

Evaluationsstudie zur Eignung verschiedener Assistenzsysteme beim manuellen Palettieren in der operativen Logistik

Friederike HERING, Veronika KRETSCHMER, Benedikt MÄTTIG

*Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML)
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2-4, D-44227 Dortmund*

Kurzfassung: Die operative Logistikaufgabe des manuellen Palettierens geht auf die besondere Geschicklichkeit, Flexibilität und Expertise des Mitarbeiters zurück. Die Evaluationsstudie hat zum Ziel, die Eignung von Augmented-Reality-(AR-)Systemen beim manuellen Palettieren zu untersuchen. Dazu wurde eine AR-Brille mit einer konventionellen Papierliste und einem Tablet-PC hinsichtlich kognitiver Ergonomie verglichen. Die Betrachtung der Gebrauchstauglichkeit zeigt, dass sich der Tablet-PC als am besten geeignet erwies. Mit Bezug auf die Messung der subjektiven sowie objektiven mentalen Beanspruchung stellte sich heraus, dass das AR-Device das am wenigsten belastende Assistenzsystem war. Somit konnte festgestellt werden, dass der Einsatz von AR-Technologien für die Aufgabe des manuellen Palettierens gut geeignet ist, um den Menschen bei der Arbeit zu assistieren. Die Hard- und Software der AR-Brille weist allerdings Verbesserungspotentiale auf, insbesondere mit Bezug auf ihre Gebrauchstauglichkeit.

Schlüsselwörter: Intralogistik, manuelles Palettieren, Augmented Reality, technische Assistenzsysteme, Akzeptanz, kognitive Ergonomie

1. Theoretischer Hintergrund

Der Trend der zunehmenden Digitalisierung der Gesellschaft und der Arbeitswelt ist allgegenwärtig. Einerseits werden vorhandene Technologien verbessert, ausgebaut und dadurch leistungsfähiger. Andererseits werden im Vergleich zu vorher analogen Lösungen nun neue, digitale Möglichkeiten und Technologien entwickelt und eingesetzt. Verbesserte und grundlegend neue Technologien sind auf dem Markt zu erwerben und eröffnen neue, technologische Möglichkeiten für einerseits private Endverbraucher und andererseits auch für gewerbliche, kommerzielle Zwecke. Zunehmend entfällt eine klassische Papierdokumentation innerhalb von Arbeitsprozessen, diese werden zunehmend digitalisiert. Der digitale Wandel ist nicht nur in der Gesellschaft, sondern auch in der Arbeitswelt spürbar. Daher ist es zukünftig wichtig, ausgereifte Wege zu finden, alle relevanten Informationen über die technischen Schnittstellen geeignet d.h. kognitiv ergonomisch, darzustellen. Insbesondere die operative Logistik ist ein Bereich, in dem viele Informationen in kurzer Zeit verarbeitet werden müssen. Somit wird der operativen Logistik ein hohes Potential bei der Verwendung von modernen Technologien innerhalb ihrer Arbeitsprozesse zugesprochen, die dadurch verbessert werden können (Reif & Walch 2008). Dies bedarf der Erforschung, wie innovative und geeignete technische Lösungen für intralogistische Beschäftigte aussehen sollten und können (Grosse et al. 2017).

Der Beitrag thematisiert eine Evaluationsstudie zur Eignung verschiedener Assistenzsysteme für intralogistische Tätigkeiten. Hintergrund ist, dass mit der steigenden

Digitalisierung in Logistiksystemen vermehrt moderne Technologien eingesetzt werden, um dem Menschen bei der Arbeit effizient anzuleiten und zu assistieren. Mittels der Studie wurde untersucht, ob in Hinblick auf die kognitive Ergonomie (Rinkenauer et al. 2017) dies tatsächlich der Fall ist, oder ob eher eine mentale Überforderung für den Beschäftigten entsteht. Des Weiteren wurde untersucht, wie die Akzeptanz der modernen Technologien für die Arbeit bei der intralogistischen Leistungserstellung ist, sowie ob mit einer negativen Stimmung auch negative Systembewertungen auftreten.

2. Methodik

Das Probandenkollektiv umfasst 18 Personen (11 Männer) im Alter von 22 bis 29 Jahren, die ein mittleres bis hohes Bildungsniveau hatten, d.h. Abitur, Bachelor- oder Masterabschluss. Jeder Proband wurde gebeten, eine manuelle Palettieraufgabe mit jeweils drei unterschiedlichen Devices auszuführen. Jedes Assistenzsystem stellte die Instruktionen zum erforderlichen Paket und den Ort auf der Palette zur Verfügung. Die drei Systeme waren die folgenden (Vgl. Abbildung 1): Zum einen wurde die Anleitung zum Palettieren auf einer Papierliste präsentiert. Dies stellt in der Intra-logistik eine konventionelle Methode dar. Des Weiteren wurde mit der Hilfe eines Tablet-PCs palettiert, welches eine moderne und bekannte Technologie ist. Als Drittes wurde eine Datenbrille eingesetzt, durch welche der Proband per AR-Darstellung angeleitet wurde. Diese ist als moderne und neuartige Technologie zu verstehen. Der Tablet-PC war ein Apple iPad Pro 10,5' und die Microsoft HoloLens wurde als Datenbrille eingesetzt. Die Software zum Palettieren wurde am Fraunhofer IML entwickelt.

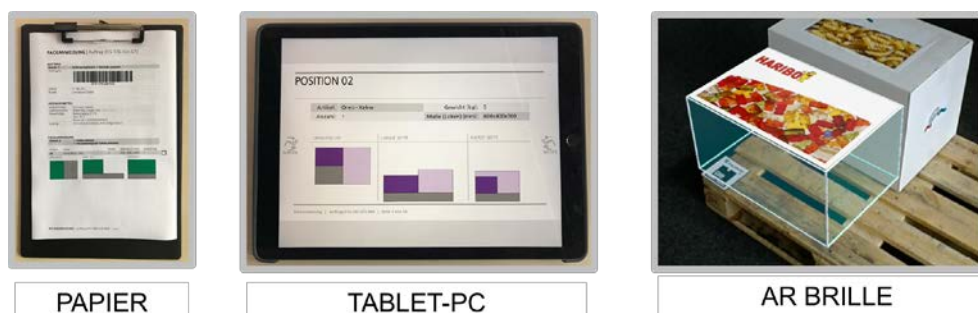


Abbildung 1: *Benutzeroberflächen der drei Assistenzsysteme der Evaluationsstudie (v.l.n.r.):
Papierliste, Tablet-PC und AR Brille*

Den Probanden wurde vom Assistenzsystem angezeigt, welchen Karton sie nehmen sollten und wo sie diesen auf einer Palette richtig platzieren sollten. Die Benutzeroberflächen und Anleitungen der drei Systeme hatten ein standardisiertes graphisches Design. Zur Auswahl standen insgesamt 20 verschiedenen Kartons, von denen zehn palettiert wurden. Die Packschemen wurden hinsichtlich der Reihenfolge variiert, indem der Proband dreimal eine neue Kombination aus zehn Kartons auszuwählen hatte. Hierzu wurden die Teilnehmer/-innen in drei gleichgroße Gruppen ausbalanciert.

Während und nach den Versuchen wurden unterschiedliche subjektive und objektive Daten zu den Probanden generiert. Auf subjektive Weise wurde durch den validierten Fragebogen „System Usability Scale“ (SUS, Brooke 1996) die Gebrauchstauglichkeit abgefragt. Die mentale Beanspruchung wurde über den „NASA Task

Load Index“ (TLX, Hart & Staveland 1988) erhoben. Die Stimmung der Probanden wurde mittels drei Fragen ermittelt, die sich an der „UWIST Mood Adjective Checklist“ (Matthews et al. 1990) orientierten. Zusätzlich wurden Probanden gebeten, als offene Kommentare positive oder negative Merkmale zum System zu nennen. Nach dem Versuch wurden die Probanden zusätzlich nach einem persönlichen Ranking der drei Systeme gefragt. Objektive Faktoren wurden einerseits durch Beobachtungen durch die Versuchsleitung generiert. Zum einen wurde die Bearbeitungsdauer jeder Palettieraufgabe mit einer Stoppuhr erfasst. Zum anderen wurde die Anzahl der aufgetretenen Bearbeitungsfehler registriert. Zusätzlich wurden mittels des Sensorarmbandes „Empatica E4“ (Empatica 2017) physiologische Vitalparameter der Probanden gemessen wie z.B. die Elektrodermale Aktivität (EDA) als Indikator für Stress.

3. Deskriptive Ergebnisauswertung

3.1 Usability

Das Tablet erhielt im Gesamtdurchschnitt über alle Probandenbewertungen für die Gebrauchstauglichkeit die beste Systembewertung. Von der durchschnittlich erreichten Punktzahl her sind alle drei Assistenzsysteme für die Aufgabe als okay bis gut geeignet anzusehen (Vgl. Kretschmer et al.).

3.2 Mentale Beanspruchung

Die durchschnittlich empfundene mentale Beanspruchung der Probanden ergab in allen Unterkategorien die besten Ergebnisse bei der AR Variante. Dies macht sich im Wert des gesamten NASA RAW TLX Score bemerkbar, der für die AR Brille mit einem Mittelwert von 32,45 am niedrigsten war (Vgl. Abbildung 2) (Kretschmer et al. 2017). Besonders bei der Subdimension der empfundenen „geistige Anforderung“ konnte die AR Brille am besten abschneiden.

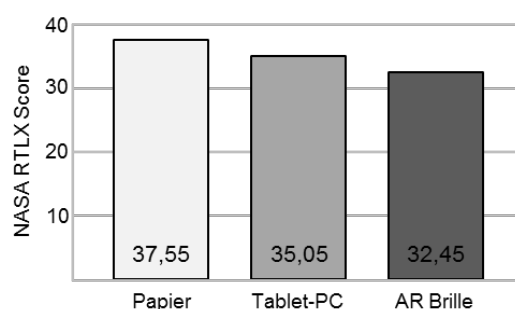


Abbildung 2: Durchschnittliches Gesamtergebnis des NASA RAW TLX (RTLX) zur mentalen Beanspruchung (Kretschmer et al. 2017)

3.3 Elektrodermale Aktivität (EDA)

Die Betrachtung der EDA-Diagramme lässt den Schluss zu, dass bei der Aufgabenbearbeitung mit der AR Brille das Stressempfinden für den Großteil der Probanden am niedrigsten ausfiel (Vgl. Abbildung 3 und Abbildung 4). Der Verlauf der EDA ist im Folgenden exemplarisch für zwei Probanden dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Durchschnittswerte der EDA während des Bearbeitungszeitabschnitts mit

der AR Brille niedriger sind als die der beiden anderen Assistenzsysteme. Dieses Ergebnis war bei 10 Probanden festzustellen, was mehr als die Hälfte der Probanden umfasst.

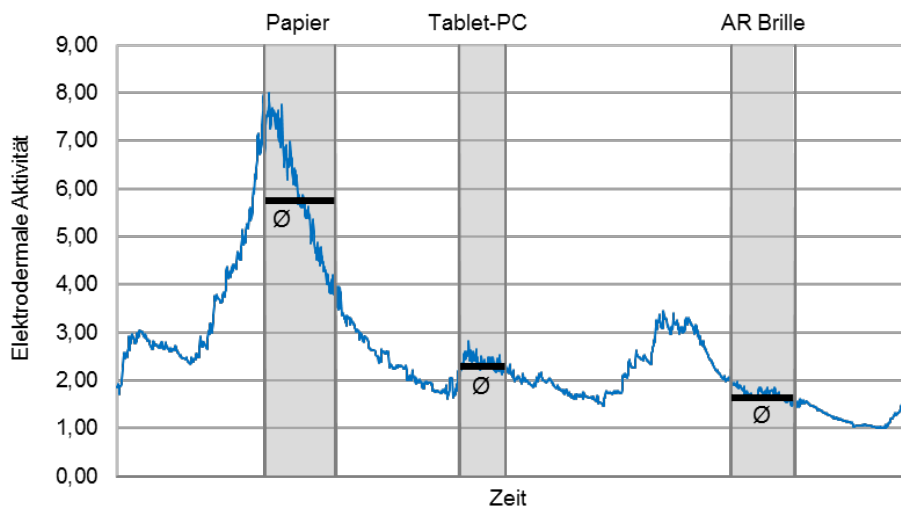


Abbildung 3: Verlauf und Durchschnittswerte der Elektrodermalen Aktivität eines Probanden I für alle drei Assistenzsysteme

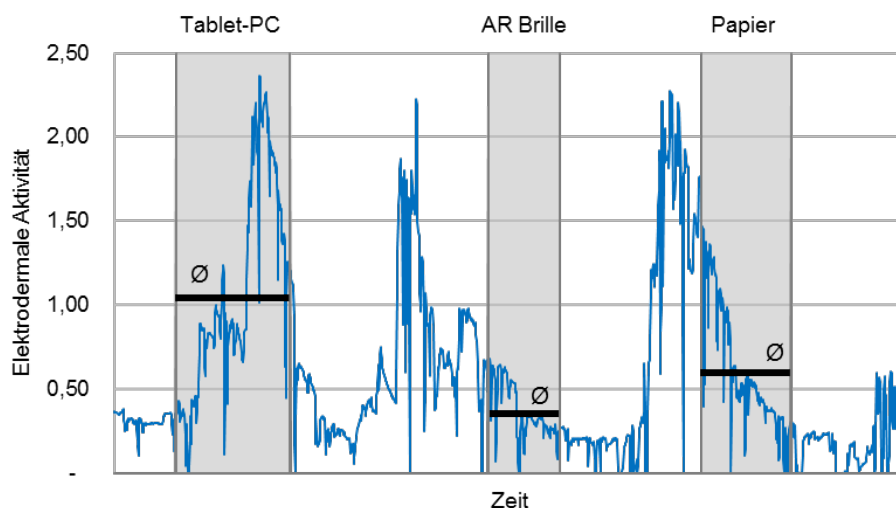


Abbildung 4: Verlauf und Durchschnittswerte der Elektrodermalen Aktivität eines Probanden II für alle drei Assistenzsysteme

3.4 Stimmung

Der Vergleich der Stimmung eines Probanden mit den jeweils abgegebenen Bewertungen für die Fragebögen zur Gebrauchstauglichkeit und der mentalen Beanspruchung zeigt auf, dass die Stimmung der Probanden nicht mit der Bewertung der Assistenzsysteme assoziiert war.

3.5 Fehlerraten und Prozesszeiten

Bei der AR Brille traten keine Fehler während des Palettierprozesses auf, wohin gegen beim Tablet-PC (3 Fehler) und der Papierliste (2 Fehler) durchaus wenige Bearbeitungsfehler zu verzeichnen waren. Bei den durchschnittlichen Bearbeitungs-

zeiten sind keine erheblichen Unterschiede zwischen den drei Assistenzsystemen auszumachen (Vgl. Abbildung 5).

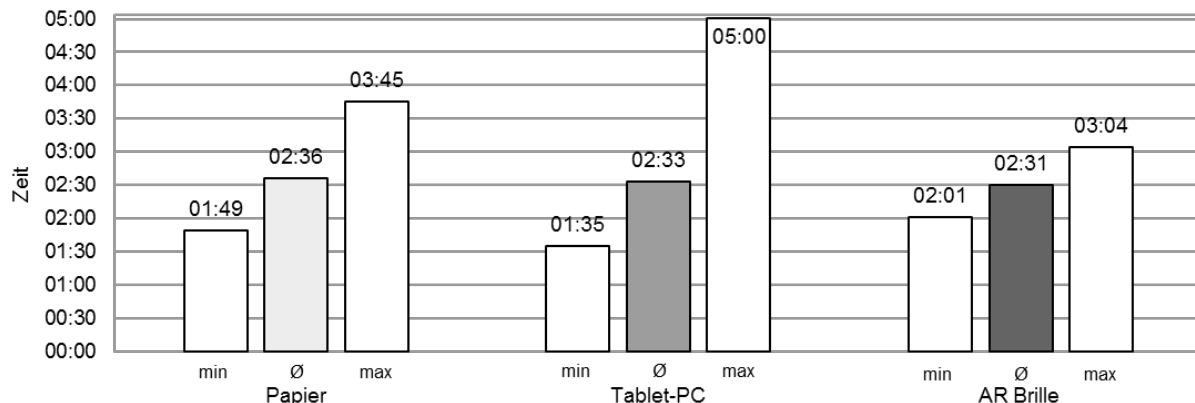


Abbildung 5: Minimale, maximale und durchschnittliche Bearbeitungszeiten der drei Assistenzsysteme

3.6 Präferenzranking

Beim Ranking nach der persönlichen Präferenz nannten mehr als die Hälfte der Probanden (10 Probanden) die AR-Brille als bevorzugtes Arbeitsmittel für die getätigte Aufgabe des manuellen Palettierens. Bei den offenen Kommentaren, die die Probanden abgeben konnten, erhielt die AR Brille nicht nur die meiste Resonanz, sondern auch die meisten als positiv anzusehenden Kommentare (Vgl. Abbildung 6).

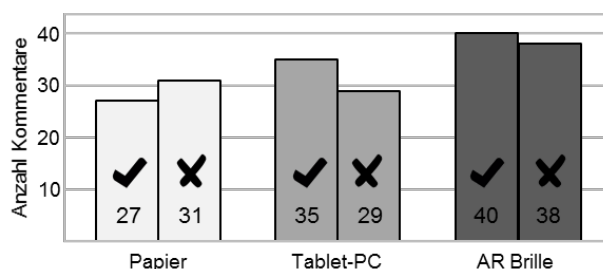


Abbildung 6: Anzahl von positiven und negativen offenen Kommentaren der Probanden zu den verwendeten Assistenzsystemen

4. Diskussion

Das Gesamtergebnis der Evaluationsstudie ist, dass die AR Brille beim manuellen Palettieren tendenziell besser geeignet ist als der Tablet-PC und die Papierliste. Es wird ersichtlich, dass die AR Variante in den meisten untersuchten Kategorien die besten Ergebnisse erreichte und somit als kognitiv ergonomisch einzustufen ist. Zum einen bei der Messung der mentalen Beanspruchung und zum anderen bei der Erfassung der EDA zeigt sich, dass sich die AR Brille für einen Großteil der Probanden als Assistenzsystem eignet. Aus den Messungen und Ergebnissen zur EDA lässt sich ebenso erschließen, dass robustere und sichere Prozesse mit der AR Variante entstehen können. Dies ist für die Skalierung der Auftragsabarbeitung in der Intra-logistik wichtig. Die hohe und positive Resonanz bei den offenen Kommentaren spricht für die Akzeptanz der Probanden über den Einsatz der modernen Technologie.

Generell impliziert aber jedes Assistenzsystem eine kognitive und physische ergonomische Belastung für den Mitarbeiter im operativen Logistiksystem. Das hängt zum einen von der Benutzerfreundlichkeit des Systems sowie individuellen Aspekten des Menschen ab. Mit Bezug auf die AR Brille bedeutet das konkret, dass eine verbesserte Gebrauchstauglichkeit der Dialoggestaltung und ein vermindertes Gewicht der Brille noch bessere Ergebnisse ermöglichen würden.

Es ist anzunehmen, dass die untersuchten Probanden aufgrund des niedrigen Alters ein höheres Maß an Technologieakzeptanz aufweisen sowie aufgrund ihres Bildungshintergrundes die Aufgabenstellung besonders gut bewerkstelligen konnten. Jedoch ist dazu zu sagen, dass das Probandenkollektiv zwar ein geringes Alter aufwies, allerdings sichert dies eine bessere Vergleichbarkeit der hier erhaltenen Ergebnisse. Denn bereits innerhalb dieser geringen Altersspanne konnten große Unterschiede hinsichtlich der subjektiven und objektiven Ergebnisse der Probanden festgestellt werden. Zukünftig sollten die deskriptiven Ergebnisse mit uni- und multivariaten Methoden analysiert werden, um konkrete Schlussfolgerungen ziehen zu können.

5. Ausblick

Das Fraunhofer IML forscht weiterhin im Bereich des Technologieeinsatzes von modernen Assistenzsystemen bei der logistischen Leistungserstellung mit besonderem Fokus auf die Aspekte Gebrauchstauglichkeit und kognitive Ergonomie. Dazu wird die eigens am Fraunhofer IML entwickelte innovative Softwarelösung zum interaktiven und somit smarten Einsatz von AR Brillen für Logistiksysteme weiterentwickelt. Zukünftig wird eine Hauptstudie unter Zusammenarbeit mit und am IfADo (Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund) durchgeführt. Dabei werden umfassendere Untersuchungen unternommen. Beispielsweise wird ein verschiedenartigeres Probandenkollektiv akquiriert. Zusätzlich zur gegebenen Methodik werden weitere Tests angewendet, u.a. zum räumlichen Vorstellungsvermögen. Ebenso wird auf die Analyse und Auswertung von Vitalparametern detaillierter eingegangen.

6. Literatur

- Brooke, J. (1996) SUS: A "quick and dirty" usability scale. In: Jordan, P.W., Thomas, B., Weerdmeester, B.A., McClelland, A.L. (eds.): Usability Evaluation in Industry. Taylor and Francis, London
- Empatica Inc. (2017) E4 wristband from empatica. Accessed August 13, 2017. <https://www.empatica.com/research/e4/>
- Grosse E. H., Glock C. H., Neumann W. P. (2017) Human factors in order picking: a content analysis of the literature. In: International Journal of Production Research, 55(5):1260-1276.
- Hart, S.G., Staveland, L.E. (1988) Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In: Hancock, P.A., Meshkati, N. (eds.): Human mental workload, pp. 139-183. Elsevier, Amsterdam
- Kretschmer, V.; Plewan, T.; Rinkenauer, G.; Maettig, B. (2017, accepted). Smart Palletisation: Cognitive Ergonomics in Augmented Reality based Palletising. In: Proceedings of the 2018 International Conference on Intelligent Human Systems Integration: Integrating People with Intelligent Systems, Dubai.
- Matthews G., Jones D. M., Chamberlain A.G. (1990) - Refining the measurements of mood: The UWIST Mood Adjective Checklist. In: British Journal of Psychology, 81, S. 17-42.
- Reif R, Walch D (2008) Augmented & Virtual Reality applications in the field of logistics. In: The Visual Computer, 24(11), 987-994.
- Rinkenauer, G., Kretschmer, V., Kreutzfeldt, M. (2017) Kognitive Ergonomie in der Intralogistik. In: Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management, Vol. 2. Fraunhofer IML, Dortmund.



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

Screen design und Umsetzung

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de