

Vergleichende Evaluation von Augmented-Reality-Anwendungen zur Ergänzung von Lehrbüchern in der Berufsausbildung

Johannes FUNK, Ludger SCHMIDT

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

Kurzfassung: In der hier vorgestellten Laborstudie wurden zwei Arten markerbasierter Augmented-Reality-Ergänzungen zu einem Lehrbuch mit einer konventionellen Ergänzung in Papierform verglichen. Hierbei wurden drei Unterthemen aus der Ausbildung zum Kraftfahrzeugmechatroniker ausbalanciert um je eine Art der Zusatzinformation ergänzt. Dabei wurde der Lernerfolg mit Multiple-Choice-Aufgaben kontrolliert sowie die Gebrauchstauglichkeit (SUS), die Beanspruchung (NASA-rTLX), die räumliche Vorstellung (RV) und das Nutzererlebnis (UEQ) mit Fragebögen im Within-Subject Design (N = 24) erhoben. Die Ergebnisse zeigen ein höheres Nutzererlebnis und eine bessere räumliche Vorstellung bei Verwendung der AR im Vergleich zur konventionellen Ergänzung bei jeweils vergleichbarer niedriger Beanspruchung, hoher Gebrauchstauglichkeit sowie Lernleistung.

Schlüsselwörter: Augmented Reality, räumliche Vorstellung, Handwerk, Selbstlernphase, Nutzererlebnis, Lehrbücher

1. Einleitung

Technologien wie Augmented Reality (AR) können Lernenden multimediale Inhalte zur Verfügung stellen, die bestehende Lernunterlagen in neuartiger Weise erweitern. Klassische Printmedien, wie Schul- und Lehrbücher, sind auf Texte und 2-D-Abbildungen begrenzt. Besonders bei der Vermittlung von abstrakten und räumlich komplexen Inhalten kann diese Limitierung zu Verständnisproblemen führen.

Der Begriff Augmented Reality beschreibt die Ergänzung oder auch Erweiterung der Realität um virtuelle Inhalte, die in Echtzeit, interaktiv und räumlich korrekt registriert werden (Azuma 1997). Mit dem Verfahren des optischen Markertrackings lassen sich einfache AR-Anwendungen erstellen, die bspw. mit dem Smartphone oder einem Tablet verwendet werden können. Neben schwarz-weißen Mustern können auch beliebige andere Bilder als Marker verwendet werden, die von der Kamera des verwendeten Geräts erkannt und verwendet werden, um virtuelle Inhalte in Bezug zum jeweiligen Marker lagerichtig einzublenden (Funk & Schmidt 2020). Da neben einer Kamera zum Erfassen der Marker nur meist kostenfreie Software zum Programmieren benötigt wird, stellt markerbasiertes AR eine kostengünstige Option für den Einsatz von AR dar (Tönis 2010). Besonders für die Vermittlung von räumlich komplexen Inhalten hat AR durch die Darstellung von dynamischen Abläufen Vorteile gegenüber anderen Lernformen (Dünser et al. 2012). In Studien wurde der Einsatz von markerbasierten AR-Anwendung und der Einfluss auf die räumliche Vorstellung bereits in verschiedenen Bereichen untersucht. Martín-Gutiérrez et al. (2010) konnte mit 49 Ingenieurstudent*innen eine positive Auswirkung auf die räumliche Vorstellung durch die Verwendung eines AR-Lehrbuches im Vergleich zu einem Buch ohne AR feststellen. Positive

Auswirkungen von AR-basierten Anwendungen auf das räumliche Vorstellungsvermögen wurden auch von Hung et al. (2017), Ho et al. (2012) und Carbonell Carrera & Bermejo Asensio (2017) ermittelt.

Hier soll der Einfluss von drei verschiedenen Ergänzungsarten zu bestehenden Lehrbüchern untersucht werden. Es werden folgende Hypothesen geprüft: Die Ergänzungsart wirkt sich auf den Lernerfolg (H1), die Gebrauchstauglichkeit (H2), die Beanspruchung (H3) und das räumliche Vorstellungsvermögen (H4) der Lernenden aus. Die Ergänzungsarten unterscheiden sich in ihrem Nutzungserlebnis (H5).

2. Methode

Die Studie betrachtet eine in der Handwerksausbildung übliche Selbstlernphase zur Vorbereitung auf eine Prüfung. Als Themenfeld wurden hierzu Inhalte aus der Ausbildung zum Kraftfahrzeugmechatroniker als personenstärkstem Ausbildungsberuf 2019 gewählt (Statistisches Bundesamt 2019). Lehrunterlagen wurden aus dem Lehrbuch *Die Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik* (Brand et al. 2019) unverändert entnommen. Dazu wurde das Thema *Aufbau und Wirkungsweise von Viertaktmotoren* in drei Unterthemen mit vergleichbarem Umfang und Schwierigkeitsgrad unterteilt.

2.1 Arten von Zusatzinformationen

Zur Ergänzung bestehender Lehrunterlagen wurden je Unterthema jeweils drei Arten (A, B, C) von Zusatzinformationen erstellt, die sich in ihrer Darstellung der Inhalte und der Interaktionsmöglichkeiten unterscheiden (Abbildung 1). Art A stellt den konventionellen Ansatz mit einem Zusatzblatt in Papierform mit Abbildungen dar, Art B nutzt mehrere AR-Marker zum Anzeigen eines Menüs und zur Auswahl von Inhalten als Video. Art C verwendet nur einen AR-Marker für das Menü und zur Auswahl von 3-D-Modellen und -Animationen.



Abbildung 1: Zusatzinformationsart A in Papierform (links), Art B mit Menü-Marker und Auswahl-Marker (befindet sich an Stelle des Videos) und Videos (Mitte), Art C mit einem Marker und 3-D-Modellen und -Animationen. B und C wurden in der 3-D-Entwicklungsumgebung Unity (Version 2019.4.0f1) und dem Vuforia Kit für markerbasiertes AR erstellt.

A nutzt Abbildungen von Modellen in isometrischer Ansicht. Um dynamische Zusammenhänge und räumliche Geometrien darzustellen, werden mehrere aufeinanderfolgende Abbildungen der Modelle gezeigt.

B wird durch das Zusammenspiel mehrerer Marker gesteuert, wobei Optionen durch einen Menü-Marker angezeigt werden. Die Auswahl geschieht anschließend durch einen von vier Auswahl-Markern, der mit in den Aufnahmebereich der Kamera gelegt wird. Sobald dieser erkannt wurde, erscheint ein an ihn gekoppeltes Video.

Bei C werden durch die Rotation des Menü-Markers 3-D-Modelle und -Animationen aufgerufen, wenn ein virtueller Pfeil auf die gewünschte Schaltfläche eines radial angeordneten Menüs ausgerichtet wird.

2.2 Messung

In einem demografischen Fragebogen wurden Alter, Geschlecht, Vorerfahrung mit AR und der höchste Schulabschluss sowie die Ausbildung abgefragt. Als weiteres personenabhängiges Merkmal wurde die Technikaffinität mit dem standardisierten TA-EG-Fragebogen (Karrer et al. 2009) erhoben. Das räumliche Vorstellungsvermögen der Teilnehmenden wurde mit dem Mental Rotation Test (MRT) erfasst (Vandenberg & Kuse 1978).

Der Lernerfolg wird mit einer Lernerfolgskontrolle bestehend aus fünf Fragen mit je vier Antwortmöglichkeiten (Multiple Choice) zu dem gelernten Thema erhoben. Zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit wurde der System-Usability-Scale-Fragebogen (SUS) verwendet (Brooke 2014). Die Beanspruchung wurde mit dem NASA-rTLX-Fragebogen erhoben, der einer verkürzten Variante des NASA-TLX entspricht (Hart & Staveland 1988). Um zu messen, wie gut die vorgestellten Zusatzinformationen räumlich erfasst wurden, wurde ein eigener Fragebogen (RV) bestehend aus sechs Items erstellt und auf einer fünfgliedrigen Likert-Skala von 1 („Ich stimme gar nicht zu“) bis 5 („Ich stimme voll zu“) erhoben. Die Items sind Aussagen (zwei negativ formuliert) über die räumliche Vorstellung der zuvor gesehenen Modelle und orientieren sich an den fünf Kategorien von Maier (1999). Der Gesamtwert bildet sich aus dem Mittelwert aller Items (zwei negiert). Das Nutzererlebnis wurde mit dem User Experience Questionnaire (UEQ) erhoben (Laugwitz et al. 2006).

2.3 Versuchsaufbau und -ablauf

Für die Darstellung der Zusatzinformationen B und C wurde ein Smartphone OnePlus 3T mit einer Displaygröße von 5,5" und einer -auflösung von 1920 x 1080 Pixeln verwendet. Die Zusatzinformationsart A benötigte keine zusätzlichen Geräte. Eine kontrollierte Beleuchtung wurde während des Versuchs sichergestellt.

Nach Lesen eines Einleitungstextes, einer Vorstellung des Versuchsablaufs und der Klärung etwaiger Fragen wurde die Einverständniserklärung zur Datenaufzeichnung und Auswertung unterschrieben. Anschließend wurde der demografische Fragebogen ausgefüllt und der MRT durchgeführt. Der Hauptteil des Versuchs teilte sich in drei Abschnitte, in denen je ein Unterthema mit einer Art von Zusatzinformationen (A, B, C) gelernt werden sollte. Nachdem die Probanden sich damit vertraut fühlten, beendeten sie die Lernphase mit der Lernerfolgskontrolle. Es wurden dabei keine Zeitvorgaben gemacht. Anschließend wurden die Fragebögen SUS, NASA-rTLX, RV und UEQ ausgefüllt. Hiermit ist ein Abschnitt mit einer Art der Zusatzinformationen abgeschlossen. Dieses Vorgehen wurde identisch für alle drei Arten von Zusatzinformationen durchgeführt. Ein Unterschied lag lediglich darin, dass Abschnitte, in denen eine der AR-Anwendungen (B, C) genutzt werden sollten, mit einer Übung im Umgang mit der Anwendung begann. Hierbei konnten die Proband*innen das Aufrufen und Betrachten von Inhalten und die anschließende Lernerfolgskontrolle an Demoinhalten üben. Die

Reihenfolge der Arten von Zusatzinformationen wurde ausbalanciert, sodass alle sechs möglichen Permutationen (A, B, C), (A, C, B), (B, A, C), (B, C, A), (C, A, B), (C, B, A) gleich häufig vorkamen. Nach dem dritten Durchgang wurde eine Präferenzreihenfolge der Zusatzarten erstellt und ein Interview geführt, in dem zu jeder Art Vor- sowie Nachteile und Anmerkungen notiert wurden.

3. Ergebnisse

An der Laborstudie zur Überprüfung der Hypothesen nahmen 24 Proband*innen (11 weiblich, 13 männlich, 0 divers) mit einem Durchschnittsalter von 27,3 Jahren ($SD = 7,5$ Jahre) teil. Die Technikaffinität (TA-EG) der Proband*innen liegt im Durchschnitt bei einem Wert 3,64 ($SD = 0,41$) und die durchschnittliche räumliche Vorstellungskraft (MRT) bei 13,83 ($SD = 5,32$). 13 Probanden gaben an, bereits Erfahrung mit AR-Anwendungen zu haben, acht davon mit Smartphone-basierten Anwendungen wie z. B. Pokemon-Go, ebenfalls acht (mehrfache Nennung möglich) mit AR-Durchsichtbrillen. Ein großer Teil der Proband*innen befand sich zur Zeit der Studie in einem Bachelor-/Master- oder Diplomstudium (14) oder hatte dieses abgeschlossen und war nicht mehr in Ausbildung (5). Je zwei Schüler*innen und Promovierende sowie eine Auszubildende zur Mediengestalterin nahmen an der Studie teil.

Zu Beginn der Auswertung wurden die Daten auf Normalverteilung und Varianzhomogenität geprüft. Abhängig davon wurde entweder eine Varianzanalyse mit Messwiederholung oder ein Friedman-Test für abhängige Stichproben gerechnet. Bei signifikanten Unterschieden wurde im Post-hoc-Test entsprechend entweder ein paarweiser Vergleich mit t-Test oder mit Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben mit Bonferroni-Korrektur durchgeführt. Zur Validierung der selbsterstellten Skala RV wurde die interne Konsistenz mithilfe von Cronbachs Alpha und das zugehörige 95%-Konfidenzintervall (KI) berechnet. Es ergab sich ein Wert von $\alpha = 0,81$ (KI = 0,74-0,88).

Abbildung 2 zeigt links die Verteilung des Lernerfolgs. Zur Prüfung von H1 wurde ein Friedman-Test durchgeführt; hierbei ergaben sich im Lernerfolg keine signifikanten Unterschiede zwischen den Arten der Zusatzinformationen.

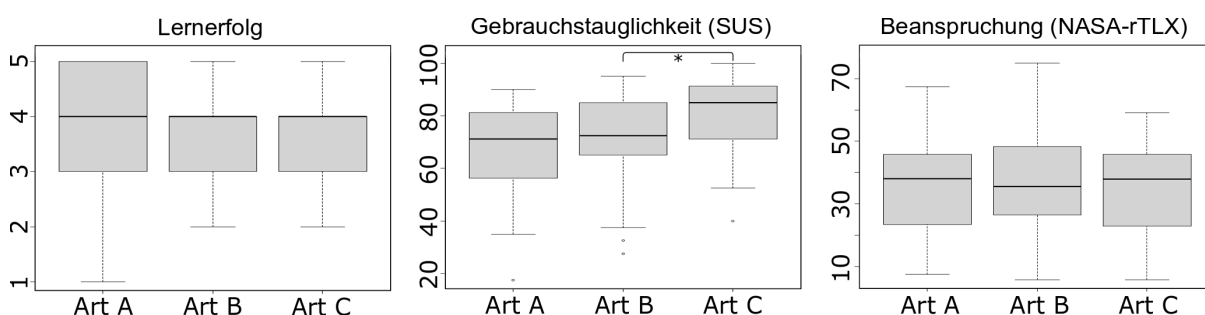


Abbildung 2: Lernerfolg (A: $M = 3,71$, $SD = 1,27$; B: $M = 3,67$, $SD = 1,01$; C: $M = 3,46$, $SD = 0,98$ auf einer Skala von 0 (keine richtige Antwort) bis 5 (fehlerfreie Beantwortung)), Gebrauchstauglichkeit (A: $M = 66,15$, $SD = 18,71$; B: $M = 71,25$, $SD = 18,34$; C: $M = 80,00$, $SD = 15,14$ auf einer Skala von 0 (sehr schlechte Gebrauchstauglichkeit) bis 100 (sehr gute Gebrauchstauglichkeit)) und Beanspruchung (A: $M = 35,42$, $SD = 15,53$; B: $M = 37,15$, $SD = 17,72$; C: $M = 34,95$, $SD = 15,91$ auf einer Skala von 0 (keine Beanspruchung) bis 100 (extreme Beanspruchung)), * $p < 0,05$

In Abbildung 2 ist mittig die Verteilung der SUS-Werte nach Art der Zusatzinformation zu sehen. Die Prüfung von H2 mittels Friedman-Test ergab signifikante Unterschiede der Gebrauchstauglichkeit zwischen den Arten ($\chi^2(2) = 8,33$, $p < 0,05$,

$W_{\text{Kendall}} = 0,17$). In einem Post-hoc-Test liegt ein signifikanter Unterschied zwischen Art B und C ($p < 0,05$) vor.

Abbildung 2 zeigt rechts die Verteilung der NASA-rTLX-Werte nach Art der Zusatzinformation. Bei der Prüfung von H3 mittels Varianzanalyse ergaben sich in der Beanspruchung keine signifikanten Unterschiede zwischen den Arten der Zusatzinformationen.

In Abbildung 3 ist links die Verteilung der RV-Werte zu sehen. H4 wurde mit einem Friedman-Test geprüft, der signifikante Unterschiede der räumlichen Vorstellung zwischen den Arten zeigte ($\chi^2(2) = 18,5$, $p < 0,001$, $W_{\text{Kendall}} = 0,39$). In einem Post-hoc-Test ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen A und B ($p < 0,001$) sowie A und C ($p < 0,001$), nicht aber zwischen B und C.

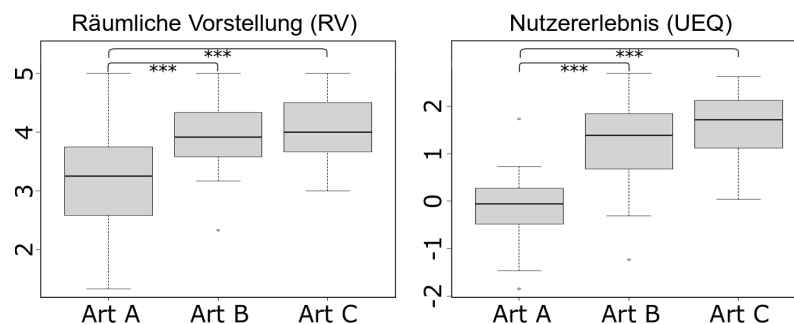


Abbildung 3: Räumliche Vorstellung (A: $M = 3,13$, $SD = 0,95$; B: $M = 3,95$, $SD = 0,63$; C: $M = 4,06$, $SD = 0,55$ auf einer Skala von 1 (Lage, Form und Zusammenhänge von Modellen wurden nicht verstanden) bis 5 (Lage, Form und Zusammenhänge von Modellen wurden sehr gut verstanden)) und Nutzererlebnis (A: $M = -0,17$, $SD = 0,79$; B: $M = 1,21$, $SD = 0,90$; C: $M = 1,57$, $SD = 0,73$ auf einer Skala von -3 (sehr schlechtes Nutzererlebnis) bis +3 (sehr gutes Nutzererlebnis)); *** $p < 0,001$

Abbildung 3 zeigt rechts die Verteilung der UEQ-Werte. Die Prüfung von H5 mittels Varianzanalyse ergab im Nutzererlebnis signifikante Unterschiede zwischen den Arten der Zusatzinformationen ($F(2, 46) = 43,43$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,47$), weshalb anschließend Post-hoc-Tests gerechnet wurden. Hierbei ergaben sich höchst signifikante Unterschiede zwischen A und B ($p < 0,001$) sowie A und C ($p < 0,001$), nicht aber zwischen B und C.

4. Diskussion und Fazit

Die Ergebnisse der Lernerfolgskontrolle deuten darauf hin, dass Lernende mit den neuartigen AR-Anwendungen ähnlich viel gelernt haben wie mit der konventionellen Art in Papierform. Die Mittelwerte der Gebrauchstauglichkeit lassen sich einer Bewertung von *ok* bis *gut* (A, B) und *gut* bis *exzellent* (C) zuordnen (Bangor et al. 2009). Die Studie zeigte keine Unterschiede in der Beanspruchung zwischen den Ergänzungsarten auf, obwohl in Art B und C zusätzlich das Smartphone verwendet wurde. Die AR-Anwendungen können die räumliche Vorstellung und das Nutzererlebnis beim Selbstlernen im Vergleich zu konventionellen Unterlagen in Papierform mit Abbildungen deutlich verbessern.

Die vorgestellte Studie stellt zwei Ansätze vor, um bestehende Lehrbücher mit AR-Zusatzinformationen zu erweitern. Es konnte gezeigt werden, dass bereits niedrigschwellige markerbasierte AR-Anwendungen für Smartphones das Nutzererlebnis und die räumliche Vorstellung von gezeigten Inhalten signifikant erhöhen können. Der

einfache und kostengünstige Ansatz der erstellten Anwendungen und die hohe Verfügbarkeit von Smartphones machen diese besonders interessant für den breiten Einsatz bspw. in (Berufs-)Schulen.

5. Literatur

- Azuma RT (1997) A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6(4):355–385.
- Bangor A, Kortum P, Miller J (2009) Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. *Journal of Usability Studies* 4(3):114–123.
- Brand M, Fischer R, Gscheidle R (2019) *Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik*, 31. neubearbeitete Auflage. Haan-Grutten: Verlag Europa-Lehrmittel Nourney Vollmer GmbH & Co. KG.
- Brooke J (2014) SUS: a "quick and dirty" usability scale. In: Jordan PW, Thomas B, McClelland IL, Weerdmeester B (eds) *Usability Evaluation in Industry*. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC, 189–194.
- Carbonell Carrera C, Bermejo Asensio LA (2017) Landscape interpretation with augmented reality and maps to improve spatial orientation skill. *Journal of Geography in Higher Education* 41(1):119–133.
- Dünser A, Walker L, Horner H, Bentall D (2012) Creating interactive physics education books with augmented reality. In: Farrell V, Farrell G, Chua C, Weidong H, Vasa R, Woodward C (eds) *Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 107–114.
- Funk J, Schmidt L (2020) Evaluation einer Augmented-Reality-Anleitung für eine komplexe Montageaufgabe: Vergleich einer Smartphone-basierten Augmented-Reality-Anleitung mit einer klassischen Papieranleitung für die Anlernphase in der manuellen Montage. In: Zender R, Ifenthaler D, Leonhardt T, Schumacher C (eds) *DELFI 2020: Die 18. Fachtagung Bildungstechnologien der Gesellschaft für Informatik e.V.* : 14.-18. September 2020, Online. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), 25–36.
- Hart S, Staveland L (1988) Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. *Advances in psychology* 52:139–183.
- Ho P-C, Chung S-M, Lin Y-H (2012) Influences on children's visual cognition capabilities through playing 'intelligent matrix' developed by the augmented virtual reality technology. *International Journal of Humanities and Arts Computing* 6(1-2):160–171.
- Hung Y-H, Chen C-H, Huang S-W (2017) Applying augmented reality to enhance learning: a study of different teaching materials. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(3), 252-266. *Journal of Computer Assisted Learning* 33(3):252–266.
- Karrer K, Glaser C, Clemens C, Bruder C (2009) Technikaffinität erfassen – der Fragebogen TA-EG. *Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme*(8):196–201.
- Laugwitz B, Schrepp M, Held T (2006) Konstruktion eines Fragebogens zur Messung der User Experience von Softwareprodukten. In: Heinecke HM, Paul H (eds) *Mensch und Computer 2006: Mensch und Computer im StrukturWandel*. München: De Gruyter
- Maier PH (1999) *Räumliches Vorstellungsvermögen: Ein theoretischer Abriß des Phänomens räumliches Vorstellungsvermögen; mit didaktischen Hinweisen für den Unterricht*, 1. Aufl. Donauwörth: Auer.
- Martín-Gutiérrez J, Luís Saorín J, Contero M, Alcañiz M, Pérez-López DC, Ortega M (2010) Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics* 34(1):77–91.
- Statistisches Bundesamt (2019) *Statistisches Jahrbuch 2019*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Tönnis M (2010) *Augmented Reality*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Vandenberg SG, Kuse AR (1978) Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and motor skills* 47(2):599–604.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit HUMAINE gestalten

67. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie (WiPs)
Ruhr-Universität Bochum

Institut für Arbeitswissenschaft (IAW)
Ruhr-Universität Bochum

3. - 5. März 2021

GfA-Press

Bericht zum 67. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 3. - 5. März 2021

**Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie, Ruhr-Universität Bochum
Institut für Arbeitswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2021
ISBN 978-3-936804-29-4

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

© 2021 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de