

Smartes Verpacken in der Intralogistik: Eine Evaluierungsstudie der Mensch-Technik-Interaktion bei neuen digitalen Assistenten

Benedikt MÄTTIG, Veronika KRETSCHMER

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

Kurzfassung: Das Handling und Verpacken von heterogenen Produkten mit unterschiedlichen Gewichten und Größen bei optimalen Verpackungsschemata ist eine anspruchsvolle Aufgabe für die E-Commerce-Branche. Um den Verpackungsprozess auf einem standardisierten Niveau unabhängig vom Erfahrungsniveau des Mitarbeiters zu halten, steigt zudem die Nachfrage nach digitalen, humanzentrierten Lösungen. Vor diesem Hintergrund wurden zwei digitale Assistenzsysteme zur Anzeige der Verpackungsordnung und -schemata entwickelt: eine Augmented Reality (AR)-basierte Datenbrille und ein LED-basierter Assistent. Die Mensch-Technik-Schnittstellen wurden im Vergleich zu einer konventionellen Papierliste als Kontrollgruppe im Hinblick auf Kognitive Ergonomie bewertet.

Schlüsselwörter: Logistik, Verpackung, digitale Assistenten, Augmented Reality, Optimierung, kognitive Ergonomie

1. Einleitung

Der Online-Handel befindet sich seit einigen Jahren im Wandel. Immer mehr Waren werden durch die Kunden online bestellt. Dies betrifft inzwischen auch Waren des täglichen Bedarfs sowie gekühlte Lebensmittel. Diese Entwicklung hat starke Auswirkungen auf die Abläufe innerhalb der Logistik. So erfordert das veränderte Produktspektrum, dass die Logistik schneller arbeitet und heterogenen Bestellungen effizient bearbeitet werden. Dies hat Auswirkungen auf alle Bereiche der Logistik. Von der Kommissionierung, also der Zusammenstellung von Waren einer Bestellung, bis hin zur Verpackung und dem Transport zeigen sich die Veränderungen der logistischen Abläufe. Auf der anderen Seite steht der Mitarbeiter, der sich den veränderten Rahmenbedingungen anpassen muss. Zudem erfordern saisonale Schwankungen den Einsatz meist ungelernter Leiharbeiter. Um die Mitarbeiter bei ihrer Arbeit zu unterstützen, erlangt der Einsatz digitaler Assistenten eine immer größere Bedeutung.

2. Digitale Assistenten in der Verpackung

Derzeit besteht ein Großteil logistischer Prozesse aus manuellen Tätigkeiten, die in den meisten Fällen noch papierbasiert ausgeführt werden. Dies liegt unter anderem darin begründet, dass logistische Prozesse hochvariabel sind (Cappgemini 2016). Für den Bereich der Kommissionierung existieren verschiedene Lösungen, die mit Hilfe digitaler Technik den Mitarbeiter beim Kommissioniervorgang unterstützen. Hier sind Lösungen wie Pick by Voice oder Pick by Vision zu nennen (Grosse et al. 2017).

Über den Kommissioniervorgang hinaus werden derzeit kaum digitale Assistenten in der Logistik eingesetzt.

Ein Prozess, für den derzeit keine produktiv eingesetzten Assistenten existieren, umfasst den Bereich der Verpackung. Dieser befasst sich mit der optimalen Zusammenstellung heterogener Packschemata. Dies ist vor allem im Bereich des Online-Handels relevant, da Bestellungen sich in diesem Kontext durch ihre Heterogenität auszeichnen. So werden online viele sehr unterschiedliche Artikel innerhalb einer Bestellung zusammengefasst. Die Verpackung dieser Bestellungen erfordert, dass Parameter wie Volumenausnutzung, Sicherung gegen Transportschäden sowie die Vermeidung von Luft im Paket, berücksichtigt werden. Aktuell wird dies in der Praxis erreicht, indem größere Kartonage mit Füllmaterial versehen wird. Dies führt jedoch dazu, dass mehr Verpackungsmaterial benötigt wird und dass mehr Volumen in den Transportfahrzeugen gebraucht wird. Dies ist sowohl ökologisch als auch ökonomisch problematisch. Um dem entgegenzuwirken, existiert Optimierungssoftware, die berechnet, wie die bestellten Artikel in einer möglichst kleinen Kartonage sicher verpackt werden können (Trivella et al. 2017). Problem hierbei ist derzeit, dass die Informationen zu den Packanweisungen, die durch die Software geliefert werden, dem Mitarbeiter, der die Verpackung ausführt, intuitiv und verständlich dargestellt werden müssen. Hierfür existieren derzeit keine zufriedenstellenden Lösungen am Markt.

Um die Verpackungsanleitungen für den Mitarbeiter intuitiv darstellen zu können, wird eine Art der Informationsdarstellung benötigt, die einfach verständlich ist und ohne langes Anlernen verwendet werden kann. Am Fraunhofer IML wurden für diesen Zweck zwei unterschiedliche, digitale Assistenten entwickelt. Beide Assistenten verfolgen unterschiedliche Ansätze der Informationsbereitstellung.

2.1 Assistenz durch Augmented Reality

Augmented Reality ermöglicht die Anreicherung der Realität mit digitalen Zusatzinformationen. Dies hat den großen Vorteil, dass Informationen visuell mit den zugehörigen, realen Objekten verknüpft werden können. Diese Erkenntnis basiert auf dem Gesetz der Nähe, das aussagt, dass das menschliche Gehirn Objekte und Informationen miteinander verknüpft, die sich visuell in unmittelbarer Nähe voneinander befinden (Wertheimer 1938). Umgesetzt wurde dieser Assistent vom Fraunhofer IML mit Hilfe des Einsatzes einer Datenbrille der Firma Microsoft (Hololens). Diese ermöglicht die unmittelbare Überlagerung der Realität mit virtuellen Objekten oder Informationen. Kombiniert wird die Brille mit einem Scannerhandschuh, mit dem die zu verpackenden Objekte identifiziert werden. Nach dem Scan eines Objektes zeigt die Brille dem Verpacker die optimal berechnete Position in der Kartonage oder auf der Palette in Form eines virtuellen Hologramms an.

2.2 Assistenz durch den Einsatz von LEDs

Unter Berücksichtigung der Anforderungen an einen Verpackungsassistenten sowie dem Wunsch, ein einfaches und kostengünstiges System umsetzen zu können, wurde am Fraunhofer IML ein Verpackungsassistent entwickelt, der durch den Einsatz von LED-Lichtleisten Positionierung sowie Ausrichtung der zu verpackenden Objekte darstellt (Maettig et al. 2018). Eine Voraussetzung für die Entwicklung war, dass der Verpacker kein schweres Gerät auf dem Kopf tragen oder in den Händen halten soll. Die Visualisierung der Verpackungsanleitung sollte intuitiv geschehen. Das System besteht aus zwei LED-Leisten, welche die x- sowie die y-Achse der

Verpackungsfläche umschließen. Über die partielle Beleuchtung einzelner Bereiche dieser Leisten lassen sich zu verwendende Kartonagen sowie Positionen und Ausrichtungen der zu verpackenden Objekte darstellen. Die Arbeitsanweisung, welches Objekt als nächstes verpackt werden soll, erfolgt über einen Bildschirm am Arbeitsplatz. Die Identifikation der entsprechenden Objekte wird über einen Scannerhandschuh durchgeführt. Ein Knopf am System ermöglicht die Bestätigung eines Verpackungsschrittes.

3. Evaluationsstudie digitaler Verpackungsassistenten

3.1 Studienaufbau und -durchführung

Die vorliegende Studie evaluierte den Einsatz der beiden, entwickelten Assistenzsysteme. Die Lösung mit Augmented Reality (AR) und der LED-basierte Verpackungsassistent wurden hierbei mit einer Papierliste als Kontrollgruppe verglichen. Im Zuge eines within-subjects Designs absolvierte jeder Proband in randomisierter Reihenfolge alle drei experimentellen Bedingungen (AR-Brille, LED-Assistent, Papierliste), die hinsichtlich der Reihenfolge zur Kontrolle von Positions- und Lerneffekten ausbalanciert wurden. Auf einem handelsüblichen Packtisch wurde ein Karton (35 cm x 25 cm x 14 cm) platziert (siehe Abbildung 1). Alle zu verpackenden Waren wurden in einer festgelegten Reihenfolge auf dem Tisch angeordnet. Es standen zwölf verschiedene Artikel mit sechs unterschiedlichen Größen zur Verfügung. In jeder experimentellen Bedingung wurden die Teilnehmer instruiert, die Artikel nach einem vorgegebenen Verpackungsschema in den Karton zu packen. Es wurden zehn verschiedene Verpackungsschemata mit vergleichbarer Schwierigkeit festgelegt. Ein Verpackungsschema bestand im Durchschnitt aus 15 Artikeln. Die Verpackungszeit war für jede Variante auf zehn Minuten limitiert.



Abbildung 1: Experimenteller Versuchsaufbau (links: Proband mit AR-Brille, rechts: Proband mit LED-Assistent am Verpackungsarbeitsplatz)

3.2 Quantitative Befragung und objektive Messungen

Die Verpackungstätigkeit mit den verschiedenen Benutzerschnittstellen wurde hinsichtlich Workload (NASA-Task Load Index (NASA TLX), Staveland & Hart 1988),

Usability (System Usability Scale, SUS; Brooke 1996) und User Experience (User Experience Questionnaire, UEQ; Laugwitz et al. 2008) evaluiert. Hierzu wurden nach jeder Versuchsbedingung papierbasierte, validierte Fragebögen ausgefüllt. Im Anschluss wurden soziodemografische Daten wie Geschlecht, Alter, Bildungsstand sowie technologiebasierte personenbezogene Daten erhoben. Die internen Konsistenzen der Skalen und Subskalen erreichten akzeptable bis exzellente Cronbachs Alpha-Werte. Ergänzend zu den subjektiven Einschätzungen der Probanden wurden objektive Messungen wie die Anzahl korrekt verpackter Kartons und die Fehlerraten während der vorgegeben Verpackungszeit durchgeführt.

3.3 Stichprobenbeschreibung

Die Stichprobe bestand aus 28 Personen (50 % Männer, 20 bis 40 Jahre alt: $26,2 \pm 4,4$ Jahre) und unterschied sich hinsichtlich des höchsten Bildungsabschlusses: Studierende mit Abitur (35,7 %), Teilnehmer/-innen mit einem beruflichen Abschluss (7,1 %) und Personen mit einem Hochschulabschluss (57,1 %). Alle Probanden wiesen ein gutes Sehvermögen (39,3 % mit Brille) und Hörvermögen auf. Die Studienteilnehmer/-innen verfügten über eine hohe Akzeptanz gegenüber Technologien ($4,0 \pm 0,8$), eine hohe Technikkompetenzüberzeugung ($4,3 \pm 0,6$) sowie eine hohe Technikkontrollüberzeugung ($3,5 \pm 0,6$). Die Probanden äußerten sich überwiegend positiv zur Notwendigkeit von Technologien ($3,9 \pm 0,6$) und nahmen damit einhergehend ein eher geringes Gefährdungspotenzial durch Technologien wahr ($1,9 \pm 0,6$).

3.4 Ergebnisse der Studie

Im Folgenden werden die Ergebnisse deskriptiver Analysen der abhängigen Variablen Workload, Usability und User Experience für die drei Versuchsbedingungen „AR-Assistent“, „LED-Assistent“ und „Papierliste“ vorgestellt (Tabelle 1). Darüber hinaus wurden nichtparametrische Analysen durchgeführt, um auf Varianzunterschiede zwischen den Versuchsgruppen zu testen.

Die Ergebnisse zeigen signifikante Varianzunterschiede hinsichtlich des SUS-Scores bei den drei Untersuchungsbedingungen (Friedman-Test: $\chi^2(2) = 13,4$, $p < .001$). Deskriptive Analysen deuten darauf hin, dass die Benutzerfreundlichkeit der Papierliste und der AR-Lösung mit „gut“ bewertet wurden (Bangor et al. 2009). Im Vergleich dazu kann der SUS-Score des LED-basierten Assistenten als „ausgezeichnet“ interpretiert werden (Bangor et al. 2009). Die Benutzerfreundlichkeit der Papierliste erhielt im Vergleich die schlechteste Bewertung.

Für den globalen Workload (Raw TLX) konnte ein signifikanter Gruppenunterschied zwischen allen drei Varianten gemessen werden ($\chi^2(2) = 15,7$, $p < .001$). Der Arbeitsbeanspruchung während des Verpackens mit der Papierliste war insgesamt am höchsten, während beide digitalen Assistenten zu einem vergleichbar moderaten Workload führten. Die geistige Anforderung bei der Versuchsbedingung „Papierliste“ wurde am größten bewertet. Hinsichtlich der körperlichen Anforderungen konnten keine signifikanten Gruppenunterschiede ermittelt werden. Alle drei Verpackungsassistenten waren moderat beanspruchend. Die wahrgenommene zeitliche Anforderung fiel bei sowohl der Papierliste als auch der AR-Brille am größten aus, während der LED-Assistent die Probanden am geringsten beanspruchte. Die subjektiv wahrgenommene Leistung der Teilnehmer/-innen variierte zwischen den drei Versuchsbedingungen. Die beste Leistung wurde für beide digitalen Verpackungsassistenten angegeben, die schlechteste für die Papierliste. Die subjektive Anstrengung war bei

Tabelle 1: Deskriptive Statistiken ($M \pm SD$) der abhängigen Variablen Workload, Usability und User Experience für die drei Versuchsbedingungen AR-Brille, LED-Assistent und Papierliste

Abhängige Variablen	AR-Assistent	LED-Assistent	Papierliste
Workload			
Raw TLX	29,1 ± 9,6	29,4 ± 13,3	44,9 ± 14,8
Geistige Anforderungen	22,2 ± 17,1	28,2 ± 20,9	50,9 ± 23,6
Körperliche Anforderungen	30,5 ± 20,4	28,6 ± 19,2	28,0 ± 18,8
Zeitliche Anforderungen	44,6 ± 20,2	36,1 ± 23,2	48,0 ± 24,6
Leistung	28,2 ± 20,8	31,6 ± 21,6	44,8 ± 20,3
Anstrengung	32,5 ± 18,4	27,0 ± 17,0	51,3 ± 21,1
Frustration	18,8 ± 14,2	24,8 ± 20,0	46,1 ± 26,6
Usability			
SUS Score	72,2 ± 13,6	78,4 ± 12,6	60,6 ± 18,4
User Experience			
Attraktivität	1,0 ± 0,9	1,4 ± 0,9	-0,4 ± 1,1
Stimulation	1,3 ± 1,0	0,8 ± 1,2	-0,9 ± 1,4
Originalität	1,2 ± 0,4	1,0 ± 0,6	-1,0 ± 0,7
Effizienz	1,7 ± 0,8	1,2 ± 0,9	-0,4 ± 1,3
Durchschaubarkeit	2,0 ± 0,8	2,0 ± 0,8	1,1 ± 1,2
Verlässlichkeit	1,2 ± 0,8	1,4 ± 0,9	1,0 ± 1,3

dem Einsatz der Papierliste am größten und bei beiden digitalen Assistenten am kleinsten, wobei sich die Probanden bei der Verwendung des LED-Assistenten am wenigsten anstrebten. Ein ähnliches Ergebnis zeigt sich bei der gefühlten Frustration: Diese ist bei Verwendung der Papierliste im Vergleich zu den beiden digitalen Assistenten deutlich höher. Die AR-Lösung frustrierte die Teilnehmer/-innen beim Verpacken am wenigsten.

In Bezug auf das Nutzererleben machen die Ergebnisse deutlich, dass alle Subdimensionen der User Experience sowohl für die AR-Lösung als für den LED-Assistenten positiv ausfielen, während die Werte der Papierliste von positiv bis negativ variierten. Beim Verpacken mit der Papierliste wurden lediglich die Durchschaubarkeit und Verlässlichkeit positiv bewertet. Die Subskalen Stimulation und Originalität wurden negativ beurteilt. Die sechs Subskalen der User Experience lassen sich in die drei Dimensionen Attraktivität, pragmatische Qualität (Effizienz, Durchschaubarkeit, Verlässlichkeit) und hedonische Qualität (Stimulation, Originalität) unterteilen. In Bezug auf die Attraktivität konnte ein signifikanter Haupteffekt „Verpackungsassistent“ festgestellt werden ($\chi^2(2) = 20,9, p < .001$). Der LED-Assistent wurde von den Teilnehmer/-innen am attraktivsten bewertet, während die Papierliste am schlechtesten abschnitt. Hinsichtlich der pragmatischen Qualität waren die AR-Lösung und der LED-Assistent nahezu vergleichbar gut und unterschieden sich deutlich von der papierbasierten Benutzerschnittstelle ($\chi^2(2) = 14,3, p < .01$). Ähnliche Ergebnisse wurden bzgl. der hedonischen Qualität gefunden.

4. Zusammenfassung und Diskussion

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sowohl der AR- als auch der LED-Assistent geeignete, attraktive digitale Lösungen sind, um Lagerarbeiter bei der Verpackungstätigkeit aufgabenbezogen und mit hoher Designqualität zu unterstützen. Beide digitalen Benutzerschnittstellen lagen bzgl. der Gesamtbeanspruchung auf einem vergleichbar niedrigen bis moderaten Niveau. Im Detail scheint der LED-Assistent für die Teilnehmer tendenziell attraktiver als die AR-Lösung zu sein. In Bezug auf die Usability sowie physische und vor allem visuelle Beanspruchungen schien der LED-Assistent eine bessere Methode als die AR-Brille zu sein. Besonders auffällig war, dass der LED-Assistent eine signifikant geringere zeitliche Belastung erzeugte und bzgl. hedonischer Qualität und Attraktivität positiver eingeschätzt wurde als die AR-Brille.

5. Literatur

- Cappgemini, The current and future state of digital supply chain transformation, 2016, p. 5.
- Grosse, E. H., Glock, C. H., Neumann, W. P., "Human factors in order picking: a content analysis of the literature", in: International Journal of Production Research, 55 (5), 2017, pp. 1260-1276.
- Trivella, A., Pisinger, D., Bin-packing problems with load balancing and stability constraints, in: INFORMS Transportation and Logistics Society, 2017.
- Wertheimer, M., Laws of organization in perceptual forms, in: W. D. Ellis (Ed.), A source book of Gestalt psychology, London, 1938, pp. 71-88.
- Maettig, B., Hering, F., Doeltgen, M., "Development of an intuitive, visual packaging assistant", in: I. L. Nunes (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, Loews Sapphire Falls Resort at Universal Studios, Orlando, Florida, USA, Springer, 2018, pp 19-25.
- Bangor, A., Miller, J., and Kortum, P., Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale, Journal of Usability Studies, 4 (3), 2009, pp. 114-123.
- Brooke, J. (1996). SUS: A quick and dirty usability scale. In: P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland (Hrsg.), Usability Evaluation in Industry. London: Taylor and Francis.
- Claßen K (2012). Zur Psychologie von Technikakzeptanz im höheren Lebensalter: Die Rolle von Technikgenerationen. Dissertation.
- 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.
- Laugwitz, B.; Held, T.; Schrepp, M. (2008). Construction and Evaluation of a User Experience Questionnaire. In A. Holzinger (Hrsg.), HCI and Usability for Education and Work: 4th Symposium of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering of the Austrian Computer Society, USAB 2008, Graz, Austria, November 20-21, 2008. Proceedings (S. 63-76). Berlin, Heidelberg: Springer.
- 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.

Danksagung: Diese Studie wurde im Rahmen der Forschungsprojekte »Leistungszentrum Logistik und IT« sowie »Innovationslabor Hybride Dienstleistungen in der Logistik« durchgeführt. Ein ganz besonderer Dank gilt Frau Alexandra Eichler und Herrn Felix Moritz Bedarf für die Unterstützung bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Studie.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten

65. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

GfA-Press

Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,
Technische Universität Dresden;
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2019
ISBN 978-3-936804-25-6

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 Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband 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

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de