

Menschzentrierte Gestaltung und Bewertung von digitalisierter Arbeit in der Produktion

Produktiv und zufrieden mit KI-basierter Assistenz?

F. Willemsen, M. Kranz, N. Steireif, E. Bunse, S. Mütze-Niewöhner, V. Nitsch

ZUSAMMENFASSUNG Immer häufiger kommen KI-basierte Assistenzsysteme in produzierenden Unternehmen zum Einsatz. Die damit verbundenen Effizienzvorteile können allerdings nur ausgeschöpft werden, wenn die Systeme von den Beschäftigten effektiv genutzt werden. Die Auswirkungen auf Arbeitsaufgaben, Motivation und Zufriedenheit der Beschäftigten sollten deshalb frühzeitig berücksichtigt und abgeschätzt werden. Die Fallbeispiele im Beitrag zeigen, welche Bewertungskriterien dabei unterstützen können.

STICHWÖRTER

Künstliche Intelligenz (KI), Mensch und Technik, Produktionsarbeit

Productive and satisfied with AI-based assistance? - Human-centered design and evaluation of digitalized work in production

ABSTRACT AI-based assistance systems are increasingly being used in manufacturing companies. However, the associated efficiency benefits can only be achieved if the systems are used effectively by employees. The effects on employees' work tasks, motivation, and satisfaction should therefore be considered and assessed at an early stage. The case studies in this article show which evaluation criteria can help.

1 Einleitung

Der Einsatz künstlicher Intelligenz (KI) verspricht für Unternehmen vielfältige Potenziale und gewinnt auch im Produktionsbereich an Bedeutung [1]. Aus technologischer Sicht zielt die Einführung von KI vor allem darauf ab, Produktionsprozesse zu innovieren und durch eine höhere Automatisierung kosteneffizienter und robuster zu gestalten [2]. Während Großunternehmen KI bereits verstärkt nutzen, ist festzustellen, dass kleine und mittlere Unternehmen (KMU) entsprechende Technologien bislang kaum integrieren konnten [1, 3]. Hierbei spielt nicht nur die fehlende technologische Kompetenz für die Auswahl, Entwicklung, Einführung und Pflege von KI-Anwendungen eine wichtige Rolle, sondern auch die Akzeptanz der Beschäftigten, die diese Systeme nutzen und von der Unterstützungsleistung profitieren sollen.

Bei der Entwicklung von KI-basierten Assistenzsystemen, wie zum Beispiel Montageassistenzsystemen, ist der Anspruch an den Automatisierungsgrad und die Autonomie des technischen Systems niedriger als bei vollautonomen KI-Systemen, wie etwa Chatbots im technischen Kundendienst; Entscheidungshoheit und Verantwortung verbleiben bei den arbeitenden Menschen, die durch das System unterstützt werden sollen [2]. Obwohl infolge der Einführung mit Veränderungen der Arbeitsprozesse und -aufgaben zu rechnen ist, werden die Auswirkungen der Integration von KI-Systemen und anderen innovativen Technologien auf die Motivation, Zufriedenheit und Bedürfniserfüllung von Beschäftigten bislang unzureichend berücksichtigt [4, 5]. Häufig sind die prognostizierten Auswirkungen nur unpräzise umrissen und es

wird konstatiert, dass sich KI direkt oder indirekt auf viele Organisationsbereiche auswirkt [6].

Werden die Anforderungen der Beschäftigten und die Veränderungen der Arbeit zu wenig beachtet, riskieren Unternehmen, Assistenzsysteme auszuwählen oder zu entwickeln, die nicht effektiv genutzt werden (können), sodass in der Folge die erhofften Produktivitätsvorteile ausbleiben [7, 8]. Um positive Auswirkungen zu begünstigen und negative zu vermeiden, sollte im Rahmen von Digitalisierungs- und Automatisierungsvorhaben von Anfang an eine auf die arbeitenden Menschen ausgerichtete Gestaltung und Einführung der intelligenten Systeme verfolgt werden [9]. Ein menschenzentrierter Gestaltungsprozess bietet die Möglichkeit, das Potenzial von KI über den unternehmerischen Rationalisierungsprozess hinaus zum Nutzen von Arbeitnehmenden, Arbeitgebenden und der Gesellschaft insgesamt einzusetzen [10].

Damit KI-basierte Assistenzsysteme erfolgreich eingeführt und genutzt werden, müssen sich Unternehmen folglich einige grundsätzliche Fragen stellen: Welche Auswirkungen ergeben sich für meine Beschäftigten durch die Einführung eines (spezifischen) KI-basierten Assistenzsystems? Wie kann ich die Auswirkungen frühzeitig einschätzen, positive Effekte erzielen und negativen entgegenwirken?

Es liegt auf der Hand, dass die Beantwortung ein partizipatives Vorgehen verlangt und Entscheidungen über den Technologieeinsatz bestenfalls in einem Team getroffen werden sollten, in dem nicht nur technologische Kompetenz vertreten ist [11-13].

Die Arbeitswissenschaft sowie insbesondere die Arbeits- und Organisationspsychologie stellen Analyseinstrumente zur Verfü-

gung, mithilfe derer verschiedene Aspekte der Arbeit betrachtet und bewertet werden können [14, 15]. In Bezug auf die Förderung von Motivation, Zufriedenheit und Kompetenzentwicklung haben sich Gestaltungskriterien etabliert, die als Maßstab für eine menschengerechte Arbeit herangezogen werden und sich positiv auf Arbeitsproduktivität und Leistung auswirken können.

Ausgehend von grundlegenden Zusammenhängen der Arbeitsgestaltung und Studien zu den potenziellen Auswirkungen von KI-basierten Systemen stellt dieser Beitrag zwei Use-Cases vor, die bei einem mittelständischen Unternehmen partizipativ entwickelt und eingeführt wurden. Die Arbeitsplätze wurden vor und nach der Einführung der Assistenzsysteme im Hinblick auf motivations- und kompetenzförderliche Merkmale der Arbeit bewertet (wie Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten, Anforderungsvielfalt, siehe Bewertungskriterien unten in Bild 2 und 4).

Die Ergebnisse der durchgeführten Analysen werden in diesem Beitrag komprimiert dargestellt, um exemplarisch abzubilden, mit welchen Veränderungen die Einführung von KI-basierten Systemen für die Beschäftigten einhergehen kann. Die Veränderungen verdeutlichen die Relevanz der frühzeitigen, idealerweise partizipativen Planung einer KI-Systemeinführung und die Beachtung von Kriterien der Arbeitsgestaltung.

2 Studien zu Auswirkungen KI-basierter Systeme auf Beschäftigte

Mit der Frage, wie Arbeit gestaltet sein muss, damit Beschäftigte ihre Arbeitsaufgaben motiviert, produktiv, gesund und zufrieden ausführen können, befassen sich Arbeitsforschende aus unterschiedlichen Disziplinen schon seit mehr als 100 Jahren [16]. Bis heute großen Einfluss haben die Arbeiten von *Hackman* und *Oldham* [17], die fünf Kernmerkmale identifizierten, die entsprechend positive Wirkungen fördern können: Autonomie und Rückmeldung sowie Anforderungsvielfalt, Aufgabenidentität (Ganzheitlichkeit) und Aufgabenbedeutung.

Die grundlegenden Zusammenhänge und Annahmen wurden in zahlreichen Studien untersucht, aktualisiert und ergänzt. Ein Grundmodell, das neuere Erkenntnisse aufgreift, liefern *Parker* und *Knight* mit ihrem „SMART model“ [18]. Das Modell umfasst fünf Kategorien, in denen sich auch die Kernmerkmale wiederfinden: Stimulating (stimulierende Merkmale, die abwechslungsreich oder herausfordernd sind), Mastery (Rückmeldung durch andere sowie Klarheit der eigenen Rolle), Agency (Handlungs- und Kontrollspielraum), Relational (Unterstützung durch andere und erlebte Sinnhaftigkeit), Tolerable Demands (angemessene Arbeitsbelastung und geringe Rollenkonflikte) [18].

Erste Studien, die sich konkret mit den Auswirkungen von KI-basierten Assistenzsystemen auf die Arbeitsaufgaben und die Beschäftigten befassen, deuten unter anderem auf Veränderungen der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine (Technik), der Autonomie der Beschäftigten, der Kompetenzerfordernisse und der wahrgenommenen Belastung hin [6, 19–21]. Als Ergebnis einer Befragung von Expertinnen und Experten erwarten *Schuler et al.* unter anderem größere Änderungen bei analytischen (Sammeln und Interpretieren von Daten) sowie ausführenden Tätigkeiten (Automatisierung einfacher Tätigkeiten), einhergehend mit einer Beschleunigung von Arbeitsprozessen, einer Steigerung der Arbeitsproduktivität sowie höheren Qualifikationsanforderungen [19]. Bezüglich der Autonomie erwartet die Mehrheit der befragten Expertinnen und Experten, dass KI-Syste-

me Aufgaben übernehmen, diese Aufgaben jedoch unter Kontrolle des Menschen durchführen und nicht vollautonom [19].

In einer Fragebogenstudie untersuchten *Burgert et al.* konkret die Frage, ob Beschäftigte in Produktion und Logistik eine Art Veto-Recht besitzen sollten, wenn sie von digitalen Assistenzsystemen Handlungsanweisungen erhalten [22]. Die Untersuchungen bestätigen, dass Beschäftigte mit Veto-Recht eine höhere Autonomie wahrnehmen [22]. Außerdem zeigen sich positive Zusammenhänge zwischen der Autonomie der Beschäftigten und wichtigen Outputvariablen, wie der Zufriedenheit, Leistung, Motivation und Gesundheit [22].

Richthofen et al. beschreiben in ihrer Interviewstudie globale Veränderungen insbesondere in Bezug auf die Themenbereiche Ersatz, Entlastung, Einschränkung und Entstehung neuer Arbeit: KI-Systeme können menschliche Arbeit ersetzen, Beschäftigte bei ihren Aufgaben unterstützen und somit entlasten, den Handlungsspielraum beziehungsweise die Autonomie von Beschäftigten einschränken oder neue Formen der Arbeit entstehen lassen [6]. Negative Auswirkungen in Form von Einschränkungen können beispielsweise auftreten, wenn ein KI-System den Anwendenden nur eine begrenzte Anzahl an Lösungsmöglichkeiten für die Behebung eines technischen Problems zur Auswahl stellt und sich somit einer manuellen, kreativen Lösungsfindung gegenüber als nachteilig erweist [6].

In einer Studie von *Malik et al.* werden weitere negative, aber auch positive, Auswirkungen der Einführung von KI-Systemen auf die Beschäftigten hervorgehoben [20]. Zu den (unbeabsichtigten) negativen Folgen zählen Sorgen bezüglich Datenschutz, der Daten- und Informationssicherheit, der Sicherheit des Arbeitsplatzes sowie das Empfinden von Stress und Überbeanspruchung [20]. Als positive Veränderungen werden von den Befragten unter anderem eine gesteigerte Flexibilität und Autonomie der Mitarbeitenden, eine verbesserte Entscheidungsfindung und Informationstransparenz sowie ein Zugewinn an Lernmöglichkeiten und Innovation am Arbeitsplatz genannt [20].

Koczy et al. untersuchten in einer Interviewstudie die Veränderung von Kompetenzerfordernissen durch kognitive und physische Assistenzsysteme [21]. Sie stellen fest, dass die Mehrzahl der betrachteten Systeme keinen Einfluss auf die Arbeitsaufgabe an sich oder das Ziel der Arbeitsaufgabe hat, sondern die Assistenzsysteme primär Hilfsmittel darstellen, die Nebentätigkeiten vereinfachen oder ersetzen, um mehr Zeit für die Haupttätigkeit zu schaffen [21]. Ferner kommen die Verfasserinnen zu dem Ergebnis, dass die Auswirkungen auf die Kompetenzerfordernisse seitens der assistierten Beschäftigten als gering einzustufen sind. Vielmehr finden sie Veränderungen in den Aufgaben- und Kompetenzprofilen von Stellen in anderen Unternehmensbereichen, wie der IT-Abteilung oder der Arbeitsvorbereitung, die zum Beispiel mit der Implementierung, Einrichtung und Pflege intelligenter Assistenzsysteme betraut werden [21, 4].

In einer quantitativen Fragebogenstudie mit Informations- und Wissensarbeitenden wurden zwei Gruppen betrachtet: die eine Gruppe nutzte KI-basierte Systeme, die andere Gruppe nicht [23]. Ein von den Autoren und Autorinnen der Studie durchgeführter Gruppenvergleich ergab, dass die Personen in der erstgenannten Gruppe eine höhere Arbeitsmotivation hatten. Zudem zeigten sich in der Gruppe der KI-Nutzenden sowohl die wahrgenommene Autonomie als auch die Unterstützung durch die Führungskraft als Prädiktoren für die Arbeitsmotivation [23].

Festzustellen ist, dass sich der Wandel der Arbeitswelt durch KI vor allem in produzierenden KMU noch in einer frühen Phase befindet und angesichts verschiedener Zukunftsperspektiven viele Aspekte sowie Herausforderungen berücksichtigt werden müssen, um eine menschengerechte Digitalisierung und Automatisierung zu gewährleisten [4, 10, 22–24]. Aufgrund der Unterschiedlichkeit der in den Studien betrachteten Tätigkeiten und Technologien sind stark verallgemeinernde Aussagen zu den Folgen und Wirkungen von KI-basierten Assistenzsystemen oft schwierig [4]. Es besteht nach wie vor Bedarf nach arbeitswissenschaftlichen Untersuchungen im Rahmen von betrieblichen Projekten zur Entwicklung und Einführung von KI-basierten Systemen, wie sie im Weiteren exemplarisch beschrieben werden.

3 Veränderung der Arbeitstätigkeiten durch Einführung KI-basierter Assistenzsysteme

Im Folgenden werden zwei Use-Cases aus dem Forschungsprojekt „KI-LIAS“ berichtet, die bei einem global tätigen mittelständischen Zahnradpumpenfertiger durchgeführt wurden (siehe [25]). Ziel des Lern- und Experimentierraums KI-LIAS (Künstliche Intelligenz für lernförderliche industrielle Assistenzsysteme) war es, exemplarische KI-Use-Cases in der Produktion in einem partizipativen Prozess gemeinsam mit den Beschäftigten der beteiligten Unternehmen zu identifizieren, zu entwickeln und zu evaluieren. Das Projektkonsortium umfasste neben mehreren Forschungs- und Entwicklungspartnern insgesamt sieben Anwendungsunternehmen unterschiedlicher Größe.

Für die Identifikation und Auswahl der KI-Lösungen wurde zu Projektbeginn ein Vorgehen zur systematischen Potenzialanalyse angewendet [13]. Im Rahmen moderierter Workshops wurden zwei Use-Cases ausgewählt, für die ein KI-basiertes Assistenzsystem entwickelt und eingeführt werden sollte: ein KI-basiertes Werkerassistenzsystem zur Unterstützung der Montage (im Weiteren kurz: intelligente Montageassistenz) und ein intelligentes System zur automatisierten Qualitätsparameterüberwachung für die Fertigung (im Weiteren kurz: intelligente Qualitätssicherung).

Über einen Zeitraum von drei Jahren wurden die beiden Fallstudien in einem partizipativen Prozess gemeinsam mit einem KI-erfahrenen Entwicklungspartner im Projekt umgesetzt. Mit dem Ziel, Veränderungen der Arbeitstätigkeiten durch die Einführung intelligenter Systeme mit Blick auf motivations- und kompetenzförderliche Kriterien zu erfassen, wurde mithilfe von Arbeitsanalysen ein Vergleich der Tätigkeit vor und nach der Einführung der Systeme durchgeführt. Der Fokus der durchgeführten Analysen lag auf der Bewertung der Aufgaben in Bezug auf folgende Kriterien: Ganzheitlichkeit der individuellen Arbeitsaufgabe, Denk- und Planungserfordernisse, Kommunikationserfordernisse, Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten, Anforderungsvielfalt, Durchschaubarkeit der Arbeitsabläufe sowie Autonomie. Die Bewertung der Kriterien erfolgte primär auf Basis der Analyseebene zur individuellen Arbeitsaufgabe des Arbeitsanalyseverfahren „Kompass“ [26]. Das Verfahren unterstützt Expertinnen und Experten bei der Analyse, Bewertung und Gestaltung von soziotechnischen Systemen in der Produktion mithilfe von Leitfäden für Beobachtungsinterviews und Gestaltungsempfehlungen.

Die betrachteten Kriterien werden auch in anderen Arbeitsanalyseverfahren beziehungsweise in Modellen der Arbeitsgestaltung beschrieben [14, 15]. Die Ganzheitlichkeit beschreibt die sequenzielle Vollständigkeit der Arbeit und ergibt sich aus dem

Vorhandensein von vorbereitenden, ausführenden, kontrollierenden und organisierenden (Teil-)Aufgaben [26, 27]. Das Kriterium zielt darauf ab, die Identifikation mit der Aufgabe und das erlebte Verantwortungsgefühl zu stärken [17, 26, 27]. Unter den Denk- und Planungserfordernissen ist das zur Aufgabenerfüllung erforderliche Maß an eigenständigem Denken, Planen und Entscheiden zu verstehen [26, 28]. Kommunikationserfordernisse beziehen sich auf das Ausmaß und die Häufigkeit der erforderlichen, arbeitsbezogenen Kooperationsprozesse und der damit verbundenen Kommunikationsprozesse [26, 29]. Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten ergeben sich für die Beschäftigten durch den regelmäßigen Einsatz vorhandener Qualifikationen, durch anspruchsvolle Aufgaben und Kooperationsprozesse sowie aus Aufgaben mit regelmäßigem Weiterbildungsbedarf [26, 27, 29].

Die Anforderungsvielfalt beschreibt die Vielfalt der für die Ausführung der Tätigkeit erforderlichen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten [29, 30]. Die Durchschaubarkeit bezieht sich auf die Nachvollziehbarkeit der Arbeitsabläufe und des gesamten Arbeitsprozesses [26, 29]. Im Kontext von KI-Assistenzsystemen lässt sich das Merkmal auch auf die Transparenz des Systems und die Nachvollziehbarkeit des Informationsflusses beziehen (siehe auch „KI-Transparenz“, [31]). Autonomie ergibt sich aus dem Vorhandensein von zeitlichen und inhaltlichen Handlungs- und Entscheidungsspielräumen bei der Arbeitsausführung [17, 26, 29].

In den Use-Cases wurden jeweils zwei Personen, die das Assistenzsystem noch nicht nutzten, von zwei wissenschaftlichen Mitarbeitenden zur Vorher-Erhebung beobachtet und interviewt. Zur Nachher-Erhebung wurde jeweils eine Person beobachtet und interviewt, die das Assistenzsystem bereits nutzte. Es ist bezüglich der Aussagekraft der Ergebnisse anzumerken, dass die arbeitsanalytischen Nachher-Erhebungen während der Einführungsphase der jeweiligen Assistenzsysteme stattfanden. Aufgrund des engen Projektzeitrahmens und der betrieblichen Gegebenheiten war es zudem nicht möglich, eine größere Anzahl an Personen während der Aufgabenausführung am Arbeitsplatz zu befragen. Die Use-Cases sowie die Ergebnisse der Analysen werden im Folgenden dargestellt. Auszugsweise berichtet werden anschließend auch Ergebnisse der Projektevaluation, in deren Rahmen auch sieben Interviews mit Beschäftigten aus allen am Gesamtprojekt beteiligten Unternehmen geführt worden sind.

3.1 Use-Case 1: Intelligente Montageassistenz

Der erste Use-Case befindet sich in der Endmontage (Einzel- und Serienproduktion) des mittelständischen Unternehmens. Je nach Produktklasse werden die Produkte entweder in Einzel- oder Reihenmontage montiert. Für die Durchführung der Arbeitsaufgaben stehen den Beschäftigten Montageanleitungen zur Verfügung, die entweder in Papierform bereitgestellt oder als digitales Dokument auf einem Bildschirm angezeigt werden (Bild 1, links).

Neben den Montageschritten schreiben sie auch den Einsatz von Betriebsmitteln vor. Die Montageanleitung ist ein Dokument, das keine spezifischen Beschreibungsstandards für die Montageaufgaben enthält und zudem mit erheblichem Aufwand von der Montageleitung erstellt wird. Vor allem bei Unikaten kann es vorkommen, dass eine Anleitung nur für einen einmaligen Einsatz erstellt wird. Ein weiteres Problem ist, dass die Montageanleitung nicht das Wissen oder die Vorerfahrung der Beschäftigten berücksichtigen kann.

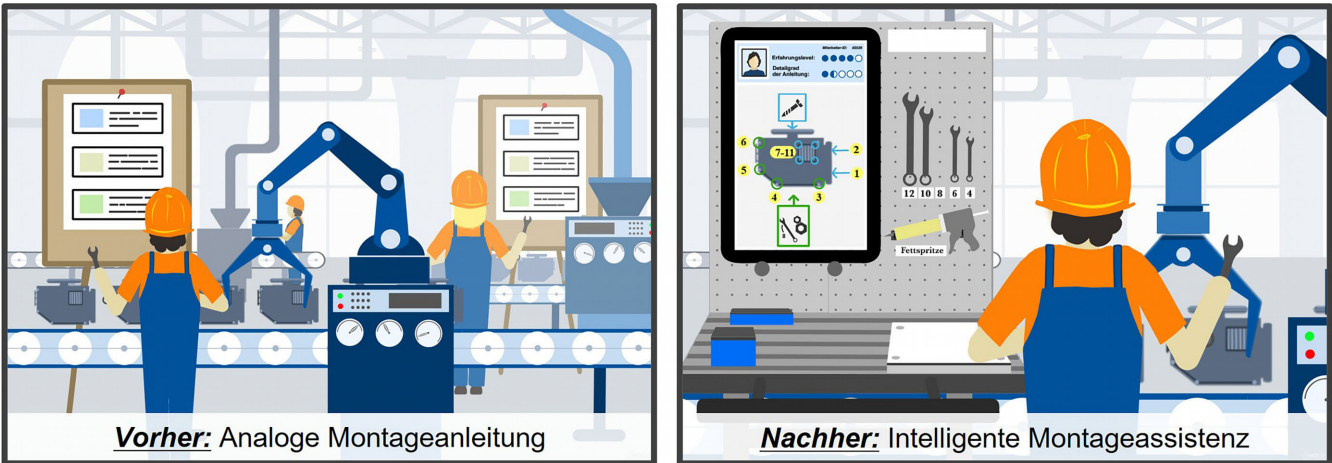


Bild 1. Vorher-Nachher-Darstellung des Use-Cases „Intelligente Montageassistentz“. Grafik: IAW der RWTH Aachen, Josephine Imorde

Kriterien	 Use-Case 1: Intelligente Montageassistentz	
Ganzheitlichkeit	Der Systemeinsatz setzt keine Planungstätigkeiten durch die Arbeitsperson mehr voraus; die Ganzheitlichkeit sinkt .	
Denk- und Planungserfordernisse	Das System gibt die Reihenfolge von zu bearbeitenden Aufträgen und Montageschritten vor; die Denk- und Planungserfordernisse sinken .	
Kommunikationserfordernisse	Das System liefert nun alle notwendigen Informationen während der Aufgabenbearbeitung; reduzierte Kommunikationserfordernisse .	
Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten	Adaptivität des Systems kann Lern- und Entwicklungsprozesse unterstützen (ohne Adaptivität nur bei unerfahrene Mitarbeitende).	
Anforderungsvielfalt	Das System verringert aufgabenbezogene Kommunikation und Variation der Arbeitsschritte; die Anforderungsvielfalt sinkt .	
Durchschaubarkeit	Die Durchschaubarkeit der Arbeitsabläufe wird durch die detaillierte Informationsdarbietung gesteigert (v. a. für unerfahrene Mitarbeitende).	
Autonomie	Die Arbeitsperson ist an die Vorgaben des Systems gebunden, daher sinkt die Autonomie der Arbeitsperson.	

Bild 2. Veränderung von Kriterien der Arbeitsaufgabe im Use-Case „Intelligente Montageassistentz“. Grafik: IAW der RWTH Aachen, Josephine Imorde

sichtigt. So kann es vorkommen, dass zu wenige Informationen enthalten sind beziehungsweise ein zu hoher impliziter Wissensstand vorausgesetzt wird. Umgekehrt können Anleitungen für erfahrene Mitarbeitende auch zu überladen sein, was dazu führen kann, dass wichtige Informationen übersehen werden.

Im Projekt KI-LIAS wurde ein Lösungsansatz entwickelt, der einerseits die manuelle Erstellung der Montageanleitung durch eine digitale und modularisierte Methode ersetzt und andererseits Ansätze der künstlichen Intelligenz nutzt, um die Informationsbereitstellung an die Vorerfahrung und den Wissensstand des Nutzenden anzupassen. Das Assistenzsystem wurde als Webanwendung entwickelt, um es auf verschiedenen Endgeräten nutzen zu können und unabhängig von wechselnden systemseitigen Anforderungen, wie Systemupdates, zu machen. Für die Nutzung des Assistenzsystems wurde ein Montagewagen mit allen nötigen Betriebsmitteln und einem Tablet ausgestattet (Bild 1, rechts).

Der Montagewagen und das Assistenzsystem ermöglichen zudem die Montage der Endprodukte in einem One-Piece-Flow-System.

In diesem Use-Case weisen die Analyseergebnisse darauf hin, dass für die Beschäftigten durch den Einsatz des Assistenzsystems Planungsschritte wegfallen, weshalb die Bewertung der Ganzheitlichkeit der Arbeitsaufgabe nach der Einführung des Assistenzsystems niedriger ausfällt (siehe Übersicht in Bild 2).

Dies schlägt sich auch in den Denk- und Planungserfordernissen nieder. Die Beschäftigten erhalten vom System alle notwendigen Informationen zur Bearbeitung der Arbeitsaufgabe und sind bei der Ausführung an die Vorgaben des Montageassistentensystems gebunden. In der Folge nehmen tendenziell auch die Kommunikationserfordernisse ab. In Bezug auf die Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten wurden keine Unterschiede festgestellt, da die beobachtete und befragte Person erfahren war und das Assistenzsystem zum Zeitpunkt der Untersuchung noch keine Adaptionsfunktionalitäten aufwies. Die befragte Person wies darauf hin,



Bild 3. Vorher-Nachher-Darstellung des Use-Cases „Intelligente Qualitätssicherung“. Grafik: IAW der RWTH Aachen, Josephine Imorde

dass das System gerade für unerfahrene Beschäftigte Lernmöglichkeiten bietet. Durch die Unterstützung des Assistenzsystems reduziert sich zudem die zuvor bereits als eher gering eingeschätzte Anforderungsvielfalt weiter (durch weniger aufgabenbezogene Kommunikation, weniger selbstbestimmte Planung und weniger Variation in der Abfolge der Arbeitseinheiten). In der Nachher-Analyse wird die Durchschaubarkeit der Arbeitsabläufe aufgrund der detaillierten Darstellung von Informationen höher bewertet als in der Vorher-Analyse. Die Arbeitsanalyse ergab, dass die Einführung des Assistenzsystems die Autonomie der Arbeitsperson verringert hat, da eine Montage ohne dessen Nutzung nicht mehr möglich ist. Konkret wird die Bearbeitung eines Auftrags automatisch im ERP-System erfasst. Somit besteht für eine Person nicht mehr die Freiheit, das System zu umgehen.

3.2 Use-Case 2: Intelligente Qualitätssicherung

Der zweite Use-Case ist in der Fertigung lokalisiert und behandelt die Auswertung verschiedener Qualitätsparameter produzierter Bauteile. In mehreren Schritten werden die Bauteile vorab in CNC-Bearbeitungszentren automatisiert gefertigt. Die Maschineneinrichtenden sind hierbei für die Einstellung der CNC-Parameter verantwortlich. Der Fertigungsauftrag wird durch die Maschinenbedienenden ausgeführt. Anschließend werden die Werkstücke in einer automatisierten CNC-Messmaschine geprüft. Diese Messergebnisse werden ausgedruckt am Arbeitsplatz analysiert (**Bild 3**, links).

Dabei werden vor allem stetig wachsende oder abnehmende Messverläufe, die sich aus der Betrachtung vorheriger Messwerte des gleichen Bauteils ergeben, erst erkannt, wenn die Messwerte den Toleranzbereich bereits verlassen haben. Um die Abweichung des Messwerts zu korrigieren, muss die CNC-Maschine wieder eingerichtet werden. Für die Einrichtung der Maschine ist Wissen notwendig, welches oft nur durch Nachfragen bei erfahrenen Mitarbeitenden oder durch Hinzuziehung des verantwortlichen Personals erlangt werden kann. Die Ursachen der Toleranzüberschreitung sowie die angewandte Maßnahme zur Korrektur der Überschreitung werden nicht dokumentiert.

Im Projekt KI-LIAS wurde eine Softwareanwendung entwickelt, die die Daten des Prüfprotokolls in einer Übersicht aufbereitet und KI-basiert Toleranzüberschreitungen sowie Trends identifiziert (**Bild 3**, rechts). Die Maschinenbedienenden werden

durch die Anwendung befähigt, selbstständig Trends im Messverlauf der Qualitätsparameter zu identifizieren. Darüber hinaus können die Maschinenbedienenden mithilfe der Anwendung bereits in der Vergangenheit angewendete Maßnahmen auswählen und selbstständig an der CNC-Fräsmaschine umsetzen. Durch vergangene Messdaten und eine Bewertung, ob eine Maßnahme die Toleranzüberschreitung abgestellt hat, wird eine KI trainiert, die zukünftig proaktiv die geeignetste Abstellmaßnahme für die Toleranzüberschreitung des Messwerts vorschlägt. Durch die Software werden die Maschinenbedienenden gleichzeitig dabei unterstützt, eigenständig Maßnahmen einzuleiten, für die zuvor der oder die Maschineneinrichtende hinzugezogen werden musste. Die Software wurde als Web-Anwendung entwickelt und kann somit mit geringem Aufwand in den Arbeitsplatz der Mitarbeitenden in der Fertigung integriert werden.

Die Analyseergebnisse in diesem Use-Case zeigen, dass Maschinenbedienende durch das Assistenzsystem in die Lage versetzt werden können, leicht zu behebbende Störungen eigenständig zu bewältigen oder vorbeugende Maßnahmen durchzuführen. Deshalb fällt die Bewertung der Ganzheitlichkeit der individuellen Arbeitsaufgabe in der Nachher-Analyse höher aus als in der Vorher-Analyse (siehe Übersicht in **Bild 4**).

Es sollte aber beachtet werden, dass die Arbeitsaufgabe bereits vor der Einführung des Assistenzsystems planende, vorbereitende, ausführende, kontrollierende und nachbereitende Komponenten enthielt, wobei die nachbereitenden Anteile geringer ausfielen. Durch das eingeführte Assistenzsystem werden Trends erkannt und Maßnahmen vorgeschlagen, wodurch tendenziell die Denk- und Planungserfordernisse sinken. Da das Assistenzsystem zur Problemlösung beiträgt und weniger Rücksprachen zur Fehleridentifikation und -behebung erforderlich sind, fällt die Bewertung der Kommunikationserfordernisse in der Nachher-Analyse geringer aus. Bezüglich der Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten konnten mit dem Arbeitsanalyseverfahren keine Unterschiede in der Vorher- und Nachher-Bewertung festgestellt werden.

Im Rahmen des Beobachtungsinterviews wurde allerdings berichtet, dass durch die Verwendung des Assistenzsystems neues Wissen über Lösungsmöglichkeiten sowie Prozesse gewonnen wurde, wodurch auch häufiger herausfordernde Aufgabeninhalte bewältigt werden konnten (wie etwa die eigenständige Parameteranpassung im laufenden Fertigungsprozess oder die Entwicklung und Bewertung von Maßnahmen zur Störungsbe-

Kriterien	 Use-Case 2: Intelligente Qualitätssicherung	
Ganzheitlichkeit	Die Arbeitsperson kann nun mehr Funktionen übernehmen; die Ganzheitlichkeit der Arbeitsaufgabe steigt .	
Denk- und Planungserfordernisse	Das System erkennt automatisch Trends und schlägt mögliche Maßnahmen vor; die Denk- und Planungserfordernisse sinken .	
Kommunikations- erfordernisse	Durch das System weniger Rücksprachen bei der Fehler-Maßnahmen-Identifikation notwendig; reduzierte Kommunikationserfordernisse .	
Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten	Das System trägt zum Erwerb von neuem Wissen über Prozesse und über Problemlösungsmöglichkeiten bei; neue Lernmöglichkeiten .	
Anforderungsvielfalt	Arbeitsperson kann eigene Aufgabe erweitern, bspw. Parameter anpassen oder Maßnahmen ableiten; die Anforderungsvielfalt steigt .	
Durchschaubarkeit	Die Durchschaubarkeit des Zusammenhangs zwischen Fehlerauftreten und nachgelagerten Maßnahmen zur Fehlerbehebung steigt .	
Autonomie	Das System bietet Vorschläge für Maßnahmen und erhöht den Handlungsspielraum der Beschäftigten; die Autonomie steigt .	

Bild 4. Veränderung von Kriterien der Arbeitsaufgabe im Use-Case „Intelligente Qualitätssicherung“. Grafik: IAW der RWTH Aachen, Josephine Imorde

bung). Daraus ergibt sich eine höhere Anforderungsvielfalt. Nach der Einführung wird die Durchschaubarkeit der Arbeitsabläufe tendenziell höher bewertet, da die Dokumentation von Ursachen und Maßnahmen grundsätzlich die Nachvollziehbarkeit der Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von Fehlern und den darauffolgenden Maßnahmen verbessert hat. Bei der Autonomie konnten für die ursprüngliche Arbeitsaufgabe keine Unterschiede zwischen Vorher- und Nachher-Analyse festgestellt werden, da den Beschäftigten primär Maßnahmen vorgeschlagen werden, die sie nach eigenem Ermessen durchführen können. Allerdings ergibt sich für die Beschäftigten ein erhöhter Handlungsspielraum, weil sie nun eigenständig weitere Schritte zur Aufgabenerfüllung einleiten können.

3.3 Ergebnisse aus der unternehmensübergreifenden Projektevaluation

In unternehmensübergreifenden Interviews zur Projektevaluation konnte festgestellt werden, dass Akzeptanz und Nutzung von KI-Assistenzsystemen vor allem durch spürbare Zeitersparnisse sowie sichtbare Verbesserungen der Qualität der Arbeitsbedingungen und -ergebnisse gefördert werden. Eine nutzerfreundliche Gestaltung der Assistenzsysteme und Zuverlässigkeit der Systemfunktionen sind ebenso wichtig wie ein gutes Change-Management und eine transparente Kommunikation bezüglich des einzuführenden KI-Assistenzsystems. (System-)Fehler können als Behinderung wahrgenommen werden, zu Inakzeptanz oder Stress führen und die Einführungszeit verlängern, weshalb diese schnellstmöglich behoben und Lösungen gemeinsam mit den Beschäftigten vorangetrieben werden sollten.

Es erfordert gegebenenfalls sogar deutlich mehr Aufwand, um den Einstellungen der Beschäftigten wieder entgegenzuwirken und Akzeptanz zu erzielen. Die Einbindung von Beschäftigten bei Identifikation, Entwicklung und Einführung von KI-Systemen wird als wichtig betrachtet, um Akzeptanz und positive Effekte zu

fördern und Widerständen entgegenzuwirken. Die Partizipation bietet Beschäftigten selbst Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten, etwa in Bezug auf Prozesstransparenz. Im Idealfall wird ein Assistenzsystem so gestaltet, dass es selbsterklärend und intuitiv bedienbar ist, Feedback gibt und ohne negative Konsequenzen oder Datenverfälschungen getestet werden kann. Eben diese Anforderungen an die Erlernbarkeit finden sich auch in der DIN EN ISO 9241-110:2020 [32].

Nicht unerheblich für die Akzeptanz und Nutzung von neuen Technologien ist die Vorbildfunktion von Führungskräften, die ihrerseits bereit und in der Lage sein müssen, eingeführte Systeme selbst anzuwenden. Ferner muss beachtet werden, dass Kompetenzanforderungen an die Beschäftigten durch die Integration eines KI-Systems sinken können, wenn wesentliche Aufgaben von diesem übernommen werden. Daher ist aus Sicht der Beteiligten anzustreben, dass die Interaktion mit dem KI-System zur Steigerung der (digitalen) Kompetenz der Beschäftigten beiträgt. Werden diese Punkte beachtet und erfolgreich umgesetzt, trägt dies zur zufriedenstellenden Nutzung von KI-Assistenzsystemen bei.

4 Diskussion und Limitationen

Aus den Ergebnissen beider Use-Cases geht hervor, dass die Auswirkungen beziehungsweise Veränderungen durch die Einführung der KI-basierten Assistenzsysteme unterschiedlich sind. Während sich in Use-Case 1 nach Einführung des Montageassistenzsystems überwiegend niedrigere Ausprägungen der betrachteten Kriterien menschengerechter Arbeitsgestaltung feststellen ließen, zeigten sich in Use-Case 2 hingegen mehrheitlich höhere Ausprägungen nach Einführung des intelligenten Systems. Festzuhalten ist zudem, dass auch die Stärke der Veränderungen je nach Kriterium und Use-Case variiert und die Richtung der Veränderung letztlich auch vom Ausgangszustand abhängig ist.

Positive Auswirkungen durch die KI-Assistenzsysteme ergaben sich in beiden Use-Cases bei den Lern- und Entwicklungsmög-

lichkeiten und der Durchschaubarkeit, im Falle des Montageassistenzsystems allerdings vorrangig für unerfahrene Mitarbeitende und im Falle der Qualitätsüberwachung nur für Mitarbeitende, die diese Aufgabe zuvor nur unter Hinzuziehung Dritter durchgeführt haben. Hier wird deutlich, dass sich die Einführung des Systems auch auf andere Arbeitsplätze auswirkt und Änderungen in der Arbeitsorganisation mit sich bringt. Während zum Beispiel für Maschineneinrichtende Aufgaben wegfallen, muss das Personal in der Arbeitsvorbereitung die Aufbereitung und Pflege der Inhalte, die im Assistenzsystem dargestellt werden, übernehmen [4]. Da beide Systeme Aufgabenanteile übernehmen, die Denk- und Planungsleistungen enthalten, muss langfristig damit gerechnet werden, dass die hiermit verbundenen Kompetenzen bei den Beschäftigten verloren gehen oder nicht entwickelt werden [33].

Gerade eine ausreichende Autonomie und entstehende Freiräume könnten neben der Partizipation im Rahmen der Entwicklung und Einführung von KI-Systemen ein Potenzial für die Akzeptanz von Beschäftigten sein. In Use-Case 1 kann eine höhere Autonomie durch die geplante, zum Zeitpunkt der Untersuchung allerdings noch nicht realisierte Adaptivität des Systems erreicht werden. Neben der Anpassung des Ausmaßes an Unterstützung sowie Anleitung in Abhängigkeit der Qualifikation und Erfahrung des Nutzenden kann auch ein Veto-Recht zu einer größeren wahrgenommenen Autonomie beitragen [22, 23].

Ein höheres Autonomieerleben kann zudem erzielt werden, wenn sich durch die KI-Einführung für die Beschäftigten zeitliche und inhaltliche Handlungsspielräume ergeben, die zum Beispiel zur effektiveren Ausübung der Haupttätigkeit, zur Übernahme anspruchsvollerer zusätzlicher Aufgaben oder zur Ausschöpfung von Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten, wie in Use-Case 2, genutzt werden können. Die positiven Effekte eines höheren Autonomiegrades der Beschäftigten auf Zufriedenheit, Leistung und Gesundheit wurden oben bereits dargelegt [16, 18, 22, 23].

Durch KI-Systeme geschaffene Freiräume können außerdem die Möglichkeit zum Job Crafting bieten [34, 35]. Dabei handelt es sich um selbstinitiierte Anpassungen an die Arbeit oder an Arbeitsinhalte seitens der Beschäftigten, mit denen die Beschäftigten ihre Arbeit mit ihren Interessen und Präferenzen in Einklang bringen können [35, 36]. Diese Anpassungen können sich ebenso positiv auf die Arbeitsmerkmale auswirken und somit wirkungsvoll für wichtige Outcomes wie die Arbeitsleistung und Motivation als auch die Gesundheit der Beschäftigten sein [5, 34, 35, 37].

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass das eingesetzte Kompass-Verfahren nicht explizit für die Einführung von KI-basierten Assistenzsystemen entwickelt worden ist [26] und Anpassungsbedarfe bestehen. Für diesen Beitrag wurde zudem auf eine umfassende Darstellung aller Kriterien, Skalen und Auswertungshinweise verzichtet, die ohne tiefere Kenntnis des Verfahrens und der zugrunde liegenden Theorien schwer nachvollziehbar sind. Einige Schwächen des hier stark vereinfachten Vorher-Nachher-Vergleichs sind folglich nicht dem Verfahren zuzuschreiben.

Bei der Auswahl der Kriterien ist kritisch anzumerken, dass der Fokus auf die Veränderungen der Arbeitsaufgabe gelegt wurde. Eine umfassende arbeitswissenschaftliche Analyse und Bewertung sollte auch das umgebende Produktionssystem, die gesamte Tätigkeit der Beschäftigten (mit Nebenaufgaben) sowie vor allem auch das eingesetzte KI-System (wie etwa Systemtransparenz) und die Interaktion mit diesem (zum Beispiel Usability) in den Blick nehmen. Entsprechende Anforderungen wurden auch bei der Projektevaluation von den Beteiligten betont.

Es steht außer Frage, dass auf der Grundlage von Fallstudien mit sehr kleinen Stichproben, wie den hier geschilderten, keine allgemeingültigen Aussagen über die Wirkungen von KI-basierten Assistenzsystemen getroffen werden können. Die betrachteten Kriterien basieren aber auf grundlegenden Zusammenhängen der Arbeitsgestaltung, weshalb sich durchaus generelle Empfehlungen für die Gestaltung ableiten lassen. So kann davon ausgegangen werden, dass höhere Ausprägungen der Kriterien zu positiven Auswirkungen auf die Arbeitsmotivation und die Kompetenzentwicklung führen. In Bezug auf Ganzheitlichkeit und Autonomie liegen zudem Befunde vor, die positive Effekte auf die Arbeitsproduktivität, Zufriedenheit und Gesundheit der Beschäftigten belegen [16, 18, 22, 23].

Aus Management-Perspektive ist die Entscheidung für die Einführung von Assistenzsystemen häufig von Effizienz- und Flexibilitätszielen geprägt [7]. Werden die Auswirkungen auf die Entwicklungsmöglichkeiten der Beschäftigten (oder andere humanorientierte Kriterien) durch die Einführung jedoch nicht berücksichtigt, kann dies zu Widerstand seitens der Beschäftigten und des Betriebsrats führen (vergleiche [7]). Die Partizipation der Beschäftigten und des Betriebsrats ist wesentlich, um negative Auswirkungen frühzeitig zu adressieren und KI-basierte Assistenzsysteme einzuführen, die von den Beschäftigten tatsächlich als unterstützend wahrgenommen werden [38]. Ein partizipatives Vorgehen unter Berücksichtigung motivations- und kompetenzförderlicher Kriterien trägt folglich dazu bei, dass Beschäftigte nicht nur zufriedener, sondern auch produktiver sind und effektiv mit den Assistenzsystemen arbeiten. Ein Beispiel dafür ist die in Use-Case 1 geplante Adaptivität des Assistenzsystems: Handlungsanweisungen nach jedem Arbeitsschritt könnten von erfahrenen Mitarbeitenden als störend wahrgenommen werden und somit dem Effizienzziel des Managements abträglich sein.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Analysen an den beiden Arbeitsplätzen zeigen, dass die Einführung von intelligenten Assistenzsystemen sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf motivations- und kompetenzförderliche Kriterien der Arbeitsgestaltung und damit auch auf die Produktivität und Zufriedenheit der Beschäftigten haben kann. Die mittels Arbeitsanalyse identifizierten Auswirkungen gilt es bei der zukünftigen Weiterentwicklung der Systeme zu berücksichtigen, um möglichst humane und produktive soziotechnische Systeme zu gestalten. Die Präsentation der Arbeitsanalysen in diesem Beitrag hat nicht den Anspruch, allgemeine Schlussfolgerungen über die Wirkung von KI-Systemen zu ziehen, sondern das Ziel, KMU für arbeitsgestalterische Zusammenhänge zu sensibilisieren.

Ein KI-basiertes Assistenzsystem sollte so gestaltet sein, dass es selbsterklärend und intuitiv zu bedienen ist und dass die Beschäftigten auch tatsächlich einen Nutzen durch das System wahrnehmen. Dieser kann zum Beispiel in der Erzielung von Zeitersparnissen, der Vermeidung von Fehlern, der Unterstützung bei überfordernden oder der Übernahme von unterfordernden Aufgaben liegen. Bleiben Erfolgserlebnisse mit dem System aus oder wird das Assistenzsystem als Behinderung gesehen, kann dies dazu führen, dass das System von den Beschäftigten nicht wie vorgesehen genutzt wird und aus Unternehmenssicht gewünschte Produktivitätsgewinne folglich ausbleiben.

Im Projekt KI-LIAS hat sich im Sinne einer menschenzentrierten Gestaltung ein partizipativer Ansatz bewährt, der eine frühzeitige Beteiligung von Beschäftigten und ihren Interessensvertretungen, aber auch von Personen mit Technologieexpertise sowie von Führungskräften vorsieht [12, 13, 25]. Es hat sich aber auch gezeigt, dass nicht davon ausgegangen werden kann, dass die Beteiligten über ausreichend fundierte Kompetenzen in der Arbeitsanalyse und -gestaltung verfügen. Es liegt in der Verantwortung von Führungskräften und Projektleitungen, die Einbeziehung der unterschiedlichen Akteursgruppen zu planen und zu ermöglichen, damit die relevanten Interessen und Kompetenzen in KI-Entwicklungs- und Einführungsprozessen mit ausreichenden Kapazitäten zur Verfügung stehen. Gelungene Partizipation nutzt das Domänenwissen der Beschäftigten und stellt diesen ausreichend Zeit und technische sowie arbeitsgestalterische Expertise zur Verfügung, um effektive und zufriedenstellende Lösungen für den Einsatz von KI am Arbeitsplatz zu entwickeln.

Des Weiteren sollten negative Auswirkungen nicht erst nach der Systemeinführung, zum Beispiel im Rahmen der gesetzlich vorgeschriebenen Gefährdungsbeurteilung, festgestellt werden. Bereits bei der Auswahl eines Use-Cases sowie der anschließenden Spezifikation eines KI-basierten Assistenzsystems gilt es, die Unterstützungsbedarfe und Anforderungen der Beschäftigten zu erheben und die zu erwartenden Auswirkungen zu beurteilen, um suboptimale Gestaltungslösungen zu vermeiden. Ziel muss es sein, Systeme zu entwickeln und einzuführen, welche die Beschäftigten bedarfsgerecht unterstützen und damit zur Produktivität und Zufriedenheit beitragen. Hierzu können Kriterien, Verfahren und Erkenntnisse der menschengerechten Arbeitsgestaltung eine wertvolle Hilfestellung bieten.

FÖRDERHINWEIS

Der Lern- und Experimentierraum KI-LIAS („Künstliche Intelligenz für lernförderliche industrielle Assistenzsysteme“ FKZ: EXP01.00018.20) wurde durch das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) im Rahmen der „Initiative Neue Qualität der Arbeit“ (INQA) gefördert.

LITERATUR

- [1] Heimberger, H.; Jäger, A.; Maloč, S.: Künstliche Intelligenz in der Produktion. Digitale Produktionssysteme und Weiterbildung als Voraussetzung für KI? Modernisierung der Produktion, Mitteilung aus der ISI-Erhebung Nr. 83. Stand: 2024. Internet: www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/modernisierung-produktion/erhebung2022/2024-12_pi_mod_produktion_83_ki_produktion.pdf. Zugriff am 28.04.2025
- [2] Ahlborn, K.; Bachmann, G.; Biegel, F. et al.: Technologieszenario „Künstliche Intelligenz in der Industrie 4.0“ Plattform Industrie 4.0, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Stand: 2019. Internet: www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/KI-in-dustrie-40.html. Zugriff am 20.05.2025
- [3] Destatis: Etwa jedes achte Unternehmen nutzt künstliche Intelligenz. Stand: 2023. Internet: www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/11/PD23_453_52911.html. Zugriff am 28.04.2025
- [4] Mütze-Niewöhner, S.; Willemsen, F.; Mayer, C. M. et al.: Partizipative und prospektive Arbeitsgestaltung – reloaded: Analyse und Gestaltung von Arbeitstätigkeiten im Kontext von Digitalisierung und Industrie 4.0. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung 2023
- [5] Parker, S. K.; Grote, G.: Automation, Algorithms, and Beyond: Why Work Design Matters More Than Ever in a Digital World. *Applied Psychology* 71 (2022) 4, pp. 1171–1204
- [6] Richthofen, G. von; Gümüşay, A. A.; Send, H.: Künstliche Intelligenz und die Zukunft von Arbeit. In: Altenburger, R.; Schmidpeter, R. (Hrsg.): CSR und Künstliche Intelligenz. Heidelberg: Springer 2021, S. 353–366
- [7] Krzywdzinski, M.; Pfeiffer, S.; Evers, M. et al.: Die Vermessung der Arbeitswelt. Wearables und digitale Assistenzsysteme in Fertigung und Logistik. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung 2022
- [8] Ball, K.; Wilson, D. C.: Power, control and computer-based performance monitoring: Repertoires, resistance and subjectivities. *Organization Studies* 21 (2000) 3, pp. 539–565
- [9] Mütze-Niewöhner, S.; Nitsch, V.: Arbeitswelt 4.0. In: Frenz, W. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0: Recht, Technik, Gesellschaft. Heidelberg: Springer 2020, S. 1187–1217
- [10] Nitsch, V.; Rick, V.; Kluge, A. et al.: Human-centered approaches to AI-assisted work: the future of work? *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 78 (2024) 3, pp. 261–267
- [11] Apt, W.; Schubert, M.; Wischmann, S.: Digitale Assistenzsysteme. Perspektiven und Herausforderungen für den Einsatz in Industrie und Dienstleistung. Berlin: VDI/VDE Innovation + Technik 2018
- [12] Kuhn, C. K.; Kokorski, S.; Kranz, M.: Praxisleitfaden zur akzeptanzförderlichen Einführung von KI-Anwendungen in produzierenden Unternehmen. Aachen: RWTH Aachen University 2024, doi.org/10.18154/RWTH-2024-01353
- [13] Steireif, N.; Kranz, M.; Langhanki, J. et al.: Potenzialanalyse von KI-Anwendungen in der Produktion. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 118 (2023) 4, S. 258–264
- [14] Greif, S.; Hamborg, K.-C. (Hrsg.): Methoden der Arbeits-, Organisations- und Wirtschaftspsychologie. Göttingen: Hogrefe 2018
- [15] Richter, G.: Toolbox Version 1.2 – Instrumente zur Erfassung psychischer Belastungen. Dortmund: BAuA 2010
- [16] Parker, S. K.; Morgeson, F. P.; Johns, G.: One hundred years of work design research: Looking back and looking forward. *The Journal of Applied Psychology* 102 (2017) 3, pp. 403–420
- [17] Hackman, J.; Oldham, G. R.: Motivation through the design of work: test of a theory. *Organizational Behavior and Human Performance* 16 (1976) 2, pp. 250–279
- [18] Parker, S. K.; Knight, C.: The SMART model of work design: A higher order structure to help see the wood from the trees. *Human Resource Management* 63 (2024) 2, pp. 265–291
- [19] Schuler, S.; Hämmerle, M.; Bauer, W.: Einfluss Künstlicher Intelligenz auf die Arbeitswelten der Zukunft: Potenzielle Auswirkungen und Erfahrungen mit KI-Anwendungen in Unternehmen. In: Spath, D.; Spanner-Ulmer, B. (Hrsg.): Digitale Transformation – Gutes Arbeiten und Qualifizierung aktiv gestalten. Berlin: GITO Verlag 2019, S. 255–272
- [20] Malik, N.; Tripathi, S. N.; Kar, A. K. et al.: Impact of artificial intelligence on employees working in industry 4.0 led organizations. *International Journal of Manpower* 43 (2022) 2, pp. 334–354
- [21] Koczy, A.; Stahn, C.; Hartmann, V.: Untersuchung der Veränderung von Kompetenzanforderungen durch Assistenzsysteme im Projekt AWA. 66. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaften e. V., GfA 2020, Berlin, 2020, S. 1–7
- [22] Burgert, F. L. B.; Willemsen, F.; Reçica, A. et al.: Handlungsanweisungen durch digitale Systeme in Produktion und Logistik: Auswirkungen eines Veto-Rechts auf die wahrgenommene Autonomie. 71. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaften e. V., GfA 2025, Aachen, 2025, S. 577–582
- [23] Rick, V. B.; Stebner, M.; Dräger, L. et al.: Effects of AI-based technologies on employees' work engagement: Implications for the human-centered design of digital work. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 78 (2024) 3, pp. 323–334
- [24] Kluge, A.; Ontrup, G.; Langholf, V. et al.: Mensch-KI-Teaming: Mensch und Künstliche Intelligenz in der Arbeitswelt von morgen. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 116 (2021) 10, S. 728–734
- [25] Kuhn, C. K.; Kokorski, S.; Kranz, M. et al.: Use cases im Experimentierraum KI-LIAS: künstliche Intelligenz für lernförderliche industrielle Assistenzsysteme. Aachen: RWTH Aachen University 2024, doi.org/10.18154/RWTH-2024-02983
- [26] Grote, G.; Ryser, C.; Wäfler, T. et al.: Wie sich Mensch und Technik sinnvoll ergänzen. Zürich: vdf Hochschulverlag 1999
- [27] Hacker, W.; Fritsche, B.; Richter, P. et al.: Tätigkeitsbewertungssystem. (TBS). Verfahren zur Analyse, Bewertung und Gestaltung von Arbeitstätigkeiten. Zürich: vdf Hochschulverlag 1995
- [28] Leitner, K.; Volpert, W.; Greiner, B. et al.: Analyse psychischer Belastung in der Arbeit. Das RHIA-Verfahren. Köln: Verlag TÜV Rheinland 1987
- [29] Mütze-Niewöhner, S.; Mayer, C. M.; Willemsen, F.: Partizipative und prospektive Arbeitsgestaltung im Rahmen von Digitalisierungsprojekten

- ten in der Produktion: Anforderungen an ein Unterstützungssystem. Stand: 2022. Internet: publications.rwth-aachen.de/record/860444/files/860444.pdf. Zugriff am 28.04.2025
- [30] Hacker, W.; Sachse, P.: Allgemeine Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. Zürich: vdf Hochschulverlag 1998
- [31] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik: Transparenz von KI-Systemen. Whitepaper. Stand: 2024. Internet: www.bsi.bund.de/DE/Service-Navi/Presse/Alle-Meldungen-News/Meldungen/Whitepaper_KI-Systeme_240805.html. Zugriff am 28.04.2025
- [32] DIN EN ISO 9241-110: Ergonomie der Mensch Maschine Interaktion – Teil 110: Interaktionsprinzipien. Deutsche Fassung, Ausgabe Oktober 2020
- [33] Crowston, K.; Bolici, F.: Deskillung and upskilling with AI systems. Information Research an International Electronic Journal 30 (2025) iConf, pp. 1009–1023
- [34] Willemsen, F.; Mütze-Niewöhner, S.; Nitsch, V.: Job Crafting im Rahmen von KI-Einführung und Automatisierung: Erkenntnisse aus einer Interviewstudie. 70. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaften e. V., GfA 2024, Stuttgart, 2024, S. 1–6
- [35] Zhang, F.; Parker, S. K.: Reorienting job crafting research: A hierarchical structure of job crafting concepts and integrative review. Journal of Organizational Behavior 40 (2019) 2, pp. 126–146
- [36] Wrzesniewski, A.; Dutton, J. E.: Crafting a Job: Revisioning Employees as Active Crafters of Their Work. The Academy of Management Review 26 (2001) 2, pp. 179–201
- [37] Parker, S. K.; Tims, M.; Sonnentag, S.: Top-Down and Bottom-Up Work Design: A Multilevel Perspective on How Job Crafting and Work Characteristics Interrelate. Journal of Business and Psychology (2025), doi.org/10.1007/s10869-025-10010-1

- [38] Imorde, J.; Steireif, N.; Willemsen, F. et al.: Intelligente Assistenzsysteme in der Produktion: eine Interviewstudie mit Betriebsratsmitgliedern zu Fragen der Beteiligung, des Nutzens und der Arbeitsgestaltung. 69. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaften e. V., GfA 2023, Hannover, 2023, S. 1–7

Fabian Willemsen, M.Sc. 

f.willemsen@iaw.rwth-aachen.de

Tel. +49 241 80-99460

Michael Kranz, M.Sc. 

Dr.-Ing. Niklas Steireif 

Eric Bunse, M.Sc. 

Prof. Dr.-Ing. Susanne Mütze-Niewöhner 

Prof. Dr.-Ing. Verena Nitsch 

Institut für Arbeitswissenschaft (IAW) 
der RWTH Aachen University
Eilfschornsteinstr. 18, 52062 Aachen
www.iaw.rwth-aachen.de

LIZENZ



Dieser Fachaufsatz steht unter der Lizenz Creative Commons
Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)