

Digitale Assistenzsysteme in der Kommissionierung

Individuelle Mitarbeiterunterstützung in der Lernfabrik für vernetzte Produktion

Lukas Merkel,
Cedric Schultz,
Stefan Braunreuther und
Gunther Reinhart, Augsburg

Die steigende Nachfrage nach kundenindividuellen Produkten erhöht die zu beherrschende Variantenzahl in der Produktion. Mittels individueller Werkerunterstützung, die von einer Papierliste bis hin zur Augmented-Reality-Datenbrille reicht, kann die erhöhte Komplexität besser beherrscht werden. In diesem Beitrag werden unterschiedliche Lösungen für die Kommissionierung auf Basis technischer und wirtschaftlicher Kriterien verglichen und ihr Einsatz in der Lernfabrik für vernetzte Produktion vorgestellt.*)

Ausgangssituation

Aufgrund der wachsenden Nachfrage nach kundenindividuellen Produkten und zunehmend kürzeren Entwicklungszyklen steigt die zu beherrschende Variantenzahl in der Produktion stetig an [1]. Vor allem bei der Produktion geringer Losgrößen sind Unternehmen mit neuen Flexibilitätansforderungen konfrontiert. Dies betrifft besonders die Gestaltung von Arbeitsanweisungen, da bei einer hohen Variantenzahl vermehrt unterschiedliche anstelle sich wiederholender Arbeitsfolgen vorliegen. Neben Anwendungen in der Montage ist auch die Kommissionierung von einer hohen Varianz betroffen. Dies betrifft beispielsweise die Bereitstellung der richtigen Stücklistenpositionen in der korrekten Anzahl für kundenindividuelle Produkte. Um Arbeitsanweisungen ebenso variantenspezifisch zu gestalten wie die herzustellenden Produkte, bietet sich in der Kommissionierung der Einsatz digitaler Arbeitsanweisungen zur kognitiven Unterstützung an [2]. Digitale Assistenzsysteme entlasten dabei den Produktionsmitarbeiter von Routinetätigkeiten,

indem sie dem Mitarbeiter die notwendigen Informationen zur Verfügung stellen [3, 4].

Handlungsbedarf

Zur Einordnung von Assistenzsystemen in der Produktion wurde in Bild 1 eine mit Beispielen versehene Übersicht erstellt, die eine Einteilung zwischen kognitiver und physischer Unterstützung sowie zwischen stationären und portablen Systemen vorsieht. Im Rahmen dieses Artikels soll eine Fokussierung auf kognitive Unterstützung durch digitale Assistenzsysteme erfolgen und stationäre sowie portable Systeme betrachtet werden.

Zur Umsetzung digitaler Assistenzsysteme in der Produktion bestehen forschungsseitig bereits zahlreiche Entwicklungen. Diese decken eine große Vielfalt an Anwendungsfällen mit unterschiedlichen technischen Lösungsprinzipien ab. Ein großer Teil veröffentlichter Forschungsergebnisse umfasst dabei Umsetzungsbeispiele digitaler Assistenzsysteme, die den Fokus auf eine konkrete Technologie setzen. Im Folgenden

soll eine exemplarische Auswahl einzelner Umsetzungen vorgestellt werden.

Dombrowski et al. [5] entwickelten ein Werkerinformationssystem für ein Automobilwerk, bei dem Fotoaufnahmen als Arbeitsanweisungen verwendet werden. Diese werden um Informationen zu den Prozessschritten ergänzt und digital aus dem SAP-System angezeigt. Auch Fischer et al. [6] setzen auf eine digitale Anzeige von Arbeitsanweisungen, wobei als Datenquelle eine Datenbank im Intranet genutzt wird. Anstelle von stationären Systemen nutzten Adler et al. [7] bei der Inbetriebnahme von Produktionsanlagen mobile Assistenzsysteme wie Tablets. Als neuartiges mobiles Assistenzsystem wird forschungsseitig der Einsatz von Datenbrillen in der Produktion erforscht [8]. Bereits Anfang der 1990er-Jahre wurde der Einsatz von Augmented Reality in der Fertigung von Flugzeugbauteilen untersucht [9]. Neuere Umsetzungen setzen Augmented Reality in weiteren Bereichen ein, wie z. B. bei der Handhabung radioaktiver Isotope [10, 11] oder zur Unterstützung des Schweißprozesses [12]. Auch durch den

*) Danksagung

Diese Arbeit entstand am Fraunhofer IGC in Augsburg. Die Autoren bedanken sich für die Förderung des Vorhabens „Digitalisierte Produktion – Demonstrations- und Trainingszentrum für Cyber-Physische Produktionssysteme“ beim Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie.

Bild 1. Einordnung von Assistenzsystemen in der Produktion

	stationäre Systeme	portable Systeme
kognitive Unterstützung	Zentrales Display, Pick-By-Light, etc.	AR-Brille, Tablet, etc.
physische Unterstützung	z. B. Mensch Roboter Kooperation	z. B. Exoskelette

		Papier-Pickliste	Pick-by-Light	Zentrales Display	AR-Brille	...
Anwendungsfallspezifische Anforderungen	Parallele Aufträge	✓	✗	✗	✓	...
	Große Regalbreiten	✓	✓	✗	✓	...
	Darstellung der Stückzahl	✓	✗	✓	✓	...

Technische Anforderungen	Digitale Prozesskette	✗	✓	✓	✓	...
	Reifegrad der Technologie	Hoch	Hoch	Hoch	Gering	...

Wirtschaftliche Anforderungen	Laufende Kosten	Gering	Gering	Gering	Mittel	...
	Einmalige Kosten	Gering	Mittel	Mittel	Hoch	...

✓ = vorhanden
✗ = nicht vorhanden

Bild 2. Matrix zum Vergleich unterschiedlicher digitaler Assistenzsysteme in der Kommissionierung

zahlreichen Unternehmen und wurden daher in die Übersicht mitaufgenommen. Pick-by-Light-Systeme geben ein binäres optisches Signal am entsprechenden Behälter, aus dem ein Element entnommen werden soll. Weitere Systeme sind ein zentrales Display, das eine Pickliste digital darstellt, sowie Datenbrillen, in denen das entsprechende Behälter durch Augmented-Reality-Technologie hervorgehoben und evtl. um Stückzahlinformationen ergänzt wird. Die in Bild 2 dargestellten Systeme stellen jedoch nur eine Auswahl möglicher technischer Lösungen dar. Im Rahmen einer umfassenden Systemauswahl sollen weitere Systeme wie Pick-by-Voice oder mobile Endgeräte mit-einbezogen werden.

Im Folgenden soll auf die exemplarisch ausgewählten Anforderungen eingegangen werden, die anwendungsfallspezifischer, technischer sowie wirtschaftlicher Natur sind. Ist es aufgrund des Anwendungsfalls notwendig, dass der zu erreichende Durchsatz mehrere Mitarbeiter an einem Kommissionierregal erfordert, müssen parallele Aufträge durchgeführt werden können. Diese werden durch Papierlisten und Datenbrillen unterstützt, während bei Pick-by-Light-Systemen bzw. einem einzigen zentralen Display parallele Aufträge nicht möglich sind. Ist es aufgrund der Produkt- bzw. Bestellstruktur möglich, dass aus einem Behälter mehrere Teile entnommen werden müssen, ist die Übermittlung der jeweiligen Stückzahl notwendig. Da bei Pick-by-Light nur ein binäres Signal vorliegt, kann hier diese Information nicht übermittelt werden. Zusätzlich zu den anwendungsspezifischen Anforderungen existieren technische Anforderungen wie beispielsweise eine durchgängige digitale Prozesskette, die bei Papierlisten nicht gegeben sind. Auch der Reifegrad einer Technologie bildet eine weitere technische Anforderung, die im industriellen Einsatz von Relevanz ist. Bei den wirtschaftlichen Anforderungen sind laufende sowie einmalige Kosten zu betrachten. Laufende Kosten können beispielsweise Wartungsmaßnahmen oder das Schulen neuer Mitarbeiter verursachen. Einmalige Aufwände umfassen u.a. Investitionskosten sowie die Anbindung an relevante IT-Systeme. Die betrachteten Anforderungen in Bild 2 zeigen jedoch nur einen Ausschnitt der im Auswahlprozess zu betrachtenden Aspekte. Weitere Anforderungen liegen beispielsweise in der Qualitätssicherung sowie im zu erreichenden Durchsatz.

Einsatz von Projektionen lassen sich zusätzliche Bauteil- oder Auftragsinformationen anzeigen [13, 14].

Umsetzungsbeispiele digitaler Assistenzsysteme zeigen das Potenzial eines bestimmten digitalen Assistenzsystems in einem gegebenen Anwendungsfall auf. Um den Einführungsprozess digitaler Assistenzsysteme in der Industrie zu unterstützen, ist jedoch zusätzlich eine Gegenüberstellung unterschiedlicher Technologien von Vorteil, die aber bei den meisten Umsetzungsbeispielen kaum stattfindet. Einen Vergleich unterschiedlicher Eingabemodalitäten für Datenbrillen führten Stocker et al. [8] durch, wobei sich die Ausgabereinheit nur auf Datenbrillen beschränkt. Zur abstrakten Beschreibung von Assistenzsystemen in der Logistik entwickelten Blutner et al. [15] eine Taxonomie, in der unterschiedliche Varianten bei der Art der Entscheidungsunterstützung oder der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine betrachtet werden.

Ein differenzierter Vergleich unterschiedlicher digitaler Assistenzsysteme in der Kommissionierung würde die Einführung des optimalen Systems unterstützen. Dabei sollen sowohl technische

als auch wirtschaftliche Aspekte betrachtet werden. Ziel ist es, für einen vorliegenden Anwendungsfall in der Kommissionierung das geeignetste digitale Assistenzsystem auswählen zu können.

Digitale Assistenzsysteme für die Kommissionierung

Um die Auswahl des optimalen Assistenzsystems treffen zu können, soll ein Vergleich unterschiedlicher digitaler Assistenzsysteme in der Kommissionierung stattfinden. Dieser Vergleich soll dabei durch eine Gegenüberstellung mit lösungsneutralen Anforderungen erfolgen. Bild 2 zeigt eine Matrix, die den relevanten Anforderungen die möglichen technischen Lösungen gegenüberstellt. Hierbei wird eine Auswahl von vier technischen Lösungen gezeigt, die sieben Anforderungen zugeordnet werden, welche in drei Gruppen gruppiert sind.

Die in Bild 2 verglichenen digitalen Assistenzsysteme umfassen eine Auswahl technischer Systeme zur individuellen Mitarbeiterunterstützung in der Kommissionierung. Papier-Picklisten sind zwar nicht den digitalen Assistenzsystemen zuzuordnen, jedoch Status Quo in

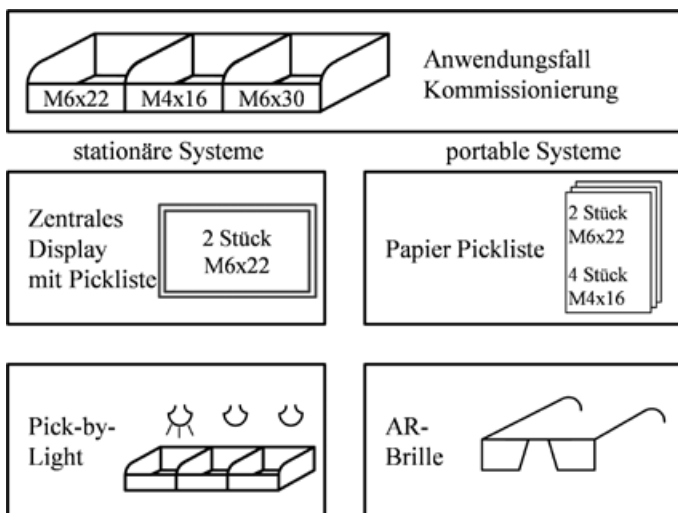


Bild 3. Eingesetzte Systeme in der Lernfabrik für vernetzte Produktion

Die Gegenüberstellung unterschiedlicher technischer Lösungen mit anwendungsfallspezifischen, technischen und wirtschaftlichen Anforderungen zeigt, dass keine technische Lösung existiert, die in allen Kategorien alle anderen Lösungen dominiert. Stattdessen muss die Auswahl des digitalen Assistenzsystems immer anwendungsfallspezifisch entschieden werden. Dabei muss auch auf technische und wirtschaftliche Anforderungen eingegangen werden. In weiteren Forschungsarbeiten soll hierzu ein methodisches Vorgehen entwickelt werden und der bisherige Vergleich auf zusätzliche Anwendungsfälle, technische Lösungen, sowie zu betrachtende Anforderungen ausgeweitet werden.

Anwendung in der Lernfabrik für vernetzte Produktion

Im Rahmen eines prototypischen Szenarios sollen unterschiedliche digitale Assistenzsysteme erprobt und erlebbar gemacht werden. Dies soll in der Lernfabrik für vernetzte Produktion (LVP) erfolgen, die sich im Rahmen der Zukunftsstrategie „Bayern Digital“ am Fraunhofer IGCV in Augsburg im Aufbau befindet. Die LVP soll als Demonstrations- und Trainingszentrum bayerische Unternehmen als zukünftige Anwender und Anbieter Cyber-Physischer Produktionssysteme für die digitale Produktion qualifizieren. Dies erfolgt, indem die vernetzte Produktion anhand plausibler Beispiele erlebbar gemacht wird. Durch Schulungen in der LVP erfolgt ein direkter Transfer des Methodenwissens in die Industrie. Zusätzlich besteht für industrielle Partner die Möglichkeit zur Integration Cyber-Physischer Systeme in der LVP.

Neben zahlreichen Vernetzungsthemen sollen in der LVP auch neue Entwicklungen im Bereich der digitalen Assistenzsysteme gezeigt und im Rahmen von Schulungen der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Für den Anwendungsfall der Kommissionierung können die in Bild 3 dargestellten Systeme bereits in der LVP erprobt werden.

Als Anwendungsszenario wird beispielsweise die in Bild 4 gezeigte Kommissionierung unterschiedlicher Schraubentypen genutzt. Das in der LVP realisierte Pick-by-Light-System ist neben optischen Signalen zusätzlich mit Näherungsschaltern ausgestattet, die eine Entnahme von Artikeln erkennen. Bei der Realisierung der Kommissionierung mit Augmented Reality wurde dabei auf eine EPSON®-Moverio-BT-200-Datenbrille zurückgegriffen, die nach einer Kalibrierung die zu entnehmenden Elemente mit Stückzahl über dem jeweiligen Behälter anzeigt.



Bild 4. Beispielszenario in der Lernfabrik für vernetzte Produktion

Zusammenfassung und Ausblick

Um die höhere Variantenvielfalt durch kundenindividuelle Produkte beherrschen zu können, bietet sich der Einsatz digitaler Assistenzsysteme zur individuellen Mitarbeiterunterstützung in der Kommissionierung an. Durch eine kognitive Entlastung bei der Kommissionierung soll eine Reduktion von Kommissionierfehlern sowie eine Erhöhung des Durchsatzes erzielt werden. Zwar existieren forschungsseitig bereits zahlreiche innovative Lösungen, zur Einführung digitaler Assistenzsystemen muss jedoch ein Vergleich zwischen den unterschiedlichen technischen Lösungen stattfinden. In diesem Artikel werden daher unterschiedliche digitale Assistenzsysteme den anwendungsfallspezifischen, technischen sowie wirtschaftlichen Anforderungen gegenübergestellt und verglichen. Es zeigt sich, dass kein generell optimales digitales Assistenzsystem für die Kommissionierung besteht, sondern je nach Anforderungen des jeweiligen Anwendungsfalles ein System ausgewählt werden muss. Um unterschiedliche Systeme zu erproben und zu vergleichen, findet in der Lernfabrik für vernetzte Produktion eine Umsetzung verschiedener digitaler Assistenzsysteme wie Pick-by-Light oder Datenbrillen mit Augmented-Reality-Technologie statt. In weiteren Forschungsarbeiten sind eine Erweiterung der eingesetzten Technologien und bewerteten Anforderungen sowie eine Ausweitung auf weitere Anwendungsfälle neben der Kommissionierung geplant.

Literatur

1. Abele, E.; Reinhart, G.: Zukunft der Produktion. Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen. Carl Hanser Verlag, München, Wien 2011, S. 121–122
2. Richter, K.: Kommissionier-Arbeitsplatz. In: Schenk, M. (Hrsg.): Produktion und Logistik mit Zukunft. Digital Engineering and Operation. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2015, S. 119–130
3. Bischoff, J.; Hegmanns, T.; Braun, S.: Erschließen der Potenziale der Anwendung von Industrie 4.0 im Mittelstand. Mülheim an der Ruhr, 2015, S. 90–101
4. Spath, D.; Ganschar, O.; Gerlach, S.; Hämmerle, M.; Krause, T.; Schlund, S.: Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Fraunhofer Verlag, Stuttgart 2013, S. 61
5. Dombrowski, U.; Wesemann, S.; Korn, G. H.: Werkerinformationssystem. ZWF 105 (2010) 4, S. 282–287
6. Fischer, C.; Lušić, M.; Bönig, J.; Hornfeck, R.; Franke, J.: Webbasierte Werkerinformationssysteme. wt-online 104 (2014) 9, S. 581–585
7. Adler, S.; Böhme, T.; Möser, S.: Assistenzsysteme in der Anlagen-Inbetriebnahme. wt Werkstattstechnik online 106 (2016) 3, S. 117–118
8. Stocker, A.; Spitzer, M.; Kaiser, C.; Rosenberger, M.; Fellmann, M.: Datenbrillengestützte Checklisten in der Fahrzeugmontage. Informatik-Spektrum (2016), S. 1–9
9. Caudell, T. P.; Mizell, D. W.: Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes. In: IEEE (Hrsg.): Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences, 25th Hawaii International Conference on System Sciences. Kauai, HI, USA, S. 659–669
10. Reinhart, G.; Eursch, A.; Zeilinger, T.: Augmented Reality-Unterstützung für die Produktion von radioaktiven Stoffen in abgeschirmten Handschuhboxen. In: Gausemeier, J. et al. (Hrsg.): 6. Paderborner Workshop Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung. Univ. Paderborn – Heinz Nixdorf Institut, W. V. Westfalia Druck, Paderborn 2007, S. 129–144

11. Reinhart, G.; Eursch, A.: A Camera-based Support System with Augmented Reality Functions for Manual Tasks in Radioactive Production Environments. Production Engineering 2 (2008) 2, S. 139–147
12. Antonelli, D.; Astanin, S.: Enhancing the Quality of Manual Spot Welding through Augmented Reality Assisted Guidance. In: Proceedings of the 9th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering – CIRP ICME'14 (2014), S. 557–562
13. Rodriguez, L.; Quint, F.; Gorecky, D.; Romero, D.; Siller, H. R.: Developing a Mixed Reality Assistance System Based on Projection Mapping Technology for Manual Operations at Assembly Workstations. Procedia Computer Science 75 (2015), S. 327–333
14. Funk, M.; Schmidt, A.: Cognitive Assistance in the Workplace. IEEE Pervasive Computing 14 (2015) 3, S. 53–55
15. Blutner, D.; Cramer, S.; Krause, S.; Möns, T.; Nagel, L.; Reinholz, A.; Witt-haut, M.: Assistenzsysteme für die Entscheidungsunterstützung. In: Buchholz, P. et al. (Hrsg.): Große Netze der Logistik. 1. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2009, S. 241–270

Die Autoren dieses Beitrags

M.Sc. Lukas Merkel, geb. 1990, studierte Maschinenbau und Management an der TU München. Seit 2016 ist er Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IGC in Augsburg. Er promoviert an der Technischen Universität München mit im Forschungsschwerpunkt digitale Assistenzsysteme.

Dipl.-Ing. Cedric Schultz, geb. 1986, studierte Maschinenbau an der Ruhr-Universität Bochum. Seit 2016 leitet er die Gruppe intelligente Auftragsabwicklung am Fraunhofer IGC in Augsburg. Er promoviert an der Technischen Universität München im Forschungsschwerpunkt energieorientierte Produktionssteuerung.

Dr.-Ing. Stefan Braunreuther studierte Maschinenwesen an der TU München mit den

Schwerpunkten Luft- und Raumfahrttechnik und promovierte am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften im Themenfeld der Laserfertigungstechnik. Seit 2014 leitet er die Abteilung Planung und Steuerung der Fraunhofer-Projektgruppe RMV, später IGC.

Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart ist Ordinarius für Betriebswissenschaften und Montagetechnik an der TU München. Er studierte bis 1982 Maschinenbau mit dem Schwerpunkt Konstruktion & Entwicklung und schloss 1987 die Promotion am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) der Technischen Universität München bei Prof. Dr.-Ing. J. Milberg ab. Von 1988 bis 1993 war er leitender Angestellter bei der BMW AG in München, erst zuständig für die Entwicklung von Füge- und Handhabungstechnologien, später verantwortlich für die Münchener Karossen-Lackiererei. 1993 wurde Prof. Reinhart auf den Lehrstuhl für Betriebswissenschaften und Montagetechnik an der TU München und in die Leitung des *iwb* berufen. Seit 2016 ist Prof. Reinhart zusätzlich geschäftsführender Einrichtungsleiter des Fraunhofer IGC.

Summary

Digital Assistance Systems for Picking Applications. The growing demand for customer-individual products increases the number of product variants in production. Individual worker support, from picking lists to augmented reality glasses, can provide a solution for the growing complexity in production. This article compares different technical solutions for picking applications in production by technical and economic factors. Furthermore, this article describes their application in the learning factory for cyber-physical production systems.

Den Beitrag als PDF finden Sie unter:
www.zwf-online.de
 Dokumentennummer: ZW 111604