

Datenbrillen erobern die Logistik: Überprüfung von Augmented Reality-gestützter Kommissionierung in der Praxis

Veronika KRETSCHMER¹, Susanne KLÖCKER¹, Bastian WOLFGARTEN¹,
Rafael BERNER²

¹ *Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4, 44227 Dortmund*

² *Gebhardt Fördertechnik GmbH
Neulandstraße 28, 74889 Sinsheim*

Kurzfassung: Im Zuge des Pilotierungsprojektes „Smartglasses in der Kommissionierung“ des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Dortmund wird bei dem Anwenderunternehmen GEBHARDT Fördertechnik GmbH eine Augmented Reality (AR)-Datenbrille an einen Ware-zu-Person-Kommissionierarbeitsplatz angebunden. Für die Gestaltung und Bewertung ergonomischer Anforderungen an Datenbrillendisplays unter besonderer Berücksichtigung einer optimalen Dialogführung wird eine Ergonomie-Checkliste gemäß geltender Normen und Richtlinien erarbeitet. Ein Vergleich der AR-Kommissionierlösung mit den aktuell eingesetzten stationären Terminals hinsichtlich kognitiver und physikalischer Ergonomie wird im Rahmen einer Evaluationsstudie bei GEBHARDT mit $N = 12$ Mitarbeitern durchgeführt.

Schlüsselwörter: Augmented Reality, Mensch-Technik-Interaktion, Kognitive Ergonomie, Displaygestaltung, Informationsbereitstellung, Logistik

1. Digitale Assistenten in der Logistik

1.1 Die Kommissionierung als Spielfeld der Digitalisierung

Die Kommissionierung als ein zentraler Bestandteil des Materialflusses stellt einen wertschöpfenden Prozess mit einem hohen Optimierungspotenzial dar (ten Hompel et al. 2018). Ein Großteil der logistischen Prozesse wird immer noch manuell von den Mitarbeitern und klassisch papierbasiert ausgeführt. Die Kommissionierung kann als Vorreiter digitaler Innovationen innerhalb der Logistik gesehen werden, denn seit Ende der 90er Jahre werden vermehrt digitale Lösungen im manuellen Kommissionierbereich zur Unterstützung der Mitarbeiter eingesetzt (Grosse et al. 2017). Hauptsächlich im Bereich der Person-zur-Ware-Kommissionierung existieren verschiedene stationäre und mobile technische Assistenzsysteme, die den Mitarbeiter visuell (z. B. mit Pick-by-Light) oder auditiv (z. B. mit Pick-by-Voice) durch den Pickprozess leiten (Grosse et al. 2017; Kretschmer und Spee 2018). Digitale Lösungen müssen hierbei verschiedenen Anforderungen genügen. Die Hauptaufgabe besteht in der Übermittlung relevanter Entnahmeinformationen. Diese sollten dem Mitarbeiter intuitiv und ergonomisch bereitgestellt werden, gleichzeitig wird ein effektiver und effizienter Kommissionierprozess angestrebt, d. h. die Maximierung der Leistung und Minimierung möglicher Fehler. Bisherige Studien im Bereich der beleglosen Person-zur-Ware-Kommissionierung haben gezeigt, dass die Datenbrille (Google Glass) ein

großes Potenzial als ein benutzerfreundliches und aufgabenunterstützendes Arbeitsmittel mit einer guten Informationsdarstellung und Designqualität besitzt (Kretschmer & Spee 2018). Ebenso konnte festgestellt werden, dass die Fehlerrate beim Einsatz von Pick-by-Vision im Vergleich zur sprachgesteuerten Kommissionierunterstützung signifikant geringer ausfällt (Günthner et al. 2009). Dies liegt in der technisch bedingten geringen Fehlertoleranz von Datenbrillen (BAuA 2016). In diesem Beitrag soll der Fokus auf die Ware-zur-Person-Kommissionierung gelegt werden, da hier ebenfalls ein großes Potenzial für die Umsetzung technischer Innovationen gesehen wird.

1.2 Beschreibung von Augmented Reality und bisherige IML-Entwicklungen

Unter Augmented Reality (engl. Erweiterte Realität) wird die teilweise Überlagerung der Realität mit digitalen zweidimensionalen Informationen oder dreidimensionalen Objekten und die Darstellung der Informationen in einem logischen Zusammenhang zur Realität verstanden. Mit dem Einsatz von AR-basierten Technologien wie Smartphone, Tablet-PCs oder die Hololens der Firma Microsoft ist es möglich, virtuelle Objekte und Informationen in die reale Umgebung einzublenden. In den Technologien befindliche Sensoren und Kameras ermöglichen eine automatische Erkennung der Umwelt und eine logische Verknüpfung der dargestellten digitalen Informationen mit den realen Objekten und Umgebungsbedingungen in Echtzeit.

Der Einsatz von Augmented Reality bietet die Möglichkeit, Arbeitsprozesse in der Logistik wie z.B. den Kommissionierprozess im Lager aktiv zu unterstützen und dadurch die Effizienz, Effektivität und Zufriedenheit der Mitarbeiter zu steigern. Am Fraunhofer IML wird erforscht, wie Augmented Reality in Prozessen der Produktion und Logistik gewinnbringend und zugleich benutzerfreundlich eingesetzt werden kann. Unter Verwendung der AR-basierten Datenbrille Hololens 1 wurde in bisherigen Forschungsprojekten am Fraunhofer IML bereits ein technischer Assistent für Einarbeitungs- oder Weiterbildungsprozesse im Bereich der Verpackungslogistik entwickelt. In bisherigen Laborstudien hat sich gezeigt, dass die AR-Brille eine geeignete, attraktive digitale Unterstützung für Verpackungstätigkeiten darstellt (Mättig & Kretschmer 2019). Weiterhin wurde am IML ein AR-gestützter Wartungs- und Reparaturassistent entwickelt, bei dem Wartungspläne und Konstruktionsdaten in das Sichtfeld des Mitarbeiters projiziert werden (Jost et al. 2018).

2. Pilotierungsprojekt „Smart Glasses in der Kommissionierung“

2.1 Beschreibung der Kommissionierung und bisheriger AR-Einsatz beim Anwenderunternehmen GEBHARDT

Bei dem mittelständischen Unternehmen GEBHARDT Fördertechnik GmbH (kurz: GEBHARDT) in Sinsheim liegen zwei Ware-zur-Person-Kommissionierarbeitsplätze mit stationären Terminals (PC-Bildschirme) vor. Zur Optimierung des Pickprozesses und für eine effiziente und ergonomische Unterstützung der Kommissioniertätigkeit wird eine AR-Datenbrille implementiert und auf ihre Eignung hin geprüft (Abb. 1). Die Technologie der erweiterten Realität wird von GEBHARDT bereits erfolgreich mittels der Hololens 1 von Microsoft für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten verwendet.

Die Erprobung der AR-Kommissionierlösung findet im Rahmen des Pilotierungsprojektes „Smart Glasses in der Kommissionierung“ des Mittelstand 4.0-

Kompetenzzentrums Dortmund der Initiative „Mittelstand-Digital“ zusammen mit Wissenschaftlern des Fraunhofer IML statt. Zur Aufdeckung der einzelnen Prozessschritte in der Kommissionierung bei GEBHARDT wurde zunächst eine Prozessanalyse mittels Brown Paper Process Mapping (BPPM) durchgeführt. Aus der ermittelten Prozesskette wurden die einzelnen Handlungsanweisungen für die Dialogführung über die AR-Brille abgeleitet.



Abbildung 1: Person-zur-Ware-Kommissionierarbeitsplatz bei GEBHARDT (links: Mitarbeiter mit AR-Datenbrille; rechts: Durchsicht durch die AR-Brille) (Quelle: Fraunhofer IML / GEBHARDT)

2.2 Erarbeitung einer Ergonomie-Checkliste für Datenbrillen

Zur Unterstützung der Implementierung der AR-Kommissionierlösung bei GEBHARDT, wird im Projekt eine Ergonomie-Checkliste entwickelt. Die Checkliste besteht aus zwei Teilen:

Teil 1 – Leitfragen zur Erhebung von Kontextszenarien: Zur Erhebung der Kontextszenarien wurden in Anlehnung an das DATech-Prüfhandbuch Gebrauchstauglichkeit (DATech 2001), das einen Leitfaden für die software-ergonomische Evaluierung von Software auf Grundlage von DIN EN ISO 9241, Teile 10 und 11 zur Verfügung stellt, verschiedene Leitfragen erarbeitet. Diese sollen dem Unternehmen, in dem eine Datenbrille implementiert werden soll, als Hilfestellung dienen, die Aufgabenerfordernisse und die sich daraus ergebenden Anforderungen an die Software zu definieren. Aus den ursprünglichen 22 Leitfragen im DATech-Prüfhandbuch wurden 18 Leitfragen entsprechend der Anforderungen an eine Software von AR-basierten Datenbrillen generiert und zusammen mit dem Anwenderunternehmen GEBHARDT validiert. Die Leitfragen beleuchten folgende fünf Themenbereiche: Tätigkeitsbeschreibung, Voraussetzungen für die Tätigkeitsausführung, Durchführung der Tätigkeit, Besonderheiten bei der Tätigkeitsdurchführung, organisatorische Rahmenbedingungen.

Teil 2 – Dialoggestaltung und Prinzipien der Informationsdarstellung: Für die Gestaltung der Informationsbereitstellung über das Datenbrillendisplay und des Dialogs zwischen Mensch und Technik werden im zweiten Teil der Checkliste Empfehlungen

basierend auf verschiedenen Normen und Richtlinien zur Ergonomie gegeben. Es werden verschiedene Grundsätze und Prinzipien der Informationsdarstellung und Dialoggestaltung gemäß DIN-EN-ISO-9241 gesichtet, zusammengefasst und auf die Anforderungen einer AR-basierten Software und Hardware angepasst.

2.3 Evaluationsstudie zur Bewertung der AR- und Terminal-Kommissionierlösung

Zur Bewertung der AR-Brille, des PC-basierten Terminals und der Kommissionierführung mit beiden Technologien wird eine Evaluationsstudie zur physikalischen und kognitiven Ergonomie mit Mitarbeitern ($N = 11$) bei GEBHARDT durchgeführt. Dabei wird das bisher eingesetzte stationäre Terminal mit der AR-Brille im Rahmen eines within-subject-Designs verglichen. Die Reihenfolge der Studienbedingung wurde ausbalanciert, d. h. die operativen Lagerarbeiter, die mit den Kommissionierarbeitsplätzen bereits vertraut sind, beurteilen zuerst das bekannte stationäre Terminal und im Anschluss die AR-Brille, die Mitarbeiter aus anderen Fachbereichen beginnen mit der AR-Kommissionierlösung. Die Arbeitsdauer je Kommissioniertechnologie beträgt jeweils eine Stunde. Alle Studienteilnehmer bekommen eine Übungseinheit zur Handhabung der AR-Kommissionierlösung, Mitarbeiter aus anderen Fachbereichen erhalten zusätzlich eine Einweisung in den Kommissionierprozess.

Im Anschluss an jede Kommissionierbedingung füllen die Studienteilnehmer papierbasierte, validierte Fragebögen zu verschiedenen Fragestellungen der kognitiven und physikalischen Ergonomie aus. Die Studienteilnehmer schätzen mit Hilfe des NASA-Task Load Index ihre subjektiv wahrgenommene Arbeitsbeanspruchung (sog. *Workload*) während des Kommissionierens auf sechs Dimensionen (Geistige Anforderungen, körperliche Anforderungen, zeitliche Anforderungen, Leistung, Anstrengung, Frustration) ein (NASA-TLX; Staveland & Hart 1988). Die *Schwierigkeit* der Kommissioniertätigkeit wird ebenfalls beurteilt (Baltrusch et al. 2018). Zur Messung der Benutzerfreundlichkeit (sog. *Usability*) beider Kommissioniertechnologien wird die System Usability Scale (SUS; Brooke 1996) eingesetzt. Das Konzept der Usability umschreibt das Ausmaß, in dem die jeweilige Kommissioniermethode durch die Probanden effektiv, effizient und zufriedenstellend genutzt werden kann (DIN-EN-ISO-9241). Das subjektive Nutzererleben bzw. die Nutzererfahrung (sog. *User Experience*) während der Interaktion mit beiden Kommissioniertechnologien wird mit dem User Experience Questionnaire (UEQ; Laugwitz et al. 2008) evaluiert. Der UEQ besteht aus den Skalen Attraktivität, pragmatische Qualität (Durchschaubarkeit, Effizienz, Steuerbarkeit) und hedonische Qualität (Stimulation, Originalität). Pragmatische Qualität umfasst die Benutzungsqualität, d. h. aufgabenbezogene Merkmale, die hedonische Qualität beschreibt hingegen die nicht aufgabenbezogene Designqualität. Die wahrgenommene *Intuitivität* während der Verwendung der AR-Brille und des stationären Terminals wird mit dem INTUI Fragebogen unter Verwendung von den vier Komponenten Mühelosigkeit, Bauchgefühl und Verbalisierungsfähigkeit sowie einem globalen Intuitivitätsurteil erfragt (Ullrich & Diefenbach 2010). Die, während der Kommissioniertätigkeit entstandene, *intrinsische Motivation* wird mit der gleichnamigen Kurzskala analysiert (KIM; Wilde et al. 2009). Positive Prädiktoren intrinsischer Motivation werden mit den Skalen Interesse bzw. Vergnügen, wahrgenommene Kompetenz und Wahlfreiheit gemessen, während die Skala Druck bzw. Anspannung als negativer Prädiktor erfasst wird. Die *Handhabung* beider Kommissioniertechnologien wird mit den Dimensionen Aufgabenunterstützung, Aufgabenbeeinträchtigung und Effizienz untersucht (Baltrusch et al. 2018). Bei der AR-basierten Datenbrille wird zusätzlich nach der Dimension *Bewegungsfreiheit* sowie *Einstellmöglichkeiten* beim

An- und Ablegen gefragt (Baltrusch et al. 2018). Darüber hinaus ist der allgemeine *Tragekomfort* von Interesse (Baltrusch et al. 2018). Zur Überprüfung *visueller und muskuloskelettaler Beanspruchungen* während des Kommissionierens werden die Dimensionen Sicht auf den Monitor/das Display, okulare Beanspruchung, muskuloskelettale Beanspruchung, Benommenheit, dynamische Sicht und Kopfschmerzen abgefragt (Jaschinski et al. 2015). Zur Überprüfung einer möglichen Änderung der *Affektlage* wie z. B. eine einsetzende Ermüdung oder Verbesserung der Stimmung wird vor und nach jeder Nutzung beider Kommissionierlösungen die Positive And Negative Affect Schedule eingesetzt (PANAS; Krohne et al. 1996). Für eine Gesamteinschätzung beider Kommissioniertechnologien können die Teilnehmer *Schulnoten* vergeben und eine *Rangfolge* bilden. Anschließend werden *soziodemografische Daten* (Geschlecht, Alter, Berufsausbildung, Dauer und Häufigkeit der bisherigen Verwendung des stationären Terminals beim Kommissionieren) und die technologiebezogenen Persönlichkeitsmerkmale *Technikbereitschaft* (Neyer et al. 2016) sowie *Technikeinstellung* (Claßen 2012) erfragt. Die Technikbereitschaft setzt sich aus drei Subskalen - Technikakzeptanz, Technikkompetenzüberzeugung und Technikkontrollüberzeugung - zusammen. Die subjektive Einstellung der Probanden zu modernen Technologien im Allgemeinen wird mit den Skalen emotionale Betroffenheit/potenzielle Bedrohung und rationale Abwägung/Notwendigkeit des Technikeinsatzes erfasst.

Im Anschluss an die quantitative Befragung werden die Teilnehmer mit *explorativen Interviews* persönlich zu Vor- und Nachteilen sowie zu Verbesserungspotenzialen der jeweiligen Kommissioniertechnologie befragt. Hierbei wird explizit auf mögliche aufgetretene körperliche und visuelle Beschwerden und die Sicht durch das Display der AR-Brille eingegangen. Die Kommissioniermaske des stationären Terminals wird in Form eines papierbasierten Ausdruckes, der den Probanden vorgelegt wird, in einem Dialog bewertet.

3. Diskussion und Ausblick

Neue, innovative Lösungen wie AR-basierte Technologien bergen das Potenzial, die Arbeitsorganisation im Sinne von Logistik 4.0 effizienter und effektiver zu gestalten. Die gewonnenen Ergebnisse der Evaluationsstudie ermöglichen es GEBHARDT, die AR-basierte Kommissionierlösung weiterzuentwickeln. Ein weiteres Ergebnis des Projektes ist die Erarbeitung einer Checkliste zur Gestaltung und Bewertung ergonomischer Anforderungen an Displays von Datenbrillen unter besonderer Berücksichtigung einer optimalen Prozessführung der Mitarbeiter in der Kommissionierung. Im Projekt werden Einsatzmöglichkeiten von Datenbrillen in der Intra-logistik zur langfristigen Steigerung von Effizienz, Produktivität und Arbeitsfähigkeit, Zufriedenheit und Gesundheit der Mitarbeiter identifiziert. Als Transferergebnis der Pilotierungsstudie des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums wird im Anwendungszentrum am Fraunhofer IML ein Demonstrator des bei GEBHARDT untersuchten Kommissionierarbeitsplatzes aufgebaut.

4. Literatur

Baltrusch SJ, van Dieën JH, van Bennekom CAM, Houdijk H (2018) The effect of a passive trunk exoskeleton on functional performance in healthy individuals. *Appl Ergon* 72:94-106.

- Bangor A, Miller J, Kortum P (2009) Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale, *Journal of Usability Studies* 4(3):114-123.
- BAuA, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2016) Head-Mounted Displays – Arbeits-hilfen der Zukunft. In: Bedingungen für den sicheren und ergonomischen Einsatz monokularer Sys-teme. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- Brooke J (1996) SUS: A quick and dirty usability scale. In: Jordan PW, Thomas B, Weerdmeester BA, McClelland AL (Hrsg.) *Usability evaluation in industry*. London: Taylor and Francis.
- Claßen K (2012) Zur Psychologie von Technikakzeptanz im höheren Lebensalter: Die Rolle von Technikgenerationen. Dissertation.
- DIN ISO 9241-11:1998-03, Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit (ISO 9241-11:1998).
- Grier RA (2015) How high is high? A Meta-Analysis of NASA-TLX global workload scores. *Proceedings of the human factors and ergonomics society 59th annual meeting*, 1727-1731.
- Grosse EH, Glock CH, Neumann WP (2017) Human factors in order picking: a content analysis of the literature. *International Journal of Production Research* 55(5):1260-1276.
- Günthner WA, Blomeyer N, Reif R, Schedlbauer M (2009) Pick-by-Vision®: Augmented Reality unter-stützte Kommissionierung. Abschlussbericht, Forschungsvorhaben (AiF-FV-Nr. 14756 N), Lehr-stuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik. München: Technische Universität München.
- Jaschinski W, König M, Mekontso TM, Ohlendorf A, Welscher M (2015) Computer vision syndrome in presbyopia and beginning presbyopia: Effects of spectacle lens type. *Clinical and experimental op-tometry* 98(3):228-233.
- Jost J, Kirks T, Gupta, P, Lünsch D, Stenzel J (2018) Safe human-robot-interaction in highly flexible warehouses using augmented reality and heterogenous fleet management system. *IEEE Interna-tional Conference on Intelligence and Safety for Robotics (ISR)*, Shenyang, 256-260.
- Kretschmer V, Spee D (2018) Kognitive Ergonomie. Der Mensch – eingebunden in die Logistik 4.0. München: Huss-Verlag.
- Krohne HW, Egloff B, Kohlmann CW, Tausch A (1996) Untersuchungen mit einer deutschen Version der «Positive and Negative Affect Schedule» (PANAS). *Diagnostica* 42:139-156.
- Laugwitz B, Held T, Schrepp M (2008) Construction and evaluation of a user experience question-naire. In: Holzinger A (Hrsg.) *HCI and usability for education and work: 4th symposium of the workgroup Human-Computer interaction and usability engineering of the Austrian Computer Socie-ty, USAB 2008*, Graz, Austria, November 20-21, 2008. *Proceedings*, Berlin, Heidelberg: Springer, 63-76.
- Mättig B, Kretschmer V (2019) Smart packaging in intralogistics: An evaluation study of humantech-nology interaction in applying new collaboration technologies. In: *Proceedings of the 52nd Hawaii international conference on system sciences*, 739-748.
- Neyer FJJ, Felber J, Gebhardt C (2016) Kurzsкала Technikbereitschaft (TB, technology commitment), ZIS - Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen (Hrsg.).
- Staveland LE, Hart SG (1988) Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. *Advances in Psychology* 52:139-183.
- Ullrich D, Diefenbach S (2010) INTUI. Exploring the facets of intuitive interaction. In: Ziegler J, Schmidt A (Hrsg.) *Mensch & Computer*. München: Oldenbourg, 251-260.
- ten Hompel M, Schmidt T, Dregger J (2018) *Materialflusssysteme: Förder- und Lagertechnik*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Wilde M, Bätz K, Kovaleva A, Urhahne D (2009) Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). Testing a short scale of intrinsic motivation. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 15:31-45.

Diese Studie wurde im Zuge des Pilotierungsprojektes „Smart Glasses in der Kom-missionierung“ des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Dortmund der Initiative „Mit-telstand-Digital“ durchgeführt.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Digitale Arbeit, digitaler Wandel, digitaler Mensch?

66. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

TU Berlin
Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme

HU Berlin
Professur Ingenieurpsychologie

16. – 18. März 2020, Berlin

GfA-Press

Bericht zum 66. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 16. – 18. März 2020

**TU Berlin, Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme
HU Berlin, Professur Ingenieurpsychologie**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2020
ISBN 978-3-936804-27-0

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,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

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

Screen design und Umsetzung

© 2020 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de