

Einsatzpotenziale von Montageassistenzsystemen

In den letzten Jahren wurden unterschiedliche Assistenzsystemtechnologien für die Montage entwickelt und implementiert, um den Auswirkungen einer unzureichenden Informationsbereitstellung zu begegnen. Dieser Beitrag will den Nutzen derartiger Montageassistenzsysteme aufzeigen, einen Überblick über verschiedene Systemtypen geben und drei Systeme konkret vorstellen. **SVEN HINRICHSSEN¹, SVEN BENDZIOCH¹, ALEXANDER NIKOLENKO¹, ERNST VOSS²**

MERKMAL	MERKMALS AUSPRÄGUNG			
AUSFÜHRUNG DES ASSISTENZSYSTEMS	Stationär (feste Installation)	Beweglich (bewegliche Installation)	Handgerät	Wearable - Kopf - Oberkörper - Arme/Hände - Beine/ Füße
MENSCH-MASCHINE-SCHNITTSTELLE	Unimodal		Multimodal	
ART DER INFORMATIONSAUSGABE	Visuell (optisch)	Auditiv (akustisch)	Taktil-kinästhetisch (haptisch)	
ART DER INFORMATIONSEINGABE/ SYSTEMSTEUERUNG	Manuell (über Stellteile)	Verbal (Sprachsteuerung)	Gestikulär (Trackingsysteme)	Automatisch (Sensorik)
BENUTZERERKENNUNG	Keine	Anmelden und Laden von Benutzerprofilen	Automatische Erkennung, Nutzung und Aktualisierung von Benutzerprofilen	

▲ Tabelle 1: Ausschnitt aus einer Morphologie zu Montageassistenzsystemen [8] (Bilder: Hochschule Ostwestfalen-Lippe)

➤ Beschäftigte in der Varianten- oder Mehrproduktmontage leisten einen zunehmenden Anteil informatorischer Arbeit, indem sie permanent Auswahlentscheidungen im Hinblick auf die aufzunehmenden Bauteile, Werkzeuge, Hilfsmittel oder die anzuwendende Arbeitsmethode treffen müssen [1]. Die steigende Bedeutung informatorischer Arbeit in der Montage hängt mit einer zunehmenden Komplexität von Montageaufgaben zusammen, die vor allem aus einer großen Anzahl an Produktvarianten und zu montierender Komponenten, kleinen Losgrößen und einer hohen Dynamik von Produktänderungen resultiert [2]. Trotz der steigenden Bedeutung informatorischer Arbeit in der manuellen Montage zeigen empirische Untersuchungen zur Informationsbereitstellung, dass fünf Defizitkategorien unterschieden werden können [3]: (1) Benötigte Informationen fehlen im Montagesystem. (2) Es werden unnötige

Informationen dargestellt. (3) Informationen werden zum falschen Zeitpunkt und in der falschen Menge bereitgestellt. (4) Informationen sind nicht aktuell und/oder (5) nicht so aufbereitet, dass diese einfach vom Beschäftigten aufgenommen und verarbeitet werden können. Konsequenzen sind beispielsweise Aufgabenunterbrechungen, Suchvorgänge, Rücksprachen mit Konstrukteuren oder Nacharbeiten, die zu einer geringen Akzeptanz des Informationsmanagements führen. Diese Defizite in Verbindung mit neuen technologischen Möglichkeiten haben dazu geführt, dass in den letzten Jahren unterschiedliche Assistenzsystemtechnologien für die Montage entwickelt und implementiert wurden.

Vor diesem Hintergrund werden in dem öffentlich geförderten Verbundprojekt „Exzellente Montage in der Industrie 4.0“ (Montexas4.0) Formen assistenzgestützter Montagearbeit erforscht, prototypisch umgesetzt und erprobt. Ferner wird über empirische Untersuchungen ermittelt, welche produktivitäts- und kompetenzförderlichen Potenziale informatorische Montageassistenzsysteme

me bieten. Im Ergebnis steht ein Praxisleitfaden, der Unternehmen bei der Auswahl, Konfiguration und Nutzung dieser Systeme unterstützt. Erreicht werden die Projektziele durch ein beteiligungsorientiertes Vorgehen, indem sich Theorie und Praxis anwendungsorientiert verzahnen. Dazu zählt die experimentelle Erprobung von Demonstratoren im Labor sowie die Umsetzung und Evaluation in echten betrieblichen Montagebereichen. Ziel dieses Beitrages ist es, den Nutzen von Montageassistenzsystemen herauszustellen, eine Übersicht zu unterschiedlichen Systemtypen zu geben und drei konkrete Assistenzsysteme vorzustellen.

Begriff und Nutzen Während die Automation darauf abzielt, menschliche Tätigkeiten durch Maschinen vollständig zu substituieren, zielen Assistenzsysteme darauf ab, die besonderen Fähigkeiten des Menschen weiterhin zu nutzen und mit den positiven Eigenschaften von technischen Systemen zu kombinieren. Nach der Art der Systemunterstützung kann im betrieblichen Kontext zwischen energetischer (zum Beispiel Heben einer Last durch kollaborierende Roboter) und informatorischer (zum Beispiel Darstellen der Inhalte des relevanten Arbeitsschritts) Unterstützung unterschieden werden [4], [5]. Energetische Assistenzsysteme – wie Exoskelette oder kollaborierende Roboter – dienen der Gewährleistung der Ausführbarkeit der Aufgabe und der Reduzierung der körperlichen Belastung für den Menschen [4]. Informatorische Assistenzsysteme haben einerseits den Zweck, mentale Beanspruchungen der Beschäftigten zu reduzieren [1]. Andererseits sollen sie einen Beitrag dazu leisten, dass der Beschäftigte die Montageaufgabe fehlerfrei (Effektivität) und in der dafür geplanten Zeit (Effizienz)

¹ Labor für Industrial Engineering der Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Lemgo
² Homag Kantentechnik, Lemgo

durchführt. Dazu haben die Systeme den Anspruch, den Beschäftigten die richtigen Informationen (what) zur richtigen Zeit (when) in der gewünschten Form (how) bereitzustellen [6], [7], [8]. Informatrische Assistenzsysteme tragen daher dazu bei, Anlernprozesse zu verkürzen, die Arbeitsproduktivität zu steigern, Montagefehler zu vermeiden und damit die Produktqualität zu sichern [9].

Klassifikation Informatrische Montageassistenzsysteme lassen sich entsprechend

von Informationen in das System ebenfalls nur eine Möglichkeit (zum Beispiel Tastatur) gegeben ist. Multimodale Schnittstellen berücksichtigen hingegen unterschiedliche Eingabe- und Ausgabemodalitäten [10]. Die Informationsausgabe von Assistenzsystemen erfolgt in der Regel zu einem hohen Anteil visuell (zum Beispiel über Bildschirme, Sensorleuchten für ein Pick-to-light-System, Projektionen auf das Montageobjekt). Analog dazu kann nach der Art der Informationseingabe differenziert werden. Die Informationseingabe erfolgt manuell über

Schritt durch den Montageprozess geführt wird, möchte ein erfahrener Beschäftigter mit hohem Übungsgrad nur noch Hilfestellung zu ausgewählten Prozessschritten oder in reduzierter Form erhalten (zum Beispiel einfacher Hinweis anstelle einer Videoanleitung) [12]. Montageassistenzsysteme werden sich dahingehend entwickeln, dass der Übungsgrad und weitere Merkmale des Beschäftigten vom System erkannt werden und das System sich automatisch anpasst, indem es beispielsweise eine dem Übungsgrad angemessene Unterstützung anbietet.



◀ Bild 1: Assistenzsysteme für die bevorstehenden Laborexperimente: projektionsbasiertes Assistenzsystem, ...

▲ Bild 2: ... bildschirmbasiertes Assistenzsystem, ...

▶ Bild 3: ... Assistenzsystem über AR-Brille

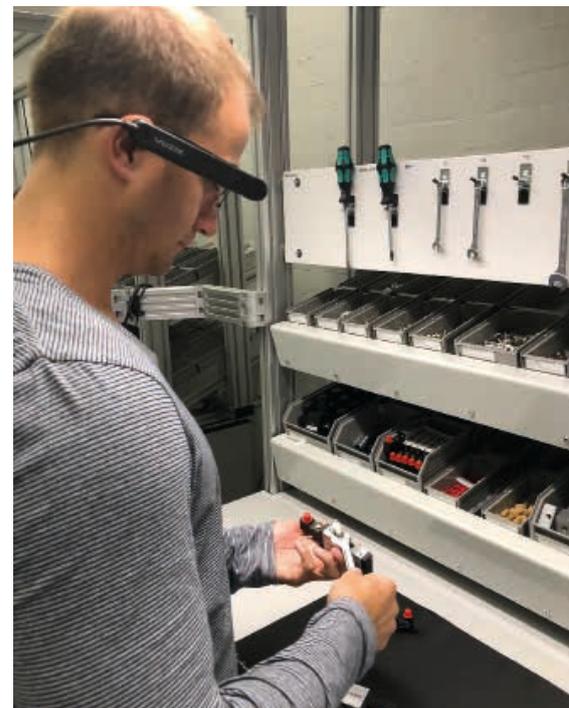


Tabelle 1 nach verschiedenen Kriterien klassifizieren [8]. Sie können in stationäre Assistenzsysteme, bewegliche Assistenzsysteme, Handgeräte (zum Beispiel Tablet-PC) und Wearables unterschieden werden. Stationäre Assistenzsysteme sind fest an einem Arbeitsplatz installiert (zum Beispiel montiertes Projektionsgerät). Bewegliche Assistenzsysteme werden hingegen über mobile Lösungen zum Montageobjekt bewegt. Wearables lassen sich nach den Körperteilen, von denen sie getragen werden, klassifizieren (zum Beispiel smart glasses, smart gloves, smart watches). Montageassistenzsysteme können ferner dahingehend unterschieden werden, ob die Mensch-Maschine-Schnittstelle unimodal oder multimodal konzipiert ist. Unimodal bedeutet, dass der Mensch Informationen über ein einziges Sinnesorgan (häufig das Auge) aufnimmt und zur Eingabe

Stellteile (zum Beispiel Tasten), verbal über Spracheingabe, gestikulär über Gestenerkennung, über Trackingsysteme, die menschliche Bewegungen erfassen [10] oder automatisch durch Sensorik, indem der Zustand des Arbeitsobjektes beziehungsweise der Status des Arbeitsprozesses überwacht wird. Bisher werden über Montageassistenzsysteme vielfach standardisierte Montageanleitungen erstellt, die in dem Montagesystem von allen Beschäftigten – unabhängig von ihren individuellen Merkmalen – zu nutzen sind. Künftig wird die Unterstützung der Beschäftigten mehr und mehr über individualisierte Montageanleitungen erfolgen [11]. Von besonderer Bedeutung ist dabei der Umfang der Erfahrungen der Beschäftigten mit der Durchführung der Montageaufgabe. Während ein neuer Beschäftigter von einem Assistenzsystem erwartet, dass er Schritt für

Assistenzsysteme im Labor Das Labor für Industrial Engineering der Hochschule Ostwestfalen-Lippe geht im Verbundprojekt Montexas4.0 der Frage nach, wie Informationen zur Montage eines Produktes in geeigneter Weise aufzubereiten und an den Beschäftigten über ein Montageassistenzsystem zu übermitteln sind, damit die Aufgabe effektiv und effizient durchgeführt werden kann. Es geht also um die Frage der Kompatibilität zwischen Mensch und Technik. Dieses Kompatibilitätsprinzip besagt, dass die Informationsdarstellung so vorzunehmen ist, dass sie dem zur Bewältigung der Arbeitsaufgabe gebildeten mentalen Modell und der Logik des Menschen entspricht [13]. Die Forschungsfragen werden anhand eines Arbeitssystems des Unternehmens Homag Kantentechnik aus Lemgo, einem Hersteller von Kantenanleimmaschinen, untersucht.

Das ausgewählte Arbeitssystem gehört zum Bereich der Aggregatmontage und hat die Montage von Pneumatikbaugruppen zum Gegenstand. Die Baugruppen bestehen zu meist aus einer Grundplatte, Pneumatikventilen, Verbindungselementen und Schläuchen. Insgesamt werden in dem betrachteten Arbeitssystem aus 383 verschiedenen Komponenten 92 unterschiedliche Pneumatik-Baugruppen montiert. Das Arbeitssystem wurde in etwas vereinfachter Form im Labor für Industrial Engineering der Hochschule Ostwestfalen-Lippe aufgebaut. Zudem wurden drei unterschiedliche Assistenzsysteme im Arbeitssystem installiert (Bilder 1 bis 3). Ziel dieses Aufbaus ist es, über Laboruntersuchungen herauszufinden, wie sich die Art der visuellen Informationsausgabe auf Größen wie Auftragszeit oder Fehlerrate auswirken. Die verwendete Assistenzsystemsoftware wurde vom Unternehmen Assembly Solutions bereitgestellt. Das Unternehmen ist im Jahr 2016 aus Forschungsaktivitäten am Fachbereich Produktion und Wirtschaft der Hochschule Ostwestfalen-Lippe hervorgegangen.

Beim projektionsbasierten Assistenzsystem handelt es sich entsprechend Tabelle 1 um ein stationäres Assistenzsystem. Die Informationsausgabe erfolgt in erster Linie visuell. Die Informationseingabe kann im Sinne einer multimodalen Interaktion manuell, verbal oder gestikulär erfolgen. Die benötigten Informationen werden sowohl auf die Arbeitsfläche als auch auf einzelne Behälter (Pick-by-Light) projiziert (Bild 1). Die Software ermöglicht es, in kurzer Zeit selbstbeschreibungsfähige Arbeitsanweisungen zu erstellen. Bei der Informationsausgabe über einen Bildschirm werden alle für die Montage relevanten Informationen auf einem Touchdisplay angezeigt (Bild 2). Der Beschäftigte wird durch die Montage geführt und kann seine Arbeitsschritte nach der Fertigstellung am Bildschirm oder über einen Taster quittieren. Ein weiteres Informationsausgabemedium stellt die Augmented-Reality-Brille (AR) dar (Bild 3). Mit dieser werden Montageinformationen permanent im Sichtfeld des Werkers angezeigt.

Fazit und Ausblick Beschäftigte in der Varianten- oder Mehrproduktmontage leisten einen zunehmenden Anteil informatorischer Arbeit. Montageassistenzsysteme haben den Zweck, einerseits mentale Beanspruchungen

der Beschäftigten zu reduzieren. Andererseits sollen sie einen Beitrag dazu leisten, dass der Beschäftigte die Montageaufgabe fehlerfrei (Effektivität) und in der dafür geplanten Zeit (Effizienz) durchführt. Dazu haben die Systeme den Anspruch, den Beschäftigten die richtigen Informationen (what) zur richtigen Zeit (when) in der gewünschten Form (how) bereitzustellen. In der betrieblichen Praxis kommt es darauf an, Assistenzsysteme so zu konfigurieren, dass sie den Anforderungen der Beschäftigten und des Betriebes möglichst weitgehend entsprechen. Im Rahmen von Labor- und Felduntersuchungen sollen weitere Erkenntnisse gewonnen werden, wie die Informationsdarstellung zu erfolgen hat, damit Aufgaben effektiv und

„Montageassistenzsysteme sollen mentale Beanspruchungen der Beschäftigten reduzieren“

effizient durchgeführt werden können und die Assistenzsysteme eine hohe Akzeptanz bei den Beschäftigten erfahren.

Das Verbundprojekt ‚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.

► www.montexas40.de

► www.hs-owl.de

► www.homag.com

Literatur

- [1] Bornewasser, M.; Blasing, D.; Hinrichsen, S.: Informatorische Assistenzsysteme in der manuellen Montage: Ein nützliches Werkzeug zur Reduktion mentaler Beanspruchung? In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 73(2018)
- [2] Stork, S.; Schubö, A.: Human cognition in manual assembly: Theories and applications. In: Advanced Engineering Informatics 24(2010)3, S. 320-328
- [3] Hinrichsen, S.; Bendzioch, S.: How Digital Assistance Systems Improve Work Productivity in Assembly. In: Nunes, I. L. (ed.): Advances in Human Factors and Systems Interaction. Proceedings of the AHFE 2018 International Conference on Human Factors

- and Systems Interaction, July 21-25, 2018, Orlando, Springer, Cham 2018, S. 332-342
- [4] Reinhart, G.; Shen, Y.; Spillner, R.: Hybride Systeme – Arbeitsplätze der Zukunft. Nachhaltige und flexible Produktivitätssteigerung in hybriden Arbeitssystemen. In: wt Werkstattstechnik online 103(2013)6, S. 543-547
- [5] Müller, R.; Vette, M.; Mailahn, O.; Gingschel, A.; Ball, J.: Innovative Produktionsassistenz für die Montage – Intelligente Werkerunterstützung bei der Montage von Großbauteilen in der Luftfahrt. In: wt Werkstattstechnik online 104(2014)9, S. 552-560
- [6] Hollnagel, E.: Information and reasoning in intelligent decision support systems. In: International Journal of Man-Machine Studies 27(1987)5-6, S. 665-678
- [7] Claeys, A.; Hoedt, S.; Soete, N.; Van Landeghem, H.; Cottyn, J.: Framework for evaluating cognitive support in mixed model assembly systems. In: IFAC-Papersonline 48(2015)3, S. 924-929
- [8] Hinrichsen, S.; Riediger, D.; Unrau, A.: Assistance Systems in Manual Assembly. In: Villmer, F.-J.; Padoano, E. (Hrsg.): Production Engineering and Management. Proceedings 6th International Conference. 29.-30.09.2016 in Lemgo/Germany, Publication Series in Direct Digital Manufacturing 2016, S. 3-14
- [9] Unrau, A.; Hinrichsen, S.; Riediger, D.: Development of Projection Based Assistance System for Manual Assembly. In: Ergonomics 2016 – Focus on Synergy, 6th International Ergonomics Conference. Zadar/Croatia 2016, S. 365-370
- [10] Schlick, C.; Bruder, R.; Luczak, H.: Arbeitswissenschaft. 4. Auflage, Berlin, Springer 2018
- [11] Kölz, M.; Bächler, A.; Kurtz, P.; Hörz, T.: Entwicklung eines interaktiv, adaptiven Montageassistenzsystems. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.): Verantwortung für die Arbeit der Zukunft. Bericht zum 61. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) vom 25.-27. Februar 2015 in Karlsruhe, Dortmund, GfA-Press
- [12] Hinrichsen, S.; Riediger, D.; Unrau, A.: Montageassistenzsysteme – Begriff, Entwicklungstrends und Umsetzungsbeispiele. In: Betriebspraxis & Arbeitsforschung (2018)232, S. 24-27
- [13] Strasser, H.: Kompatibilität. In: Hettinger, Th., Wobbe, G. (Hrsg.): Kompendium der Arbeitswissenschaft. Ludwigshafen: Kiel 1993

HOB

DIE HOLZBEARBEITUNG

11·2018

Oberflächenbearbeitung

Roboterassistierte
Lackieranlage
ab Seite 14

Digitalisierte Fertigung

Assistenzsysteme
für die Montage
ab Seite 26

Handhabungstechnik

Hochregal mit
Regalbediengerät
ab Seite 50



Wartungsfreie Lager für
mobile Dämmstoffzugsäge (12)