

Power to the People!

Ein nutzerzentrierter Designansatz im Rahmen der Entwicklung eines Augmented Reality (AR)-basierten Assistenzsystems zur Unterstützung der zeitlichen Koordination räumlich verteilter Teams

Lisa THOMASCHEWSKI¹, Benjamin WEYERS², Annette KLUGE¹

¹ *Fakultät für Psychologie, Arbeits-, Organisations- und Wirtschaftspsychologie,
Ruhr-Universität Bochum
Universitätsstraße 150, D-44780 Bochum*

² *Fakultät für Computer Science, Human-Computer Interaction,
Universität Trier
Behringerstraße 21, D-54268 Trier*

Kurzfassung: Die zeitliche Koordination räumlich verteilter Teams gestaltet sich durch die räumliche Trennung häufig suboptimal. Zur Unterstützung solcher Teams wird ein AR-basiertes Assistenzsystem vorgeschlagen, das durch die Erhöhung der Task State Awareness die zeitliche Koordination verbessert. Der Beitrag zeigt die Ergebnisse der nutzerzentrierten Entwicklung in Form einer zweiteiligen Usability und User Experience Evaluation auf.

Schlüsselwörter: Augmented Reality, räumlich verteilte Teams, zeitliche Koordination, Task State Awareness, Ambient Awareness, Assistenzsystem

1. Einleitung

In modernen organisationalen und industriellen Kontexten spielen teambasierte Arbeitsformen eine zentrale Rolle (Becker 2016). Durch Digitalisierung und Globalisierung gewinnen dabei räumlich verteilte Teams zunehmend an Bedeutung (Boos et al. 2017). Im Unterschied zu räumlich zusammenarbeitenden Teams, stehen räumlich verteilt arbeitende Teams vor zwei besonderen Herausforderungen: 1) kein geteilter visueller Kontext bzw. Arbeitsbereich, 2) keine Möglichkeit zur unmittelbaren Kommunikation. Dies kann die zeitliche Koordination des Teamarbeitsprozesses erheblich beeinflussen, insbesondere wenn sich die Teammitglieder mit interdependenten Aufgaben, parallelen Teamaufgaben oder gleichzeitigen Team- und Individualaufgaben beschäftigen müssen (Bardram 2000; LePine et al. 2008; Marks et al. 2001).

Weiterhin hängt die Qualität der zeitlichen Koordination in Teams von 1) der richtigen Reihenfolge der Teilaufgaben (Bardram 2000), 2) einem präzisen Timing der Teilaufgaben (Marks et al. 2001; Mohammed et al. 2015; Mohammed & Nadkarni 2014) sowie 3) der Fähigkeit, sich dynamischen Effekten anzupassen (Kluge et al. 2006) ab. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, benötigen Teams ein kohärentes mentales Modell über den gesamten Teamarbeitsprozess sowie den aktuellen Zustand der Teamaufgabe (Task State Awareness/ TSA (Kraut et al. 2002)). Teams, die an einem Ort arbeiten, besitzen in der Regel ein hohes TSA-Level, da sie aus geteiltem visuellem und auditivem Kontext für den aktuellen Prozesszustand relevante geteilte Hinweise generieren können. Solche gemeinsamen Hinweisreize entstehen z.B. indem

die Teammitglieder den geteilten Arbeitsbereich sehen oder direkt miteinander kommunizieren (Kraut et al. 2002). Räumlich verteilten Teams fehlen solche Hinweisreize, was häufig zu niedrigen TSA-Leveln und damit einer schlechten zeitlichen Koordination der interdependenten Teilaufgaben führt.

Aus dem oben beschriebenen State of the Art folgt, dass Assistenzsysteme zur Verbesserung der zeitlichen Koordination räumlich verteilter Teams in der Lage sein sollten, Informationen über den Prozesszustand der Teamaufgabe bereitzustellen. Weiter sollten diese Informationen so dargestellt werden, dass sie eine möglichst geringe kognitive Belastung hervorrufen, wenig Aufmerksamkeit beanspruchen und auf einen Blick erkennbar sind.

Entsprechend diesen Anforderungen, haben wir ein Assistenzsystem mit AR-basiertem Ambient Awareness-Interface (Cadiz et al. 2002; Downs et al. 2012) entwickelt (Ambient Awareness Tool/ AAT). So können benötigte Zusatzinformationen in der visuellen Peripherie eingeblendet werden, ohne dass die/der NutzerIn von der eigentlichen Aufgabe abgelenkt wird (Cadiz et al. 2002). Abbildung 1 veranschaulicht unsere zentrale Annahme.

Der effektive Einsatz von Assistenzsystemen erfordert die bestmögliche Passung zwischen Aufgabe, Anwender und Technik. Das Assistenzsystem sollte also dementsprechend gestaltet sein, dass es die Ausführung der spezifischen Aufgabe unterstützt (Task-Technology-Fit (Goodhue & Thompson 1995)) und den Erfordernissen der Teamkonstellation und -anforderungen entspricht (Team-Technology-Fit, z.B. Thoma-schewski et al. 2019). Ein entscheidender Entwicklungsbestandteil des AAT ist daher die Berücksichtigung von Usability und User Experience (UX), da diese Faktoren in direktem Zusammenhang mit den vormals genannten Konzepten stehen (Bevan 2009,).

Die vorliegende Studie untersucht, welche Darstellungskonfiguration für Objekteigenschaften des AAT die höchsten Usability und UX-Scores erreicht und damit die beste Unterstützung für die zeitliche Koordination räumlich verteilter Teams bietet. Für die Evaluation der Usability, haben wir den Usability Cluster Questionnaire (UCQ) entwickelt. Für die UX Evaluation wurden der AttrakDiff (Hassenzahl et al. 2003) sowie die Skalen Attraktivität, Klarheit, Zuverlässigkeit, Stimulation und Neuartigkeit des User Experience Questionnaire (UEQ (Laugwitz et al. 2006)) verwendet.

2. Material

Das AAT wurde zur Steuerung der simulierten Abwasseraufbereitungsanlage AWASim (Frank & Kluge 2017, 2018; Weyers et al. 2015) entwickelt. Die/ der NutzerIn übernimmt die Rolle des Control Room Operators und muss die Anlage so hochfahren, dass die höchste Produktionsmenge an gereinigtem Wasser und Gas erreicht wird (Abb. 2, links). Dazu müssen verschiedene Einstellungen an Tanks, Heizungen und Ventilen in der richtigen Reihenfolge und innerhalb einer bestimmten Zeit vorgenommen werden. Im vorliegenden Szenario umfasst diese Prozedur 13 festgelegte Schritte, die gleichzeitig als Einzelaufgabe (Individual Task/ IT) sowie als Teamaufgabe (Team Task/ TT) ausgeführt werden muss. Das Team besteht dabei aus zwei Personen, die



Abbildung 1: Zentrale Annahme des Effekts eines AR-basierten Ambient Awareness Interface auf die zeitliche Koordination räumlich verteilter Teams.

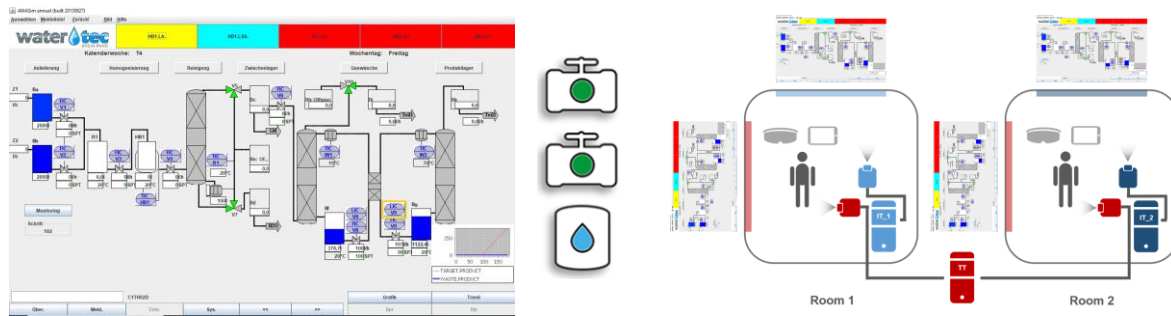


Abbildung 2: Links: Grafische Oberfläche der Abwasseraufbereitungsanlagen Simulation A-WASim. Mitte: Mock-Up der grafischen Augmentierungen des AAT. Rechts: Experimentalaufbau der Usability Evaluation.

sich in getrennten Räumen befinden. Jede Aufgabe (IT und TT) wird als eigene Simulationsoberfläche über Wandprojektionen dargestellt (Abb. 2, rechts).

Das AR-basierte AAT wurde für die Microsoft HoloLens 1 konzipiert. Die Oberfläche des Interfaces besteht aus drei grafischen Augmentierungen (Abb. 2, Mitte), und zeigt während der Ausführung des IT die nächsten drei Schritte des TT an und vice versa. Zusätzlich beinhaltet das AAT einen Progress-bar, der den Prozesszustand der Aufgabe anzeigt sowie eine kritische Prozesszustandsanzeige, welche angibt, ob die nächste Teilaufgabe ausgeführt werden kann.

3. Methode

Die Usability und UX Evaluation des AAT wurde mit $n = 22$ TeilnehmerInnen mit Vorerfahrung durchgeführt. Es erfolgte eine informierte Einwilligung, die TeilnehmerInnen erhielten 20,00€ als Aufwandsentschädigung.

Die TeilnehmerInnen hatten die Aufgabe, verschiedene Darstellungsmöglichkeiten zu bewerten und auszuwählen (Usability Evaluation). Aus den Bewertungen wurden drei AAT-Konfigurationscluster abgeleitet, die erneut von den TeilnehmerInnen bewertet wurden (UX Evaluation). Abschließend wurde das Cluster mit den höchsten Usability und UX Scores identifiziert.

3.1 Usability Evaluation

Die Usability wurde mit dem UCQ bewertet, der auf der Annahme der Interdependenz verschiedener Anzeigemodi von Objekteigenschaften basiert (z.B.: die gewählte Objektgröße steht in Zusammenhang zum bevorzugten Abstand zwischen den Objekten und dem Objekt-Simulationsabstand). Unter dieser Annahme haben wir acht Objekteigenschaften definiert und hierarchisiert: Abstraktionsebene, Objektgröße, Objektabstand, Objektposition, Objekt-Simulationsabstand, Progress-bar Position, kritische Prozesszustandsanzeige und Objekthintergrund. Jeder Objekteigenschaft wurden drei bis fünf Darstellungsmodi zugeordnet.

Die Teilnehmenden wurden in gleichem Abstand zu beiden Simulationsprojektionen platziert (vgl. Abb. 2 rechts) und die verschiedenen Darstellungsmodi der acht genannten Objekteigenschaften mittels der Microsoft HoloLens 1 präsentiert. Die Bewertung und Auswahl erfolgte mithilfe der UCQ-Skalen sukzessive für alle Objekteigenschaften, wobei die jeweils gewählte Darstellungsart als Grundlage für die Bewertung der nächsten Objekteigenschaft diente. Als Ergebnis konnten wir eine

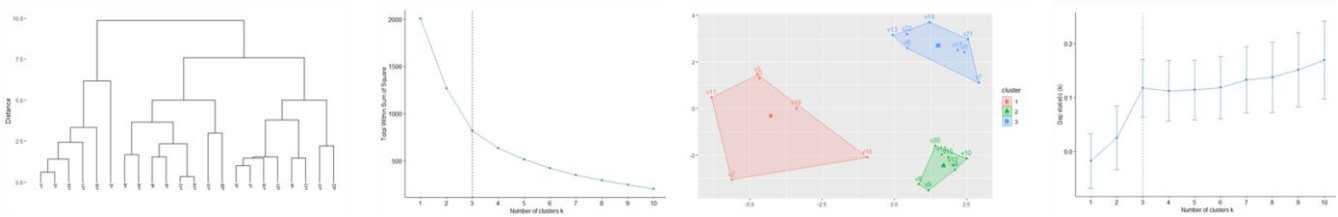


Abbildung 3: Ergebnisse der hierarchisch divisiven Clusteranalyse. Von links nach rechts: Dendrogramm, Elbow-Method, Cluster Plot, Gap-Statistic.

individuelle AAT-Konfiguration pro TeilnehmerIn aggregieren. Anschließend wurde die Anzahl der möglichen Konfigurationen mittels einer hierarchisch divisiven Clusteranalyse weiter eingegrenzt.

3.2 UX Evaluation

Um das AAT-Interface mit dem höchsten anwendungsspezifischen Team- und Task-Technology-Fit ableiten zu können, haben wir zusätzlich eine UX Evaluation durchgeführt. Hierzu wurden in einem online Follow-Up Mock-Ups der drei identifizierten AAT-Konfigurationen mittels des AttrakDiff (Hassenzahl et al. 2003) und den oben genannten Skalen des UEQ (Laugwitz et al. 2006) evaluiert.

4. Datenanalyse und Ergebnisse

Alle Analysen wurden mit R, Version 3.6.1 (The R Foundation of Statistical Computing) und RStudio, Version 1.2.1335 (RStudio Team, 2018) durchgeführt.

4.1 Analyse der Usability Evaluation

Eine hierarchisch divisive Clusteranalyse mit Chi-Quadrat Distanzmatrix ließ auf eine Drei-Cluster-Lösung schließen (visuelle Interpretation Dendrogramm, Elbow-Method (Thorndike 1953) und Gap-Statistic Method (Tibshirani et al. 2001); vgl. Abb. 3). Sowohl der Cluster Plot als auch der divisive Koeffizient von .861 deuteten auf eine hohe Heterogenität zwischen und eine hohe Homogenität innerhalb der Cluster hin. Die drei identifizierten Clusterkonfigurationen können Abb. 4 entnommen werden.

4.2 Analyse der UX Evaluation

Alle Skalen der verwendeten Fragebögen erzielten akzeptable Reliabilitätswerte (Cronbachs $\alpha > .70$). Die deskriptive Analyse der Gesamtmittelwerte beider Fragebögen ergab eine Präferenz für Cluster 3 (Tabelle 1). Die inferenzstatistische Analyse der Gruppenunterschiede mit messwiederholten ANOVAs konnte keine signifikanten Unterschiede verifizieren. Weder auf Ebene der Gesamtscores (UEQ: $F(2,40) = 1.06$, $p = .355$, $\eta^2_G = .022$; AttrakDiff: $F(2,40) = 1.66$, $p = .203$, $\eta^2_G = .033$), noch auf Skalenebene (UEQ: Attraktivität: $F(2,40) = 1.74$, $p = .189$, $\eta^2_G = .037$; Klarheit: $F(2,40) = 0.50$, $p = .609$, $\eta^2_G = .013$; Zuverlässigkeit: $F(2,40) = 0.30$, $p = .75$, $\eta^2_G = .007$; Stimulation: $F(2,40) = 0.023$, $p = .793$, $\eta^2_G = .005$; Neuartigkeit: $F(2,40) = 1.64$, $p = .207$, $\eta^2_G = .039$. AttrakDiff: Pragmatische Qualität: $F(2,40) = 1.13$, $p = .332$, $\eta^2_G = .033$; Hedonische Qualität/ Stimulation: $F(2,40) = 2.17$, $p = .128$, $\eta^2_G = .036$;

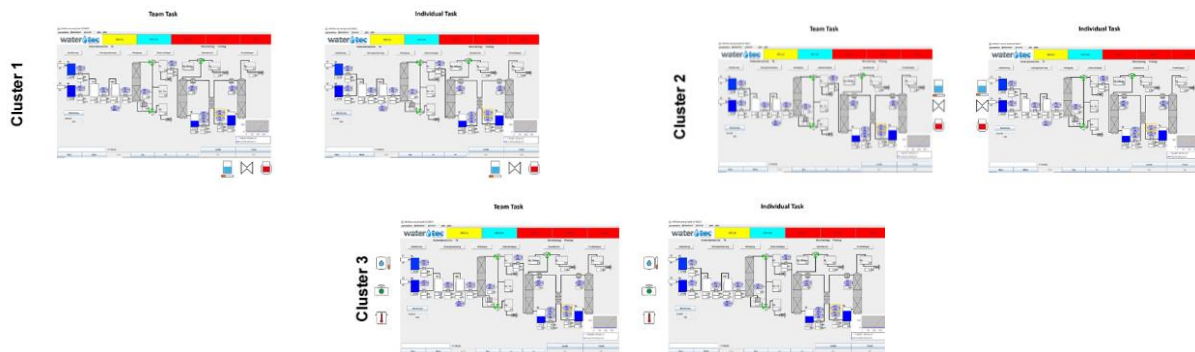


Abbildung 4: AAT-Konfigurationscluster als Ergebnis der hierarchisch divisiven Clusteranalyse.

Hedonische Qualität/ Identität: $F(2,40) = 0.77, p = .469, \eta^2_G = .018$; Attraktivität: $F(2,40) = 1.71, p = .193, \eta^2_G = .034$.

Tabelle 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Gesamtscores des UEQs und AttrakDiffs getrennt nach Clustern.

Gesamtscore	Cluster 1 ^a		Cluster 2 ^b		Cluster 3 ^c	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
UEQ	0.29	1.21	0.47	1.25	0.61	1.14
AttrakDiff	0.17	1.10	0.38	1.16	0.60	0.91

M = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung, Skala-Range: -3/+3, höhere Werte entsprechen höheren UX Werten, ^a*n*=6, ^b*n*=8, ^c*n*=8.

5. Limitationen und Diskussion

Eine wesentliche Limitation der vorliegenden Studie besteht in der geringen Varianz der UX-Scores. Ein möglicher Grund für diese Homogenität könnte in der Ähnlichkeit der Clusterkonfigurationen liegen. Insbesondere die Konfigurationen von Cluster eins und zwei sind sehr ähnlich, so dass eine stark differenzierende Beurteilung nicht möglich ist. Eine weitere Erklärung könnte in einer unzureichenden Immersion der Teilnehmenden während der UX-Beurteilung liegen. Auch die geringe Stichprobengröße könnte in Zusammenhang zur Homogenität der UX-Scores und den nicht-signifikanten Gruppenvergleichen stehen.

Obwohl die inferenzstatistische Auswertung der Daten keinen signifikanten Unterschied in der Präferenz für ein Interface in Bezug auf die UX zeigen konnte, bilden die deskriptiven Kennwerte einen Trend zur Wahl des Konfigurations-Clusters 3 (vgl. Abb. 4) ab. Dieses Ergebnis erlaubt es uns nun in weiteren Studien die tatsächliche Wirkung des entwickelten Assistenzsystems auf die zeitliche Koordination räumlich verteilter Teams zu untersuchen.

6. Literatur

- Bardram J (2000) Temporal Coordination. On Time and Coordination of Collaborative Activities at a Surgical Department. In: Computer Supported Cooperative Work, Bd. 9: 157–187.
 Becker (2016) Teamarbeit, Teampsychologie, Teamentwicklung: Springer Berlin Heidelberg.
 Bevan N What is the difference between usability and user experience evaluation methods? Online verfügbar unter <https://www.researchgate.net/publication/238775905>.

- Bevan N (2009) Extending Quality in Use to Provide a Framework for Usability Measurement. In: Kurosu M (Ed) *Human Centered Design*, Bd. 5619. Berlin, Heidelberg: Springer: 13–22.
- Boos, Margarete; Hardwig, Thomas; Riethmüller, Martin (2017) *Führung und Zusammenarbeit in verteilten Teams*. 1. Auflage. Göttingen: Hogrefe Verlag.
- Cadiz JJ, Venolia G, Jancke G, Gupta A (2002) Designing and deploying an information awareness interface. In: Churchill EF, McCarthy J, Neuwirth C und Rodden T (Eds) *Proceedings of the 2002 ACM conference on Computer supported cooperative work - CSCW '02*. The 2002 ACM conference. New York, USA: ACM Press: 314.
- Downs J, Plimmer B, Hosking JG (2012) Ambient awareness of build status in collocated software teams. In: *2012 34th International Conference on Software Engineering (ICSE)*. 2012 34th International Conference on Software Engineering (ICSE 2012): IEEE: 507–517.
- Frank B, Kluge A (2017) Cued Recall with Gaze Guiding—Reduction of Human Errors with a Gaze-Guiding Tool. In: Hale KS und Stanney KM (Eds) *Advances in Neuroergonomics and Cognitive Engineering*, Bd. 488. Cham: Springer International Publishing (Advances in Intelligent Systems and Computing): 3–16.
- Frank B, Kluge A (2018) Can cued recall by means of gaze guiding replace refresher training? An experimental study addressing complex cognitive skill retrieval. *International Journal of Industrial Ergonomics*: 123–134.
- Goodhue DL, Thompson RL (1995) Task-Technology Fit and Individual Performance. *MIS Quarterly* 2: 213–236.
- Hassenzahl M, Burmester M, Koller F (2003) AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In: Szwillus G (Ed) *Interaktion in Bewegung*, Bd. 57. 1. Aufl. Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden: Teubner (Mensch & Computer, 2003): 187–196.
- Kluge A, Borisov N, Schüffler A, Weyers B (2006) Augmented Reality to Support Temporal Coordination of Spatial Dispersed Production Teams. In: Heinecke AM und Paul H (Eds) *Mensch und Computer 2006*. Mensch und Computer im StrukturWandel. München: De Gruyter.
- Kraut R, Gergle D, Fussell S (2002) The Use of visual Information in Shared Visual Spaces: Informing the Development of Visual Co-Presence. In: Churchill EF, McCarthy J, Neuwirth C und Rodden T (Eds) *Proceedings of the 2002 ACM conference on Computer supported cooperative work - CSCW '02*. The 2002 ACM conference. New York, USA: ACM Press: 31–40.
- Laugwitz B, Schrepp M, Held T (2006) Konstruktion eines Fragebogens zur Messung der User Experience von Softwareprodukten. In: Heinecke AM und Paul H (Eds) *Mensch und Computer 2006*. Mensch und Computer im StrukturWandel. München: De Gruyter.
- LePine J, Piccolo RF, Jackson CL, Mathieu JE, Saul JR (2008) A meta-analysis of teamwork processes: Tests of a multidimensional model and relationships with team effectiveness criteria. *Personnel Psychology* 2: 273–307.
- Marks MA, Mathieu JE, Zaccaro SJ (2001) A Temporally Based Framework and Taxonomy of Team Processes. *AMR* 3: 356–376.
- Mohammed S, Hamilton K, Tesler R, Mancuso V, McNeese M (2015) Time for temporal team mental models: Expanding beyond “what” and “how” to incorporate “when”. *European Journal of Work and Organizational Psychology* 5: 693–709.
- Mohammed S, Nadkarni S (2014) Are we all on the same temporal page? The moderating effects of temporal team cognition on the polychronicity diversity–team performance relationship. *The Journal of applied psychology* 3: 404–422.
- Thomaschewski L, Herrmann T, Kluge A (2019) Unterstützung von Teamwork-Prozessen durch Augmented-Reality (AR): Entwurf einer arbeitspsychologisch fundierten Taxonomie. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Ed) *Arbeit interdisziplinär analysieren - bewerten - gestalten*. 65. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. Dortmund: GfA-Press: B.11.6.
- Thorndike RL (1953) Who belongs in the family?. *Psychometrika* 4: 267–276.
- Tibshirani R, Walther G, Hastie T (2001) Estimating the number of clusters in a data set via the gap statistic. *J Royal Statistical Soc B* 2: 411–423.
- Weyers B, Frank B, Bischof K, Kluge A (2015) Gaze Guiding as Support for the Control of Technical Systems. *International Journal of Information Systems for Crisis Response and Management* 2: 59–80.

Danksagung: Diese Studie wurde unterstützt von der DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft). Fördernummer KL2207/7-1 und WE5408/3-1.



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 · www.internetkundenservice.de