

Auswirkungen von Assistenzsystemen auf die Arbeit in der manuellen Montage

Tim KLEINEBERG¹, Sven HINRICHSSEN¹, Oliver NIGGEMANN²

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

*²Institut für industrielle Informationstechnik (inIT), Hochschule Ostwestfalen-Lippe
Liebigstraße 87, D-32657 Lemgo*

Kurzfassung: Sich verkürzende Innovations- und Produktlebenszyklen sowie eine zunehmende Variantenvielfalt verbunden mit kleineren Losgrößen bis hin zur kundenindividuellen Produktkonfiguration führen zu veränderten Anforderungen an die Gestaltung von Montagesystemen. Gleichzeitig bieten technologische Entwicklungen auf dem Gebiet der Assistenzsysteme neue Gestaltungsmöglichkeiten, Beschäftigte bei der Ausführung ihrer Arbeitsprozesse zu unterstützen. Der vorliegende Beitrag zeigt anhand eines Fallbeispiels, eines Montagearbeitsplatzes aus der SmartFactoryOWL in Lemgo, wie ein Montagearbeitsplatz über Assistenzfunktionen weiter entwickelt wurde und welche Auswirkungen diese Entwicklungen auf die Arbeit haben. Der Arbeitsplatz wurde im Rahmen eines Kooperationsprojektes des Labors für Industrial Engineering der Hochschule Ostwestfalen-Lippe und der Unternehmen Turck und Brandt Kantentechnik in der SmartFactory-OWL realisiert. Er verfügt über ein Assistenzsystem, welches dem Monteur auftrags- und arbeitsschrittbezogene Informationen bereitstellt. Das System besteht maßgeblich aus einem Pick-to-light System verbunden mit einem Touchscreen zur Visualisierung der Informationen. Der Montageauftrag wird über eine RFID-Applikation angemeldet. Damit lassen sich neue Produktvarianten flexibel hinzufügen und bestehende ändern. Zudem können die über Sensoren erfassten Daten zu Kennzahlen aggregiert und entsprechend der Anforderungen der Nutzer visualisiert werden. Im Rahmen des Beitrages werden die Auswirkungen dieser technologischen Weiterentwicklungen auf die Arbeit erörtert.

Schlüsselwörter: Manuelle Montage, Assistenzsysteme, Pick-to-light, Datenintegration, Industrie 4.0

1. Einleitung

Kundenindividuelle Produktvarianten mit kurzen Produktlebenszyklen, verbunden mit kleinen Losgrößen bzw. Stückzahl 1 und verkürzten Lieferzeiten, sind die Folgen steigender Kundenanforderungen und einer Intensivierung des Wettbewerbs (z. B. Bauernhansel et al. 2014). Damit gehen auch veränderte Anforderungen an Montagesysteme einher. In Industriebetrieben, in denen variantenreiche und komplexe Produkte montiert werden, liegt die Herausforderung in der anforderungsgerechten Ausführung der Montageaufgaben durch den Menschen. Der häufige Wechsel von unterschiedlichen Arbeitsaufträgen in der Montage kann ein frühes

Abbrechen der Lernkurve der Beschäftigten verursachen (vgl. Hunter et al. 1990) und zu einer geringen Arbeitsproduktivität und hohen Fehlerrate führen. Diese Situation führt zum Bedarf von Assistenzsystemen, welche den Beschäftigten bei der Ausführung von Arbeitsaufgaben in einer kooperativen Art unterstützen und dabei deren Handlungen optimieren (Gerke 2014, Unrau et al. 2015). Ziel dieses Beitrages ist es, anhand eines Fallbeispiels die Weiterentwicklung eines manuellen Montagearbeitsplatzes hin zu einem assistenzgestützten Arbeitsplatz aufzuzeigen und darüber hinaus die Auswirkungen dieser Entwicklung auf die Arbeit des Menschen zu erörtern.

2. Beschreibung des Arbeitssystems eines Einzelarbeitsplatzes aus der manuellen Montage

Ausgangspunkt ist ein manueller Montagearbeitsplatz der Firma Brandt Kanten-technik, welcher Bestandteil einer Geh-Steh-Linie mit fünf Einzelarbeitsplätzen für die Produktion von Fräsaggregaten ist. In diesem Beitrag wird der dritte Einzelarbeitsplatz betrachtet. An diesem wird die Baugruppe Tastung in acht verschiedenen Varianten montiert. Die Baugruppe besteht aus über sechzig Einzelteilen, welche über ein Durchlaufregal dem Einzelarbeitsplatz zugeführt werden. Das Arbeitssystem wurde nach ergonomischen Kriterien gestaltet. So wurden insbesondere kurze Greifwege und soweit möglich Beidhandarbeit umgesetzt. Zudem sind die größeren und schwereren Einzelteile in den unteren Regalebene und die leichteren und kleineren Bauteile in den oberen Regalebene bereitgestellt. Die C-Teile (u. a. Schrauben) sind im Greifraum seitlich platziert. Der Einzelarbeitsplatz verfügt über zwei für den Montageablauf der Baugruppe optimierte Vorrichtungen. Alle Fächer des Durchlaufregals sind entsprechend der darin gelagerten Einzelteile mit farblich markierten Schildern inklusive Variantennamen versehen, um sie einer bestimmten Variante zuzuordnen und einer Verwechslung der Einzelteile vorzubeugen.

Zur manuellen Ausführung der 21 Arbeitsschritte durch den Beschäftigten stehen verschiedene Arbeitsmittel zur Verfügung. Die einzelnen Arbeitsschritte sind in der Ausgangssituation nur durch schriftliche Arbeitspläne selbst zu erschließen. Die montierten Baugruppen, die rechte und linke, bilden die Ausgabe des Arbeitssystems.

3. Aufbau, Funktion und Nutzen des Pick-to-light Assistenzsystem

Um Anlernzeiten zu verkürzen, Montagefehler zu vermeiden und die Arbeitsproduktivität positiv zu beeinflussen, wurden seitens des Labors für Industrial Engineering verschiedene Technologien von Assistenzsystemen in der SmartFactoryOWL realisiert (z. B. Hinrichsen et al. 2016). Unter anderem wurde in Kooperation mit dem Unternehmen Turck ein Pick-to-light-Assistenzsystem (PTL) entwickelt. In Abbildung 1 sind ausgewählte Bestandteile des PTL dargestellt. Es kommen basierend auf zwei Technologien drei unterschiedliche Sensorlampen zum Einsatz. Zum einen werden optische Sensoren mit Reflexionslichttaster in zwei Ausführungen verwendet. Diese werten das vom angestrahlten Objekt reflektierte Licht aus (siehe linkes Bild). Zum anderen wurden kapazitive Sensoren für die C-Teile installiert (siehe mittleres Bild). Die Sensoren sind an Verteiler gekoppelt,

welche am programmierbaren Gateway angeschlossen sind. An dem Gateway ist ein Vision-Sensor (Bildverarbeitende Kamera) und ein RFID-Lesekopf angeschlossen, um den jeweiligen Arbeitsauftrag mit der zu montierenden Variante einzulesen bzw. eine Anmeldung durch den Beschäftigten vorzunehmen. Weiterer PTL-Bestandteil ist ein 13,3 Zoll großes Touch-Display mit integrierter Speicher-Programmierbarer Steuerung (SPS) (siehe rechtes Bild).



Abbildung 1: Bestandteile des PTL – Reflexionslichttaster, kapazitive Sensoren und 13,3 Zoll Touch-Display

Im Folgenden werden die Funktionen des Assistenzsystems anhand des Arbeitsablaufes beschrieben. Die autorisierte Anmeldung erfolgt über ein RFID-Tag, welches auf den RFID-Lesekopf zu legen ist. Auf dem Display erscheint ein Symbol zum Start des Vision-Sensors. Mit diesem wird die zu montierende Variante über einen QR-Code eingelesen. Danach startet die PTL-Frequenz automatisch und die Informationen zum ersten Arbeitsschritt werden auf dem Touch-Display angezeigt. In Abbildung 2 ist die Anordnung der Informationen auf dem Bildschirm dargestellt. Auf der linken Seite ist ein Foto zum aktuellen Arbeitsschritt positioniert. Zudem können Hinweise in Form von Texten oder Markierungen angezeigt werden. Auf der rechten Seite ist im oberen Bereich die Anzahl der zu entnehmenden Einzelteile für den nächsten Arbeitsschritt dargestellt. Im unteren Bereich ist zudem ein Bild platziert, welches die Ergebnisse des letzten Arbeitsschrittes zeigt.

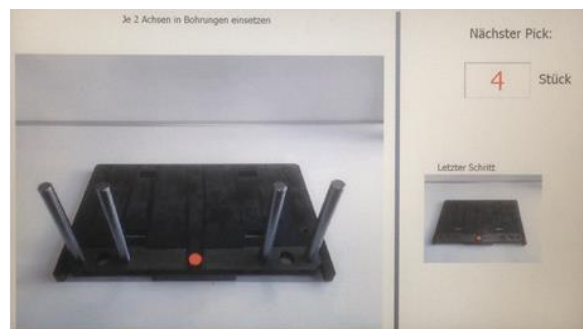


Abbildung 2: Struktur der Informationsdarstellung auf dem Touch-Display

Die Sensorlampen der Pick-Fächer, aus denen Komponenten zur Ausführung des Arbeitsschrittes entnommen werden, blinken grün. Nach der Entnahme wird der sogenannte Pick automatisch quittiert und das Programm springt zur nächsten Informationsseite, auf der die Informationen zum auszuführenden Arbeitsschritt dargestellt sind. Greift der Beschäftigte in den falschen Behälter, leuchtet die Sensorleuchte rot auf und signalisiert dadurch den fehlerhaften Pick, so dass keine Quittierung erfolgt. Bei besonders kritischen Arbeitsschritten kann eine zusätzliche Bestätigung über die richtige Ausführung des Schrittes am Touch-Display eingefordert werden. Erst nach einer Bestätigung folgt der nächste Pick.

Durch den Einsatz des PTL erlernen die Beschäftigten den Montageablauf mit der Durchführung des Ablaufs „on the job“. Dabei erfordert das System – abgesehen von

der Aufnahme der Informationen des Touch-Displays und der Bestätigung bei kritischen Arbeitsschritten – keine zusätzlichen Interaktionen der Beschäftigten. Es kann davon ausgegangen werden, dass durch den Einsatz des Assistenzsystems die Fehlerrate deutlich reduziert wird und die Arbeitsproduktivität steigt.

Ein Vorteil der verbauten Sensorik besteht in der Möglichkeit, die Sensordaten durch eine entsprechende Aufbereitung in Kennzahlen zu transformieren. In der SPS des Touch-Displays wurde ein Open Platform Communications Unified Architecture (OPC UA) Server aufgesetzt, mit dem die anfallenden Sensordaten an einen Client, z. B. auf einem Laptop oder einer Unternehmensdatenbank, gesendet werden können. Mögliche Kennzahlen (z. B. Arbeitsproduktivität, Zeitgrad, Anteil Fehl-Picks) können nach der Aufbereitung der großen Datenmengen durch das inIT verschiedenen Nutzergruppen zur Verfügung gestellt werden, um daraus beispielsweise Erkenntnisse zu Potenzialen in der Gestaltung des Arbeitsablaufes und des Produktes zu gewinnen und dem Beschäftigten eine Rückmeldung zu der Arbeitsleistung geben zu können.

4. Auswirkungen auf die Arbeit des Menschen

Die eingesetzte Technologie, in diesem Fall das eingesetzte PTL, bestimmt nach Hacker (1986) die erforderlichen Arbeitsprozesse mit den dazugehörigen Arbeitstätigkeiten und ihren Anforderungen. Die Auswirkungen des PTL werden daher nachfolgend anhand der Handlungsregulationstheorie nach Hacker (1986), welche sich mit der zielgeleiteten, bewussten Regulation von Arbeitshandlungen beschäftigt, erörtert. In Abbildung 3 ist basierend auf dem hierarchischen Modell der Handlungsregulation (ebd. 1986) ein Ausschnitt der logisch-abstrakten Aufgabenstruktur der Montageaufgabe dargestellt. Die Baugruppenmontage stellt die übergeordnete Aufgabe dar und die Teilaufgaben, z. B. Strebe positionieren, dienen der schrittweisen Erfüllung der übergeordneten Aufgabe.

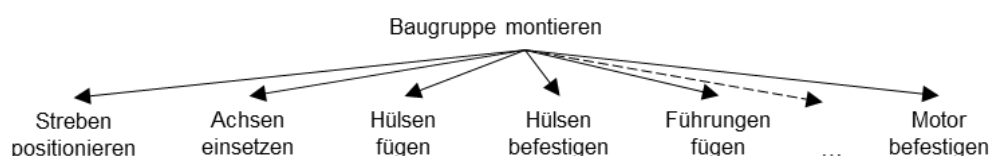


Abbildung 3: Ausschnitt der logisch abstrakten Struktur der Montageaufgabe der Baugruppe

Aus den Aufgaben resultierende Tätigkeiten werden in Operativen Abbildsystemen (OAS) mittels Funktionseinheiten reguliert. In diesen werden die Ziele vorweg genommen und die durch den Ablauf von Programmen entstehenden Resultate mit der vorhandenen Gedächtnisrepräsentation des Ziels solange verglichen, bis beide übereinstimmen. Die Funktionseinheiten liegen in einer hierarchischen Struktur vor, sie können die Einheit für das übergeordnete Ziel der Aufgabe der Baugruppenmontage oder als ein Teil dessen die Einheit für das Ziel der Teilaufgabe „Strebe positionieren“ darstellen (vgl. Hacker 1986). In Abbildung 4 ist der Arbeitsprozess für die ersten beiden Ziele (Arbeitsschritte) dargestellt. Im Arbeitsschritt „Strebe positionieren“ führen die Beschäftigten die angegebenen Handlungen durch. Bei der Entnahme der Strebe unterstützt das PTL die Beschäftigten durch Angabe der Teileanzahl und des Lagerfachs. Zudem erfolgt eine Information, ob das richtige Lagerfach gewählt wurde.

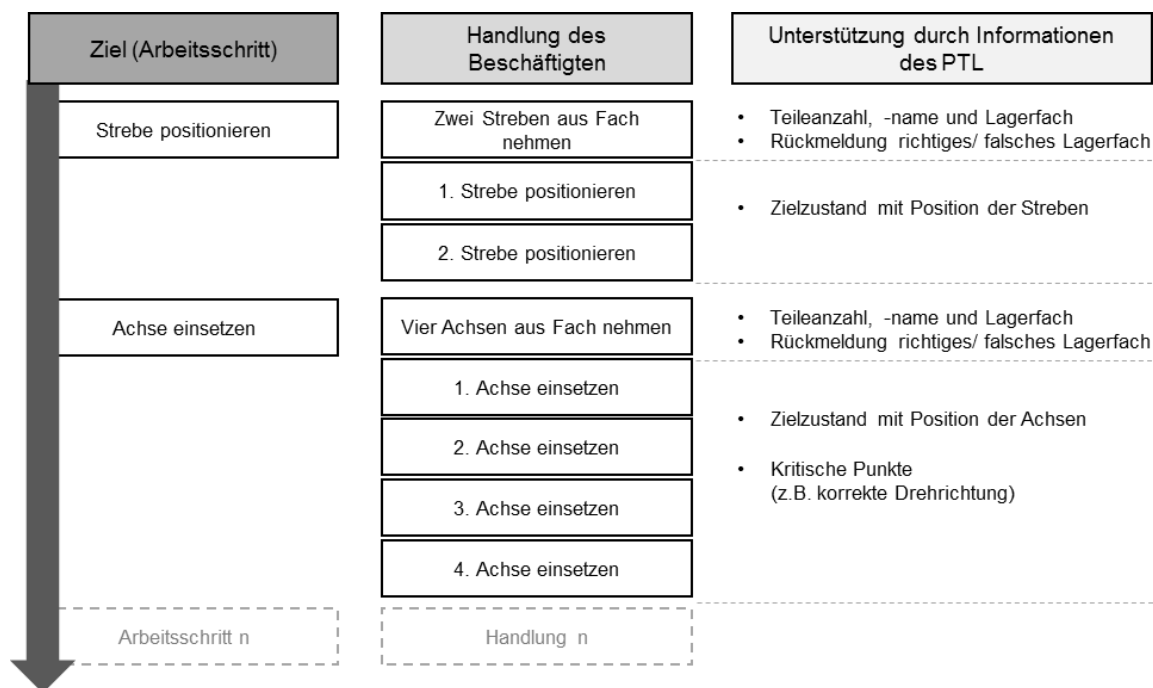


Abbildung 4: Arbeitsprozess der ersten zwei Ziele bzw. Arbeitsschritte mit den inbegriffenen Handlungen des Beschäftigten und den jeweils unterstützenden Informationen des PTL

Die bereitgestellten Informationen verändern die Anforderungen an die Beschäftigten, welche sich nach Hacker (1986) in Abhängigkeit von Arbeitsauftrag und Arbeitsbedingungen ergeben. Der Arbeitsauftrag bleibt unverändert, jedoch verändert das PTL die Arbeitsbedingungen hinsichtlich der vorhandenen Informationen zur Ausführung der Arbeit. In der Tabelle 1 sind die Vor- und Nachteile des PTL mit seinen bestehenden Merkmalen zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 1: Übersicht zu den Vor- und Nachteilen des PTL unter Berücksichtigung der Handlungsregulationstheorie

Vorteile	Nachteile
Verkürzte Anlernzeiten (Lernen im Prozess)	Erhöhtes Risiko der Austauschbarkeit der Beschäftigten
Geringere Fehlerquote und höhere Arbeitsproduktivität	Unzureichende Anpassung an den Lernstand der Beschäftigten
Flexibel einsetzbare Beschäftigte, häufige Anforderungswechsel und laufende Rückmeldungen zur Arbeit z. B. über Kennzahlen	Reduzierte kognitive Anforderungen mit möglichen negativen Auswirkungen auf die Arbeitsmotivation

Aufgrund der zusätzlichen Informationen kann von reduzierten Anlernzeiten ausgegangen werden. Zudem werden Beschäftigte produktiver sein und weniger Fehler verursachen (vgl. Hartbrich 2014, Krieger 2014). Insgesamt ist anzunehmen, dass die Flexibilität der Beschäftigten in Bezug auf ihren Arbeitseinsatz deutlich gefördert wird und damit auch häufiger Tätigkeits- und Anforderungswechsel möglich sind. Allerdings kann bei den Beschäftigten der Eindruck entstehen, gegen andere Beschäftigte kurzfristig ausgetauscht werden zu können. In der Folge kann es zu Problemen mit der Akzeptanz des Assistenzsystems kommen. Die Übertragung von

Funktionen des Menschen auf das Assistenzsystem und die bislang starre Informationsbereitstellung durch das System, welches den Lernstand der Beschäftigten nicht berücksichtigt, kann ein reduziertes Lernpotenzial des Arbeitsprozesses zur Folge haben (Witzgall 1982; Hacker 1986). Darüber hinaus können aus der Situation – unter der Annahme von reduzierten kognitiven Anforderungen an den Menschen – unvollständige und nicht ausreichend beanspruchende Tätigkeiten resultieren und sich negativ auf Motivation und Zufriedenheit der Beschäftigten auswirken (vgl. Hacker 1982). So montieren Beschäftigte zum Beispiel strikt nach den Informationen des PTL und merken sich nicht mehr alle für die Montage nötigen Informationen. Die Durchführung von komplexen Montageaufgaben mit sehr hohen Anforderungen an die fehlerfreie Aufgabenausführung (z. B. sicherheitsrelevante Produkte) kann aber umgekehrt auch zu hohen Belastungen führen, die durch Assistenzsysteme deutlich reduziert werden können.

Das Assistenzsystem ist so weiterzuentwickeln, dass es sich dem Lernstand der Beschäftigten anpasst. Zudem ist bei dem Einsatz von Assistenzsystemen darauf zu achten, dass mit der Einführung dieser Technologien die Arbeitsorganisation weiterentwickelt wird, indem der Tätigkeitsspielraum zunimmt und es zu regelmäßigen Aufgaben- und Anforderungswechseln kommt. Darüber hinaus sollten den Beschäftigten in der Montage Handlungsspielräume eröffnet werden, indem Assistenzsysteme lernförderlich gestaltet werden und die Beschäftigten als Experten vor Ort Einfluss auf die in den Assistenzsystemen hinterlegten Montageanleitungen nehmen können. Durch diese Integration der Beschäftigten in den kontinuierlichen Verbesserungsprozess erfährt ihre Tätigkeit eine deutliche Aufwertung.

5. Literatur

- Bauernhansl, T.; Hompel, M. t.; Vogel-Heuser, B. (2014) Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 14-15.
- Gerke, W. (2014) Technische Assistenzsysteme – Vom Industrieroboter zum Roboterassistenten. Berlin: De Gruyter Oldenbourg, S. 9
- Hacker, W. (1986) Arbeitspsychologie – Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. 1. Aufl. Bern: Huber.
- Hartbrich, I. (2014) Das Handbuch auf der Nase - Wenn teure Maschinen kaputt sind, sollen Datenbrillen beim Reparieren helfen. DIE ZEIT. <http://www.zeit.de/2014/36/datenbrille-service-reparatur> Stand: 26.11.2016.
- 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, Volume 01/2016, S. 3 - 14.
- Hunter, J. E.; Schmidt, F. L.; Judisch, M. K. (1990) Individual differenced in output variability as a function of job compelxity, *Journal of Applied Psychology* 75 (1990) 1, S. 28-42
- Krieger, C. (2014) Evaluation von visuellem In-Situ Feedback mit Assistenzsystemen in der manuellen Montage mit leistungsgeminderten Arbeitern. Stuttgart: Universität Stuttgart, S. 38-46.
- 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, 15-18 June 2016 in Zadar, Croatia, pp. 365 - 370.
- Witzgall, E. (1982) Qualifikationsförderliche Arbeitsstrukturen. Beiträge zur Arbeitspädagogik, -psychologie, -soziologie. Stuttgart: Fraunhofer-Gesellschaft.

Der Beitrag ist im Rahmen des Projektes its-owl Arbeit 4.0 (FKZ 02PQ3093) entstanden. Dieses wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.



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