

Evaluationskonzept zur Nutzenbewertung digitaler Assistenzsysteme am Montagearbeitsplatz

Thimo KELLER¹, Christian BAYER¹, Joachim METTERNICH¹,
Stephanie SCHMIDT², Mehrach SAKI², Oliver STRAETER²,
Hans-Dieter HARTWICH³, Wolfgang ANLAUFT³

¹ Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW)
Otto-Berndt-Str. 2, 64287 Darmstadt

² Institut für Arbeitswissenschaft und Prozessmanagement
Heinrich-Plett-Str. 40, 34132 Kassel

³ ffw GmbH – Gesellschaft für Personal- und Organisationsentwicklung
Allersberger Straße 185, 90461 Nürnberg

Kurzfassung: Eine hohe Produktvielfalt erhöht die Komplexität in der Produktion, wodurch die Anforderungen an die Mitarbeitenden steigen. Bei Produktionsprozessen mit menschlicher Beteiligung können digitale Assistenzsysteme die Mitarbeitenden bei der Bewältigung der steigenden Anforderungen unterstützen und zu einer Reduzierung der Belastungen sowie zu einem Anstieg der Produktivität führen. Dieser Beitrag stellt Evaluationskonzepte zur Analyse des Einflusses digitaler Assistenzsysteme auf die drei Kategorien Mitarbeitende, Produktionsprozess und Arbeitssystem vor. Hier-zu werden Methoden zur Evaluation der drei Kategorien beschrieben. Anschließend wird ein Konzept zur Validierung der Systematik sowie zur Bewertung der Zielerreichung beim Einsatz digitaler Assistenzsysteme in der Praxis vorgestellt. Dies ermöglicht produzierenden Unternehmen, die Bewertung eines digitalen Assistenzsystems in der Praxis.

Schlüsselwörter: Digitale Assistenzsysteme, Evaluationskonzept, Nutzenbewertung

1. Einleitung

Die industrielle Produktion sieht sich einer Vielzahl von Herausforderungen ausgesetzt, die massive Auswirkungen auf die Arbeit in industriellen Produktionsumgebungen haben (acatech., 2016). Die zukünftigen Tätigkeiten werden durch die zunehmende Flexibilisierung und Digitalisierung unter anderem durch häufige Produktwechsel, kurzzyklisch wechselnde Arbeitsaufgaben und eine Zunahme an Problemlösungs- und Überwachungsfunktionen geprägt sein (Uwe Dombrowski et al., 2014). Um diesen Anforderungen gerecht zu werden und die Komplexität der Prozesse beherrschbar zu machen, ist es notwendig den Mitarbeitenden entsprechend zu unterstützen. Der lern- und gesundheitsförderlichen Arbeitsgestaltung von Montagearbeitsplätzen wird dabei eine hohe Gewichtung zugeschrieben. Der Einsatz digitaler Assistenzsysteme kann die Mitarbeitenden entlasten und den geforderten flexiblen Handlungsrahmen erzeugen. Des Weiteren kann durch den Einsatz intelligenter Assistenzsysteme im Zusammenspiel mit der Automation und der Kooperation mit den Mitarbeitenden eine gesundheitsförderliche Arbeitsumgebung geschaffen werden (Botthof & Hartmann, 2015).

Die Frage, welchen Einfluss Assistenzsysteme auf die Beschäftigten, auf produktionsrelevante Kennzahlen und auf das ganzheitliche Arbeitssystem haben, bleibt bisher allerdings weitgehend unbeantwortet. Um diese Forschungslücke zu schließen, verfolgt das Projekt IntAKom das Ziel, digitale Assistenzsysteme zu entwickeln und umfassend zu evaluieren. Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Europäischen Sozialfonds (ESF) leistet IntAKom einen wichtigen Beitrag zum Programm „Zukunft der Arbeit“. Im Rahmen des Vorhabens wird die Entwicklung, Erprobung und Dokumentation eines übertragbaren Modells zur systematischen und ganzheitlichen Aufwertung von Arbeitssystemen in der Produktion, durch digitale Kommunikationstechnologie, angestrebt. Anhand der Erkenntnisse aus den ausführlichen Analysen bei den drei Anwenderunternehmen werden Konzepte zur Aufwertung von Arbeit durch digitale Assistenz entwickelt. Die Gestaltungsmaßnahmen werden in Pilotprojekten in den Fertigungsumgebungen umgesetzt und anschließend evaluiert. Das Evaluationskonzept für die drei Kategorien Mitarbeitende, Produktionsprozess und Arbeitssystem wird im Folgenden vorgestellt.

2. Evaluationskonzept zur Erfassung der Auswirkungen auf Mitarbeitende

Im Rahmen der Evaluation der Auswirkung auf Mitarbeitende werden die Gestaltung von Arbeitsmitteln und Arbeitsbedingungen der Mitarbeitenden empirisch untersucht. Dabei liegt der Fokus auf einer Prä-/Post-Messung des Nutzens für den Beschäftigten durch die neu eingeführten digitalen Assistenzsysteme. Durch die eingesetzten Analyseverfahren können von Assistenzsystemen erzeugte Veränderungen der Arbeitsplätze, Tätigkeiten sowie Mitarbeiterkompetenzen aufgezeigt werden. Dabei wird das Zusammenwirken von Mensch und Technik aus wissenschaftlicher Perspektive dargelegt. Für die Analysen werden sowohl subjektive als auch objektive Messverfahren eingesetzt, die im Folgenden kurz vorgestellt werden.

cEYEberman: Das von der Universität Kassel - Fachgebiet Arbeits- und Organisationspsychologie (A&O) eingesetzte System ermöglicht die objektive Erfassung von Körperhaltungen und der Blickdynamik zur Analyse von Arbeitssystemen, Verhaltensprävention und ergonomischer Gestaltung (Arenius, Klippert, Ott, & Sträter, 2013). Es vereint Inertialsensoren (Gyroskope, Accelerometer, Magnetometer) und Blickbewegungserfassung in einem am Körper getragenen Anzug (siehe Abbildung 1). Es kann eine Bewertung generiert werden, die den Anteil ungünstiger Körperhaltungen über den erfassten Messzeitraum grafisch zusammenfasst. Somit kann die ergonomische Bewertung der Arbeitsstation vor und nach der Einführung eines Assistenzsystems verglichen werden. Für das Evaluationskonzept werden vor allem die aufgenommenen Daten des cEYEbermans genutzt, um störende Unterbrechungen des Arbeitsflusses zu erkennen. Durch diese Unterbrechungen können psychische Belastungen auftreten, da sie im Konflikt mit der Zielerreichung stehen (Oesterreich, Leitner, & Resch, 2000; Steffgen, 2004). Aufgrund immer wiederkehrender Montage-tätigkeiten und Prüfvorgänge werden die Änderungen der Fixationshäufigkeit und der Fixationsrate berechnet, um Unterschiede in den einzelnen Durchläufen zu erkennen. Die Anzahl, die Art und die Dauer der Abweichungen werden vor und nach der Einführung des Assistenzsystems verglichen.



Abbildung 1: Messsystem cEYEberman (Foto © A&O)

MABO und LFI: Um die Arbeitsbedingungen zu analysieren, wurden zwei unterschiedliche Erhebungsinstrumente verwendet. Zum einen der Fragebogen zur „Modularen Analyse von Belastungen in Organisationen“ (MABO) und zum anderen der Lernförderlichkeitsfragebogen (LFI). Der MABO erfasst die Einstellungen der Organisationsmitglieder zu den Themengebieten Organisationsklima, Führungsverhalten, Belastungen oder der Mitarbeiterzufriedenheit. Angesichts aktueller Veränderungen in der Arbeitswelt werden die Themengebiete fortlaufend angepasst und weiterentwickelt (Englisch, 2018). Beim LFI Fragebogen handelt es sich um ein Beobachtungsinterview, mit dem systematisch Lernpotenziale von Arbeitstätigkeiten erfasst und ausgewertet werden (Bigalk, 2006). Für den Grad der Lernförderlichkeit von Tätigkeiten, der zu einem maßgeblichen Wettbewerbsvorteil für Unternehmen wird (Bigalk, 2006), sind Merkmale wie z. B. Variabilität, Komplexität, Kommunikation/Kooperation, Feedback, Information, Partizipation und Selbstständigkeit maßgeblich. Beide Instrumente wurden am Fachgebiet A&O entwickelt und anhand von Gütekriterien überprüft.

Die beiden aufgeführten Instrumente wurden zum Zweck einer Prä-Messung in den drei Anwenderunternehmen eingesetzt und systematisch ausgewertet. Anschließend wurden die Ergebnisse in die jeweiligen Organisationen zurückgemeldet. Nachdem das neu eingeführte digitale Assistenzsystem über einen definierten Zeitraum in dem jeweiligen Arbeitsprozess eingesetzt wurde, erfolgt eine Post-Betrachtung, bei der die beiden Analyseinstrumente erneut eingesetzt werden.

3. Evaluationskonzept zur Erfassung der Auswirkungen auf den Produktionsprozess

Der Einfluss eines digitalen Assistenzsystems auf den Produktionsprozess ist vielfältig und soll anhand eines Wirkmodells (Kausalmodell) untersucht werden. Zur Erstellung des Wirkmodells bedarf es der Beschreibung konkreter Funktionen digitaler Assistenzsysteme (vgl. Abbildung 2) sowie der adressierbaren Zielgrößen eines Produktionssystems. Mithilfe digitaler Assistenzsysteme ist eine sensorische und kognitive Unterstützung realisierbar. Innerhalb dieser beiden Kategorien lassen sich konkrete Funktionen abgrenzen, um unterschiedliche Assistenzsysteme unterscheidbar zu machen. Für die Evaluation wird das Ziel verfolgt, die Wirkzusammenhänge zwischen den Funktionen und Zielgrößen darzustellen, um Hypothesen formulieren und diese anschließend überprüfen zu können. Zielgrößen, die den einzelnen Funktionen zugeordnet werden, sind die Ausschussstückzahl, die Nacharbeitsstück-

zahl, die Gesamtstückzahl, die benötigte Gesamtzeit, die Zeit zur Erfüllung der Arbeitsaufgabe, zur Nacharbeit, zur Einarbeitung, zum Rüsten, während einer Störung und die Know-How-Trägerquote.

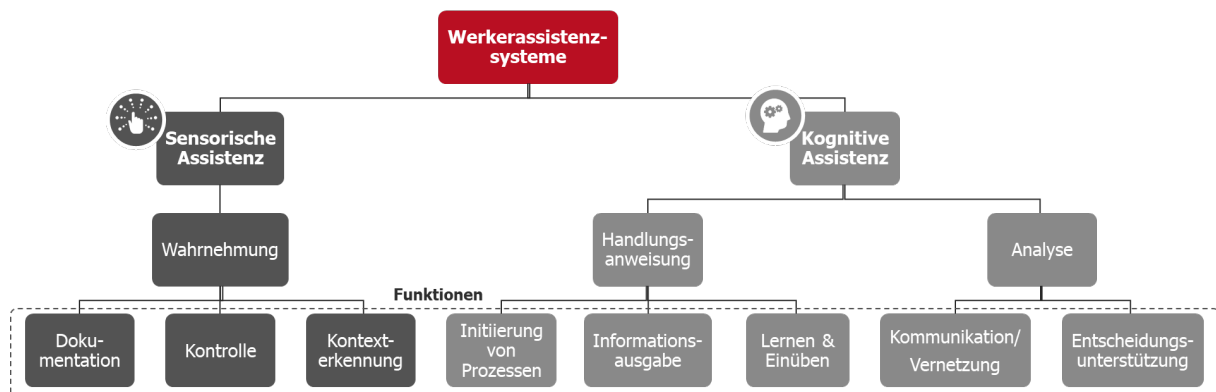


Abbildung 2: Funktionen digitaler Werkerassistenzsysteme

Durch das Überprüfen der Hypothesen mit Prä-/Post-Versuchen lassen sich kausale Zusammenhänge in dem Wirkmodell quantifizieren, um somit neben der übergeordneten Forschungsfrage in der Kategorie Produktionsprozess – Welchen quantifizierbaren Nutzen hat ein digitales Assistenzsystem auf die Leistungsfähigkeit von Montage-Mitarbeitenden? – auch untergeordnete Fragestellungen, wie beispielsweise nach der Höhe des Einflusses einzelner Funktionen, beantworten zu können.

Im Rahmen des Forschungsprojektes IntAKom soll die Evaluation der entwickelten digitalen Assistenzsysteme in den Produktionssystemen der Anwenderunternehmen erfolgen. Hierbei wird die gleiche Tätigkeit ähnlicher Versuchsgruppen unter vergleichbaren Bedingungen jeweils mit und ohne digitale Assistenz durchgeführt. Die eingesetzten Assistenzsysteme können anhand der Funktionen beschrieben werden. Bei der Versuchsdurchführung werden die Zielgrößen automatisch oder manuell erfasst und im Anschluss ausgewertet. Auf dieser Grundlage lassen sich konkrete Produktivitätsgewinne durch den Einsatz des Assistenzsystems feststellen. Eine Ausnahme stellt die Bewertung der Flexibilitätszunahme aufgrund eines steigenden Qualifikationsniveaus dar. Da sich dieser Effekt nur langfristig zeigen wird, ist ein anderes Vorgehen notwendig. Eine Möglichkeit ist ein Vergleich der Entwicklungen der Qualifikationsmatrizen in einem Unternehmensbereich nach der Einführung des Assistenzsystems, mit einem von der Einführung des Assistenzsystems nicht betroffenen Unternehmensbereich bei einem Anwendungspartner über einen längeren Zeitraum. Denn Qualifikationsmatrizen können die Entwicklung der Kompetenzen des Mitarbeitenden über den betrachteten Zeitraum aufzeigen.

4. Evaluationskonzept zur Erfassung der Auswirkungen auf das Arbeitssystem

Zu Beginn der Evaluation der Veränderungen des Arbeitssystems durch digitale Assistenzsysteme steht die Beschreibung des Assistenzsystems, der Motivation zur Einführung und der Ziele, die mit dem System erreicht werden sollen. Ziel ist, die Ergebnisse und Prozesse, die mit der Einführung von digitalen Assistenzsystemen in den Unternehmen im Zusammenhang stehen, zu bewerten. Gradmesser dieser Bewertung ist die menschengerechte Gestaltung von Arbeit (§ 2 Arbeitsschutzgesetz) mit den Merkmalen der lern- und gesundheitsförderlichen Arbeitsgestaltung.

Entsprechend der Norm DIN EN ISO 9241 Teil 2 wird sich der Evaluationsansatz auf die folgenden Punkte konzentrieren:

- Benutzerorientierung (Arbeitsaufgabe berücksichtigt Erfahrungen und Fähigkeiten der Beschäftigten),
- Vielseitigkeit (Vielfalt von Aktivitäten und Fertigkeiten),
- Ganzheitlichkeit (planende, ausführende, kontrollierende Arbeitsanteile),
- Bedeutsamkeit und Eindeutigkeit der Arbeit,
- Handlungsspielräume (Spielräume für Arbeitstempo und Ausführung),
- Führung, Rückmeldung und soziale Kontakte sowie
- Entwicklungs- und Lernmöglichkeiten

Das Evaluationskonzept zum Arbeitssystem wird sowohl die Ergebnisse des digitalen Assistenzsystems in den Unternehmen als auch den Prozess der Einführung bzw. Umsetzung betrachten. Hierbei werden zwei Instrumente zur Anwendung gebracht:

1. Interviews mit Schlüsselpersonen, die bei der betrieblichen Einführung digitaler Assistenzsysteme involviert waren (z.B. Projektleiter, Führungskräfte aus dem Pilotbereich, Betriebsrat). In diesen Interviews werden die Ziele und Vorgehensweisen zusammengefasst und aus Sicht der betrieblichen Experten hinsichtlich der Zielerreichung bewertet. Die Schwerpunkte liegen auf
 - a. der Bestandsaufnahme von Veränderungsmaßnahmen, die im direkten Zusammenhang mit der Gestaltung digitaler Assistenzsysteme stehen,
 - b. Bewertung der Wirkungen des digitalen Assistenzsystems aus Sicht der Schlüsselpersonen,
 - c. Beschreibung und Bewertung des Einführungsprozesses (z.B. Modell und Phasen des Vorgehens, Mitarbeiterbeteiligung an diesen Prozessen, betriebliche Mitbestimmung und Regelungen). Ebenfalls thematisiert werden intervenierende Variablen (z.B. Gestaltungsmaßnahmen unabhängig vom Assistenzsystem), die neben dem digitalen Assistenzsystem die Ergebnisse beeinflusst haben könnten.
2. Partizipatives Vorgehen in Form einer Beschäftigtenbefragung, in der die einzelnen Beschäftigten ihre aktuelle Arbeitssituation (mit dem digitalen Assistenzsystem) mit der Arbeitssituation vor der Einführung des digitalen Assistenzsystems vergleichen. In dieser standardisierten Befragung wird auf die Bereiche Arbeitsplatz und -umgebung, Über- und Unterforderungen, Störungen und Behinderungen, Verantwortung, Arbeitsmenge, Arbeitsinhalte, Handlungsspielräume, Mitsprache und Führung eingegangen. Daneben wird der Prozess der Einführung des digitalen Assistenzsystems thematisiert und mit den damit verbundenen Qualifizierungs- und Einarbeitungskonzepten sowie der Zufriedenheit der Beschäftigten ergänzt.

Diese Vorgehensweise gewährleistet eine valide Bewertung der Veränderungen im Arbeitssystem durch digitale Assistenzsysteme.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend werden innerhalb der drei Kategorien Mitarbeitende, Produktionsprozess und Arbeitssystem in den drei Anwenderunternehmen die benannten Prä-/Post-Versuche durchgeführt, um die Veränderungen durch die Einführung des

entwickelten Assistenzsystems messbar zu machen. Die Ergebnisse der Evaluation in den drei Kategorien werden anschließend zusammengeführt und ausgewertet, um ein ganzheitliches Bild der Veränderungen zu erhalten. Durch einen detaillierten Auswertungsprozess können zudem Abhängigkeiten zwischen Veränderungen auf den drei Ebenen identifiziert werden. Beispielsweise wird erwartet, dass verbesserte Arbeitsbedingungen und eine gute organisatorische Gestaltung der Tätigkeiten zu einem effizienteren Produktionsprozess führen oder dass ein positiv bewerteter Einführungsprozess zu einer gesteigerten Akzeptanz und somit einer verlässlicheren Nutzung führt.

Das vorgestellte Evaluationskonzept wird im weiteren Verlauf des Forschungsprojektes IntAKom bei den drei Anwendungsunternehmen eingesetzt und validiert. Anhand der Ergebnisse lassen sich die Einflüsse der entwickelten Assistenzsysteme auf die drei Kategorien feststellen, wodurch ein Rückschluss auf den Nutzen möglich ist. Ziel ist es hierbei eine allgemeingültige Vorgehensweise zur Bewertung von Assistenzsystemen zu entwickeln, um Unternehmen ganzheitlich bei deren Entwicklung und Einführung zu unterstützen.

6. Literatur

- acatech. (2016). Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 – Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen. Retrieved from <https://www.acatech.de/Publikation/kompetenzentwicklungsstudie-industrie-4-0-erste-ergebnisse-und-schlussfolgerungen/>.
- Arenius, M., Klippert, J., Ott, A., & Sträter, O. (2013). Ceyberman: Ein Messsystem zur Ermittlung der Arbeitsbelastung [Ceyberman: A System for Measuring Physical and Cognitive Workload], *EI - Der Eisenbahningenieur*, 64 (7), S. 36-39.
- Bigalk, D. (2006). Lernförderlichkeit von Arbeitsplätzen - Spiegelbild der Organisation? Eine vergleichende Analyse (Englisch, 2018) von Unternehmen mit hoch und gering lernförderlichen Arbeitsplätzen. Zugl.: Kassel, Univ., Diss. Schriftenreihe Personal- und Organisationsentwicklung: Bd. 3. Kassel: Kassel Univ. Press.
- Dombrowski, U.; Riechel, C.; Evers, M. (2014): Industrie 4.0 - Die Rolle des Menschen in der vierten industriellen Revolution. In: Wolfgang Kersten, Hans Koller und Lödning Hermann (Hg.): Industrie 4.0. Wie intelligente Vernetzung und kognitive Systeme unsere Arbeit verändern. Berlin: Gito, S. 129–153.
- Englisch, F. (2018). MABO - Ein ganzheitliches Verfahren zur Gefährdungsanalyse von psychischer Belastung am Arbeitsplatz. In R. Trimpop, J. Kampe, & M. Bald (Eds.), 20. Workshop Psychologie der Arbeitssicherheit und Gesundheit: Voneinander lernen und miteinander die Zukunft gestalten! S. 725–728.
- Oesterreich, R., Leitner, K., & Resch, M. (2000). Analyse psychischer Anforderungen und Belastungen in der Produktionsarbeit: Das Verfahren RHIA/VERA-Produktion. Göttingen: Hogrefe.
- Steffgen, G. (2004). Betriebliche Gesundheitsförderung: Problembezogene psychologische Interventionen. *Psychologie für das Personalmanagement: Vol. 23*. Göttingen: Hogrefe.

Danksagung: Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird im Rahmen des Programms „Zukunft der Arbeit“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Europäischen Sozialfonds (ESF) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten

65. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

GfA-Press

Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,
Technische Universität Dresden;
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2019
ISBN 978-3-936804-25-6

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

Schriftleitung: Matthias Jäger

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

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

- den Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

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

Screen design und Umsetzung

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de