

## **Wirtschaftliche und humanorientierte Einsatzpotenziale von Montageassistenzsystemen**

Sven BENDZIOCH<sup>1</sup>, Sven HINRICHSEN<sup>1</sup>, Marius WINTER<sup>1</sup>,  
Benjamin ADRIAN<sup>1</sup>, Manfred BORNEWASSER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Labor für Industrial Engineering, Hochschule Ostwestfalen-Lippe  
Liebigstraße 87, D-32657 Lemgo*

<sup>2</sup> *Institut für Psychologie, Universität Greifswald  
Franz-Mehring-Straße 47, D-17489 Greifswald*

**Kurzfassung:** Montageassistenzsysteme unterstützen die Beschäftigten, indem sie ihnen die richtigen Informationen zur richtigen Zeit so bereitstellen, dass die Beschäftigten diese schnell aufnehmen und verarbeiten können. Trotz der wirtschaftlichen und humanorientierten Potenziale solcher Systeme werden den Beschäftigten in der Montage Informationen zumeist immer noch konventionell mit traditionellen Gestaltungselementen bereitgestellt. Daher soll eine Methode entwickelt werden, mit der sich die wirtschaftlichen und humanorientierten Einsatzpotenziale von informatischen Montageassistenzsystemen für ein konkretes Arbeitssystem abschätzen lassen.

**Schlüsselwörter:** Komplexitätsbewertung, manuelle Montage, Werkerassistenzsystem, Arbeitsanalyseverfahren

### **1. Ausgangssituation und Problemstellung**

Einzelne Branchen des Verarbeitenden Gewerbes verfügen über große Montagebereiche, in denen Produkte in hoher Variantenvielfalt, in kleinen Losen oder kundenindividuell montiert werden. Durch den anhaltenden Trend zu komplexer werdenden Produkten und einer zunehmenden Variantenvielfalt erfolgt die Montage – trotz vergleichsweise hoher Personalkosten am Wirtschaftsstandort Deutschland – vielfach manuell oder teilautomatisiert (Lotter 2012). Besondere Anforderungen bestehen daher darin, effiziente Montageprozesse mit einer hohen Prozessfähigkeit zu gestalten und gleichzeitig kompetenzförderliche und motivierende Arbeitsbedingungen für die Beschäftigten zu schaffen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, sind künftig mehr und mehr informatische Assistenzsysteme in der manuellen Montage einzusetzen. Diese Systeme unterstützen die Beschäftigten, indem sie ihnen die richtigen Informationen zur richtigen Zeit so bereitstellen, dass die Beschäftigten diese schnell aufnehmen und verarbeiten können (Hinrichsen et al. 2016). Trotz der wirtschaftlichen und humanorientierten Potenziale solcher Systeme und ihrer Verfügbarkeit am Markt, werden den Beschäftigten in der Montage Informationen zumeist immer noch papierbasiert bereitgestellt (Bannat 2014) oder über Bildschirme angezeigt. Dabei werden nach einer Befragung von Wiesbeck (2014) von Betrieben vor allem traditionelle Gestaltungselemente wie Text, Tabellen oder Zeichnungen eingesetzt. Aus dieser Art der Informationsbereitstellung können Fehlhandlungen und Handlungsfehler resultieren (Hacker 1986). Eine Ursache für diese Situation liegt auch darin begründet, dass eine Abschätzung des Nutzens von Montageassistenzsystemen derzeit methodisch nur unzureichend unterstützt wird.

## 2. Zielsetzung und Vorgehensweise

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojekts »Montexas4.0« (FKZ: 02L15A260) soll eine Methodik entwickelt werden, mit der sich die wirtschaftlichen und humanorientierten Einsatzpotenziale von informatorischen Montageassistenzsystemen für ein konkretes Arbeitssystem abschätzen lassen. Das schnelle Abschätzen der Potenziale soll es ermöglichen, die richtigen Arbeitssysteme für den Veränderungsprozess auszuwählen. Auf diese Weise kann das Zusammenwirken von Mensch, Organisation und Technik einerseits zu einer Effizienzsteigerung, andererseits aber auch zu einer Aufwertung der Arbeitssituation für die Beschäftigten führen. Dabei wird von zwei Annahmen ausgegangen. Erstens steigen der Unterstützungsbedarf des Beschäftigten und damit das Einsatzpotenzial eines informatorischen Assistenzsystems mit einer zunehmenden Aufgabenkomplexität. Zweitens ist die wahrgenommene kognitive Komplexität für den Beschäftigten abhängig von der Aufgabenkomplexität (Ulich 2001). Um sowohl die Aufgabenkomplexität als auch die wahrgenommene Komplexität zu berücksichtigen, soll die zu entwickelnde Methode einerseits die Ermittlung objektiver Kennzahlen und andererseits eine Befragung der im Montagesystem Beschäftigten über einen standardisierten Fragebogen umfassen.

Das Vorgehen gliedert sich in zwei Schritte. In einem ersten Schritt werden die theoretischen Grundlagen, auf deren Basis der Methodenansatz entwickelt werden soll, vorgestellt. Hierfür wird als erstes der Begriff der Komplexität in Zusammenhang mit der manuellen Montage dargestellt. Der Schwerpunkt liegt bei den relevanten Elementen und Dimensionen, welche einen Einfluss auf die Komplexität haben. Darauf aufbauend wird geprüft, ob bestehende Arbeitsanalyseverfahren bereits den Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik entsprechen bzw. zumindest teilweise genutzt werden können. Basierend auf den vorhergehenden Resultaten wird in einem zweiten Schritt ein erster Ansatz für die zu entwickelnde Methode vorgestellt.

## 3. Theoretische Grundlagen

### 3.1 *Komplexität in der Montage*

Nach Buhr und Klaus (1975) wird Komplexität als die Eigenschaft von Systemen definiert, die durch die Anzahl der Elemente des Systems und der zwischen den Elementen bestehenden Relationen bestimmt wird. Der Grad an Komplexität steigt mit der Anzahl an Elementen und der zwischen ihnen bestehenden Abhängigkeiten (ebd. 1975). Systeme sind damit Ganzheiten oder Zusammenhänge, die aus Elementen zusammengesetzt sind, zwischen denen Relationen bestehen. Für jedes System ist festzulegen, welches seine Elemente sind und welche Relationen zwischen diesen Elementen bestehen. Klabunde (2013) beschreibt den Begriff der Komplexität über die Merkmale Varietät, Konnektivität und Dynamik. Die Varietät beinhaltet die Art und Anzahl an Elementen innerhalb eines Systems. Unter Konnektivität wird die Art und Anzahl der zwischen den Elementen bestehenden Relationen verstanden. Der Begriff der Dynamik stellt die Unvorhersehbarkeit und Unbestimmbarkeit von Systemzuständen dar (ebd. 2013). Die Komplexität eines Arbeitssystems in der Montage ist demnach von der Anzahl und Beschaffenheit seiner Systemelemente – wie beispielsweise der Anzahl und Art von Arbeitsgegenständen oder Arbeitsmitteln – und ihren Wechselwirkungen untereinander abhängig. Darüber hin-

aus entsteht Komplexität aus der Dynamik von Veränderungen, wie beispielsweise neuen Produktvarianten, die im Montagesystem herzustellen sind. Der Beschäftigte als Teil des Arbeitssystems nimmt Komplexität über die Summe von kognitiven Vorgängen der Informationsaufnahme und -verarbeitung wahr. Das Montagesystem und die darin beschäftigten Mitarbeitern unterliegen dabei ständig wechselnden Komplexitätstreibern, welche intern oder extern auftreten. Nach einer Studie von Deflorin et al. (2015) wird die Komplexität eines Arbeitssystems vorrangig durch interne Treiber ausgelöst. In Tabelle 1 sind die evaluierten internen Komplexitätstreiber zusammengefasst.

**Tabelle 1:** Mögliche interne Komplexitätstreiber (Deflorin et al. 2015, modifiziert)

<b>Komplexität</b>	<b>Inhalte</b>
<b>Prozesskomplexität</b>	Schnittstellen, Prozesseinhaltung, Prozessdefinition, Abhängigkeiten
<b>Planungs- und Steuerungskomplexität</b>	fehlende Informationen, Benutzung von Informationssystemen, Qualität der Daten, Intransparenz
<b>Informations- und Kommunikationskomplexität</b>	Datenmanagement, IT-Schnittstellen und Workflow
<b>Produkt- und Programmkomplexität</b>	Kundenanpassungen, Veränderungen im Produkt und Produktprogramm
<b>Zielkomplexität</b>	Definition von Verantwortlichkeiten
<b>Strukturkomplexität</b>	Autonomie

### 3.2 Arbeitsanalyseverfahren

Arbeitsanalyseverfahren verfolgen das Ziel, Informationen über ein spezifisches Arbeitssystem und deren Beschäftigte zu erheben sowie zu bewerten und entsprechende Maßnahmen daraus abzuleiten (Hacker 1995). Im Fokus steht allgemein die Ermittlung von Schwachstellen und Potenzialen der Arbeitsgestaltung. Durch die unterschiedlichen Einsatzzwecke hat sich im Laufe der Jahre eine Vielzahl an Arbeitsanalyseverfahren mit unterschiedlichen Schwerpunkten etabliert. Richter (2010) gibt mit ihrer Toolbox »Instrumente zur Erfassung psychischer Belastung« einen guten Überblick. Im Hinblick auf das geplante Vorhaben bieten Gullander et al. (2012) mit den Methoden CXI und CXC die Möglichkeit, die Komplexität eines Arbeitssystems zu erfassen. Die Methoden zielen jedoch nicht darauf ab, die Einsatzpotenziale von Montageassistenzsystemen zu bewerten. Neben den Methoden CXI und CXC wurden weitere Arbeitsanalyseverfahren ausgewählt und mit den in der Zielsetzung genannten Anforderungen verglichen. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse des Vergleichs dargestellt. Die Klassifizierung in objektive und subjektive Verfahren erfolgt nach Hacker et al. (1995), Konrad (1996) und Gullander et al. (2012). Objektive Verfahren beruhen auf Beobachtungen oder mündlichen Befragungen des Stelleninhabers, subjektive Verfahren auf persönlichen Bewertungen durch den Stelleninhaber (vgl. Konrad 1996). Eine Beurteilung, inwieweit eine Komplexitätsmessung eines Montagesystems Bestandteil einzelner Verfahren ist, erfolgt auf Basis der von Richter (2010) bzw. Gullander et al. (2012) beschriebenen Ziele einzelner Verfahren. Der Arbeitsaufwand einer Methoden Anwendung wird auf Basis der Angaben von

Richter (2010) mit folgender Abstufungen eingeteilt: Trifft voll zu - kleiner gleich vier Stunden; trifft teilweise zu - größer vier und kleiner gleich acht Stunden; trifft nicht zu - größer acht Stunden. Der Tabelle 2 ist zu entnehmen, dass keines der aufgeführten Arbeitsanalyseverfahren die genannten Anforderungen vollständig erfüllt. Allerdings beinhalten einige Verfahren Items bzw. Kriterien, die für die zu entwickelnde Methode von Relevanz sind.

**Tabelle 2:** Arbeitsanalyseverfahren im Vergleich

	objektiv	subjektiv	Komplexität	Arbeitsaufwand
ISTA	●	○	○	⊙
KOMPASS	●	○	○	○
TBS-S	○	●	○	⊙
RHIA VERA	●	○	○	●
ATAA	●	○	○	●
FAA	●	○	○	●
KABA	●	○	○	⊙
REBA	●	●	○	○
CXI	○	●	●	X
CXC	●	○	●	X

● trifft zu; ⊙ trifft teilweise zu; ○ trifft nicht zu, X keine Aussage möglich

#### 4. Methodenansatz

Auf Basis der theoretischen Grundlagen wird ein erster Methodenansatz zur Abschätzung der wirtschaftlichen und humanorientierten Einsatzpotenziale von Montageassistenzsystemen vorgestellt. Dieser besteht aus einem standardisierten Fragebogen sowie einem Datenerfassungsbogen. Im Rahmen des Fragebogens werden die persönlichen Erfahrungen und damit subjektiven Einschätzungen der im Montagesystem Beschäftigten berücksichtigt. Die Grundlage für die Fragebogengestaltung bildeten die Theorien zur Komplexität, einzelne Arbeitsanalyseverfahren (CXI, ISTA, TBS-S und KOMPASS) sowie empirische Untersuchungen in einem Unternehmen. Der entwickelte Fragebogen gliedert sich entsprechend Tabelle 3 in sieben Themenbereiche und umfasst 30 Items, davon vier offen formulierte Fragen. Zu den geschlossen formulierten Items ist eine Einschätzung über eine fünfstufige Likert-Skalierung vorzunehmen.

Die objektiven Kriterien zur Messung der Aufgabenkomplexität basieren zum einen auf den vorgestellten Komplexitätstreibern und zum anderen auf den Ergebnissen eines Expertenworkshops. Im Ergebnis konnten folgenden fünf Messgrößen evaluiert werden:

- Anzahl der Teile
- Anzahl unterschiedlicher Teile
- Anzahl der Produktvarianten
- Kundentakt
- Anzahl der Arbeitsmittel

Als Ergebnis der Methodenanwendung wird die Ermittlung einer zentralen Kennzahl jeweils zu dem objektiven und subjektiven Verfahrensteil angestrebt. Mit diesen beiden aggregierten Kennzahlen soll eine Aussage darüber getroffen werden

können, ob die Einführung eines Montageassistenzsystems im jeweils betrachteten Arbeitssystem aus wirtschaftlicher und arbeitswissenschaftlicher Sicht sinnvoll, unter Umständen sinnvoll oder nicht sinnvoll ist.

**Table 3:** Themenbereiche und inhaltliche Schwerpunkte des Fragebogens

Themenbereiche	Inhalte
1. Allgemeine Daten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• betrachtetes Arbeitssystem</li> <li>• Beschäftigungszeit am Arbeitsplatz</li> </ul>
2. Produkt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varianten des betrachteten Produkts</li> <li>• Produkt- &amp; Teileänderungen</li> <li>• Verwechslungsgefahr von Teilen</li> </ul>
3. Arbeitsablauf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozessbeschreibungen</li> <li>• auszuführende Tätigkeiten</li> <li>• Arbeitsaufträge</li> </ul>
4. Arbeitsbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsplatzgestaltung</li> <li>• Bearbeitungszeit</li> <li>• Informationsbereitstellung</li> </ul>
5. Auftragsinformationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kognitive Belastung</li> <li>• Informationsverarbeitung</li> <li>• bereitgestellte Medien</li> </ul>
6. Qualifikation & Anlernen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einarbeitungszeit</li> <li>• Mitarbeiterqualifikation</li> </ul>
7. Fehlerhäufigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montagefehler</li> </ul>

## 5. Kritische Würdigung und Ausblick

Der dargelegte Methodenansatz beschreibt eine mögliche Vorgehensweise zur wirtschaftlichen und humanorientierten Abschätzung der Einsatzpotenziale von Montageassistenzsystemen. Um sowohl die Aufgabenkomplexität als auch die wahrgenommene Komplexität zu berücksichtigen, umfasst der Ansatz einerseits die Ermittlung objektiver Kennzahlen. Andererseits werden die im Montagesystem Beschäftigten über einen standardisierten Fragebogen zu ihren Erfahrungen und Einschätzungen befragt. Methodenanwendern wird somit die Möglichkeit eingeräumt, innerhalb weniger Stunden erste Einsatzpotenziale von Montageassistenzsystemen abzuschätzen. Um wirklich die wichtigsten Größen, die den Nutzen eines Assistenzsystems bestimmen, zu ermitteln, sind weitere Pretests, Workshops und Interviews in Betrieben durchzuführen. Daraufhin ist die Methode weiterzuentwickeln, indem beispielsweise Items im Fragebogen ergänzt oder verändert werden. Ein konkreter Verbesserungsansatz kann auch die Berücksichtigung von Erfahrungsstufen der befragten Beschäftigten sein, da die Erfahrung die wahrgenommene Komplexität beeinflusst. Zudem ist die Methode auf Gütekriterien hin zu untersuchen. Aufbauend auf dem dargestellten Methodenansatz ist künftig der Frage nachzugehen, wie eine anforderungsgerechte Konfiguration des Assistenzsystems methodengestützt ermittelt werden kann.

## 6. Literatur

- Bannat A (2014) Ein Assistenzsystem zur digitalen Werker-Unterstützung in der industriellen Produktion. Diss. TU München.
- Buhr M, Klaus G (1975) Philosophisches Wörterbuch. Berlin: Verlag das europäische Buch.
- Deflorin P, Scherrer-Rathje M, Menzl S (2015) Herausforderung im Unternehmensnetzwerk. In: KMU-Magazin – Die Fachzeitschrift für erfolgreiche Unternehmer und Top Manager Nr. 07, August 2015
- Gullander P, Mattsson S, Fässberg T, Van Landeghem H, Zeltzer L, Limère V, Aghezzaf H, Stahre J (2012) Comparing two methods to measure assembly complexity from an operator perspective. Linköping: Swedish Production Symposium.
- Hacker W (1986) Arbeitspsychologie – Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. Bern, Stuttgart, Toronto: Hans Huber.
- Hacker W (1995) Arbeitstätigkeitsanalyse – Analyse und Bewertung psychischer Arbeitsanforderungen. Heidelberg: Roland Asanger.
- Hacker W, Fritsche B, Richter P, Iwanowa A (1995) Tätigkeitsbewertungssystem – Verfahren zur Analyse, Bewertung und Gestaltung von Arbeitstätigkeiten. Zürich, Stuttgart: Hochschulverlag AG an der ETH Zürich/ B.G. Teubner.
- Hinrichsen S, Riediger D, Unrau A (2016) Assistance Systems in Manual Assembly. In: Villmer FJ; Padoano E (Hrsg.): Production Engineering and Management. Proceedings 6th International Conference. 29.-30.09.2016 in Lemgo, Germany, Publication Series in Direct Digital Manufacturing, 3-14.
- Klabunde S (2003) Wissensmanagement in der integrierten Produkt und Prozessgestaltung – Best-Practice-Modelle zum Management von Meta-Wissen. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Konrad U (1996) Gestaltung gebrauchstauglicher Anwendungssysteme – Modellierung und Konzeption organisations- und aufgabenangemessener Software. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Lotter B (2012) Einführung. In: Lotter B, Wiendahl HP (Hrsg.): Montage in der industriellen Produktion - Ein Handbuch für die Praxis. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer, 1-8.
- Richter G (2010) Toolbox Version 1.2 – Instrumente zur Erfassung psychischer Belastung. Dortmund, Berlin, Dresden: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- Ulich E (2001) Arbeitspsychologie. 5. Aufl. Zürich: vdf, Hochschulverlag an der ETH Zürich, Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Wiesbeck M (2014) Struktur zur Repräsentation der Montagesequenzen für die situationsorientierte Werkerführung. Diss. TUM, München: Herbert Utz.

**Danksagung:** Das Vorhaben »Montexas4.0« (Förderkennzeichen 02L15A260) wird im Rahmen des Programms „Arbeit in der digitalisierten Welt“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Europäischen Sozialfonds gefördert.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

**ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(F)T**  
Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung

64. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FOM Hochschule für  
Oekonomie & Management gGmbH

21. – 23. Februar 2018

---

**GfA Press**

---

**Bericht zum 64. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 21. – 23. Februar 2018**

**FOM Hochschule für Oekonomie & Management**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2018

ISBN 978-3-936804-24-9

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.

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

**USB-Print:**

Prof. Dr. Thomas Heupel, FOM Prorektor Forschung, [thomas.heupel@fom.de](mailto:thomas.heupel@fom.de)

**Screen design und Umsetzung**

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)