16:2628.

Gamification als Türöffner für menschenzentrierte Arbeitsgestaltung und Partizipation:

Ein mobiler Escape Room zur Vermittlung von KI und New Work in KMU

Oliver KEIM, Dr. Frank EIERDANZ, Tristan SCHADY, Dr. Viola HELLGE, Carolin FRITZINGER

Institut für Technologie und Arbeit e.V.

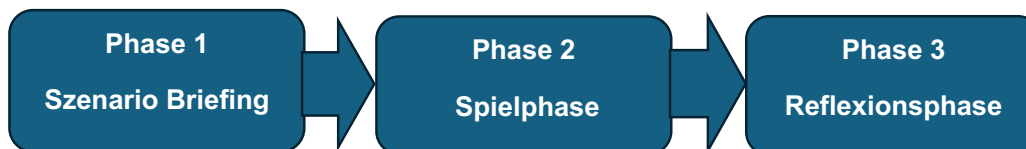
Motivation:

Die digitale Transformation und KI erhöhen den Bedarf an einer arbeitswissenschaftlich fundierten Gestaltung von Arbeit (André et al. 2021). Im Sinne einer menschengerechten Arbeitsgestaltung setzt das Zukunftszentrum für menschenzentrierte KI in der Produktionsarbeit (ZUKIPRO) auf spielerische Ansätze, um Motivation zu fördern, Technologieängste abzubauen und die Selbstwirksamkeit der Beschäftigten zu stärken.

Gamification & Escape Rooms:

Gamification verknüpft Lerninhalte mit spielerischen Elementen, um Engagement zu steigern. Das Format des Escape Rooms unterstützt dabei exploratives und handlungsorientiertes Lernen (Jeske 2022). Teams müssen unter Zeitdruck Informationen strukturieren und kooperativ Rätsel lösen, was nicht nur Wissen vermittelt, sondern auch den Teamzusammenhalt fördert.

Das dreistufige Qualifizierungskonzept des ZUKIPRO Escape Rooms:



Ablauf und Didaktik:

Einführung & Szenario-Briefing (15–30 Min.): Narrative Einbettung in eine Forschungsmission zur emotionalen Aktivierung und Steigerung der Lernmotivation (Jeske 2022). Dies ermöglicht einen niedrigschwelligen Einstieg in komplexe Themen.

Spielphase (ca. 60 Min.): Kooperative Bewältigung von sieben Rätseln zu KI und Digitalisierung. Der spielerische Ansatz fördert handlungsorientiertes Lernen, stärkt Teamzusammenhalt sowie Selbstwirksamkeit und erlaubt das risikolose Erproben neuer Denkmuster (Hu et al. 2025; Veldkamp et al. 2020).

Moderierte Reflexionsphase (ca. 45 Min.): Systematischer Transfer der Erlebnisse auf Konzepte von New Work und KI. Erst dieses „Debriefing“ sichert durch die gezielte didaktische Einbettung den nachhaltigen Wissenstransfer in den betrieblichen Alltag (Spangenberg et al. 2022; Veldkamp et al. 2020)



Quellen:

André, E., & Bauer, W. (Hrsg.). (2021). *Kompetenzentwicklung für Künstliche Intelligenz – Veränderungen, Bedarfe und Handlungsoptionen: Whitepaper aus der Plattform Lernende Systeme*. Plattform Lernende Systeme.

Hu, Q., Bai, Y., Mo, Y., Ma, R., Ding, L., Zhou, M., Zhang, Y., & Ma, F. (2025). The application of an escape room teaching method on the training for ICU new nurses: A quasi-experimental study. *BMC Medical Education*, 25, 345.

Jeske, I. C. (2022). Spielend-Lernen mit Serious Games – Eine Betrachtung aus medienkonzeptioneller Perspektive. In W. Becker & M. Metz (Hrsg.), *Digitale Lernwelten – Serious Games und Gamification: Didaktik, Anwendungen und Erfahrungen in der beruflichen Bildung* (S. 11–26). Springer Fachmedien.

Spangenberg, P., Draeger, I., Kapp, F., Kruse, L., & Matthes, N. (2022). Gendersensible Berufsorientierung mit einem Serious Game: Didaktische Einbettung des Spiels „Serena Supergreen“. In W. Becker & M. Metz (Hrsg.), *Digitale Lernwelten – Serious Games und Gamification* (S. 127–146). Springer Fachmedien Wiesbaden.

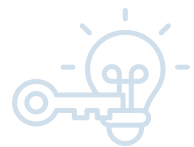
Veldkamp, A., van de Grint, L., Knippels, M. C. P. J., & van Joolingen, W. R. (2020). Escape education: A systematic review on escape rooms in education. *Educational Research Review*, 31, 100364.

GIG-WORK IM FOKUS: EINE NETNOGRAPHISCHE ANALYSE DER BEDÜRFNISSE UND ANFORDERUNGEN IM PLATTFORMSEKTOR IN DEUTSCHLAND

Katharina Schäfer, Carsten Schiffer, Maja Schaub, Verena Nitsch, Alexander Mertens
Institut für Arbeitswissenschaft
der RWTH Aachen

Kernpunkte

- **Problem:** Gig-Work in Deutschland wenig arbeitswissenschaftlich erforscht
- **Kontext:** Ungeklärte Arbeitsbedingungen, fehlende gesetzliche Regulierungen
- **Risiken:** Einkommenseinbußen, fehlende Sozialabsicherung, Altersarmut, Gesundheitsrisiken
- **Forschungsfrage:** Welche Bedürfnisse und Anforderungen haben Gig-Worker:innen?



Methodik

- **Netnographische Analyse** von Online-Communities
- **Datenquellen:** Reddit (r/germany, r/arbeitsleben, r/Finanzen), Kununu, Indeed
- **Erhebungszeitraum:** Dezember 2024 – April 2025
- **Stichprobe:** Aussagen von 853 Gig-Worker:innen analysiert
- **Auswertungsmethode:** Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring
- **Analysedimensionen:** Demographie, persönliche Aspekte, Motivation, positive Aspekte, Risiken & Probleme, rechtliche Aspekte, Belastungen, Sicherheit

Fazit

- Gig-Work bietet **Chancen** (Flexibilität) & **Risiken** (finanzielle Unsicherheit, fehlende Absicherung)
- **Nächste Schritte:** Entwicklung datenbasierter Personas basierend auf Ergebnissen



Ergebnisse

POSITIVE ASPEKTE:

- Zeitliche Flexibilität
- Niedrige Einstiegshürden
- Unabhängigkeit von Hierarchien

PROBLEME & RISIKEN:

- Niedrige Bezahlung, finanzielle Unsicherheit & fehlende Sozialabsicherung
- Lange Arbeitszeiten & kurzfristige Schichtvergabe
- Schlechte Wetterbedingungen
- Willkürliche Sperrungen des Plattformzugangs
- Mangelnde Kommunikation & schlechte Kund:innenbewertungen
- Diskriminierendes Verhalten von Flottenpartner:innenführungs Kräften

Thesen für potentielle Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen

Arbeitsschutz

Einhalten von Ruhezeiten bei Schichtvergabe; Entkopplung von Entgelt und Leistung

Flexibilität

Vergabe Schichtzeiten mit Vorlaufzeit; Schaffung der Möglichkeit Schichten zu tauschen

Vergütung

Schaffung gerechter, pünktlicher Vergütung; Bereitstellung verständlicher Abrechnungen

Soziale Absicherung

Entwicklung transparenter Prozesse zur Sicherstellung von Absicherungssystemen (bei Krankheit, Alter, ...)

Kommunikation

Etablierung von Feedback-Mechanismen; Adressierung von Problemen von Gig-Worker:innen bei Schichten

Gleichstellung

Schaffung von Sensibilisierungsprogrammen; Schulung von Führungskräften

KI-basierte Erkennung von Arbeitsprozessen im Reinraum

Fatemeh Naderi, Niklas Koch, Immanuel König, Judith S. Heinisch, Klaus David
comtec@uni-kassel.de

Ziel

KI-basierte Erkennung von Arbeitsprozessen im pharmazeutischen Reinraum: das Anziehen von Überschuhen und das Überspringen auf einer Überspringbank. Die erkannten Arbeitprozesse können für Schulungen oder zur Prozessüberwachung von Reinraummitarbeitenden eingesetzt werden.

- Kann man KI basiert Arbeitsprozesse automatisch erkennen, und mit welchen KI-Algorithmen?
- Welche Sensoren sind geeignet, um die Arbeitsprozesse mit welcher Genauigkeit zu erkennen? Reichen dazu die Sensoren in Wearables aus oder werden spezielle Sensoren benötigt?



Abb. 1: Links: Messungen zur Prozessüberwachung im Reinraum; Rechts: Messungen in einer Schulungsumgebung.

Methodik

- Zwei Arbeitprozesse werden mit Messungen untersucht: das Anziehen von Überschuhen und das Überspringen auf einer Überspringbank
- 120 Testdatensätze: Drei Personen machen pro Arbeitsprozess je 10 Durchläufe mit richtigen und 10 Durchläufe mit falschen Bewegungen
- Die drei Personen tragen eine Sensoranzug mit 17 Sensoren, woraus ein Skelettmmodell errechnet wird, und 3 Wearables mit eingebauten IMU-Sensoren

Experimenteller Aufbau



- 17 Anzugsensoren
- 3 Wearables

Abb. 2: Sensorplatzierung der 3 Wearables (Smartphone, Smartwatch, Kopfhörer) und der 17 Anzugsensoren

Ergebnis

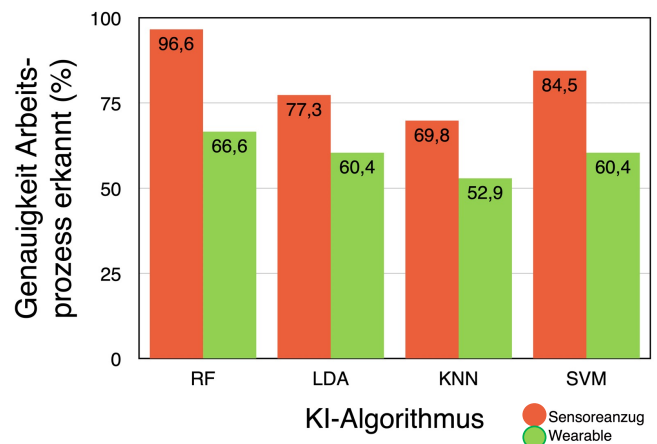


Abb. 3: Die Genauigkeiten der erkannten Arbeitsprozesse nach KI-Algorithmus (KNN: K-Nearest Neighbor; SVM: Support Vector Machine; RF: Random Forest; LDA: Linear Discriminant Analysis) und nach Sensoren.

Fazit

- Eine KI-basierte Erkennung von Arbeitsprozessen im Reinraum ist möglich.
- Die Erkennungsleistung variiert deutlich abhängig von den gewählten Sensoren und dem verwendeten KI-Algorithmus

Messungen mit

- speziellem Sensoranzug
- Wearables

Training und Evaluation der
gewählten KI-Algorithmen mit
Daten aus den Messungen

Auswertung nach gewählten KI-
Algorithmen und verschiedener
Sensorarten

KI-gestütztes Open-Source-Tool zur Effizienzsteigerung im Lern- und Wissensmanagement

Problemstellung

Wissen als Ressource: In KMU oft unsystematisch und personenabhängig

Wissensverlust: Erfahrungs- und Prozesswissen mangelhaft dokumentiert

Zeit-Engpass: Erstellung von Lerninhalten als wesentlicher Ressourcen-Engpass

KI-Risiken: Halluzinationen, mangelnde Validität und fehlende Transparenz

Datensouveränität: Cloud-Lösungen bergen Risiken für sensible Firmendaten

Akzeptanz: Nutzervertrauen erfordert Transparenz und Qualitätssicherung

Herausforderungen

Relevanz und Motivation^{1,2,3,4}

Potenziale

Effizienzsprung: Automatisierte Überführung von Fachwissen in Lernbausteine

Zeitersparnis: Reduktion der Erstellungsdauer um bis zu 60 %

Wissenstransfer: Bessere Nutzbarkeit für kontinuierliche Qualifizierung

Lokale Architektur: Datensouveräner On-Premise-Betrieb ohne Datenabfluss

RAG-Technologie: Faktentreue durch Anbindung interner Wissensquellen

Human-in-the-Loop: Fachliche Validierung durch Experten im Prozess

Lösungsansatz

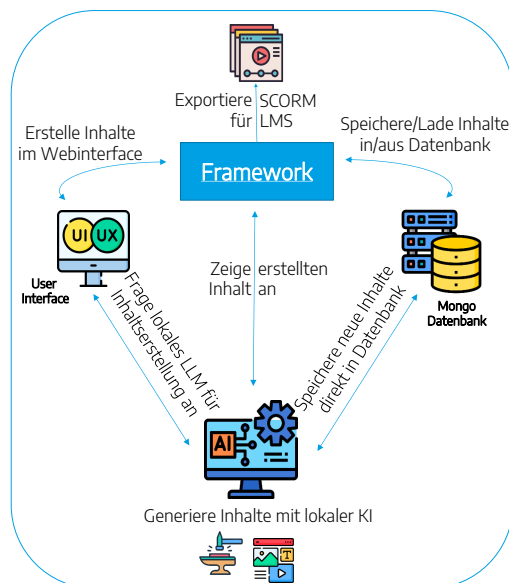
Entwicklung des Open-Source-Tools

Architektur, Funktionsweise & Content des Open-Source-Tools

Technologische Basis und Systemarchitektur

Die semantische Verarbeitung basiert auf dem **lokalen LLM** Mistral 7B, welches als „kognitiver Motor“ unstrukturierte Informationen analysiert und in Lernformate transferiert.

- Zur Vermeidung von Halluzinationen stellt der **Retrieval-Augmented Generation (RAG)**-Ansatz sicher, dass Antworten ausschließlich auf Basis injizierter Firmendokumente generiert werden.
- Die Umsetzung als **On-Premise-Lösung** via **Ollama** garantiert die Datensouveränität, da die gesamte Verarbeitung innerhalb des geschützten Unternehmensnetzwerks verbleibt.



Operativer Workflow und Implementierung

Das Adapt Learning Framework fungiert als **zentrale Middleware**, welche die KI-Inferenz mit der administrativen Ebene des Lernmanagementsystems verbindet.

- Im Prozess erfolgt die teilautomatisierte Ableitung von Fachtexten und Prüfungsfragen inklusive Bewertungsschemata direkt aus den **internen Wissensquellen**.
- Durch den **Human-in-the-Loop**-Ansatz können Experten die KI-Vorschläge im Editor validieren, um die Verbreitung fehlerhaften Wissens zu verhindern und die Qualität zu sichern.
- Der Export als SCORM-Paket mit anschließendem Datei-Upload in ein Lernsystem schafft ein bewusstes „**Quality Gate**“, das eine ungeprüfte Veröffentlichung der Inhalte ausschließt.



Beispiel-Content aus einer Lerninheit zum Thema Kreislaufwirtschaft

Frage 1

Was ist das Hauptziel des Recyclings in der Kreislaufwirtschaft?

Choose one or more options then select Submit.

☐ Reduzierung von Abfall und Schonung natürlicher Ressourcen

☐ Erhöhung der Produktionskosten

☐ Vermeidung von Innovationen in der Produktentwicklung

☐ Förderung der linearen Wirtschaftsweise

Submit

Prototypische Testphase des Softwaresystems

Ergebnisse, Evaluation & Feedback

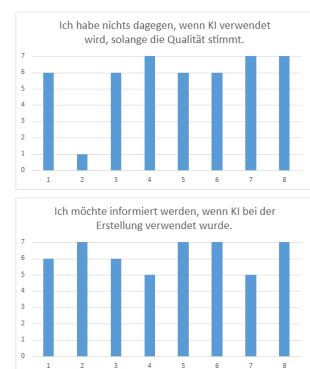
- Zur Validierung der Systemarchitektur wurde ein zweistufiges Konzept realisiert: Ein quantitativer A/B-Vergleich ermittelte die Zeitersparnis bei der Content-Erstellung während einer Blindstudie (N=8) die qualitative Akzeptanz und Lernerfahrung im akademischen sowie industriellen Umfeld untersuchte.

Quantitative Ergebnisse

- Die automatisierte Generierung bewirkte eine **Effizienzsteigerung von 60 %**, indem der Erstellungsaufwand von **20 auf 8 Stunden** sank.
- Dieser **Zeitgewinn** ermöglicht die Verlagerung personeller Ressourcen von der reinen Erzeugung hin zur **wertschöpfenden (didaktischen) Feinjustierung**.

Nutzerfeedback und Akzeptanz

- Die Evaluation belegt eine **hohe technologische Offenheit** der Probanden, sofern die Qualität durch eine fachliche Prüfung und Freigabe (**Human-in-the-Loop**) gewahrt bleibt.
- Um die Akzeptanz zu fördern, verlangen Anwender eine **konsequente Kennzeichnung** der KI-Inhalte.



Likert-Skala (1 = „Stimme überhaupt nicht zu“ bis 7 = „Stimme voll und ganz zu“)

Verwendete Quellen:

1) Durst S, Foll S & Edvardsson IR (2022) A systematic literature review on knowledge management in SMEs: current trends and future directions. Management Review Quarterly 73:1-35

2) Escobar-Castillo A & Velandia-Pacheco G (2024) Categorizing the effects of knowledge management practices on SMEs: a literature review. TEC Empresarial 18:23-42.

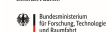
3) Barberá I (2025) AI Privacy Risks & Mitigations - Large Language Models (LLMs). European Data Protection Board (Support Pool of Experts Programme).

4) Lewis P, Perez E, Piktus A et al. (2020) Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks. In: Larochelle H et al. (Eds) Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS) 33. Red Hook, NY: Curran Associates, 9459-9474.

Förderhinweis:

Dieser Beitrag wurde gefördert durch das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) im Rahmen des Projektes „KOMATRA“ (02L22C005) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Gefördert durch:



Kompetenz und Konfidenz menschlicher Kontrolle von Hochrisiko-KI-Systemen in der Personalauswahl: Selbsteinschätzung von Anwendern

Jan Grenzebach, Silvio Armbrüster and Thea Radüntz

Fachgruppe 2.4 KI in der Arbeitswelt
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund
eMail: grenzebach.jan@baua.bund.de

1. ABSTRAKT

Entscheidungssysteme auf Grundlage künstlicher Intelligenz gewinnen in der Personalauswahl zunehmend an Bedeutung. Ihr Einsatz wirft die Frage auf, inwieweit algorithmische Entscheidungen fachlichen, rechtlichen und ethischen Anforderungen genügen, da sie trotz versprochener Objektivität anfällig für datenbasierte Verzerrungen bleiben. Entsprechend werden solche Anwendungen im Rahmen der europäischen KI-Verordnung als Hochrisikosysteme reguliert.

Dadurch rücken menschliche Kontrollinstanzen im Sinne des Human-in-the-Loop in den Mittelpunkt, die Entscheidungen prüfen, korrigieren und verantworten sollen. Der Beitrag stellt einen Fragebogen vor, der Kompetenz und Konfidenz von Anwenderinnen und Anwendern in der KI-gestützten Personalauswahl per Selbsteinschätzung erfasst. Ziel ist die Identifikation entsprechender Profile als Grundlage für Qualifizierung und Risikobewertung.

2. PROBLEM



- **Regulatorik & Gestaltung:** KI-gestützte Bewerbendenanalyse ist Hochrisiko-KI → erfordert menschliche Aufsicht, Dokumentation, Nachvollziehbarkeit sowie klar definierte Kontrollaufgaben und Verantwortlichkeiten.
- **Risiken für Fairness:** Bias in Daten/Modellen und geringe Transparenz/Erklärbarkeit können Diskriminierung begünstigen und die Fairnessbewertung erschweren.
- **Belastung & Kompetenz:** Kontrollverantwortung erzeugt Unsicherheit bei Entscheider:innen; daher sind KI-Kompetenzen (Grenzen, Fehlerquellen, kritische Interpretation) zentral für sicheren Betrieb.

3. ZIEL



- **Kompetenz** als handlungsorientiertes Konstrukt: Aufbauend auf AI Literacy umfasst KI-Kompetenz Wissen, Interpretationsfähigkeit, Anwendungserfahrung und ethisches Verständnis – mit Fokus auf risikosensibles Entscheiden in der Personalauswahl (Validität & Bias beurteilen).
- **Konfidenz** als Schlüssel für Human Oversight: Über- oder Unterkonfidenz reduziert die Wirksamkeit menschlicher Kontrolle; Ziel ist kalibrierte Konfidenz, die zur eigenen Kompetenz und zur Aufgaben-/Risikolage passt.
- Übertragung bewährter Auswahlprinzipien auf KI: Strukturierte Verfahren und explizite Kriterien helfen, daten- und modellinduzierte Verzerrungen systematisch zu identifizieren; Reflexionskompetenz bleibt zentral für eine verantwortungsvolle KI-Nutzung.

4. ANWENDUNG



- **Praktischer Nutzen:** Das Instrument identifiziert Kompetenz- und Konfidenzprofile, um Qualifizierungsbedarfe sichtbar zu machen und Trainings gezielt auszurichten (z. B. Ergebnisinterpretation, Bias-Reflexion).
- **Compliance:** Es unterstützt die systematische Risikobewertung von Hochrisiko-KI und leitet Schutzmaßnahmen ab (Verantwortungszuweisung, dokumentierte Prüfverfahren); die 4 Profile reichen von Automation Bias (hoch Konfidenz/gering Kompetenz) bis kalibrierter Nutzung (hoch/hoch).
- **Forschung:** In KI-Governance integrierbar zur kontinuierlichen Bewertung der Nutzungssicherheit; Grenzen durch Selbsteinschätzung

Items: KOMPETENZ

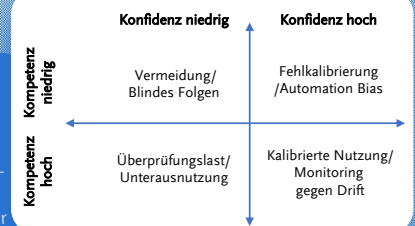


1. Ich verstehe, welche Arten von Daten ein KI-System für Auswahlentscheidungen benötigt.
2. Ich weiß, wie Trainingsdaten die Ergebnisse eines KI-Modells beeinflussen können.
3. Ich kann einschätzen, wann ein KI-System aufgrund begrenzter Daten besonders unsicher ist.
4. Ich kann die Ausgaben eines KI-Systems so interpretieren, dass ich daraus fundierte Schlüsse ziehe.
5. Ich kann die Zuverlässigkeit einer KI-Empfehlung anhand der verfügbaren Informationen bewerten.
6. Ich erkenne, wenn ein KI-Ergebnis nicht vollständig mit den vorliegenden Bewerbungsinformationen übereinstimmt.
7. Ich kann beurteilen, ob bestimmte Bewerbergruppen durch ein KI-Verfahren potenziell benachteiligt werden.
8. Ich erkenne Hinweise auf mögliche Verzerrungen in KI-generierten Empfehlungen.
9. Ich beziehe ethische Überlegungen ein, wenn ich Entscheidungen eines KI-Systems prüfe.
10. Ich achte darauf, dass KI-Ergebnisse mit Fairness- und Gleichbehandlungsgrundsätzen vereinbar sind.

Items: KONFIDENZ



1. Ich fühle mich sicher dabei, Entscheidungen eines KI-Systems zu bewerten.
2. Ich kann meine Einschätzung zu KI-Ergebnissen klar und nachvollziehbar begründen.
3. Ich traue mir zu, Unsicherheiten in KI-Ausgaben richtig einzuschätzen.
4. Ich korrigiere eine KI-Entscheidung, wenn meine eigene Analyse Zweifel aufzeigt.
5. Ich lehne KI-Empfehlungen ab, wenn sie fachlich nicht plausibel erscheinen.
6. Ich erkenne Situationen, in denen eine menschliche Entscheidung gegenüber der KI vorzuziehen ist.
7. Mir ist bewusst, dass ich die letztendliche Verantwortung für die Entscheidung trage.
8. Ich fühle mich in der Lage, diese Verantwortung auch bei KI-Unterstützung zuverlässig wahrzunehmen.
9. Ich weiß, wann ich zusätzliche Informationen benötige, bevor ich eine KI-Entscheidung bestätige.
10. Ich bin sicher, dass ich auch in komplexen Auswahlprozessen angemessen eingreifen kann.



Likert Skala:

- 1 = Stimme überhaupt nicht zu
2 = Stimme eher nicht zu
3 = Weder noch
4 = Stimme eher zu
5 = Stimme voll und ganz zu

Datenerhebung

F2602



Management Perspektiven zur Gestaltung digitaler Transformation in Unternehmen. Eine Literaturreview quantitativer Studien

Autor*innen:

Marie Luise Hermann, Sophia Jenkel
Institut für Angewandte Informatik (InfAI) e.V., Leipzig

Frühjahrskongress 2026 Gesellschaft
für Arbeitswissenschaft e.V. Beitrag
"Work in Progress"

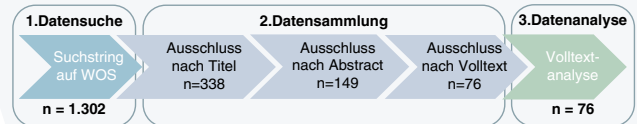
Zielstellung

KI erweitert das Themenfeld der digitalen Transformation um eine neue Dimension. Die menschliche Perspektive gewinnt hierbei stärker an Bedeutung, da das aktive Einbeziehen von Mitarbeitenden und Entscheidungstragenden für eine erfolgreiche Umsetzung dieser Prozesse ist (Ulrich et al. 2023; Petrov et al. 2023). So wurde bereits am Konzept der Industrie 4.0 kritisiert, die menschenzentrierte Perspektive zu vernachlässigen, und das Konzept der Industrie 5.0 vorgeschlagen (Piccarozzi et al. 2024). Die Forschungslandschaft beschäftigt sich breit mit dem Thema der digitalen Transformation. Besonders interessant sind hierbei Studien, die primär Managementebenen befragen. So gelingt es zu erforschen, wie Managementebenen menschenzentrierte Digitalisierung und KI-Implementation verstehen oder umsetzen und somit direkten Einfluss auf Arbeitsorganisation und -gestaltung nehmen. Ziel dieser SLR ist die Untersuchung des Ist-Stands 76 Forschungsarbeiten zu Managementperspektiven auf digitale Transformation und KI-Implementierung.

Forschungsfragen:

1. Wie wird digitale Transformation in der Forschung konzeptionell untersucht?
2. Welche inhaltlichen Aspekte werden erforscht und welche Erkenntnisse lassen sich daraus ziehen?
3. Inwieweit werden menschenzentrierte Perspektiven in der Forschung zur digitalen Transformation berücksichtigt?

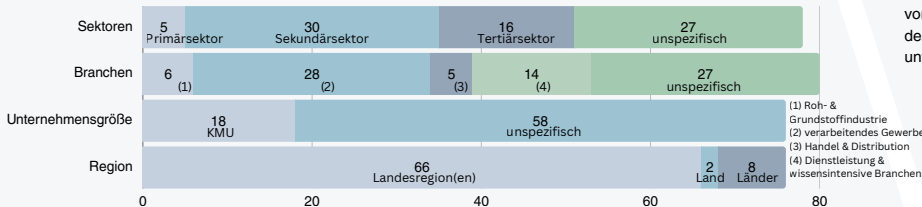
Vorgehen



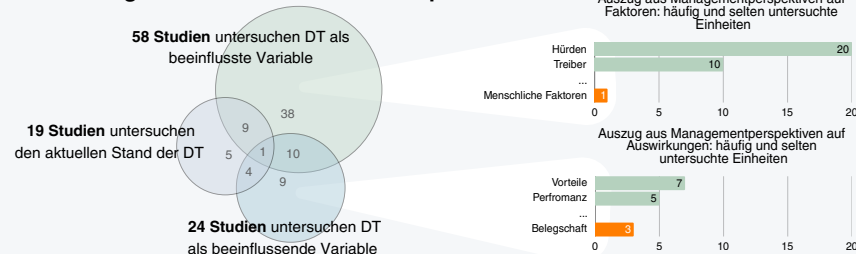
Der Suchstring umfasste quantitative Studien zu Einstellungen, Erwartungen oder Perspektiven gegenüber digitaler Transformation oder KI, Hindernisse bei der Implementierung digitaler Maßnahmen oder KI in Unternehmenskontexten. In einem dreistufigen Ausschlussverfahren wurde geprüft, ob die erforderlichen Themen behandelt werden. Hierbei wurde die Literaturreview weiter auf Managementbefragungen fokussiert. Aus diesen Anforderungen ergaben sich 76 verbleibende Artikel für die Auswertung.

Ergebnisse

Welche Schwerpunkte werden im Sample gesetzt?



Wie wird digitale Transformation im Sample betrachtet?



Die Literaturreview zeigt einen deutlichen Fokus der Forschung auf Wirtschaftlichkeit und ökonomische Performanz. Forschende wollen vorrangig verstehen, was digitale Transformation aus Perspektive des Managements vorantreibt und wie sich dies auf den unternehmerischen Output auswirkt.

Fazit

Mit Hilfe der Betrachtung dieser Literaturreview wird deutlich, dass der Mensch in quantitativen Studien zu Managementperspektiven auf digitale Transformation wenig berücksichtigt und vorrangig als Hindernis oder Stellschraube gesehen wird, mit der es im Rahmen der Umsetzung digitaler Transformation umzugehen gilt.

Hauptsächlich liegt der Fokus auf technischen Möglichkeiten und Wirtschaftlichkeit. Menschenzentrierte Themen, wie Akzeptanz, Ängste oder die Veränderung der Arbeitsverhältnisse werden teilweise identifiziert, bilden jedoch seltener den Schwerpunkt des eigentlichen Forschungsinteresses.

Ausblick

Hieran anknüpfend lässt sich ein Defizit identifizieren, dem sich weiterführende Forschung widmen kann. Ausgehend von diesem Literatur-Scope mangelt es an quantitativen Studien, die das Wohlergehen des Menschen im Kontext seiner Arbeit als Teilbereich ganzheitlicher digitaler Transformation mitbetrachten. Diese Forschung kann zur allgemeinen Debatte über die Rolle von Arbeit in der Gesellschaft und die Ansprüche der Gesellschaft an die neuen Arbeitsverhältnisse durch digitale Transformation beitragen.

Referenzen:



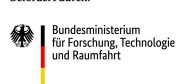
Literaturanhäng und
Datenatz der reviewten
Studien:
<https://doi.org/10.5281/zenodo.18171410>
(oder QR-Code scannen)

Ulrich, A., Reifig, M., Niehoff, S., & Beier, G. (2023). Employee involvement and participation in digital transformation: A combined analysis of literature and practitioners' expertise. *Journal of Organizational Change Management*, 36(2), 22–48. <https://doi.org/10.1108/JOCM-10-2022-0302>

Petrov, I., Samolilenko, V., Kotelnikova, I., Tomah, V., & Bocharova, N. (2023). Leadership's Role in Navigating Sustainability and Digitalisation in Enterprise. In *INTERNATIONAL JOURNAL OF ORGANIZATIONAL LEADERSHIP* (Bd. 12, Nummer 5), 165–182. CANADIAN INST KNOWLEDGE DEVELOPMENT - CIKD. <https://doi.org/10.33844/ijol.2023.60378>

Piccarozzi, M., Silvestri, L., Silvestri, C., & Ruggieri, A. (2024). Roadmap to Industry 5.0: Enabling technologies, challenges, and opportunities towards a holistic definition in management studies. *Technological Forecasting and Social Change*, 205, 123467. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123467>

Gefördert durch:



Projekt: Künstlich und Menschlich Intelligent – Transformierte Arbeit in Westsachsen
Laufzeit: 01.12.2021 - 30.11.2026
Förderprogramm (BMFTR): Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen Fördermaßnahme: Zukunft der Arbeit: Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird durch das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) unter dem Förderkennzeichen

02L19C500 gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor:innen.

Kontakt:
Institut für Angewandte Informatik e.V.
Dr. Christian Zinke-Wehlmann
Goerdelerring 9, 04109 Leipzig
E-Mail: kmi-projekt@infai.org



Menschliche Digitale Zwillinge zur Erfassung von Beanspruchungszuständen bei der Waldarbeit

Erkenntnisse eines Feldversuchs

Nikolas Schierhorst¹, Oliver Brunner¹, Martin Ziesak², Alexander Mertens¹, Verena Nitsch¹

¹Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen | ²iFOS GmbH

Motivation

- Zunehmende Digitalisierung in der Forstwirtschaft [1]; Priorisierung von Wohlbefinden der Arbeitspersonen durch **Industrie 5.0** [2]
- **Menschliche Digitale Zwillinge** [3,4] bieten eine Möglichkeit, Beanspruchung objektiv und kontinuierlich abzubilden
- **Forschungsfrage:** Eignen sich physiologische Größen (Herzrate, Herzratenvariabilität, Pupillendurchmesser) zur Erfassung physischer und kognitiver Beanspruchung [5] bei manueller Fällarbeit im Feld?

Ziel: Untersuchung physiologischer Messgrößen als Indikatoren für physische und kognitive Beanspruchungszustände in unkontrollierten, realen Arbeitsbedingungen.



Abbildung 1: Drohnenaufnahme eines Fällvorgangs (Baum #3). Bildquelle: Christoph Kasper, ThüringenForst-AöR.

Methode

Design & Ablauf

- Explorative Feldstudie mit **zwei Forstwirten**
- **Vier Baumfällungen** unter realen Arbeitsbedingungen
- Unmittelbare videogestützte Nachbefragung der Beanspruchung in Anlehnung an *Instantaneous Self-Assessment (ISA)* [6]
- Kontinuierliche physiologische Erfassung

Messinstrument	Messgrößen
GoPro HERO9	Videodokumentation
ISA Befragung	Beanspruchungseinschätzung
Movesense Medical ECG	Herzrate (-nvariabilität)
Pupil Labs Neon	Pupillendurchmesser

Stichprobe

- N = 2 männliche Forstwirte, 19 Jahre
- Ende 3. Ausbildungsjahr

Auswertung

- EKG-Analyse mit Kubios HRV Premium [7], Pupillometrie mit PhysioData Toolbox [8]
- Z-Standardisierung pro Fällung
- Spearman-Korrelationen zwischen physiologischen Messwerten und subjektiven ISA-Bewertungen
- Deskriptive Interpretation (aufgrund kleiner Stichprobe)



Abbildung 2: Standbild einer Videoaufnahme eines Fällvorgangs, das zur unmittelbaren Nachbefragung zur subjektiven Beanspruchung genutzt wurde (Baum #1).

Ergebnisse

Physiologische Messtechnik

✓ Sensorik lief im Feld **zuverlässig**: keine gravierenden Ausfälle über die vier Fällungen

Physiologische Messgrößen

Herzrate

- **Durchgehend positive Korrelationen** mit ISA-Bewertungen
- Physische Beanspruchung: $\rho = .54$ bis **.84**
- Kognitive Beanspruchung: $\rho = .34$ bis **.67**

Herzratenvariabilität (RMSSD)

- **Durchgehend negative Korrelationen** (erwartetes Muster)
- Physische Beanspruchung: $\rho = -.34$ bis **-.51**
- Kognitive Beanspruchung: $\rho = -.24$ bis **-.37**

Pupillendurchmesser

- **Heterogene Ergebnisse**
- Teils stark: $\rho \approx .61$ (physisch), $\rho \approx .47$ (kognitiv)
- Teils schwach bis keine: $\rho \approx .12$ (physisch), $\rho \approx .00$ (kognitiv)

Subjektive Beanspruchungen

- Physische & kognitive Bewertungen verlaufen meist **parallel**
- Frühe Planungsphasen: kognitiv hoch, physisch gering
- Subjektive Differenzierung zwischen Dimensionen schwierig

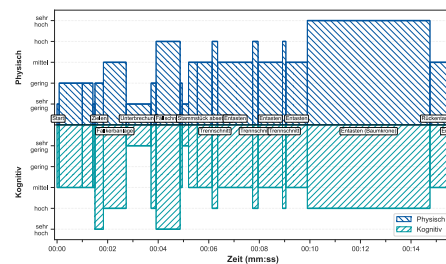


Abbildung 3: Verlauf der subjektiven Beanspruchungsbewertung über eine Baumfällung (Baum #1).

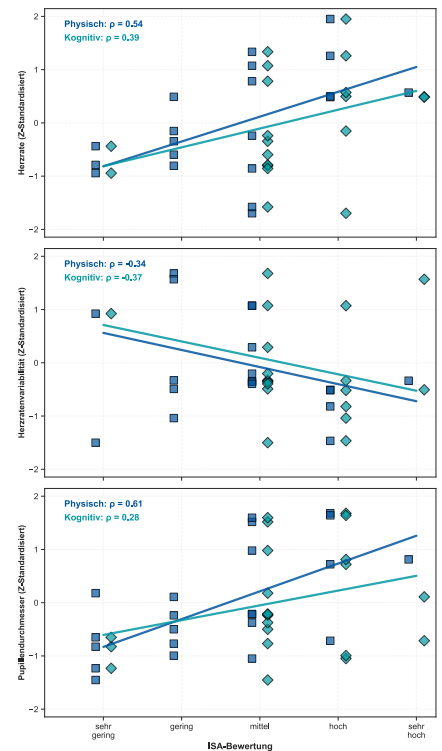


Abbildung 4: Korrelationen zwischen physiologischen Indikatoren und ISA-Bewertungen (Baum #1).

Diskussion

Kardiovaskuläre Maße:

- Herzrate und HRV zeigen das theoretisch erwartete Muster
- Konsistenz über alle Fällungen

Pupillometrie:

- Heterogene Ergebnisse, mögliche Einflüsse durch Umgebungseinflüsse
- Rechnerische Korrekturen wie *Index of Pupillary Activity (IPA)* [9] könnten Abhilfe schaffen

Subjektive Bewertung:

- Physische und kognitive Ratings verliefen meist parallel
- Retrospektive Differenzierung möglicherweise schwierig

Limitationen

- N = 2 Forstwirte mit je 2 Fällungen
- Rein deskriptive Auswertung auf Personen- und Aufgabenebene, keine Generalisierbarkeit

Ausblick

Zukünftige Forschung:

- Validierung physiologischer Indikatoren bei dynamischen Beanspruchungssituationen in Labor- und größeren Feldstudien
- Verknüpfung mit Kontextdaten (Arbeitsaufgabe, Gelände, Licht)
- Integration vernetzter Digitaler Zwillinge, z. B.: *der Arbeitspersonen, des Waldbestands, der Werkzeuge*

→ Basis für **adaptive Assistenzsysteme und Früherkennung kritischer Beanspruchungszustände** in der Forstwirtschaft

Literatur

- [1] He & Turner (2021). Technologies & Industry 4.0 in Forest Supply Chain. *Logistics*, 5(4).
- [2] European Commission (2022). Industry 5.0, a transformative vision for Europe. Publications Office of the EU.
- [3] Gaffinet et al. (2025). Human Digital Twins: A systematic literature review. *Computers in Industry*, 166.
- [4] Mertens et al. (2021). Human digital shadow. *14th HSI Conference*.
- [5] Charles & Nixon (2019). Measuring mental workload using physiological measures. *Applied Ergonomics*, 74.
- [6] Jordan & Brennen (1992). Instantaneous self-assessment of workload technique (ISA). Defence Research Agency.
- [7] Tarvainen et al. (2014). Kubios HRV – Heart rate variability analysis software. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 113(1).
- [8] Sjak-Shie (2025). PhysioData Toolbox. PhysioDataToolbox.leidenuniv.nl
- [9] Jayawardena et al. (2022). Toward a Real-Time Index of Pupillary Activity. *Procedia Computer Science*, 207.



Kontakt:
Nikolas Schierhorst
n.schierhorst@iaw.rwth-aachen.de

Förderkennzeichen 01MN23017C
Ein ganz besonderer Dank gilt den Mitarbeiter:innen von ThüringenForst-AöR, die diesen Feldversuch ermöglicht haben.



Mitarbeitenden-Bedenken und Ängste gegenüber einem Einsatz von KI im Unternehmen messen und mit partizipativen Ansätzen vermeiden

Tristan SCHADY, Viola HELLGE, Frank EIERDANZ, Oliver KEIM

Institut für Technologie und Arbeit e.V.

Einsatz von KI in Unternehmen

Chancen

Vielfältige Einsatzmöglichkeiten von KI; nicht an Branchen gebunden
Kosten- und Zeitersparnisse
Kann zu neuen Wertschöpfungspotentialen führen
(Schaller et al. 2023)



Risiken

Mehrheit der Mitarbeitenden in Unternehmen ist unsicher bezüglich Einsatz von KI
Sorge vor Abbau von Arbeitsplätzen
Sorge um Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Kontrollier-/Steuerbarkeit der Entscheidungen und Aktionen von KI-Systemen
(Huchler et al. 2020; Peukert 2025)

Im Rahmen des Zukunftszentrums für menschenzentrierte KI in der Produktionsarbeit (ZUKIPRO) wurde ein Befragungsinstrument konzipiert, das Bedenken von Mitarbeitenden gegenüber einem KI-Einsatz im Unternehmen messbar macht. Der Fragebogen enthält rund 65 Items zu den Themenfeldern persönliche Einstellungen zu KI, Erwartungen zu Veränderungen der eigenen Arbeit (Moring 2021), konkrete Bedenken für die eigene Person und den Betrieb (Lane et al. 2023; OECD 2023), erforderliche Kompetenzen im Umgang mit KI sowie Wünsche bzgl. der Einbindung in die KI-Einführung (IUBH 2020). Der Fragebogen setzt sich überwiegend aus geschlossenen Fragen zusammen, bei denen zumeist eine 5-stufige Likert-Skala zum Einsatz kommt. An mancher Stelle bietet der Fragebogen, durch offene Fragen, den Teilnehmenden die Möglichkeit, eigene Punkte zu nennen und ihre Meinung zu äußern.

Bisher wurde das Befragungsinstrument in zwei Unternehmen eingesetzt. In beiden Unternehmen wurde die Befragung in Form einer Onlineumfrage mit Hilfe von Limesurvey durchgeführt, mit einem anonymen Zugangslink. Die Anzahl an Beschäftigten, welche insgesamt an den Befragungen teilgenommen haben und deren Antworten in die Auswertung einfließen, beläuft sich auf 156.

Ergebnisse aus den Befragungen:

- Mitarbeitende haben nur wenig Sorgen vor einem Jobverlust in Folge einer KI Einführung
- Mitarbeitende sind zuversichtlich die neue Technik bedienen zu können
- Mitarbeitende sind offen und motiviert KI zu nutzen

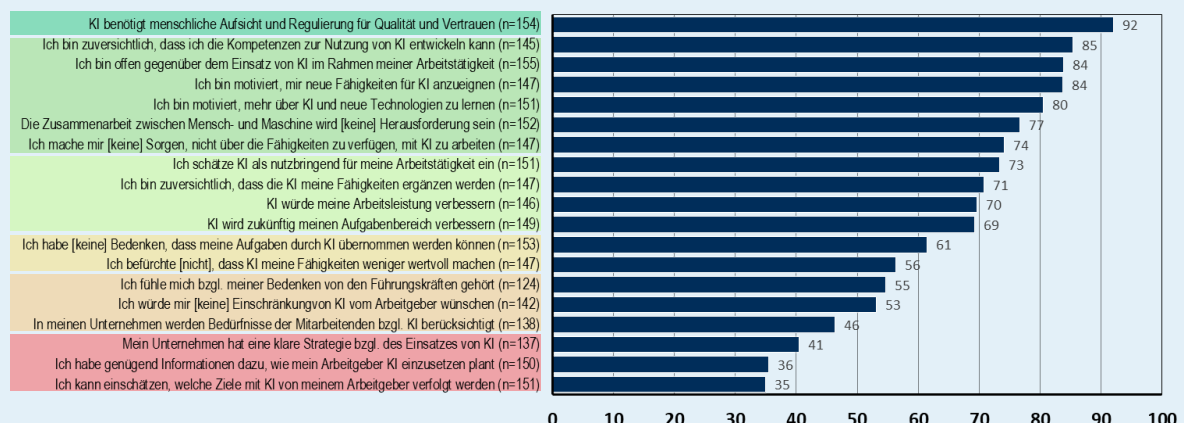
Jedoch ist die Akzeptanz bei der KI Einführung höher, wenn...

- Mitarbeitende bei Entscheidungen zu KI-Nutzung einbezogen werden.
- Bedenken und Anforderungen der Mitarbeitenden gehört werden.
- die Grenzen der Technologie klar definiert werden.
- das Thema Datensicherheit gut gelöst wird.
- das Unternehmen einer klaren und kommunizierten Strategie folgt.
- im Unternehmen transparent über Pläne informiert wird.

Wie wird mit den Ergebnissen weiter gearbeitet?

Die Ergebnisse werden unternehmensspezifisch mitsamt ihren Hintergründen und Ursachen in einem gemeinsamen Workshop mit Vertreter*innen verschiedener Abteilungen, Funktionsgruppen und Hierarchiestufen diskutiert. Die wichtigsten Themen werden priorisiert, und es werden Ideen gesammelt, wie eine Veränderung geschaffen werden kann. Anschließend können Arbeitsgruppen gebildet werden, die sich mit der Umsetzung beschäftigen und den Stand in regelmäßigen Reviews wiedergeben.

Evaluationsergebnisse



Kommulierte Antworten aus beiden Unternehmen auf einer Zustimmungsskala von 0 - 100

Stimme voll zu = 100, Stimme eher zu = 75; Teils-teils = 50; Stimme eher nicht zu = 25; Stimme gar nicht zu = 0. Die Werte sind als Mittelwerte berechnet

Literatur:

Huchler, N. et al. (Hrsg.). (2020). Kriterien für die menschengerechte Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion bei Lernenden Systemen – Whitepaper aus der Plattform Lernende Systeme, München.
IUBH, Internationale Hochschule. (2020). Artificial Intelligence: Die Zukunft künstlicher Intelligenz in deutschen Unternehmen.
https://res.cloudinary.com/iubh/image/upload/v1614091869/Press%20und%20Forschung/Studien/2020/10/20AI-Studie%20Whitepaper/202010_AI-Studie_Whitepaper_esy3c.pdf
Lane, M., Williams, M., & Brookes, S. (2023). The impact of AI on the workplace: Main findings from the OECD AI surveys of employers and workers. OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 288. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/ea6a0e1e-en>
Moring, A. (2021). Erwartungen von Mitarbeitenden gegenüber „KI-Jobs“. In: KI im Job, S. 123-150. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-62829-4_9

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2023). AI surveys of employers and workers: Worker questionnaire. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/03/the-impact-of-ai-on-the-workplace-main-findings-from-the-oecd-ai-surveys-of-employers-and-workers_a8886e91/ea6a0e1e-en.pdf
Peukert, M. (2023). Ängste und Bedenken gegenüber KI abbauen. In: Peukert, M. (2023). KI-Mindset entwickeln, S.71-78. Springer Gabler, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-47902-2_6
Schaller, D., Wehrhabe, K., & Wolf, A. (2023). KI, Cloud Computing und Blockchain – wo steht die deutsche Wirtschaft? In: Künstliche Intelligenz: Chance oder Gefahr? Wie verändert der Einsatz von KI unsere Gesellschaft? (Hrsg. Schneider, T. (Hrsg.), S. 3-28. <https://hdl.handle.net/10418/278729>

Physiological and Biomechanical Evaluation of a Military Lower-Extremity Exoskeleton Prototype during Treadmill Walking with a 20-kg Load

by Yuh-Chuan SHIH, Professor

Dep. of Logistics Management, National Defense University, TAIWAN

Background and Motivations

- Modern warfighters
 - carrying **increasingly heavy loads**
 - chronic fatigue/reduced endurance/a high rate of musculoskeletal injuries
 - **compromise mission readiness**
- Exoskeletons
 - mitigating these negative impact by providing **mechanical support** and **redistributing loads**
 - improving **movement efficiency and reducing strain**.
- Evaluating and Testing the Exoskeleton based on ERGONOMICS aspects

Methods

- Participants: Six males

	Height(cm)	Weight(kg)	BMI	Age (Yr)	BSA (m ²)	VO ₂ max (ml/kg-min)
Mean	172	71	24	34	1.844	49
SD	5.2	9.2	2.2	3.8	0.153	5.9

Materials and Apparatus

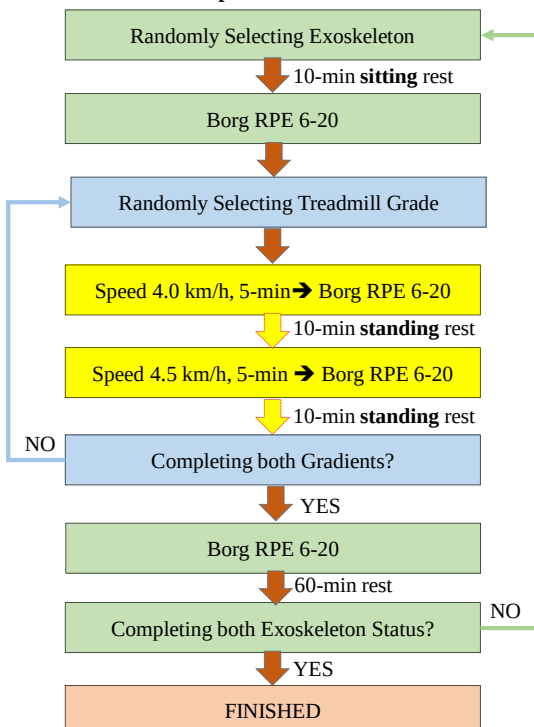
- K5 wearable metabolic system/Treadmill+ pressure sensors /Lower-Extremity Exoskeleton



Experiment design

- Indep. Vars
 - Exoskeleton-status: worn or not (EXO-on, NO)
 - Speed: 4.0 and 4.5 km/h (**S4 /S4.5**)
 - Gradient: 0% and 7.5% (**G0 /G7.5**)
- Dep. Vars
 - HR (bpm)
 - Vo₂ (ml/kg-min)
 - Borg
 - Gait pattern parameters

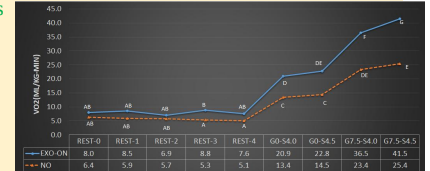
Procedures and steps



Results

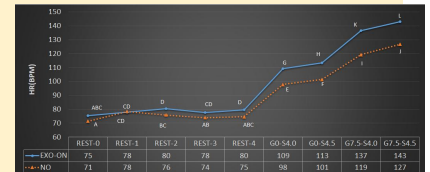
Vo₂:

- EXO-ON > NO
- Speed-Gradient Effect: Speed ↑, Gradient ↑ → Vo₂ ↑
- Gradient dominates



HR:

- EXO-ON > NO
- Speed-Gradient Effect: Speed ↑, Gradient ↑ → HR ↑
- Gradient dominates



Borg RPE 6-20

- EXO-ON ~ NO:
- Speed-Gradient Effect: Speed ↑, Gradient ↑ → Borg ↑
- Gradient dominates



Gait Patterns

- Spatial Parameters
 - Stride Length (cm):
 - EXO-ON(128) > NO(125)
 - S4.5-G7.5 (132) ~ S4.5-G0 > S4.0-G7.5 ~ S4.0-G0(120)
 - Stride time (ms):
 - EXO-ON(1084) > NO(1055)
 - S4.5-G0(1045) ~ S4.5-G7.5 < S4.0-G0 ~ S4.0-G7.5 (1095)
 - Step width (cm):
 - EXO-ON(12.7) > NO(7.9)
 - S4.5-G7.5(10.1) ~ S4.5-G0 ~ S4.0-G0 ~ S4.0-G7.5 (10.7)
- Temporal Parameters
 - Cadence (step/min):
 - EXO-ON(111) < NO(114)
 - S4.5-G0(115) ~ S4.5-G7.5 > S4.0-G0 ~ S4.0-G7.5 (110)
 - Stance Phase-right (%):
 - EXO-ON(66) ~ NO(66)
 - S4.5-G0(65) ~ S4.5-G7.5 < S4.0-G0 ~ S4.0-G7.5 (66)
 - Swing Phase-right (%):
 - EXO-ON(34) ~ NO(34)
 - S4.5-G0 (35) ~ S4.5-G7.5 > S4.0-G0 ~ S4.0-G7.5(33)
 - Double stance Phase (%):
 - EXO-ON(31) ~ NO(31)
 - S4.5-G0 (30) ~ S4.5-G7.5 < S4.0-G0 (32) > S4.0-G7.5(33)

Conclusions

- Wearing Exoskeleton (EXO-ON compared with NO)
 - ↑ Physiological cost (HR, VO₂) (Negative impact)
 - ↑ Spatial Parameters (Stride Length/time, step width)
 - ↓ Cadence
 - No change: Borg, Stance/Swing phase
- Speed-Gradient effect
 - Physiological cost (Gradient dominates): Speed ↑, Gradient ↑ → HR/ VO₂/ Borg ↑
 - Gait pattern parameters (Speed dominates): Speed ↑, Gradient ↑ → Stride Length, Cadence, Swing Phase ↑
 - Stride time, Stance Phase, Double stance Phase ↓
 - No change: Step width
- Conservatively using the exoskeleton
 - Reducing the mass
 - Improving Human/Machine-cooperation: Joint misalignment and fit/Assistance timing/magnitude

Seeing Safety in the field: Analytics of visibility aids usage for heavy machine operation

Shuaixin Qi¹, Peter Nickel², Andy Lungfiel², Marino Menozzi³, Carlo Menon¹

¹ Biomedical and Mobile Health Technology Lab, ETH Zurich

² Unfallprävention, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)

³ Human Factors Engineering Group, ETH Zürich

Hintergrund

- **Kollisionen** zwischen mobilen Baumaschinen und Fußgängern bleiben ein zentrales Sicherheitsrisiko
- Gestaltungsanforderungen für Kamera-Monitor-Systeme (KMS) als Sichthilfe für **Personenentdeckung** sind unzureichend
- Ziel: Anforderungen aus realen Feldbedingungen ableiten



Abb. 1: Rekonstruierter Kollisionsunfall; der Fußgänger befand sich im Sichtbarkeitsbereich des KMS (Bild: Jascha Brinck, BG BAU).

Methode

Felddatenerhebung an Einsatzorten (ca. 2 Tage pro Ort), ohne Eingriff in laufende Abläufe, mit aktiven mobilen Maschinen in der Nähe von **Fußgängern**.

- **Operatorsaktivitäten:** Manöver, Arbeitsphasen, kritische Situationen
- **Blickverhalten:** Blick-/ Aufmerksamkeitsverteilung
- **Kontext:** Szene, Personen, Hindernisse/Okklusionen, Maschinenbewegungen
- **Belastung:** Belastungsempfinden + Physiologieparameter
- **Zusatzdaten:** Demografie, Gebrauchstauglichkeit, Interview usw.



Abb. 2: Einsatzorte mit aktiven mobilen Maschinen und Fußgängern: (a) Metallschrottplatz, (b) Straßenbaustelle.

Aufbau der Datenerfassung

- Mobiles Eye-Tracking (Tobii™ Pro Glasses 3, 100 Hz) (Abb. 3a)
- Psychophysiologie (Empatica™ EmbracePlus: PPG 64 Hz, EDA 4 Hz, Hauttemperatur 1 Hz, IMU 32 Hz) (Abb. 3b)
- Kontextvideos (Umfeld, Heckbereich, Kabine, KMS-Display) (Abb. 3c)
- Annotation kritischer Manöver (z. B. Rückwärtsfahren, Drehen) via Tätigkeitsrekorder (Abb. 3d)



Abb. 3: (a) Eyetracker zur Blickerfassung; (b) Armband zur Erfassung psychophysiologischer Daten; (c) GoPro™-Kameras für Kontextvideos; (d) Ausschnitt der Benutzungsoberfläche des Tätigkeitsrekorders.

Ergebnisse und Diskussion

- **Synchronisierte multimodale Daten:** Aufzeichnung über ca. 15 Stunden an 2 Orten
- **Visuelle Nutzung:** Das Eyetracking-Video ermöglicht eine robuste AOI-Auswertung, jedoch keine zuverlässige Identifikation kleiner Objekte auf dem Bildschirm
- **Physiosignale:** PPG/ EDA/ IMU zeigen vibrations- und bewegungsbedingte Artefakte, Filterung/ Artefaktkorrektur erforderlich
- **Kontextvideo / Abdeckung:** Stationäre Kameras liefern wertvolle Umwelthinweise, jedoch bei ortswechselnden Abläufen limitiert; 360°-Kamera erscheint vielversprechend
- **Live-Erfassung empfundener Belastung:** erwies sich als anspruchsvoll. Trade-off zwischen Aufwand und Granularität
- **Zentrale Erkenntnis:** Triangulation aus Kontext, Blickmustern, empfundener Belastung und Physiologie ist entscheidend, insbesondere bei hoher Aufgabenvariabilität

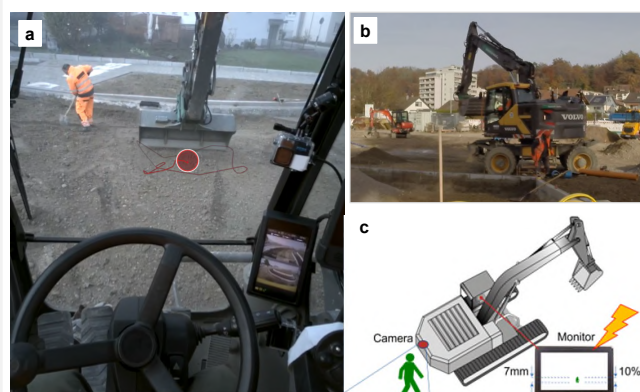


Abb. 4: (a) Aufnahme des Eye-Trackers; der rote Punkt zeigt die Blickbewegung. (b) Aufnahme des Umfelds, in dem umliegende Aktivitäten sichtbar sind (hohe Variabilität). (c) Die ISO 16001:2018 definiert Personen als sichtbar, wenn sie mit 7 mm abgebildet sind; dies berücksichtigt jedoch nicht die Feldrealität.

Schlussfolgerungen

- Lücke in bestehenden KMS-Standards: Hohe standort- und aufgabenabhängige **Variabilität** der Sichtenanforderungen bisher unzureichend berücksichtigt wird (vgl. Abb. 4)
- Ergebnis liefert Datengrundlage für eine **kontextsensitive** Bewertung und Gestaltung von Sichthilfe unter realen Arbeitsbedingungen
- **Ausblick:** weitere Datenerhebungen, quantitative Analysen; perspektivisch multimodale **KI-Modelle**, um Entdeckungsleistung aus Blick, Kontext und Wearables vorhersagen

Sicheres Begegnen von Mensch und Roboter in simulierten Szenarien des öffentlichen Raums

Peter Nickel¹, Anna-Maria Meer², Sven Schneider¹, Björn Kahl²,

¹Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)

²Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA)

1 Hintergrund

- Roboter-Kompetenz- und Interaktionstestcluster „rokit“
 - BMFTR-gefördertes interdisziplinäres Konsortium von 13 Partnern
 - forscht interdisziplinär zur praktischen Umsetzung von Mensch-Roboter-Interaktionen im öffentlichen Raum
- Mobile Roboter sind im Arbeitsalltag verbreitet, aber im öffentlichen Raum selten
- Gestaltungsanforderungen zu Systemsicherheit und Human Factors für Hersteller und Betreiber (z.B. Risiko- und Gefährdungsbeurteilung)
- Einfluss von Rampe und Durchgang als typische, kritische Mensch-Roboter-Begegnungen auf empfundene Sicherheit sowie funktionale Leistungsfähigkeit und Interaktionsqualität

Differenz-Analyse	Arbeitsalltag	Öffentlicher Raum
Einsatzszenario	klar definiert, durch Betreiber gestaltet	sehr variabel, nur sehr begrenzt beeinflussbar
Robotergestaltung	orientiert an Risiko- und Gefährdungsbeurteilung	orientiert an Risiko-, Gefährdungsbeurteilung und ???
Benutzerpopulation	ca. 14-67 Jahre, mindestens unterwiesen	jeden Alters, meist weder qualifiziert noch informiert
Beispiel	Roboter auf definierten Wegen mit bekanntem Ausweichen	sicherer Stopp vor Person, aber als unsicher empfunden



2 Methoden

- 24 erwachsene Versuchspersonen (VPn)
 - $M = 27,9$ ($SD = 7,2$) Jahre, 13 ohne Robotererfahrung, 15 weiblich
 - Studie ethisch unbedenklich (DGUV 2025-050)
- Absicherung der Begegnungsszenarien im Labor des Fraunhofer-IPA
 - ROXTM (Neobotix GmbH) mit 2 Sicherheitslaserscannern
 - Überschuhe mit Zehenschutzkappen
 - Sicherheitsunterweisungen der VPn
- Variation von Szenarien (je 2 x 5 m) im Labor des Fraunhofer-IPA
 - Rampen mit 13°-Steigung bzw. mit 0°-Steigung
 - Durchgänge mit roboter- und menschkontrolliertem Ausweichen
- Abhängige Variablen
 - Skalierungen der empfundenen Sicherheit, Einstellung zu und Vertrauen in MRI, psy. Beanspruchung, Usability
 - Bewegungstracking von VPn und Roboter (ViconTM, Vicon VeroTM)
 - Eyetracking mangels Funktionstüchtigkeit nicht einsetzbar
 - Videodokumentation der Szenarien



3 Ergebnisse

- Empfundene Sicherheit bei Begegnungen von VPn und Roboter
 - relatives Sicherheitsempfinden von 13°-Rampe zu 0°-Rampe: **marginal signifikant höher**
 - relatives Sicherheitsempfinden von roboter- zu menschkontrolliertem Ausweichen: **signifikant höher**
- Auswertungen zu funktionaler Leistungsfähigkeit und Interaktionsqualität folgen

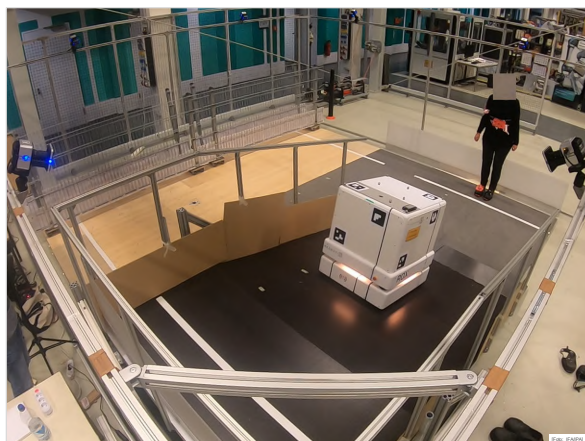
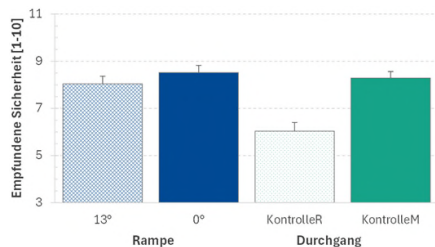


Abbildung: Roboter begegnet VP von 13°-Rampe aus, VP tritt bei sinkendem Sicherheitsempfinden weg

4 Diskussion

- Begegnungen mit mobilen Robotern in den hier ausgewählten typischen, simulierten Szenarien des öffentlichen Raums
 - werden **nicht als uneingeschränkt sicher** empfunden
 - weitere Analysen stehen noch aus
- Sicherheitsempfinden unterscheidet sich trotz
 - Technischer Maßnahmen (z.B. Sicherheitslaserscanner)
 - Organisationaler Maßnahmen (z.B. Begleitung, Unterweisung)
 - Personaler Maßnahmen (z.B. Überschuhe mit Zehenschutz)
 - OP-Maßnahmen im öffentlichen Raum kaum/nicht praktikabel
- Im öffentlichen Raum sollten mobile Roboter
 - als im Kontext sicher empfunden gestaltet werden und dazu
 - erwartungskonform sein (z.B. nach rechts ausweichen)
 - selbstbeschreibungsfähig sein (z.B. Ausweichen signalisieren)
 - defensiv sein (z.B. frühzeitiges Ausweichen, langsames Bewegen)



Abbildung: VP und Roboter begegnen sich im Durchgang und weichen sich menschkontrolliert aus

Literatur:

- Nickel P, Meer A-M, Kahl B (2025) Human factors and ergonomics in human-robot interaction for public spaces promote perceived safety. Springer Series in Design and Innovation (SSDI) 41:404-409. https://doi.org/10.1007/978-981-96-8330-6_60
- Nickel P, Meer A-M, Schneider S, Kahl B (2026) Sicheres Begegnen von Mensch und Roboter in simulierten Szenarien des öffentlichen Raums. In GfA (Hrsg) Menschengerechte Arbeitsgestaltung (1-5). Sankt Augustin: GfA-Press.

Kontakt:

peter.nickel@dguv.de – anna-maria.meer@ipa.fraunhofer.de – sven.schneider@dguv.de – bjoern.kahl@ipa.fraunhofer.de

Standardisierte Haltungscodierung zur Bewertung ergonomischer Einflussfaktoren

Rebecca Rack¹, Susanne Sutscher², Sven Matthiessen², Klaus Bengler¹

¹Technical University of Munich, Germany, TUM School of Engineering and Design, Department of Mechanical Engineering, Chair of Ergonomics, Boltzmannstraße 15, D-85748 Garching b. München;
²Institute of Product Engineering, Karlsruhe Institute of Technology, Kaiserstraße 10, D-76131 Karlsruhe

Hintergrund & Motivation

Ergonomische Bewertung von Körperhaltungen

- Körperhaltungen entstehen aus Gelenkbeweglichkeit & Arbeitsanforderungen und sind Grundlage ergonomischer Analysen
- Körperhaltungen müssen für Bewertung neuer Power-Tool-Designs hochauflösend beschrieben werden
- Bisherige Verfahren (RULA/REBA) sind zu grob^{1,2}
- Ziel: standardisierte, ROM-basierte Haltungskennzahl für eine vergleichbare, dimensionslose Bewertung

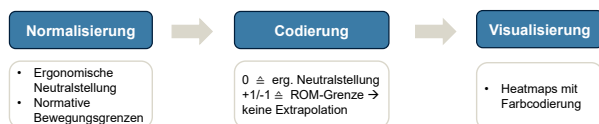
Tabelle 1: Übersicht ROM und ergonomische Neutralstellung der Oberen Extremität

Gelenk / Richtung	Abduktion – Adduktion [°]			Flexion – Extension [°]			Rotation [°]		
	Add	Neutral	Abd	Ext	Neutral	Flex	Innen	Neutral	Außen
Schulter	50°	10°	180°	50°	10°	180°	90°	0°	90°
Ellbogen	-	-	-	0°	80°	140°	80°	0°	80°
Handgelenk	20°	0°	30°	60°	0°	60°	-	-	-
Oberkörper	33°	0°	33°	25°	5°	100°	40°	0	40°

a: nach ISO 11226; b: nach ISO 10054; c: BGIA-Report 2/2007; d: McAtamney & Corlett; e: Drury et al.; f: Luttgens & Hamilton, 1997; g: Patel et al. (2022)

Methode

ROM-basierte Haltungscodierung



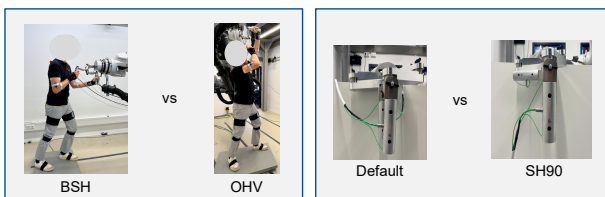
Aggregierter Haltungsindex

$$\text{Haltungsindex} = \frac{\sum_{i=1}^n |\text{normalisierter Gelenkwinkelwert}_i|}{\text{Anzahl Gelenkwinkel } n}$$

Verifizierung anhand Studiendaten

- Probandenstudie mit statischer Bohrersatztätigkeit im HMS-Lab (KIT)
- Gelenkwinkelerfassung mittels IMU-basiertem Motion Capture Suit (XSens Awinda)
- 15 Probanden (7 w, 8 m)
- Vergleichsbedingungen: (1) Bohrposition: BSH (below-shoulder horizontal) & OHV (overhead vertical)
- (2) Griffkonfiguration: default (beide Griffe gleich orientiert) & SH90 (Seitengriff um 90° gedreht)

Abbildung 1: Teststand und Versuchsbedingungen (Bohrposition & Griffkonfiguration)



Ergebnisse

Heatmaps

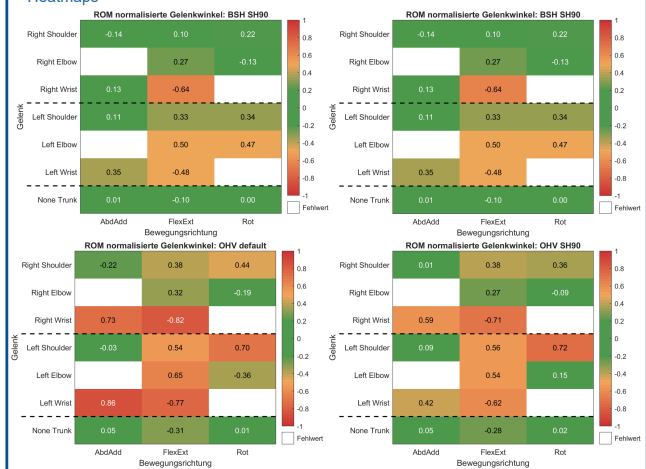


Abbildung 2: Heatmaps der ROM normalisierten Gelenkwinkel für die Bohrpositionen BSH (oben) und OHV (unten), sowie die Griffkonfigurationen default (links) und SH90 (rechts). Es ist je Gelenk und Bewegungsrichtung der Mittelwert über alle Probanden angegeben. Die Farbskala orientiert sich am Grad der Abweichung von der ergonomisch neutralen Stellung: grün (bis 0.3), orange (bis 0.6) und rot (ab 0.6).

Statistische Analyse

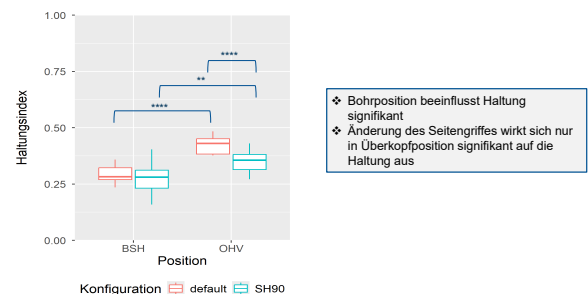


Abbildung 3: Boxplots der Position und Konfiguration mit Signifikanzen

Fazit

Zentrale Erkenntnisse

- Die ROM-normalisierte Haltungscodierung ermöglicht eine kompakte, vergleichbare Bewertung
- Die Methode erkennt ergonomisch relevante Unterschiede zwischen Arbeitspositionen und Griffkonfigurationen zuverlässig

Ausblick

- Potenzial für gewichtete Indizes (belastungsanfällige Gelenke)
- Erweiterung durch komplexere statistische Modelle möglich

Einleitung und Problemstellung



Motorradfahrer sind täglich hohen Lautstärkebelastungen ausgesetzt. Messungen zeigen, dass Pegel von über 90 dB(A) bei Stadttempo Standard sind. Auf Autobahnen können die Schalldruckpegel 116 dB(A) überschreiten [1]; dies stellt somit ein Gesundheitsrisiko für das Gehör dar. Der Effekt der Hörschädigung wurde bereits mehrfach nachgewiesen [2].

Problem: Bei den bisherigen Straßenmessungen nutzen Studien meist den Tacho bzw. GPS als Referenz für die Luftgeschwindigkeiten am Helm, obwohl die beiden Größen stark voneinander abweichen können. Somit ist das Ziel die direkte Messung der Strömungsgeschwindigkeit am Helm mithilfe einer Prandtlsonde und die Gegenüberstellung der Daten mit den parallel vermessenen GPS-Geschwindigkeiten.

Versuchsaufbau

Die Messungen wurden auf dem Flugplatz in Meschede mit einer Suzuki GSX-8S durchgeführt. Zur Messung des Gehörgangschallpegels wurde das Mikrophon eines Svantek 102+ in den Gehörgang des Probanden eingesetzt. Der Proband trug Schutzkleidung und einen Integralhelm.



Am Heck des Motorrads wurde eine Prandtlsonde inklusive Datenlogger montiert. Die Sonde sollte die tatsächlich vorliegende Luftgeschwindigkeit um den Helm erfassen. Um die Daten am Ende vergleichen zu können, wurde zusätzlich ein GPS-Logger eingesetzt. Vor Beginn jeder Fahrt wurde die parallel verlaufende Richtung zur Teststrecke sicher gestellt und die Randbedingungen (Temperatur etc.) erfasst. Der Versuch wurde mit einer GoPro gefilmt. Gefahren wurden Geschwindigkeiten zwischen 50 und 150 km/h auf der Start-/Landebahn eines Flugplatzes. Jede Geschwindigkeit wurde 6 mal vermessen.



Wiederholt wurden die Versuche im Windkanal der Universität Siegen. Hierbei wurde derselbe Proband, dieselbe Schutzkleidung, dieselbe Maschine wie auch dieselben Modifikationen verwendet. So sollte eine möglichst hohe Vergleichbarkeit zwischen den beiden Versuchsumfeldern geschaffen werden. Die Prandtlsonde wurde als Einflussgröße ebenfalls im Windkanal verwendet.

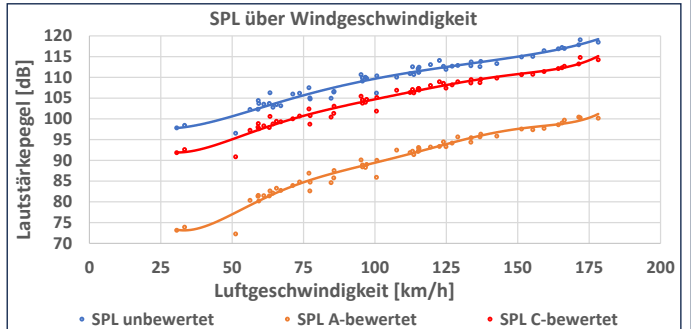
Diskussion

Die Untersuchung zeigt eine hohe Übereinstimmung der Freifeld- und Windkanalmessungen, insbesondere nach Filterung der Ergebnisse mit dem A-Filter, welcher für den Bezug auf das menschliche Gehör essenziell ist. Die unbewerteten Freifeldmessungen fallen etwas höher aus, was an den vorhandenen Motor- und Reifengeräuschen, wie auch den unkontrollierten Turbulenzen und nicht vorhandenen Laborbedingungen liegen könnte. Die Motor- und Reifengeräusche werden durch den A-Filter weniger dominant in die Bilanz mit einbezogen, weshalb die Kurven nahezu identisch ausschauen. Eine wichtige Kernaussage dieser Untersuchung ist, dass die Ergebnisse im Windkanal die Messungen im Freifeld ausreichend gut repräsentieren.

Validierung der aeroakustischen Lärmexposition beim Motorradfahren durch Kombination von Prandtlsonden-gestützten Strömungsanalysen im Windkanal und im Freifeld

Ergebnisse

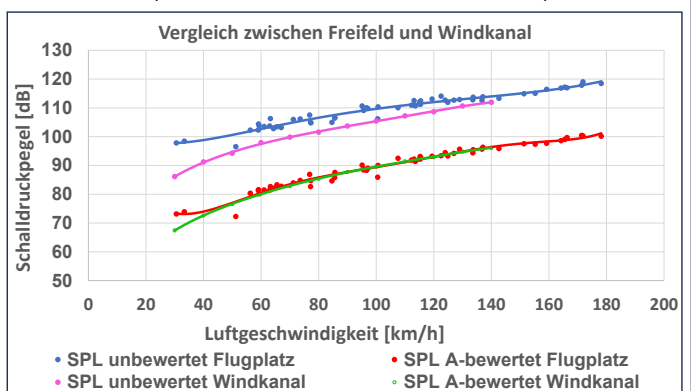
Mit zunehmender Luftgeschwindigkeit steigen auch die Schalldruckpegel und weisen einen annähernd monoton wachsenden Charakter an. Die C-bewerteten Pegel liegen leicht unter den unbewerteten Werten, jedoch deutlich über den A-bewerteten Pegeln. Zwischen der A- und C-Kurve entsteht ein nahezu konstantes Offset von ca. 15 dB, was auf den hohen Anteil tiefer Frequenzen im Signal hindeutet.



Bereits bei Geschwindigkeiten von 50 km/h liegen gemessene unbewertete Werte von über 100 dB vor. A-bewertet liegen hier Werte von ca. 75 dB(A) vor und sind weitestgehend unkritisch. Bereits ab etwa 70 km/h werden mit 85 dB(A) Werte erreicht, welche bei ausreichender Expositionsdauer laut Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung den gesundheitskritischen Bereich erreichen und somit als gehörgefährdend einzustufen sind. Mit zunehmender Luftgeschwindigkeit wird zudem der Tagesexpositionsgrenzwert schneller erreicht.

Luftgeschw.	Unbewertet	A-bewertet
50 – 100 km/h	ca. 100 – 110 dB	ca. 77 – 90 dB(A)
100 – 130 km/h	ca. 110 – 113 dB	ca. 90 – 95 dB(A)
130 – 150 km/h	ca. 113 – 115 dB	ca. 95 – 98 dB(A)
150 – 180 km/h	ca. 115 – 120 dB	ca. 98 – 101 dB(A)

Die Ergebnisse im Windkanal decken sich mit sehr geringen Abweichungen mit denen der Freifeld-Messungen. Die unbewerteten Pegel weisen ab 60 km/h eine Abweichung von etwa 4 dB auf. Diese wird jedoch insbesondere im hohen Geschwindigkeitsbereich von etwa 120 km/h deutlich kleiner und liegt unterhalb von 3 dB. Durch die Filterung mit dem A-Filter wird die Differenz beider Kurven nahezu Null. Die Kurven liegen bei einer Geschwindigkeit von 40 km/h direkt übereinander. Dies liegt vermutlich daran, dass der A-Filter die dominanten Frequenzen des Motors und der Reifen stark dämpft.



[1] Lower MC, Hurst DW, Cloughton AR, Thomas A (1994) Sources and levels of noise under motorcyclists' helmets. Proc I O A 16 Pt 2:319-325.
[2] McCombe AW, Binnington J, Davis A, Spencer H (1995) Hearing loss and motorcyclists. J Laryngol Otol 109:599-604. DOI: 10.1017/S0022251100130828.