

Konzept zur Untersuchung der automatisierten Anpassbarkeit von Montagearbeitsplätzen

Katharina RÖNICK

*Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt
Otto-Berndt-Straße 2, D-64287 Darmstadt*

Kurzfassung: Durch Industrie 4.0 werden neue Forschungsfelder eröffnet, die die Mensch-Maschine-Interaktion optimieren können. Dem gegenüber steht die geringe Akzeptanz bzgl. automatisierter Systeme. Diese Arbeit befasst sich mit der Entwicklung eines automatisierten Assistenzsystems in der Produktion und der Untersuchung von Nutzerakzeptanz. Um Einflussfaktoren und Zusammenhänge ableiten zu können, muss zuerst ein Modell aufgestellt werden. Nach der Validierung des Assistenzsystems ist geplant, weitere Studien zum Einstellverhalten und der Akzeptanz des Systems durchzuführen. Daraus sollen Gestaltungsmaßnahmen, die die Akzeptanz beeinflussen können, abgeleitet werden.

Schlüsselwörter: Automatisierung, ergonomisches Assistenzsystem, Körperhaltung, Akzeptanzverhalten

1. Einleitung

Noch immer sind Muskel-Skelett-Erkrankungen die häufigste Ursache für Arbeitsunfähigkeit (AU), wobei Dorsalgie bei Männern und Frauen die häufigste Erkrankung in diesem Bereich darstellt (Knieps & Pfaff 2016; Marschall et al. 2016). Diese Beschwerden können u.a. durch Zwangshaltungen hervorgerufen werden. Zwangshaltungen sind Körperhaltungen, die über längere Zeit mit wenig Bewegungsspielraum eingenommen werden (Arbeitsgemeinschaft der Medizinischen Fachgesellschaften 2013).

Die vierte industrielle Revolution und die damit einhergehende Automatisierung ermöglicht Entwicklungen von Assistenzsystemen in der Montage, die die menschliche Arbeit qualitativ verbessern können (Botthof & Hartmann 2015). Die neuartigen Technologien können zur Verhaltens- und Verhältnisprävention beitragen. So können z.B. Applikationen das Verhalten des Mitarbeiters aufzeichnen und ergonomische Hinweise zur Verfügung stellen (Römer et al. 2016). Wie die Analyse der Literatur zeigt, bringen diese Entwicklungen im Rahmen Industrie 4.0 neue Herausforderungen der Arbeitsgestaltung mit sich (Botthof & Hartmann 2015). Die von Bainbridge (1983) veröffentlichten „Ironies of Automation“ zeigen mehrere Dilemmata im Bereich Automation auf. Zum einen muss das automatisierte System konkretes Feedback geben, damit der Anwender den Prozess nachvollziehen und gegebenenfalls eingreifen kann. Zum anderen verschlechtern sich die Kompetenzen des Mitarbeiters, wenn Aufgabenteile automatisiert werden, da er sie nicht mehr häufig ausführt bzw. keinen Lerneffekt durch ungewöhnliche Situationen erlangen kann. Ein anderes Dilemma ist die häufige Generierung von Fehlern mit Einfluss auf die Nutzung automatisierte Systeme durch den Produktentwickler.

Zusätzlich suggeriert die fehlende Transparenz dieser Systeme eine Ablehnung der Nutzer, da sie die Prozesse bzw. Entscheidungen des Systems nicht nachvollziehen können (Spath 2013). Geringes Akzeptanzverhalten ist schon im Bereich des automatisierten Fahrens bekannt, die Akzeptanz zur Abgabe der Fahraufgaben an ein automatisiertes System ist gering (Wolf 2015).

Ziel dieser Arbeit ist daher die Untersuchung der Nutzerakzeptanz von automatisierten, ergonomiefördernden Assistenzsystemen im Kontext von Industrie 4.0 sowie die Ableitung von Gestaltungslösungen zur umfassenden Integration des Nutzers. Aus diesem Hintergrund wurde ein ergonomisches Assistenzsystem für einen Montagearbeitsplatz im Produktionsbereich entwickelt, das sich mit Hilfe eines Algorithmus individuell auf den jeweiligen Mitarbeiter einstellen kann. Ziel dieses Systems ist die Reduzierung von Zwangshaltungen. Mithilfe des Systems sollen folgende forschungsleitende Fragestellungen untersucht werden:

1. Welche ergonomischen Kenngrößen sind für den Algorithmus zu berücksichtigen und wie muss der Algorithmus aufgebaut sein?
2. Inwieweit weicht die Einstellung des Nutzers von der des Algorithmus ab?
3. Wie ist das Akzeptanzverhalten der Nutzer gegenüber dem Assistenzsystem?
4. Kann durch Feedback des Systems bzgl. der Einstellung des Tisches das Akzeptanzverhalten beeinflusst werden?

Im Folgenden werden die einzelnen Elemente zur Untersuchung dieser Fragestellungen vorgestellt. Der Artikel schließt mit einer Zusammenfassung der Arbeit und einem Ausblick auf das weitere Vorgehen.

2. Methodik

Zur Untersuchung der Forschungsfragen wird zuerst ein Modellansatz zur Beschreibung des Arbeitssystems für ein ergonomieförderndes Assistenzsystem in der Montage unter Berücksichtigung der Nutzerakzeptanz vorgestellt. Anschließend wird der Algorithmus beschrieben und Problemstellungen zur Umsetzung diskutiert. Das Kapitel endet mit der Darstellung des Modells zur Untersuchung des Akzeptanzverhaltens von Nutzern und der Vorstellung eines Anwendungsbeispiels, das bei der Durchführung späterer Studien genutzt werden soll.

2.1 Modell zur Beschreibung des Assistenzsystems

Das Assistenzsystem soll für Steharbeitsplätze in der Montage eingesetzt werden. Auf Basis des Arbeitssystemmodells nach Luczak (1997) wird ein Modellansatz zur Beschreibung dieses Assistenzsystems unter Berücksichtigung des Akzeptanzverhaltens abgeleitet (vgl. Abbildung 1). Das Arbeitssystem setzt sich aus den vier Elementen Arbeitsaufgabe, Arbeitsperson, Arbeitsmittel und Arbeitsgegenstand sowie Umwelteinflüssen, Ein- und Ausgangsgrößen zusammen. Durch die Einschränkung des Anwendungsbereiches Montage können einige Elemente spezifiziert werden, andere Elemente sind allgemein gehalten und müssen nach Festlegung des Untersuchungsobjektes näher beschrieben werden. Hierzu zählt auch das Element Arbeitsaufgabe, das erst im Rahmen des Studiendesigns konkretisiert wird.

Als Arbeitsgegenstände dienen montagetypische Kleinteile, die auf der Materialbereitstellungsebene positioniert sind sowie das zu bearbeitende Werkstück. Das

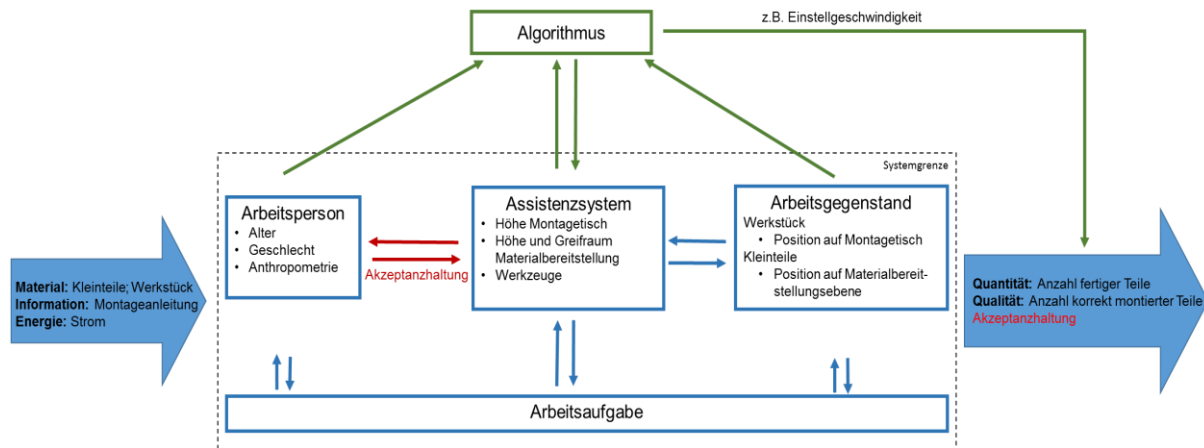


Abbildung 1: *Angepasstes Arbeitsmodell des Assistenzsystems (eigene Darstellung angelehnt an Luczak (1997)).*

Arbeitsmittel stellt das Assistenzsystem mit seinen Modulen und den Werkzeugen dar. Die Arbeitsperson wird durch die Faktoren Alter und Geschlecht sowie den anthropometrischen Angaben im Arbeitssystem definiert. Alter und Geschlecht werden als Untersuchungsfaktoren mit aufgenommen, weil diese Faktoren sowohl einen Einfluss auf die Ausführung der späteren Tätigkeit als auch auf das Akzeptanzverhalten des Nutzers besitzen. Umwelteinflüsse können z.B. schlechte Beleuchtungsverhältnisse sein, was eine Zwangshaltung zusätzlich begünstigen kann. Eingabegrößen in das Arbeitssystem sind die Montageanleitung, Strom sowie die Kleinteile der Materialbereitstellung und das Werkstück, die zur Montage benötigt werden. Als Ausgabegrößen unterscheidet das Modell nach Luczak (1997) Quantität, Qualität und Arbeitsergebnis. Da die Akzeptanz das Ergebnis des Arbeitssystems durch die Interaktion zwischen Arbeitsperson und Assistenzsystem beeinflusst, wird die Akzeptanzhaltung als Einflussgröße zum einen zwischen den Elementen Arbeitsperson und Assistenzsystem und zum anderen als Ausgabegröße des Arbeitssystems im Modell mit aufgenommen. Auch der Algorithmus zur Einstellung des Assistenzsystems ist im Modellansatz berücksichtigt, da die Kenngrößen dieses Algorithmus u.a. vom Arbeitssystem bestimmt werden. Der Algorithmus trägt auch zum Output des Arbeitssystems bei, hier ist z.B. die Einstellgeschwindigkeit des Assistenzsystems bzw. die Zeit, bis der damit verbundene Arbeitsplatz betriebsbereit ist, zu nennen. Dies ist durch einen Pfeil als Ausgang des Algorithmus zu den Ausgabegrößen im Modell dargestellt. Im Folgenden wird der Algorithmus näher vorgestellt.

2.2 Algorithmus zur Einstellung des Assistenzsystems

Der Algorithmus dient der Berechnung des individuellen Einstellwertes für die Arbeitshöhe und den Greifraum des Assistenzsystems. Mithilfe von arbeits- und umgebungsbezogenen Daten werden Einstellgrößen für die Akteure ermittelt, mit denen Greifraum und Höhe eingestellt werden können. Die gesamten Parameter des Algorithmus sind im weiteren Verlauf der Arbeit zu ermitteln. Das Arbeitsmodell aus Abbildung 1 bildet hierbei die Grundlage. Der Algorithmus wird zuerst allgemein für einen Montagearbeitsplatz aufgestellt und anschließend auf ein Beispiel angewandt (siehe Kapitel 2.4).

2.3 Modell zur Untersuchung der Akzeptanzverhaltens

Um festzustellen, wie verschiedene Feedbackmöglichkeiten die Akzeptanz des Nutzers beeinflussen, wird das Task Technology Fit Modell (TTFM) aus Abbildung 2 herangezogen (Ullrich et al. 2015). Das Modell zeigt, wie Aufgaben- und Technikmerkmale die subjektive Einschätzung der Leistungsfähigkeit beeinflussen, was sich wiederum auf das Akzeptanzverhalten auswirkt. Hierbei spielen individuelle Merkmale eine Rolle, z.B. ob der Nutzer schon Erfahrung mit der neu eingeführten Technik besitzt (Ullrich et al. 2015). Unter individuellen Charakteristika wird nach Goodhue & Thompson (1995) Training, Motivation und Erfahrung verstanden. Aufgaben zeichnen sich durch ihren Schwierigkeitsgrad und ihre Vielfältigkeit aus. Charakteristika der Technik werden durch Reaktionsfähigkeit, Verfügbarkeit und Usability beschrieben. Die Wechselwirkung zwischen den einzelnen Charakteristika hat Einfluss darauf, wie gut die Aufgabe mit der bereitgestellten Technik bewerkstelligt werden kann. Darauf basierend entscheidet sich, ob der Nutzer die Technik ablehnt oder annimmt (Ullrich et al. 2015).

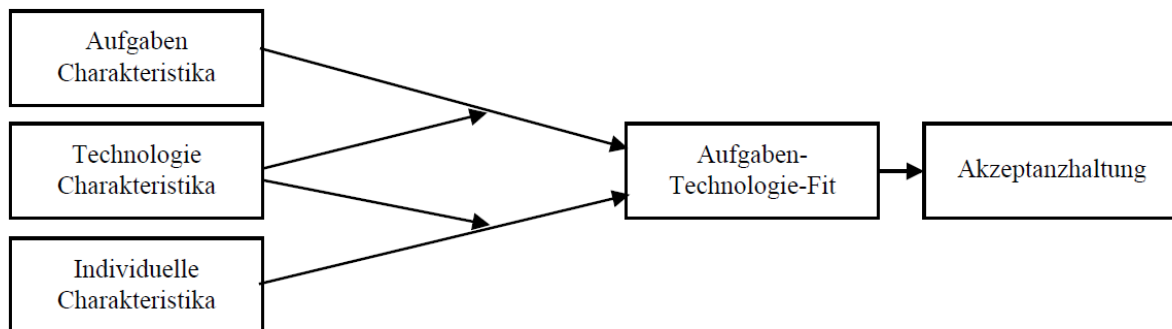


Abbildung 2: Task Technology Fit Modell (Ullrich et al. 2015 nach Goodhue & Thompson 1995).

2.4. Anwendungsbeispiel

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum Darmstadt“ wird am Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt ein Assistenzsystem entwickelt, das im Bereich der Verhältnisprävention eingesetzt werden kann. Das Anwendungsbeispiel stellt einen gängigen Arbeitsplatz in der Produktion dar. Durch seinen Aufbau ist er beliebig und ohne großen Aufwand an unterschiedliche Arbeitssituationen anpassbar.

Das Assistenzsystem ist an die U-Linie der Prozesslernfabrik des Institutes für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen der TU Darmstadt angelehnt, das im Rahmen des Forschungsprojektes für Workshops und Studien genutzt wird. Es besteht aus zwei Modulen, einem Montagetisch sowie einer Materialbereitstellungseinheit mit zwei Materialbereitstellungsebenen für Kleinteile. Oberhalb des Montagetisches befinden sich Profile zur Befestigung der Lichtquelle zur Beleuchtung des Arbeitsplatzes sowie von zur Montage notwendigen Werkzeugen (siehe Abbildung 3).

Mittels ansteuerbaren Aktoren ist die Höhen- und Seitenverstellung der Materialbereitstellung sowie die Höhenverstellung des Montagetisches möglich. Die Daten der Arbeitsperson werden mithilfe der RFID-Technik dem Assistenzsystem übermittelt. Ein Tablet dient als graphical user interface (GUI), hier können mittels

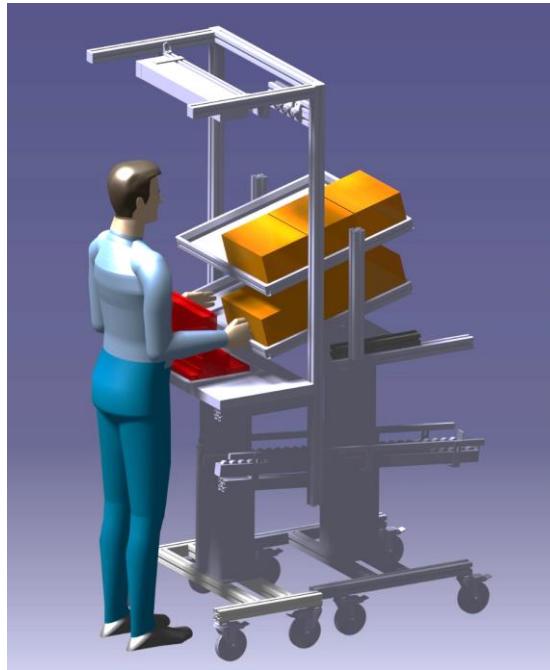


Abbildung 3: Assistenzsystem als CAD-Modell.

Symbole Höhe- und Seitenverstellung manuell nachjustiert werden. Außerdem werden Informationen des Assistenzsystems für den Nutzer bereitgestellt. Des Weiteren wird das GUI zur Wiedergabe des Feedbacks genutzt.

3. Fazit und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Modellansätze zur Beschreibung des Assistenzsystems für Montagearbeitsplätze und das Akzeptanzverhalten vorgestellt. Die hier vorgestellten Modelle bieten eine ausreichende Grundlage, um die Kenngrößen des Algorithmus zu bestimmen und den Einfluss der Nutzerakzeptanz zu untersuchen. Anhand des Arbeitssystemmodells ist der Algorithmus aufzubauen und anschließend auf das Anwendungsbeispiel anzupassen. Eventuell müssen die Merkmale der Arbeitsperson im Arbeitssystemmodell ausgeweitet werden. Zur Konkretisierung des Studienkonzeptes ist zunächst die Verknüpfung der beiden Modelle notwendig.

Das Assistenzsystem stellt den Arbeitsplatz automatisiert auf die bestmögliche Körperhaltung ein, so können Zwangshaltungen verhindert werden. Eine weitere Möglichkeit wäre die Einstellung eines Haltungswechsels zwischen Stehen und Sitzen, um die Belastungen weiter zu reduzieren.

Mithilfe des Anwendungsbeispiels werden mehrere Studien durchgeführt. In einer ersten Studie soll festgestellt werden, inwieweit die automatisierte Einstellung, festgelegt durch den Algorithmus, von der persönlichen Einstellung des Nutzers abweicht. Hierzu wird dem Nutzer die manuelle Verstellung von Höhe und Greifraum ermöglicht. Zur Untersuchung, welche Arten des Feedbacks das Akzeptanzverhalten beeinflussen, ist der Vergleich mehrerer Probandengruppen geplant. Durch Beobachtung und Befragung sollen Rückschlüsse auf das Akzeptanzverhalten geschlossen werden. Hierbei wird zukünftig das Task Technology Fit Modell hinzugezogen.

4. Literatur

- Arbeitsgemeinschaft der Medizinischen Fachgesellschaften (2013) S1-Leitlinie: Körperliche Belastungen des Rückens durch Lastenhandhabung und Zwangshaltungen im Arbeitsprozess.
- Bainbridge L (1983) Ironies of Automation. *Automatica* 19: 775–779.
- Botthof A, Hartmann EA (Hrsg.) (2015) *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.
- DIN EN ISO 7250-1 (2010) Wesentliche Maße des menschlichen Körpers für die technische Gestaltung - Teil 1: Körperdefinitionen und - messpunkte. Beuth Verlag GmbH, Berlin 13.180.
- Goodhue DL, Thompson RL (1995) Task-Technology Fit and Individual Performance. *MIS Quarterly* 19: 213.
- Knieps F, Pfaff H (Hrsg.) (2016) *Gesundheit und Arbeit: Zahlen, Daten, Fakten - mit Gastbeiträgen aus Wissenschaft, Politik und Praxis*. BKK Gesundheitsreport 2016. MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Berlin.
- Luczak H (1997) *Arbeitswissenschaft: Analyse und Gestaltung der Arbeit*. Springer, Berlin.
- Marschall J, Hildebrandt-Heene S, Sydow H, Nolting H-D, Rebscher H (2016) *Gesundheitsreport 2016: Analyse der Arbeitsunfähigkeitsdaten; Schwerpunkt: Gender und Gesundheit*. Medhochzwei Verlag GmbH, Heidelberg.
- Römer T, Stockinger C, Bier L (2016) Evaluation of a Real-Time Feedback Solution for Ergonomic Parameters Using Smart Sensors and User Centered Design. In: Soares MM, Falcão C, Ahrm TZ (Hrsg.) *Advances in ergonomics modeling, usability & special populations: Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Ergonomics Modeling, Usability & Special Populations, July 27-31, 2016, Walt Disney World®, Florida, USA*: Springer, Switzerland, S. 3-14.
- Spath D (Hrsg.) (2013) *Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0: Studie*. Fraunhofer Verl., Stuttgart.
- Ullrich A, Vladova G, Thim C, Gronau N (2015) Akzeptanz und Wandlungsfähigkeit im Zeichen der Industrie 4.0. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 52: 769–789.
- Wolf I (2015) Wechselwirkung Mensch und autonomer Agent. In: Maurer M, Gerdes JC, Lenz B, Winner H (Hrsg.) *Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*: Springer Berlin Heidelberg, Berlin, S 103–125.

Danksagung: Ein besonderer Dank gilt dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie als Förderer des Projektes „Mittelstand 4.0 – Kompetenzzentrum Darmstadt“.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft

63. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FHNW Brugg-Windisch, Schweiz

15. – 17. Februar 2017

GfA Press

Bericht zum 63. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 15. – 17. Februar 2017

FHNW Brugg-Windisch, Schweiz

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2017

ISBN 978-3-936804-22-5

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

USB-Print: Dr. Philipp Baumann, Olten

Screen design und Umsetzung

© 2017 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de