

## **Datenbrillen vs. Staplerterminals: Kognitive Belastung von Anzeigesystemen auf Gabelstaplern**

Benno GROSS, Michael BRETSCHEIDER-HAGEMES,  
Andreas STEFAN, Jörg RISSLER

*Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung  
Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin*

**Kurzfassung:** Neue digitale Arbeitsmittel können effizientere, mobilere und flexiblere Arbeitsprozesse ermöglichen, gleichzeitig können aber neue Gefährdungspotenziale und Risiken für die Beschäftigten entstehen. Eine Reihe von digitalen Endgeräten und der damit verbundene Anwendungskontext sind im Bereich der Arbeitswissenschaften noch nicht umfassend erforscht. Um Gefahren mit einem präventiven Ansatz ermitteln zu können, untersucht diese Studie die Auswirkungen des Einsatzes von Datenbrillen auf Gabelstaplern hinsichtlich kognitiver Belastung. Dazu wurde der Einsatz von zwei Bautypen von Datenbrillen und einem Staplerterminal untersucht. Für die Beurteilung der kognitiven Belastung wurde ein standardisiertes Reaktionstestverfahren, der Detection Response Task (DRT) nach ISO 17488 sowie der NASA Task Load Index (NASA-TLX) zur Bewertung der empfundenen Arbeitsbelastung eingesetzt. Diese Studie soll Informationen über mögliche arbeitsbedingte Gefahren beim Einsatz von Datenbrillen auf Gabelstaplern hinsichtlich der kognitiven Belastung liefern.

**Schlüsselwörter:** Datenbrillen, Assisted Reality, Logistik, Kognitive Belastung, Detection Response Task (DRT)

### **1. Einführung**

Datenbrillen sind kopfgetragene Microcomputer, bei denen Nutzer relevante Informationen direkt in das Sichtfeld eingeblendet werden und die Geräte dafür nicht in der Hand gehalten werden müssen. Daher haben sie in verschiedenen Arbeitsbereichen das Potential, bei Tätigkeiten als mobile Anzeige- oder Assistenzsysteme eingesetzt zu werden, bei denen Beschäftigte bisher ihre Arbeitsaufträge, Baupläne und weitere für ihre Arbeit relevanten Informationen über handgehaltene Mobilgeräte (Handhelds) erhalten haben. Denkbar ist der Einsatz als Arbeitsmittel überall dort, wo es für Beschäftigte von Vorteil ist, ihre Hände für die Haupttätigkeit frei zu haben und/oder ständige Blickabwendungen oder Interaktionen mit dem Anzeigesystem für die Arbeitsverrichtung hinderlich sind (Terhoeven & Wischniewski 2017).

Besonders in der Intralogistik mit ihren komplexen Arbeitsprozessen, hohen Anforderungen an Mobilität und Effizienz stoßen visuell gestützte Kommissioniersysteme mit Datenbrillen (Pick-by-Vision) auf großes Interesse und werden in zahlreichen Logistikunternehmen pilotiert. In diesem Kontext werden auch Einsatzszenarien geprüft, die über Kommissionierungstätigkeiten im Lauflager oder an stationären Arbeitsplätzen hinausgehen, beispielsweise die Verwendung von Datenbrillen als digitale Anzeigesysteme auf Gabelstaplern. Konkret sollen dabei Fahrer/-innen von

Gabelstaplern die für ihren Arbeitsbereich relevanten Informationen statt über ein Staplerterminal (Monitoranzeigesystem) über Datenbrillen erhalten. Das Führen von Fahrzeugen gehört zu Tätigkeiten, die mit hoher Arbeitsbelastung einhergehen und regelmäßig unfallintensiv sind (Statistik Arbeitsunfallgeschehen 2017).

## **2. Leitfrage**

Die Studie des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) und der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW) untersucht, ob der Einsatz von digitalen Anzeigesystemen während der Fahrt mit Gabelstaplern auf eine Zunahme der kognitiven Belastung hindeutet und inwieweit sich Unterschiede zwischen Datenbrillen gegenüber einem in der Praxis etablierten Staplerterminal ermitteln lassen.

## **3. Material und Methoden**

### *3.1 Gabelstaplersimulator*

Für die Studie wurde der Gabelstaplersimulator des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) verwendet, der eine für die Praxis typische Arbeitsumgebung und ein Fahrzeug mit einem vollhaptischen Fahrzeuginnenraum simuliert. Die Simulationssoftware (Unity Engine) wurde auf drei 55-Zoll-Flachbildschirmen in Full-HD dargestellt. Je nach Einstellung des positionsvariablen Fahrersitzes variierte der Abstand zwischen Auge und Flachbildschirm von 85-100 cm.

### *3.2 Digitale Anzeigesysteme*

In der Studie wurden drei verschiedene digitale Anzeigesysteme eingesetzt: Ein Staplerterminal (Tablet: 10,1-Zoll-Display mit Halterung an der Mittelkonsole des Gabelstaplersimulators) und zwei verschiedene Datenbrillen (HMD1: Monokulares Display und Touchpad am Seitenrahmen; HMD2: Binokulares Display und ein externes Touchpad mit Halterung an der Mittelkonsole des Gabelstaplersimulators).

### *3.3 Studienkollektiv*

Insgesamt wurden 32 männliche Personen aus dem IFA sowie einem Partnerunternehmen für Logistik zu der Studie eingeladen. Voraussetzungen für die Teilnahme war ein gültiger Gabelstaplerschein; außerdem durften die Testpersonen keine Brille tragen bzw. einen Gabelstapler ohne Brille fahren können. Vor der Teilnahme wurden die Testpersonen über die allgemeinen Bedingungen der Studie informiert. Alle Personen nahmen auf freiwilliger Basis teil, nachdem sie ihre Einwilligung in schriftlicher Form erteilt hatten. Es war jederzeit möglich, die Teilnahme ohne negative Folgen für die Testpersonen abzubrechen. Daten von neun Teilnehmern wurden aufgrund von Simulator Sickness oder unvollständiger Datensätze nicht ausgewertet. Die restlichen 23 Testpersonen hatten ein Alter zwischen 23 und 53 Jahren mit einem Durchschnittswert von 40 Jahren. Einer der Probanden war Brillenträger, nahm aber an dem Experiment ohne Brille teil.

Nach Angaben der Testpersonen lag die Fahrpraxis mit Gabelstaplern zwischen 0,3 Stunden und 40,0 Stunden pro Monat mit einem Mittelwert von 6,5 Stunden und einem Median von 3,0 Stunden.

### *3.4 Aufgaben*

Gemäß ISO 17488 bestand das Studiendesign aus einem Drei-Aufgaben-Setting: Die Primäraufgabe bestand darin, im Fahrsimulator durch ein virtuelles Lager mit nummerierten Regaltrassen ohne andere Verkehrsteilnehmer zu fahren und Regale mit bestimmten Nummern anzusteuern. Bei jedem Run wurden Fahrfehler gemessen: Ein Fahrfehler trat auf, wenn Objekte (Wände, Regale) in der Simulation vom Fahrzeug berührt wurden.

Die Sekundäraufgabe wurde in drei aufeinanderfolgenden randomisierten zweiminütigen Runs auf den drei verwendeten digitalen Anzeigesystemen ausgeführt: Dabei sollten die Testpersonen angezeigte Navigationsziele (Regalnummer, Fachnummer) ansteuern und die Ankunft auf dem Anzeigegerät bestätigen. Diese Aufgabe wurde bis zum Ende des jeweiligen Runs wiederholt. Zudem wurde die Aufgabenbelastung durch das ständige Auslesen von Zahlen (1-10), die in fünfsekündigem Abstand auf dem Anzeigesystem erschienen, verdichtet.

Die Reaktionsaufgabe wurde mit einem optischen Reiz mit der Detection Response Task (DRT) durchgeführt. Die Leuchtdiode befand sich im Sichtfeld der Testpersonen. Bei jedem Run mussten die Testpersonen auf etwa 30 Reize reagieren, indem sie einen Knopf am Zeigefinger drückten. Ein Treffer wurde gezählt und mit der entsprechenden Reaktionszeit gespeichert, wenn eine Reaktion zwischen 100 ms und 2500 ms stattfand. Neben der Reaktionszeit wurde auch die Trefferrate erfasst.

### *3.5 Fragebögen*

Die subjektive Arbeitsbelastung für die jeweiligen Anzeigesysteme wurde von den Testpersonen nach jedem Run mittels eines standardisierten Fragebogens, NASA-TLX (Hancock 1988) erfasst. Dieser bestand aus sechs Einzelfragen zu verschiedenen Aspekten der Belastung, die durch ein Kreuz auf einer Skala beantwortet wurden. Da die Skala 20 Tickmarks zwischen "low/good" und "high/bad" enthielt, wurden die Kreuze als Zahlen zwischen 0 und 20 ausgewertet. Die einzelnen Antworten wurden nicht gewichtet.

Nach den Runs wurden allgemeine Fragen gestellt, welches Anzeigesystem favorisiert wurde, welches am wenigsten ablenkte und ob eine bestimmtes Anzeigesystem die Sicht einschränkte.

### *3.6 Vorgehensweise*

Vor jeder Sitzung wurden die Testpersonen gebeten, Trainingsläufe ohne Sekundäraufgabe durchzuführen, bis sie sich mit dem Umgang mit der Simulation vertraut gemacht hatten. Danach wurden den Testpersonen die Sekundäraufgabe, die Reaktionsaufgabe sowie die entsprechenden Anzeigesysteme vorgestellt. Anschließend wurde eine weitere Praxisphase durchgeführt, deren Ablauf dem realen Test ohne Reaktionstest und Fragebogen entsprach.

Es folgten 4 Runs, bei denen die Testpersonen zusätzlich den DRT durchführen und nach jedem Run die Arbeitsbelastung mit dem NASA-TLX einschätzen mussten:

- Betrieb ohne Anzeigesystem (Baseline: Navigationsziele werden vom Studienleiter vorgelesen)
- Betrieb mit monokularer Anzeigesystem (HMD1)
- Betrieb mit binokularem Anzeigesystem (HMD2)
- Betrieb mit Staplerterminal (Tablet)

Jeder Run dauerte je zwei Minuten und erfolgte in zufälliger Reihenfolge. Insgesamt dauerte eine Sitzung ca. 30 Minuten.

## 4. Ergebnisse

Im Versuchsaufbau wurden drei Leistungsparameter aus den objektiven Messungen verwendet: Fahrfehler, Reaktionszeiten und die Trefferraten aus dem DRT. Die Ergebnisse der objektiven Messung wurden von dem NASA-TLX und einem allgemeinen Fragebogen begleitet.

### 4.1 Fahrfehler

Die Analyse der Fahrfehler für die gesamte Strecke der 23 Testpersonen zeigt eine geringe Anzahl von Fahrfehlern: In nur in 21 von 92 kompletten Runs sind überhaupt Fahrfehler aufgetreten (Baseline: 4 Fahrfehler; HMD1: 5 Fahrfehler; HMD2: 12 Fahrfehler; Tablet: 12 Fahrfehler) Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Fahrfehlern und kognitiver Belastung konnte dabei nicht nachgewiesen werden; die Fahrfehler scheinen auf niedrigem Niveau zufällig aufgetreten zu sein.

### 4.2 Reaktionszeiten und Trefferraten

Die Ergebnisse zeigen, dass die durchschnittlichen Reaktionszeiten der Testpersonen mit digitalen Anzeigesystemen niedriger waren als bei Runs ohne zusätzliche Aufgaben: Bei Runs mit HMD1 waren die Unterschiede in den Reaktionszeiten im Durchschnitt 147 ms, bei HMD2 130 ms und beim Tablet 103 ms langsamer als bei den Baseline-Runs. Dieser Effekt ist statistisch signifikant. Darüber hinaus sanken die Trefferraten im Durchschnitt, wenn in den Runs digitale Anzeigesysteme eingesetzt wurden. Aber es wurde kein signifikanter Unterschied in den Reaktionszeiten oder Trefferraten bei der Nutzung eines Anzeigesystems im Vergleich zu einem anderen festgestellt.

### 4.3 Fragebögen

Die Ergebnisse der NASA-TLX unterstützen die Ergebnisse der objektiven Messung: Die Analyse der Ergebnisse des NASA-TLX für Runs ohne und mit digitalen Anzeigesystemen zeigt, dass die subjektive Arbeitsbelastung bei der Nutzung von Anzeigesystemen stieg. Bei der Einschätzung zwischen den verschiedenen Geräten, zeigte die Analyse keinen signifikanten Unterschied in der Arbeitsbelastung.

In den Antworten des allgemeinen Fragebogens präferierten die meisten Testpersonen das Tablet, HMD1 belegte den zweiten Platz, und nur zwei Befragte bevorzugten HMD2. Dies gilt auch für die Beurteilung des am wenigsten störende Anzeigesystems: Insgesamt wurde das Tablet mit der geringsten Ablenkung und der geringsten Sichteinschränkung eingeschätzt, HMD2 mit der größten.

## 5. Diskussion

### 5.1 Studienkollektiv

Die Testpersonen der Studie wurden im Voraus nach bestimmten Kriterien ausgewählt.

Zudem ist davon auszugehen, dass Gabelstaplerfahrer in der Regel eine höhere monatliche Fahrpraxis haben als die von den Testpersonen dieser Studie. Daher ist das Studienkollektiv nicht repräsentativ und die Ergebnisse der Studie können nur mit Einschränkungen auf die Gruppe aller Gabelstaplerfahrer angewendet werden.

### 5.2 Fahrfehler

Da die Fahrfehler in dieser Prüfung mit einer niedrigen Rate und zufällig aufgetreten sind, wurde die Primäraufgabe, im Gabelstaplersimulator zu fahren, unabhängig von der vergleichsweise geringen Fahrpraxis der Testpersonen erfolgreich erfüllt.

Andererseits kann daraus nicht geschlossen werden, dass Fahrfehler in der Regel unabhängig vom persönlichen Trainingsstand und/oder der Arbeitsbelastung sind. Dies muss jedoch in einem anderen Testdesign untersucht werden.

### 5.3 Reaktionszeiten und Trefferraten

Die Ergebnisse der objektiven Messung zeigen, dass die kognitive Arbeitsbelastung der Teilnehmer durch den Einsatz von digitalen Anzeigegegeräten (HMD1, HMD2, Tablet) deutlich zugenommen hat.

Darüber hinaus konnte aber nicht geklärt werden, ob ein unterschiedliches Maß an kognitiver Belastung zwischen den digitalen Anzeigesystemen auftritt. Weder die Reaktionszeiten noch die Trefferraten hatten schlüssige oder signifikante Auswirkungen, die es ermöglichen, ein bestimmtes Anzeigesystem zu priorisieren. Daher muss die Frage nach den Unterschieden zwischen den Anzeigesystemen in nachfolgenden Studien geklärt werden.

### 5.4 Fragebögen

Die im NASA-TLX ermittelte Belastung bezieht sich eher auf eine allgemeine, subjektiv empfundene Arbeitsbelastung als auf eine messbare kognitive Belastung. Es ist jedoch plausibel, dass die Ergebnisse der NASA-TLX stark mit der kognitiven Belastung der objektiven Messungen korrelieren. Trotz der geringeren Validität der NASA-TLX im Vergleich zu den objektiven Messungen liefert die Analyse qualitativ ähnliche Ergebnisse.

Die Ergebnisse des allgemeinen Fragebogens waren am wenigsten zuverlässig. Die Präferenz für ein bestimmtes Gerät kann durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden und daher ist partiell ein Zusammenhang zu der kognitiven Belastung aus der objektiven Messung anzunehmen.

## 6. Fazit

Die Studie untersuchte die kognitive Belastung, die durch den Einsatz digitaler Anzeigesysteme auf Gabelstaplern während der Fahrt auftreten kann. Die Ergebnisse geben Aufschluss über das kognitive Belastungspotential der untersuchten Anzeigesysteme Staplerterminal sowie monokulare und binokulare Datenbrillen.

In Bezug auf das zentrale Thema der Studie wurde festgestellt, dass die kognitive Belastung bei der Verwendung von digitalen Anzeigesystemen signifikant zunimmt. Dies wurde sowohl durch die Ergebnisse der objektiven Messungen nach ISO 17488 als auch durch die subjektiv wahrgenommene Arbeitsbelastung nach dem NAS-TLX-Fragebogen bestätigt. Die Ergebnisse der Studie zeigen jedoch keine signifikanten Unterschiede in der kognitiven Belastung zwischen den drei untersuchten digitalen Anzeigesystemen. Daher muss die Frage nach den Unterschieden zwischen den Geräten in nachfolgenden Studien geklärt werden. Darüber hinaus hat die Studie gezeigt, dass die Akzeptanz von Staplerterminals höher ist als bei kopfgetragenen Anzeigesystemen.

Die Auswirkungen des Einsatzes von Datenbrillen auf Gabelstaplern in einer realen Arbeitsumgebung können durch die Studie nicht vollständig abgedeckt werden. Sie werden wesentlich durch Faktoren beeinflusst, die im Rahmen der jeweiligen Gefährdungsbeurteilung zu beurteilen sind: Art und Komplexität der zu erfüllenden Aufgaben, Nutzungsdauer und eingesetzte Software. Vor dem Einsatz von digitalen Anzeigesystemen auf Gabelstaplern sollte deshalb geprüft werden, ob der geplante Einsatzbereich eine zusätzliche kognitive Belastung für die Beschäftigten zulässt.

## 7. Literatur

- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (2018) Statistik Arbeitsunfallgeschehen 2017. Berlin.
- Hart SG, Staveland LE (1988) Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In: Hancock PA (eds.), Human mental workload, 139-183. Amsterdam.
- ISO 17488:2016 -Road vehicles -- Transport information and control systems -- Detection-response task (DRT) for assessing attentional effects of cognitive load in driving.
- Terhoeven J, Wischniewski S (2017) Datenbrillen im Einsatz. Gute Arbeit 05/2017: 24-26.



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](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)