

# **Gebrauchstauglichkeit einer Augmented-Reality-Reiseassistenzanwendung und Vergleich mit herkömmlicher Unterstützung in einem Echtweltszenario**

Nils A. MACK, Ludger SCHMIDT

*Fachgebiet Mensch-Maschine-Systemtechnik,  
Universität Kassel  
Mönchebergstraße 7, D-34125 Kassel*

**Kurzfassung:** Im Rahmen des Projektes RadAR+ wurde eine Augmented-Reality-(AR)-Reiseassistenzanwendung für eine Datenbrille entwickelt und prototypisch umgesetzt, welche ein Routing für den öffentlichen Verkehr sowie eine AR-Fußgängernavigation vereint und dadurch eine vollständige Navigation vom Start- zum Zielort ermöglicht. Der Prototyp wurde in einem Echtweltszenario mit 37 Probanden vergleichend zur herkömmlichen Unterstützung evaluiert. Es konnte gezeigt werden, dass die Gebrauchstauglichkeit der AR-Reiseassistenzanwendung von den Probanden als „gut“ bewertet wird. Des Weiteren ist feststellbar, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen der subjektiv empfundenen Beanspruchung beim Prototyp und der herkömmlichen Unterstützung bestehen. Jedoch gab es eine signifikant geringere Schrittzahl bei der Gruppe, die das Reiseassistenzsystem nutzte.

**Schlüsselwörter:** Augmented Reality, Reiseassistentz, Datenbrille, öffentlicher Verkehr, Fußgängernavigation, Feldstudie

## **1. Einleitung**

Laut einer Studie haben 37 % der Nutzer von Augmented Reality (AR) diese schon einmal auf einem Smartphone dazu verwendet, um sich auf Reisen zu orientieren und zu informieren (Klöß et al. 2019). So wird von Experten auch bei der Navigation zu Fuß erhöhtes Potential für AR erkannt. So findet z. B. aktuell bei Google Maps ein öffentlicher Betatest einer AR-Fußgängernavigation statt (Inman 2019). Unter der Annahme, dass AR-Datenbrillen in naher Zukunft die Rolle von Smartphones einnehmen werden, erscheint auch bei AR-Datenbrillen die Fußgängernavigation in Kombination mit einem Routing bei öffentlichen Verkehrsmitteln (ÖV) für die Betrachtung einer gesamten Reisekette aus Nutzersicht sinnvoll.

Das Projekt RadAR+ adressierte und untersuchte ein solches Szenario. Ziel war die Entwicklung eines persönlichen, adaptiv lernenden AR-Reiseassistenzsystems für den öffentlichen Verkehr, welches den Nutzer bei Transfers an Mobilitätsknoten, wie dem Frankfurter Flughafen, unterstützt. Hierfür wurde ein Demonstrator in einem iterativen Prozess entwickelt und anschließend in einer Echtweltstudie insbesondere auf die Gebrauchstauglichkeit sowie auf die Beanspruchung des Nutzers untersucht.

## 2. Gestaltung der Reiseassistenzanwendung

Die Reiseassistenzanwendung wurde für die Microsoft HoloLens als Datenbrille entwickelt und ist als Anzeige der von einer eigens entwickelten Android-Reiseassistenz-App übermittelten Information konzipiert. Die Kommunikation beider Anwendungen wird über einen MQTT-basierten EventBus realisiert. Im Rahmen der Evaluation erfolgte eine Eingabe durch den Nutzer ausschließlich über ein Sprachmodul. Nach der Aktivierung des Mikrofons über „Mic On“ können komplexe Befehle wie z.B. „Bringe mich zum Bahnhof Kassel-Wilhelmshöhe mit dem ICE“ gegeben werden, welche von dem System entsprechend umgesetzt werden. Dabei wird dem Nutzer ein visuelles und auditives Feedback gegeben, ob das System zuhört. Dem Nutzer werden anschließend drei verschiedene Reiseoptionen angezeigt, von welcher eine ausgewählt werden kann. Anfänglich war eine vollständig automatisierte Navigation mit Hilfe von GPS, Bluetooth-Beacons und dem Spatial Mapping der HoloLens geplant. Aufgrund der Ungenauigkeiten vor allem in den großen, offenen Räumen des Terminals 1 wurde diese Lösung verworfen und anstatt dessen eine Wizard-of-Oz-Lösung implementiert. Hierbei konnte der Versuchsleiter die Navigationsrichtung über eine zusätzliche App auf einem Smartphone vorgeben und so die Navigation steuern. Das ÖV-Routing beruhte auf online abgerufenen Echtzeitdaten und berücksichtigte Störungen und Verspätungen. Dargestellt wurde die Reisekette in einer Reiseleiste, welche alle Reiseabschnitte mit den verschiedenen Verkehrsmitteln enthält und entsprechend des Abschnitts Zusatzinformation anzeigt (vgl. Abbildung 1). Bei der Gestaltung der Reiseleiste wurde darauf geachtet, dass diese den Ansprüchen des aktuellen Forschungsstandes genügt. Dem entsprechend wurde die Reiseleiste körpergebunden über dem Kopf des Probanden platziert (Klose et al. 2019), so dass diese u. A. außerhalb des Sichtfeldes platziert ist, damit dem Probanden die Information nur bei einem Blick nach oben dargestellt wird und ansonsten nicht das Sichtfeld einschränkt. Des Weiteren wurde der inventierte Billboard-Style verwendet, um Informationen darzustellen (Debernardis et al. 2013). Als Navigationsmethode wurde die Kompassdarstellung verwendet. Hierbei dreht sich ein Pfeil im Sichtfeld des Nutzers, um die Laufrichtung vorzugeben. Um farbiges Feedback zu geben, wurde der Pfeil je nach Abweichung vom Vorwärtsvektor von grün über gelb nach rot eingefärbt. Bei großen Richtungsänderungen wurde diese Farbgebung durch eine Sprachausgabe unterstützt. Auf Eingaben hin, bei welchen der Nutzer nach bestimmten Lokalitäten fragt (Restaurant, Toilette etc.) wird diesem von einem Aufenthaltsmodul ein Ring mit Optionen für diese Lokalitäten entsprechend der Richtung in der Echtwelt auf dem Boden angezeigt. Die Platzierung selbst wurde zwar aufgrund der angesprochenen, mangelhaften Positionierung ebenfalls simuliert, die Auswahl der Lokalitäten erfolgte jedoch mittels eines real umgesetzten adaptiv lernenden Nutzermodells. Hierdurch ist es möglich, die Präferenzen des Nutzers bei allgemeinen Aussagen wie „Ich habe Hunger“ zu berücksichtigen.



**Abbildung 1:** Darstellung der Reiseleiste, welche über Kopfhöhe des Probanden angezeigt wird. Die aktuelle Reiseetappe ist grün hinterlegt und hat Zusatzinformationen. Obig neben der Uhrzeit befindet sich das Netzwerk-Icon, welches grün ist, da eine Verbindung zu dem Smartphone vorhanden, sowie das Icon, dass das Mikrofon aktuell inaktiv ist.

### 3. Versuchsaufbau

Im Rahmen der Evaluation wird das Reiseassistenzsystem mit herkömmlicher Unterstützung wie dem DB Navigator, der RMV-App und Hinweisschildern verglichen. Deshalb ist es notwendig, die Probanden in zwei homogene Gruppen aufzuteilen. Hierfür füllten die Probanden vor dem Versuchstag einen Online-Fragebogen aus, welcher es den Versuchsleitern ermöglichte, die Probanden gleichmäßig der Gruppe mit dem Reiseassistenzsystem bzw. mit herkömmlicher Unterstützung bzgl. des Geschlechts, Alters und der Ortskenntnisse sowie Besuchshäufigkeit des Frankfurter Flughafens und Bahnhofs zuzuweisen. Auch wurde hier die Technikaffinität der Probanden mit dem TA-EG (Karrer et al. 2009) erfasst.

Die Evaluation wurde im Frühjahr 2019 in Frankfurt a. M. auf einer definierten Reiseroute durchgeführt. Der Versuch unterteilte sich dabei in zwei Reiseetappen sowie eine kurze Strecke zur Evaluation des Aufenthaltsmoduls. Probanden mit Reiseassistenzsystem wurden dabei von zwei Versuchsleitern begleitet, um die Aufgaben der Wizard-of-Oz-Navigation sowie der Verhaltensbeobachtung des Probanden und von Passanten aufzuteilen. Da bei der Vergleichsgruppe keine Beobachtung der Passanten erfolgte, war dafür ein Versuchsleiter ausreichend.

Als Startpunkt wurde der Unternehmenssitz des Projektpartners Rhein-Main-Verkehrsverbund Servicegesellschaft in der Nähe des Hauptbahnhofs ausgewählt. Nach einer kurzen Begrüßung der Probanden füllten diese eine Einverständniserklärung aus und beantworteten eine Frage zu ihrem Befindlichkeitszustand. Im Anschluss wurde den Probanden ein Herzfrequenzmessgurt inkl. Messuhr und ein Smartphone mit Schrittzähler-App in einer Bauchtasche angelegt. Sofern in der Gruppe mit dem Reiseassistenzsystem, wurde auch dieses kurz erläutert und angelegt. Anschließend erhielten die Probanden die Aufgabe der ersten Reiseetappe, für welche diese zum Flughafen Paris Charles de Gaulle navigieren sollten. Probanden mit herkömmlicher Unterstützung erhielten einen Boardingpass mit dem Gate und konnten jedes beliebige Navigationsmittel verwenden.

Die Probanden navigierten von diesem Startpunkt zu Gleis 103 in dem Frankfurter Hauptbahnhof (tief), von welchem die S-Bahn zum Regionalbahnhof des Flughafens genutzt wurde. Um die Fahrkarten kümmerten sich die Versuchsleiter. Vom Regionalbahnhof navigierten die Probanden anschließend durch das Terminal 1 bis zu der Sicherheitskontrolle in Halle A, wo die erste Reiseetappe durch den Versuchsleiter beendet wurde. Die Probanden erhielten einen Teil des Fragebogens, welcher u. A. einen System Usability Score (SUS) (Brooke 1996) und den NASA Raw Task Load Index (RTLX) (Hart & Lowell 1988; Hart 2006) enthielt.

Im Anschluss wurde das Aufenthaltsmodul des Reiseassistenzsystems mit den Probanden evaluiert. Die Probanden erhielten die Aufgabe, eine Speisemöglichkeit mit Hilfe des Systems zu finden. Sie navigierten anschließend bis zu einer bestimmten Stelle in Halle A des Terminals 1, wo die Navigation durch den Versuchsleiter vorzeitig abgebrochen wurde. Anschließend wurde erneut ein Teil des Fragebogens übergeben, in welchem u.A. die Gebrauchstauglichkeit des Aufenthaltsmoduls mittels SUS abgefragt wurde.

Die Probanden ohne Reiseassistenzsystem wurden an diesen Punkt geführt, so dass beide Gruppen die zweite Reiseetappe an der gleichen Stelle starten konnten. Die Aufgabe der zweiten Reiseetappe bestand darin, zum Bahnhof Kassel-Wilhelmshöhe unter Verwendung des ICEs zu navigieren, jedoch möglichst zeitnah auf der Route eine WC aufzusuchen. Hierfür verwendeten die Probanden mit dem Reiseas-

sistenzsystem das Aufenthaltsmodul, um eine Ad-hoc-Navigation zu starten. Im Fernbahnhof des Flughafens wurde die Aufgabe an der Rolltreppe zum Gleis beendet. Die Probanden erhielten erneut einen Fragebogen, in welchem u. A. die subjektive Beanspruchung über den NASA-RTLX erhoben wurde.

Zum Abschluss wurde mit den Probanden ein Raum in Terminal 1 aufgesucht, in welchem die Probanden der Reiseassistenzsystemgruppe Akzeptanzfragen beantworteten und die Probanden mit herkömmlicher Unterstützung die Reiseassistenzanwendung auszuprobieren konnten.

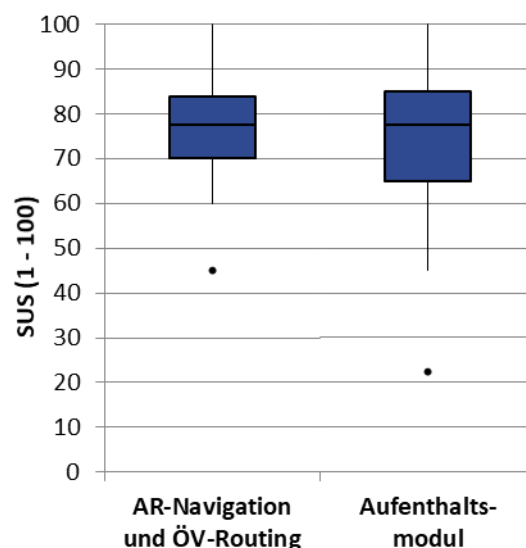
#### 4. Ergebnisse

Für die Auswertung der erhobenen Daten wurde SPSS 23 verwendet. Mit dem Shapiro-Wilk-Test wurden die Daten auf Normalverteilung untersucht. Bei vorhandener Normalverteilung wurde ein t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Alternativ wurde ansonsten ein Mann-Whitney-U-Test verwendet.

Insgesamt nahmen 37 Probanden (12 weiblich; 25 männlich) zwischen 19 und 70 Jahren ( $M = 33,35$  Jahre;  $SD = 12,24$  Jahre) am Versuch teil. Von den Probanden hatten 16 schon Erfahrungen mit AR-Datenbrillen.

Zwischen den Gruppen gibt es keine signifikanten Unterschiede bzgl. des Alters, des Geschlechts, der Technikaffinität sowie der subjektiven Einschätzung der Ortskenntnisse und der Besuchshäufigkeit des Frankfurter Flughafens und Bahnhofs. Aufgrund des Versuchsaufbaus dauerte der Versuch mit Reiseassistenzsystem ( $M = 01:48:24$  h;  $SD = 00:09:40$  h) tendenziell länger als jener mit herkömmlicher Unterstützung ( $M = 01:07:33$  h;  $SD = 00:07:13$  h).

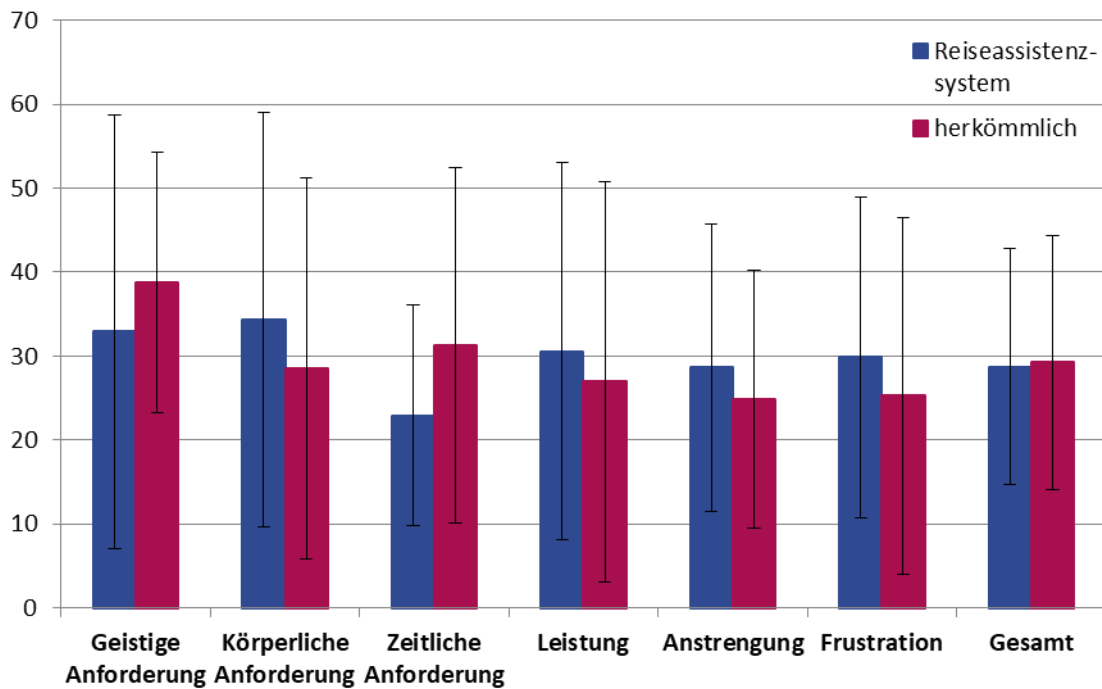
Die Ergebnisse zur Gebrauchstauglichkeit (SUS) sind in Abbildung 2 dargestellt.



**Abbildung 2:** Gebrauchstauglichkeit des Reiseassistenzsystems für die AR-Navigation und das ÖV-Routing (links) sowie für das Aufenthaltsmodul (rechts) ( $n = 19$ )

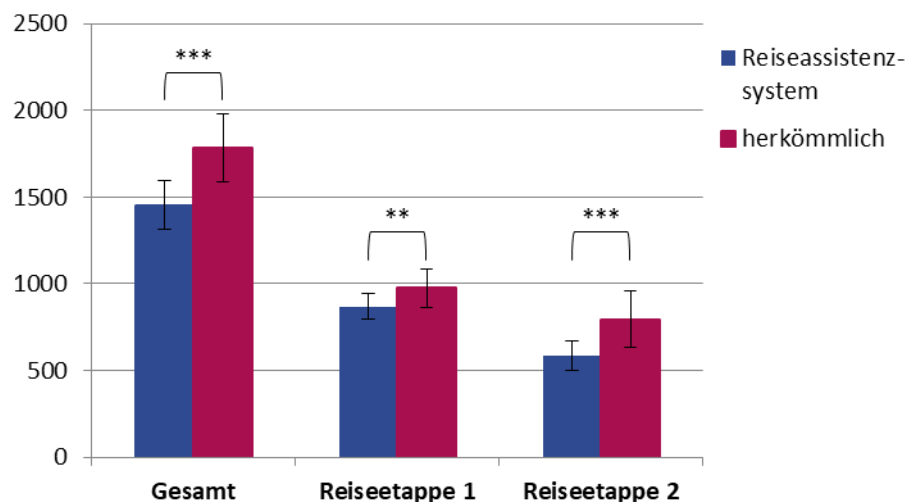
Der mittlere SUS für AR-Navigation und ÖV-Routing beträgt 76,05 ( $SD = 12,28$ ) von 100. Entsprechend Bangor et al. (2009) ist die Gebrauchstauglichkeit der AR-Navigation und des ÖV-Routings somit als „gut“ zu bewerten, da der Wert über 71,4 liegt. Eine ähnliche „gute“ Gebrauchstauglichkeit erreicht das Aufenthaltsmodul mit einem mittleren SUS von 72,89 ( $SD = 19,26$ ).

In Abbildung 3 sind die Ergebnisse der NASA-RTLX-Befragungen über beide Reiseetappen gemittelt dargestellt. Bei keinem der einzelnen Faktoren oder dem Gesamtwert dieser konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden ( $p > 0,05$ ).



**Abbildung 3:** Mittlere NASA-RTLX-Werte für Probanden mit Reiseassistenzsystem ( $n = 19$ ) sowie für herkömmlichen Unterstützung ( $n = 18$ )

Die Anzahl der insgesamt gelaufenen Schritte für jede Reiseetappe ist in Abbildung 4 dargestellt. Mit Reiseassistenzsystem gab es insgesamt eine signifikant geringere Schrittzahl ( $t(33) = 5,81$ ;  $p < 0,001$ ;  $r = 0,71$ ), ebenso bei Reiseetappe 1 ( $U = 67$ ;  $z = -2,82$ ;  $p = 0,004$ ;  $r = 0,48$ ) und Reiseetappe 2 ( $t(23,84) = 4,79$ ;  $p < 0,001$ ;  $r = 0,70$ ).



**Abbildung 4:** Schrittzahlen der Probanden mit Reiseassistenzsystem ( $n = 19$ ) und herkömmlicher Unterstützung ( $n = 16$ ) (\*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ )

## 5. Diskussion und Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass ein solches Konzept einer Reiseassistentenanwendung ein hohes Potential hat. Die Gebrauchstauglichkeit der reinen Fußgängernavigation als auch des Aufenthaltsmoduls ist als „gut“ zu bewerten.

Auffällig ist, dass es bei der subjektiven Beanspruchung keine signifikanten Unterschiede zwischen der Reiseassistentenanwendung und der herkömmlichen Unterstützung gibt. Die objektive Beanspruchungsuntersuchung mittels Herzfrequenzvariabilität ist noch Gegenstand weiterer Auswertung. Die Schrittzahl zeigt, dass es bei der Wegstrecke mit Reiseassistentensystem eine signifikante Verkürzung gibt. Dieser Unterschied bei der Schrittzahl ist darauf zurückzuführen, dass die Probanden mit der Reiseassistentenanwendung die kürzeste Route liefen, während sich die Probanden mit herkömmlicher Unterstützung häufiger verliefen oder Umwege nahmen. In diesem Sinne kann eine solche Reiseassistentenanwendung insbesondere für nicht ortskundige Nutzer eine Wegverkürzung bei intermodalen Reiseketten bieten. Dies könnte auch die große Streuung der Gebrauchstauglichkeit der AR-Navigation erklären, da anzunehmen ist, dass ortskundige Probanden eher weniger Sinn in dem Prototyp sahen als nicht ortskundige.

Insgesamt scheint ein solches Reiseassistentensystem sinnvoll, da eine Reduktion der zurückgelegten Wege nachweisbar ist. Die vollständige Auswertung der erhobenen Daten ist noch notwendig, um weitere Teilaspekte zu beurteilen.

## 6. Literatur

- Bangor A, Kortum P, Miller J (2009) Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of Usability Studies* 4:114-123.
- Brooke J (1996) SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry* 189:4-7.
- Debernardis S, Fiorentino M, Gattullo M, Monno G, Uva AE (2013) Text readability in head-worn displays: Color and style optimization in video versus optical see-through devices. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 20:125-139.
- Hart SG, Lowell ES Development of the NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. *Advances in Psychology* 52:139-183.
- Hart SG (2006) NASA-task load index (NASA-TLX); 20 years later. *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting* 50:904-908.
- Inman R (2019) Take off to your next destination with Google Maps. Accessed Jan 13, 2019 <https://www.blog.google/products/maps/take-your-next-destination-google-maps/>
- Karrer K, Glaser C, Clemens C, Bruder C (2009) Technikaffinität erfassen - der Fragebogen TA-EG. *Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme : 8. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme 2009*. Düsseldorf: VDI-Verlag, 196-201.
- Klose EM, Mack NA, Hegenberg J, Schmidt L (2019) Text Presentation for Augmented Reality Applications in Dual-Task Situations. In: Teather R., Itoh Y, Gabbard J, Argelaguet F, Olivier A-H, Keefe D (Eds.) 26th IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (Osaka 2019). Piscataway: IEEE, 636–644.
- Klöß S, Böhm K, Esser R (2019) Zukunft der Consumer Technology-2019: Marktentwicklung, Trends, Mediennutzung, Technologien, Geschäftsmodelle. Accessed Jan 13, 2019. [https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-09/190903\\_ct\\_studie\\_2019\\_online.pdf](https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-09/190903_ct_studie_2019_online.pdf).

Das zugrundeliegende Projekt RadAR+ wurde mit Mitteln des BMBF unter dem Förderkennzeichen 16SV7282 gefördert. Die Autoren danken den Projektpartnern für ihre Unterstützung.



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