Zbl Arbeitsmed 2021 · 71:24–28
<https://doi.org/10.1007/s40664-020-00394-7>
Online publiziert: 2. April 2020
© Der/die Autor(en) 2020

A. Holz^{1,2} · R. Herold¹ · D. Friemert³ · U. Hartmann³ · V. Harth¹ · C. Terschüren¹

¹ Zentralinstitut für Arbeitsmedizin und Maritime Medizin (ZfAM), Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE), Hamburg, Deutschland

² Institut für Medizinische Biometrie und Epidemiologie, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE), Hamburg, Deutschland

³ Fachbereich Mathematik und Technik, Labor für Ergonomie und Virtuelle Realität, RheinAhrCampus (RAC) der Hochschule Koblenz, Remagen, Deutschland

Datenbrillen am Arbeitsplatz

Informationsdichte am Auge

Datenbrillen – aktuelle Veränderung in der Warenlogistik

Der Einsatz von Datenbrillen für die Übermittlung von Informationen und Instruktionen an Beschäftigte wird in vielen Branchen diskutiert. In der Logistik sollen Datenbrillen z.B. in der Kommissionierung unterstützen. Ziel ist es, Arbeitsabläufe zu beschleunigen, Fehler zu verringern sowie die Effizienz zu steigern. Relevante Informationen werden direkt in das Sichtfeld projiziert und die Beschäftigten u.a. durch die Lagerhalle navigiert. Die Datenbrille soll Laptop, Handscanner, Sprachkommissionierung oder Papierbögen ersetzen, sodass die Beschäftigten immer beide Hände für die Kommissioniertätigkeiten und die Handhabung von Transportfahrzeugen im Logistikzentrum frei haben. Im Folgenden wird dargestellt, welche wissenschaftlichen Erkenntnisse bisher bezüglich möglicher Auswirkungen auf die Gesundheit von Augen und Psyche vorliegen.

Hintergrund – Arbeit in der Warenlogistik und Kommissionierung

Ein zukünftiges Hauptanwendungsgebiet für Datenbrillen am Arbeitsplatz wird in der „Lagerei“ gesehen – einer Dienstleistung, die von Logistikunternehmen angeboten wird und die die Lagerung, den Umschlag sowie die Kommissionierung von Gütern und Waren umfasst [14]. Lagerei zählt nach

der Klassifikation der Wirtschaftszweige zum Dienstleistungsbereich „Verkehr und Lagerei“ [17]. Dieser Wirtschaftszweig umfasst die Teilbereiche „Landverkehr und Transport in Rohrfernleitungen“, „Schifffahrt“, „Luftfahrt“, „Lagerei sowie Erbringung von sonstigen Dienstleistungen für den Verkehr“ und „Post-, Kurier- und Expressdienste“. Im Jahr 2016 waren laut Statistischem Bundesamt 106.600 Unternehmen in diesem Dienstleistungsbereich tätig – mit einer Beschäftigtenzahl von 2,3 Mio. Personen, die einen Gesamtumsatz von 315,1 Mrd. € erwirtschafteten. Im Vergleich zum Vorjahr stieg die Anzahl der Unternehmen um 5,1 % und die Anzahl der Beschäftigten um 5,0 % an. Der Gesamtumsatz wurde dabei um ca. 778,0 Mrd. € (0,2 %) gesteigert. Der Wirtschaftsabschnitt „Lagerei und Erbringung von sonstigen Dienstleistungen für den Verkehr“ stellte 21.365 (20 %) der insgesamt 106.600 Unternehmen mit insgesamt 753.431 tätigen Personen. Der Zuwachs der in diesem Bereich Tätigen war mit 8,7 % (60.500 Personen) im Vergleich zum Vorjahr gegenüber den anderen Wirtschaftsabschnitten besonders groß. Insgesamt wurden 2016 im Teilbereich „Lagerei und Erbringung von sonstigen Dienstleistungen für den Verkehr“ 128,4 Mrd. € erwirtschaftet. Dies entspricht einem Anteil von 40,8 % des in dem gesamten Dienstleistungsbereich erwirtschafteten Umsatzes [18] und zeigt dessen große Bedeutung für die Wirtschaft und den Arbeitsmarkt. In seiner Branchenerhebung 2014/2015 berichtet der Deutsche Speditions- und

Logistikverband [3], dass in Speditions- und Logistikbetrieben gewerbliche Beschäftigte, wie Fahrer/innen, Gabelstaplerfahrer/innen, Kommissionierer/innen und Lagerist/innen, mehr als die Hälfte der Belegschaft (55 %) bilden. Die Datenbrillen sollen vor allem die Vorgänge des Kommissionierens von Gütern unterstützen. Im Display sollen Informationen für den Prozess des Zusammenstellens verschiedener Güter anhand von Aufträgen aus einem Gesamtsortiment angezeigt werden [13, 22]. Mit der Nutzung von Datenbrillen am Arbeitsplatz werden neue Anforderungen an die Arbeitsplatzsicherheit gestellt und zugleich Fragen bezüglich möglicher gesundheitlicher arbeitsplatzbezogener Risiken und Potenziale, die sich für die Beschäftigten ergeben, aufgeworfen.

Aktueller Stand der Forschung

Getestet wurden Datenbrillen von Großunternehmen in der Lagerlogistik, der Montage und der Fernwartung [1, 2, 4, 6]. Es wurden sowohl Pilotstudien [6, 23] durchgeführt als auch Einsätze unter realen Bedingungen an ausgewählten Arbeitsplätzen [1, 2, 4, 7]. In den bisher durchgeführten Pilotstudien standen der Einfluss von Datenbrillen auf Arbeitseffizienz und Prozesssicherheit im Fokus. Auswirkungen von Datenbrillen auf physische und psychische Belastungen am Arbeitsplatz wurden nur wenig einbezogen. Ergebnisse dazu werden nachfolgend skizziert.

Datenbrillen und Augengesundheit

Bei den bisher eingesetzten Kommissionierungsverfahren wie z. B. dem „Pick-by-Light“ oder dem „Pick-by-MDE“ (MDE, mobiles Datenerfassungsgerät) werden die für den Kommissionierungsvorgang benötigten Informationen auf einem herkömmlichen Bildschirm, z. B. auf einem Tablet, Smartphone, Wandmonitor oder durch Leuchtsignale in einem Leseabstand von ca. 0,5–1,0 m dargestellt. Bei der Verwendung einer Datenbrille werden die Informationen unmittelbar vor dem Auge auf das Display in der Datenbrille projiziert.

In den Studien, die die Augengesundheit berücksichtigten, wurde der Einfluss des Einsatzes von Datenbrillen in Form der Augenermüdung, der Veränderung der Konvergenzpunkte der Augen, des Entstehens eines Übelkeitsgefühls während des Tragens der Datenbrille sowie der Sehkraft und der Gesichtsfeldsensitivität gemessen [5, 8, 11, 21, 24]. So untersuchten Gabbard et al. in ihrer experimentellen Studie den Effekt, den ein wiederholter Kontext- und Brennweitenwechsel bei der Nutzung einer Datenbrille im Vergleich zu einer Nutzung einer herkömmlichen Informationsdarstellung, wie auf einem PC-Bildschirm, auf die subjektiv empfundene Ermüdung der Augen hat. Der wiederholte Kontext- und Brennweitenwechsel entsteht durch die Präsentation der für die Ausführung der Tätigkeit relevanten Informationen auf dem Display der Datenbrille in unmittelbarer Nähe des Auges und dem anschließenden Fokussieren von z. B. zu kommissionierender Ware, die sich in einer größeren Entfernung befindet. Die Autoren berichten in ihrer Studie, dass der wiederholte Kontext- und Brennweitenwechsel bei der Nutzung einer Datenbrille im Vergleich zu einer herkömmlichen Präsentation der Informationen bei 87,5 % der Probanden und Probandinnen zu einer Ermüdung der Augen sowie zu Kopfschmerzen führte [5]. In einer weiteren Studie von Wille et al. mit insgesamt 41 Teilnehmern und Teilnehmerinnen zeigte sich jeweils in Bezug auf die subjektiv empfundene Ermüdung der Augen das gleiche Er-

gebnis. Die Nutzung einer Datenbrille (Head Mounted Device [HMD]) zur Darstellung der auszuführenden Arbeitsschritte führte zu einer größeren Ermüdung des visuellen Systems als die Nutzung eines herkömmlichen Displays. Die visuelle Ermüdung wurde mittels eines spezifischen Fragebogens (Visual Fatigue Questionnaire [VFQ]) mit einer 10-Punkte-Skala zu 16 Punkten erhoben [24]. Für den Punkt „Schwierigkeiten beim scharf Sehen“ wurde die Nutzung der Datenbrille schlechter bewertet ($F[1, 36] = 28.662; p < 0,001$). Des Weiteren wurde berichtet, dass ältere Probanden und Probandinnen bei der Nutzung der Datenbrille stärker gestresst waren ($F[1, 35] = 6.684; p = 0,014$).

» Datenbrillen beanspruchen die Augen anders als Bildschirme am PC oder in der Hand gehaltene Tablets

Eine weitere Erklärung für die Ermüdung des visuellen Systems kann neben einem durch die Datenbrille bedingten wiederholten Kontext- und Brennweitenwechsel in den unterschiedlichen Konvergenzpunkten der Augen begründet sein, die bei der Nutzung einer Datenbrille gegenüber der Nutzung eines herkömmlichen Bildschirms bei gleichem Abstand der dargestellten Informationen festgestellt wurden. Huckauf et al. stellten in ihrer Studie fest, dass sich die Konvergenzpunkte der Augen bei der Informationsdarstellung auf einem herkömmlichen Bildschirm im Vergleich zu einer Präsentation der Informationen auf einem Display einer Datenbrille trotz gleicher Entfernung des Bildes unterschieden [8]. Neben der Augenermüdung konnten Kim et al. in ihrer Studie zeigen, dass die Verwendung von Datenbrillen bei der Durchführung einer Kommissionierung im Vergleich zur Nutzung einer Papierliste vermehrt zu Übelkeitsgefühlen führte, die mittels eines Fragebogens (Simulator Sickness Questionnaire, SSQ, [10]) zu sechs Punkten wie generellem Unbehagen und Kopfschmerzen anhand einer 5-stufigen Likert-Skala erhoben wurden. Die Übelkeitsgefühle werden durch ei-

ne dem Auge vorgetäuschte Bewegung hervorgerufen, die der Information des Gleichgewichtsorgans im Innenohr widerspricht [11].

Eine Veränderung der Sehkraft, sowohl im Fern- als auch Nahbereich, oder der Sensitivität des Gesichtsfeldes wurde bisher bei der Nutzung von Datenbrillen am Arbeitsplatz nicht gezeigt [21].

Psychische Auswirkungen

Als Parameter für psychische Auswirkungen der Nutzung von Datenbrillen im industriellen Setting wurden vor allem die Aspekte kognitive Beanspruchung, Effizienz und Akzeptanz der Beschäftigten betrachtet.

Kognitive Beanspruchung

In den Studien von Gross et al. (2018), Sedighi et al. (2018) sowie Theis et al. (2015) wurden zur Bestimmung der kognitiven Belastung während der Durchführung von Arbeitstätigkeiten mit Datenbrillen der NASA Task Load Index (TLX) sowie die Rating Scale of Mental Effort (RSME) eingesetzt, beides Messinstrumente, die die subjektiv wahrgenommene Arbeitsbelastung darstellen.

» Ergebnisse zur kognitiven Beanspruchung beim Einsatz von Datenbrillen sind inkonsistent

Die Ergebnisse der drei Studien [7, 16, 21] zeigen, dass die kognitive Belastung der Beschäftigten bei der Informationsbereitstellung durch ein digitales Gerät (Tablet oder Datenbrille) im Vergleich zur papierbasierten bzw. mündlichen Informationsbereitstellung zunahm. Vergleiche zwischen den jeweiligen digitalen Geräten in Bezug auf die kognitive Belastung zeigten inkonsistente Befunde. Teils wurden keine Unterschiede berichtet [7, 16, 21], Wille et al. jedoch fanden, dass in ihrer Studie die kognitive Beanspruchung bei der Nutzung der Datenbrille im Vergleich zur Nutzung eines Tablets zunahm. Bezogen auf das Stressempfinden wurden beide Darstellungsarten (Tablet vs. Datenbrille) als ähnlich belastend empfunden [24]. Basierend auf den noch inkonsistenten Ergebnissen dieser

drei Studien bedarf es weiterer Untersuchungen, die mögliche Unterschiede in der kognitiven Beanspruchung zwischen den verschiedenen digitalen Geräten betrachten.

Weiterhin wurde die visuelle Aufmerksamkeit der Beschäftigten untersucht. Zur Durchführung von Dual-Task-Aufgaben, die sowohl die Rezeption von Informationen, die auf einem digitalen Gerät bereitgestellt werden, als auch die gleichzeitige Ausführung der eigentlichen Arbeitstätigkeit umfassen, berichten Lewis und Neider und Tegtmeier und Wischniewski, dass die Beschäftigten zum einen nicht in der Lage waren, die für die Ausführung der Arbeitstätigkeit relevanten Informationen herauszufiltern und zum anderen die Arbeitsleistung nachteilig beeinflusst wurde. In der Studie von Lewis und Neider bestand die Dual-Task-Aufgabe in einer Suchaufgabe, die in der Versuchsbedingung durch das Einblenden weiterer Informationen erschwert wurde. Die Autoren konnten zeigen, dass sich die Reaktionszeit in der Versuchsbedingung, die für das Lösen der Suchaufgabe benötigt wurde, im Durchschnitt um 450–600 ms verlängerte. Des Weiteren konnten die Autoren zeigen, dass die Probanden trotz der vorherigen Ankündigung, dass die zusätzlich eingeblendeten Informationen irrelevant seien, nicht in der Lage waren, diese zu ignorieren. Dies zeigte sich in der gleichen Reaktionszeit in der Versuchsbedingung mit und ohne Ankündigung. Die Autoren gaben zu bedenken, dass unter der Annahme, dass Datenbrillen in Zukunft für komplexere Aufgaben verwendet werden, sich die Reaktionszeit entsprechend der Komplexität der Aufgabe weiterhin erhöhen könnte. Tegtmeier und Wischniewski verwendeten die Fehleranzahl bei der Durchführung einer Dual-Task-Aufgabe als Indikator für die Arbeitsleistung. Die Autoren konnten zeigen, dass sich die durchschnittliche Fehleranzahl von 2,97 (SD 2,83) bei der Nutzung einer Datenbrille signifikant von der durchschnittlichen Fehleranzahl von 0,16 (SD 0,33) bei der Nutzung eines herkömmlichen Klemmbrettes unterschied ($F[2, 70] = 25,46$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,42$) und die Nutzung ei-

Zbl Arbeitsmed 2021 · 71:24–28 <https://doi.org/10.1007/s40664-020-00394-7>
© Der/die Autor(en) 2020

A. Holz · R. Herold · D. Friemert · U. Hartmann · V. Harth · C. Terschüren

Datenbrillen am Arbeitsplatz. Informationsdichte am Auge

Zusammenfassung

Der Artikel gibt eine Übersicht über den aktuellen Forschungsstand zum Einsatz von Datenbrillen an industriellen Arbeitsplätzen. Datenbrillen präsentieren Informationen und Instruktionen zu Tätigkeiten und Arbeitsschritten in einem in die Brille integrierten Display unmittelbar vor dem Auge. Laptops und mobile Handscanner, die in den Händen gehalten werden müssen, um Informationen zu lesen bzw. zu erfassen, sollen dadurch abgelöst werden. In der Branche der Warenlogistik und Kommissionierung besteht ein großes Interesse daran, die Beschäftigten mit Datenbrillen auszustatten, sodass sie beide Hände für die manuellen Kommissionierungstätigkeiten und den Transport in den Logistikzentren frei haben. Es stellt sich die Frage, welche veränderten Belastungen und Beanspruchungen die Positionierung des Displays mit den für die Tätigkeit benötigten Angaben als Text

oder Grafik direkt vor dem Auge für die Beschäftigten bedeutet. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt liegen überwiegend Ergebnisse aus Pilotstudien oder aus experimentellen Studien vor, bei denen Probanden an nachgebauten Laborarbeitsplätzen unter standardisierten Bedingungen Datenbrillen genutzt haben. Dieser Artikel ist das Ergebnis einer umfangreichen Literaturrecherche, fasst die bisherigen Ergebnisse zu möglichen Auswirkungen von Datenbrillen auf die Gesundheit der Augen zusammen und beinhaltet auch die Diskussion über psychische Belastungen und Beanspruchungen, die bei intensiver Nutzung von Datenbrillen auftreten können.

Schlüsselwörter

Erweiterte Realität · Warenlogistik · Augengesundheit · Kognition · Akzeptanz

Smart glasses at the workplace. Information density straight before the eye

Abstract

This article gives an overview of the current state of research regarding the use of smart glasses at industrial workplaces. Smart glasses provide context-related information and user-specific instructions on a display positioned in front of the eye(s). Hand held laptops or scanners which pass on or record information are to be replaced. In the fields of logistics and picking, there is an increasing interest to equip employees with smart glasses and augmented reality devices. When using smart glasses both of the employees' hands are free for manual operations and transportation tasks in the storehouses. It is an open question whether smart glasses

presenting information very close to the eye induce increased strain and higher demands on the eyes. Results that have been published so far are predominantly from pilot and experimental studies. This article provides an overview of the scientific literature dealing with the possible effects of smart glasses on the human eyes and mental strain or stress which could result from intensive use of these glasses.

Keywords

Augmented reality · Logistics · Eye health · Cognition · Acceptance

ner Datenbrille somit mit einer Einbuße der Arbeitsleistung einhergeht [15, 19].

Effizienz

Aufgrund des innovativen Charakters der Thematik existieren bis zum jetzigen Zeitpunkt sehr wenige Studien, die sich mit dem Aspekt der Effizienz bei der Ausführung von Tätigkeiten mit einer Datenbrille auseinandersetzen. Zudem sind auch hierzu die Ergebnisse inkon-

sistent. So stellten Ishio et al. in ihrer Studie fest, dass der Einsatz von Datenbrillen im Vergleich zu einer auf Papier dargestellten Arbeitsanweisung zu einer signifikant verbesserten Arbeitsleistung führte, gemessen an der Arbeitszeit und der Fehleranzahl bei der Durchführung der Tätigkeit [9]. Theis et al. kamen dagegen zu dem Ergebnis, dass die Nutzung einer Datenbrille im Vergleich zu einer Informationsdarstellung auf einem

herkömmlichen Wanddisplay zu einer Verminderung der Arbeitsleistung führte, ebenfalls gemessen an der für die Durchführung benötigten Zeit [21]. In Bezug auf die Informationsdarstellung im Display der Datenbrille stellten Kim et al. fest, dass eine grafikbasierte Information von den Beschäftigten besser verstanden wird als eine textbasierte Präsentation. Bei grafischen Darstellungen wurde weniger Zeit für die Durchführung der Arbeitsaufgabe benötigt, und während der Ausführung der Tätigkeit wurden weniger Fehler gemacht [11].

Akzeptanz

Zahlreiche Faktoren wie der Datenschutz und die Hygiene, der Tragekomfort, die Displaykonfiguration der Datenbrille sowie die Technikaffinität des Nutzers haben einen Einfluss auf die Akzeptanz der Beschäftigten, wenn es um den Einsatz von Datenbrillen am Arbeitsplatz geht [2, 5, 11, 12, 20, 24]. Koelle et al. sowie Borisov et al. zeigten in ihren Studien, dass die Akzeptanz des Nutzers durch Aspekte bezüglich des Datenschutzes [12] und der Hygiene bzw. des Gesundheitsschutzes [2] beeinflusst und die Einhaltung von den Befragten in qualitativen Interviews als wichtig bewertet wurden. Neben den Aspekten des Datenschutzes und der Hygiene war ein weiterer entscheidender Faktor der Tragekomfort sowie das durch die Datenbrille auf den Kopf und den Nacken ausgeübte Gewicht. Beide Punkte wurden in den Studien von Wille et al., Gabbard et al. sowie Koelle et al. von den Probandinnen und Probanden bemängelt [5, 12, 24]. So gaben 41,6 % der Probanden in der Studie von Gabbard et al. an, dass das Gewicht des verwendeten Head Mounted Display (HMD) zu groß sei. In der Studie von Koelle et al. berichteten 13 der insgesamt 118 Probanden, dass der fehlende Tragekomfort einen limitierenden Faktor für den zukünftigen Gebrauch von Datenbrillen darstellt.

Auch die Displaykonfiguration spielt eine wichtige Rolle für die Akzeptanz. Die Beschäftigten in der Studie von Koelle et al. gaben an, eine flexible Positionierung des Displays bei einer gleichzeitigen hohen Displayauflösung zu bevorzugen [12]. Des Weiteren wurde

der ergonomischen Informationsdarstellung großes Gewicht beigemessen. Kim et al. kamen in ihrer Studie zu dem Ergebnis, dass die Teilnehmenden eine grafikbasierte Informationsdarstellung nicht nur besser verstehen als eine textbasierte Präsentation, sondern auch subjektiv bevorzugen [11]. Terhoeven et al. stellen fest, dass die Akzeptanz von der beruflichen Anwendung beeinflusst wird: Während die Datenbrillen im Anwendungsfall „Kommissionierung“ von den Beschäftigten eher negativ beurteilt wurden, wurden sie im Anwendungsfall „Montage“ positiver eingeschätzt [20]. Wille et al. stellten außerdem fest, dass die Beurteilung der neuen Technologie auch von der persönlichen Technikaffinität der Befragten abhing. So zeigten Nutzer der Datenbrille mit einer geringen Technikaffinität höhere Stresswerte als Nutzer, für die eine hohe Technikaffinität ermittelt wurde [24].

Ausblick und aktueller Forschungsbedarf

Bisher liegen nur wenige Studien zum Einsatz der digitalen Technologie „Datenbrille“ vor, überwiegend sind es experimentelle Laborstudien, in denen Arbeitsplätze nachgebaut wurden und Probandinnen und Probanden unter standardisierten Bedingungen die Tätigkeiten ausgeführt haben. Diese Studien setzten sich hauptsächlich mit dem Einfluss der Datenbrille auf Arbeitseffizienz und Prozesssicherheit auseinander. Aspekte der Augengesundheit und psychischen Auswirkungen, die sowohl Risiken als auch Potenziale für die Beschäftigten in Betrieben bergen können, wurden bisher kaum berücksichtigt. Die vorliegenden Ergebnisse sind zudem z. B. in Bezug auf die kognitive Belastung und Effizienz inkonsistent.

Ziel der weiteren Forschung sollte aus diesem Grund die vermehrte Untersuchung gesundheitlicher Auswirkungen der Nutzung von Datenbrillen bei Beschäftigten im industriellen Setting sein, in dem die Datenbrillen eingesetzt werden. Die bisher fehlende bzw. unzureichende Untersuchung von Langzeiteffekten, die durch den alltäglichen, dauerhaften Einsatz von Datenbrillen bei

der Ausführung von Arbeitstätigkeiten hervorgerufen werden könnten, muss ebenfalls aufgenommen werden.

Fazit für die Praxis

- Die Nutzung von Datenbrillen am Arbeitsplatz stellt eine innovative Thematik dar, die zunehmend diskutiert, jedoch noch nicht ausreichend, v. a. in Hinblick auf gesundheitliche Auswirkungen, untersucht ist.
- Bisherige Ergebnisse, überwiegend experimentelle Laborstudien, sind inkonsistent.
- Zukünftige Studien sollten den Einsatz von Datenbrillen an realen Arbeitsplätzen mit dort tätigen Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern untersuchen, um Handlungsempfehlungen für den Gebrauch von Datenbrillen am Arbeitsplatz ableiten und Langzeiteffekte der Nutzung abschätzen zu können.

Korrespondenzadresse

C. Terschüren

Zentralinstitut für Arbeitsmedizin und Maritime Medizin (ZfAM), Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE)
Hamburg, Deutschland
c.terschueren@uke.de

Funding. Open Access funding provided by Projekt DEAL.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. A. Holz, R. Herold, D. Friemert, U. Hartmann, V. Harth und C. Terschüren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das be-

treffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Berkemeier L, Werning S, Zobel B et al (2017) Der Kunde als Dienstleister: Akzeptanz und Gebrauchstauglichkeit von Smart Glasses im Self-Service. HMD 54:781–794
- Borisov N, Weyers B, Kluge A (2018) Designing a human machine interface for quality assurance in car manufacturing: an attempt to address the “functionality versus user experience contradiction” in professional production environments. Adv Hum Comput Interact. <https://doi.org/10.1155/2018/9502692>
- Deutscher Speditions- und Logistikverband (2015) Zahlen, Daten, Fakten aus Spedition und Logistik. [https://www.dslv.org/dslv/web.nsf/gfx/6CFE028FC9D5A06BC1257E5B003C8189/\\$file/DSLVL_Zahlen-Daten-Fakten_2015-Downloadversion.pdf](https://www.dslv.org/dslv/web.nsf/gfx/6CFE028FC9D5A06BC1257E5B003C8189/$file/DSLVL_Zahlen-Daten-Fakten_2015-Downloadversion.pdf) (S. 44). Zugriffen: 4. Juni 2019
- Friemert D, Ellegast R, Hartmann U (2016) Data glasses for picking workplaces. Springer, Cham, S 281–289
- Gabbard JL, Gupta Mehra D, Swan JE II (2019) Effects of AR display context switching and focal distance switching on human performance. IEEE Trans Vis Comput Graph 25(6):2228–2241. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2832633>
- Glockner H, Jannek K, Mahn J, Theis B (2014) Augmented reality in logistics. DHL, Troisdorf
- Gross B, Bretschneider-Hagemes M, Stefan A et al (2018) Monitors vs. smart glasses: a study on cognitive workload of digital information systems on forklift trucks, S 569–578
- Huckauf A, Urbina MH, Grubert J et al (2010) Perceptual issues in optical-see-through displays. In: APGV '10: Proceedings of the 7th Symposium on Applied Perception in Graphics and Visualization, S 41–48. <https://doi.org/10.1145/1836248.1836255>
- Ishio H, Kimura R, Miyao M (2017) Age-dependence of work efficiency enhancement in information seeking by using see-through smart glasses. 12th International Conference on Computer Science and Education (ICCSE), S 107–109
- Kennedy RS, Lane NE, Berbaum KS, Lilienthal MG (1993) Simulator sickness questionnaire: an enhanced method for quantifying simulator sickness. Int J Aviat Psychol 3:17
- Kim S, Nussbaum MA, Gabbard JL (2019) Influences of augmented reality head-worn display type and user interface design on performance and usability in simulated warehouse order picking. Appl Ergon 74:186–193
- Koelle M, El Ali A, Cobus V, Heuten W, Boll SCJ (2017) All about acceptability?: Identifying factors for the adoption of data glasses. In: Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '17). Association for Computing Machinery, New York, S 295–300. <https://doi.org/10.1145/3025453.3025749>
- Krieger W (2018) Gabler Wirtschaftslexikon: Kommissionierung. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/kommissionierung-37853/version-261283>. Zugriffen: 7. Mai 2019
- Krieger W (2018) Gabler Wirtschaftslexikon: Lagerei. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/lagerei-41173/version-264543>. Zugriffen: 7. Mai 2019
- Lewis JE, Neider MB (2016) Through the Google Glass: the impact of heads-up displays on visual attention. Cogn Res Princ Implic 1:13
- Sedighi A, Ulman SM, Nussbaum MA (2018) Information presentation through a head-worn display (“smart glasses”) has a smaller influence on the temporal structure of gait variability during dual-task gait compared to handheld displays (paper-based system and smartphone). PLoS ONE 13:e195106
- Statistisches Bundesamt (2008) Klassifikation der Wirtschaftszweige. <https://www.klassifikationsserver.de/klassService/jsp/common/url.jsf?variant=wz2008>. Zugriffen: 7. Mai 2019
- Statistisches Bundesamt (2018) Strukturerhebung im Dienstleistungsbereich Verkehr und Lagerei. Fachserie 9 Reihe 4.1, S 30
- Tegtmeier P, Wischniewski S (2018) Tablets and smart glasses in modern production environments—a lab study on distracted walking. Springer, Cham, S 614–619
- Terhoeven J, Schiefelbein F-P, Wischniewski S (2018) User expectations on smart glasses as work assistance in electronics manufacturing. Procedia CIRP 72:1028–1032
- Theis S, Mertens A, Wille M et al (2015) Effects of data glasses on human workload and performance during assembly and disassembly tasks. 19th Triennial Congress of the IEA, Melbourne, 9–14 August 2015
- Tup-Redaktion (2013) Kommissionierung – Grundlagen. <https://logistikknowhow.com/kommissionierung/kommissionierung-grundlagen/>. Zugriffen: 7. Mai 2019
- Ubimax (2015) Volkswagen rolls out 3D smart glasses as standard equipment. <https://www.ubimax.com/web2017/en/references/volkswagen-casestudy.html>. Zugriffen: 24. Febr. 2019
- Wille M, Grauel B, Adolph L (2014) Strain caused by head mounted displays. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter 2013 Annual Conference, S 267–277