

Entwicklung eines AR-basierten Avatar-Assistenzsystems für die Unterstützung der Koordination räumlich verteilt arbeitender Teams

Benjamin WEYERS¹, Lisa THOMASCHEWSKI², Nico FELD¹, Annette KLUGE²

¹ *Human-Computer Interaction, Universität Trier
Universitätsring 15, D-54296 Trier*

² *Arbeits-, Organisations- & Wirtschaftspsychologie, Ruhr-Universität Bochum
Universitätsstraße 150, D-44780 Bochum*

Kurzfassung: Räumlich verteilt arbeitende Teams weisen häufig eine beeinträchtigte zeitliche Koordination auf, da die Teammitglieder nicht über einen gemeinsamen visuellen Kontext ihrer Aktivitäten verfügen. Zur Verbesserung der zeitlichen Koordination schlagen wir eine Augmented Reality-basierte Lösung vor, welche den/die TeampartnerIn mittels Full-Body Tracking als Avatar in das Sichtfeld des/der NutzerIn einblendet. Der Beitrag präsentiert das konzeptionelle Studiendesign und die nötige Systemimplementierung für eine Machbarkeitsstudie in der zunächst evaluiert werden soll, ob Avatarverhalten und kontextuelle Hinweisreize einen Einfluss auf die Leistung (Bearbeitungszeit & Fehlerhäufigkeit) sowie Co- und Social Presence in einer Kollaborationsaufgabe haben.

Schlüsselwörter: Teamarbeit, Zeitlichen Koordination, Räumliche Trennung, Augmented Reality, virtuelle Avatare

1. Einleitung

Zeitliche und aufgabenbezogene Koordination ist für Teamarbeit von entscheidender Bedeutung (Marks et al. 2001; Mohammed & Nadkarni 2014; Mohammed et al. 2015; Bardram 2000). Räumlich verteilt arbeitende Teams weisen oft eine weniger optimale zeitliche Koordination auf, da sich die Teammitglieder durch das Fehlen eines gemeinsamen (physischen) Raumes nicht bei ihren Aktivitäten gegenseitig sehen und beobachten können und damit der Bearbeitungsstand der jeweiligen Teilaufgaben schwer nachvollziehbar wird (Fussel et al. 2000; Kraut et al. 2002; Sebanz et al., 2006; Vesper et al. 2016). Um die zeitliche Koordination zu verbessern, untersuchen wir aktuell die Wirkung aufgabenbezogener, abstrakter Augmented Reality (AR)-basierter Überlagerungen des realen Arbeitsraums, die Informationen über den aktuellen Prozesszustand der Teamaufgabe bereitstellen (Thomaschewski et al. im Druck). Diese abstrakten Darstellungen vernachlässigen jedoch jede Art von persönlicher und physischer Kommunikation, die, im Sinne der Reichhaltigkeit von Informationsübertragungsprozessen, auch die Koordination zwischen Teammitgliedern beeinflussen kann (Powell et al. 2004; Schulze & Krumm 2017).

Der Beitrag präsentiert die Erweiterung der vorgenannten Arbeiten auf die Verwendung von Avataren als digitale Repräsentation der nicht anwesenden Teammitglieder. Die Verwendung von Avataren zur Unterstützung von kollaborativen Arbeitsprozessen wurde bereits in vorherigen Arbeiten untersucht. Beispielsweise haben Piumsomboon et al. (2018) ein Konzept vorgestellt, in dem ein Avatar genutzt wurde um einen entfernten (in Virtual Reality (VR) befindlichen) Kollaborationspartner in das Sichtfeld des lokal befindlichen Kollaborationspartners mittels AR einzublenden. Eine Arbeit von

Yoon et al. (2019) hat den Effekt von Avataren verschiedener Ausprägung auf die wahrgenommene Social Presence (Ausmaß des Bewusstseins einer Person darüber, dass sie oder er nicht allein ist sowie das Gefühl über das Ausmaß der empfundenen Co-Presence der anderen Person (Harms & Biocca 2004)) des entfernten Kollaborationspartners untersucht und hat festgestellt, dass eine realistische Ganzkörperdarstellung am stärksten Social Presence erzeugt. Waldow et al. (2019) präsentieren eine empirische Analyse für die Nutzung von Avataren in einem AR-basierten Instruktionsszenario. Die Autoren betonen die Wichtigkeit der Steuerung des Avatars durch den entfernten Kollaborationspartner („embodied visualization of the avatar“) bezogen auf Co-Presence (“sense that they are close enough to be perceived in whatever they are doing including their experiencing of others, and close enough to be perceived in this sensing of being perceived” (Goffman 1963, p.17)) und Social Presence. Jedoch konnten sie keinen Effekt hinsichtlich Performance und Workload nachweisen. Weiterhin weisen Sie auf Rückmeldungen der Probanden hin, die auf die Relevanz von visuellen Hinweisen zur Blickrichtung des Avatars deuten, haben dies jedoch nicht empirisch evaluiert.

Folgend unserer eigenen Vorarbeiten und dieser vielversprechenden verwandten Forschungsergebnisse ist es Ziel unserer zukünftigen Forschung den Einsatz von Avataren in sogenannten *symmetrischen Szenarien* (beteiligte Teammitglieder belegen gleichgestellte Rollen, siehe Feld et al. 2019 und Ens et al. 2019) hinsichtlich der Unterstützung zeitlicher Koordination räumlich verteilter Teammitglieder zu untersuchen. Ziel der hier vorgestellten Untersuchung ist es, in einem ersten Schritt festzustellen, ob beim Einsatz eines realistischen Full-Body Avatars als räumlich getrennte/r TeampartnerIn die Taskperformance (Fehlerhäufigkeit und Bearbeitungszeit) sowie Co- und Social Presence durch das Verhalten des Avatars und zusätzliche Kontexthinweise (u.a. Blickrichtung des Avatars als Folge aus der Beobachtung von Waldow et al. 2019) beeinflusst werden können. Die geplante Untersuchung versteht sich als Machbarkeitsstudie, um im Hinblick auf die zukünftigen Forschungsarbeiten zu eruieren, ob die Operationalisierung des Avatarverhaltens und der Kontexthinweise zur Evaluation in einer groß angelegten Studie geeignet sind.

2. Studiendesign

Die geplante Studie zielt darauf ab zu untersuchen, wie sich Avatarverhalten und Kontexthinweise auf die Taskperformance (Bearbeitungszeit und Fehlerhäufigkeit) sowie die Wahrnehmung der Co- und Social Presence im Rahmen einer Kollaborationsaufgabe auswirken. Dazu manipulieren wir in einem within-subject-Design die a) Art des Zeigens des Avatars (Arm zeigt auf Zielobjekt vs. Arm zeigt nicht auf Zielobjekt) und b) zusätzliche Hervorhebung des Zielobjektes (Hervorhebung vs. keine Hervorhebung).

Die Untersuchung wird in einer physischen Umgebung durchgeführt, in dem der/die ProbandIn (PB) mithilfe eines AR Head-Mounted-Displays (HMD) den Avatar einer räumlich getrennt arbeitenden Person sehen kann. Aufgabe der/des PB ist es, Zustände einer Abwasseraufbereitungsanlage (AWASim, vgl. z.B. Frank & Kluge 2017; 2018; Weyers et al. 2015) von einem Bild der Steuerungsoberfläche abzulesen (im Folgenden Region of Interest = ROI) und (verbal) an den/die TeampartnerIn (hier: Versuchsleitung) zu kommunizieren. Die Darstellung der Steuerungsoberfläche erfolgt mittels Kurzstanzprojektor auf einer dafür geeigneten Wandoberfläche. Der Avatar wird durch die Versuchsleitung gesteuert. Dafür wird sie/er mittels eines externen Trak-

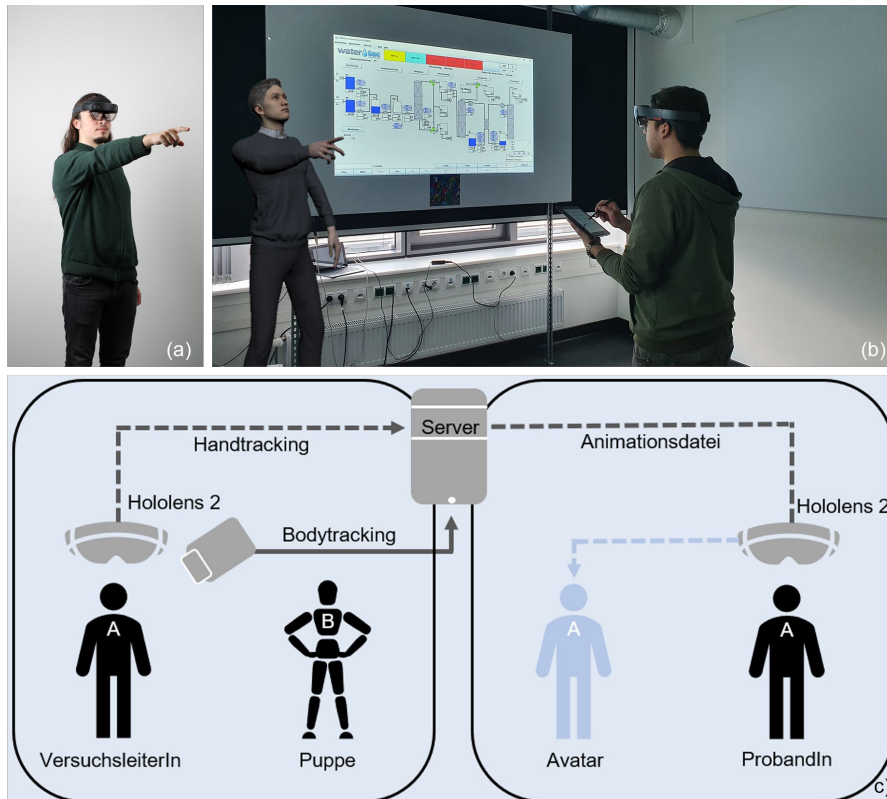


Abbildung 1: a) VersuchsleiterIn, der/ die getrackt wird. b) ProbandIn und Avatar.
c) Technisches Set-Up des Studiendesigns.

kingsystem getrackt und die physischen Bewegungen auf den Avatar gemappt (vgl.

Abb. 1 a)-c)). Die Puppe (Abb. 1 c), links) dient der Versuchsleitung als Repräsentation der/des PB, so dass die körperliche Ausrichtung, Blickrichtung sowie Zeigegeesten der Versuchsleitung eins-zu-eins auf den Avatar übertragen werden können, ohne weitere geometrische Anpassungen vornehmen zu müssen. Um zu untersuchen, ob unterschiedliches Avatarverhalten und das Vorhandensein zusätzlicher Kontexthinweise einen Einfluss auf Taskperformance sowie Co- und Social Presence haben, durchlaufen die PBn insgesamt vier Bedingungen, wobei jede Bedingung aus fünf Trials besteht. Jede/r PB durchläuft dabei alle vier Bedingungen. Um Lern- und Erinnerungseffekte auszubalancieren, wird die Reihenfolge der Bedingungen nach Plan randomisiert, so dass die Reihenfolge der Bedingungen zwischen den PBn variieren.

Die Aufgabe der/des PBn besteht in jedem Trial darin, entweder den Füllstand eines Tanks (Liter), die Temperatur eines Tanks (Grad Celsius) oder die Durchflussrate eines Ventils (Liter/ Stunde) anzugeben. Um auch hier Erinnerungseffekte zu vermeiden, kommt jeder abzulesende Zustand nur einmal vor. Die Bearbeitungszeit wird gemessen, indem die Versuchsleitung jeweils nach der Aufforderung zur jeweiligen Aufgabe (s.o.) die entsprechende Darstellung zur Ablesung einblendet und ab diesem Zeitpunkt die Zeit bis zur verbalen Antwort durch die VP gestoppt wird. Um die Fehlerhäufigkeiten im Anschluss zu ermitteln, gleicht die Versuchsleitung während des Versuchs die gegebene Antwort mit der korrekten Antwort ab und vermerkt, sobald eine Antwort abweicht.

In der Kontrollbedingung (KB) erhält der/die PB keine zusätzlichen Hinweise, wo sich die abzulesende ROI auf der Steuerungsoberfläche befindet. D.h., die ROI wird in dieser Bedingung weder durch den Avatar angezeigt noch durch eine farbliche Markierung auf der Steuerungsoberfläche hervorgehoben. In Experimentalbedingung 1

(EB1) wird die ROI nur hervorgehoben (Kontexthinweis), in EB 2 wird die ROI nur durch den Avatar angezeigt (Avatarverhalten) und in EB 3 werden das Hervorheben der ROI und das Anzeigen durch den Avatar kombiniert (Kontexthinweis + Avatarverhalten).

Nach jeder Bedingung werden das Empfinden der/des PB in Bezug auf Co- und Social Presence abgefragt. In Übereinstimmung mit Harms und Biocca (2004), definiert die vorliegende Studie Co-Presence als Subdimension von Social Presence. Social Presence beschreibt das Ausmaß des Bewusstseins einer Person darüber, dass sie oder er nicht allein ist sowie das Gefühl über das Ausmaß der empfundenen Co-Presence der anderen Person (Harms & Biocca 2004). Co-Presence definiert den Grad zu dem die Person den Avatar als echte Person wahrnimmt (Baileson et al. 2003). Für die Erfassung der Social Presence verwenden wir die 5-Item lange Skala von Baileson et al. (2003). Die Co-Presence wird mittels der entsprechenden Subskala des Fragebogens von Harms und Biocca (2004) in übersetzter Form erhoben.

Avisierter Stichprobenumfang sind 24 PBn. Die hier beschriebene Untersuchung versteht sich vor allem als Machbarkeitsstudie und zielt darauf ab festzustellen, ob eine Durchführung im Sinne guter wissenschaftlicher Standards gewährleistet werden kann und ob die gewählten Faktorstufen sowie Messinstrumente sinnvoll und zweckdienlich sind. Die folgend beschriebenen Fragestellungen werden daher und auf Grund des geringen Stichprobenumfangs zunächst nur deskriptiv statistisch beantwortet.

Die in der hier beschriebenen Studie zu beantwortenden Fragestellungen lauten: (1 & 2) Inwieweit werden Fehlerrate und Bearbeitungszeit beeinflusst, wenn der Avatar auf die ROI zeigt [wenn die ROI nur hervorgehoben wird]? (3 & 4) In wieweit werden Co- und Social Presence beeinflusst, wenn der Avatar auf die ROI zeigt [wenn die ROI nur hervorgehoben wird]?

3. Technisches Setup

Die technische Umsetzung für das symmetrische Testsetup als Basis für die zuvor beschriebene empirische Untersuchung erfolgt mit Hilfe der Unity Engine 2019.4, da sie nicht nur Support für die Implementierung von AR bietet, sondern auch für das verwendete externe Tracking System. Für die Realisierung von AR auf Seiten der/des PB wird die HoloLens 1 von Microsoft verwendet. Diese dient der Anzeige des Avatars der Versuchsleitung im realen Arbeitsraum der/des PB. Für das Tracking des Körpers der Versuchsleitung wird die Microsoft Kinect Azure verwendet. Da die Microsoft Kinect Azure kein präzises Tracking der Hände unterstützt, verwendet die Versuchsleitung zusätzlich eine Microsoft HoloLens 2. Diese ist in der Lage die Hände der Versuchsleitung präziser zu tracken und verbessert so die Darstellung des Avatars. Die Trackingdaten werden an einen Server gesendet, der diese auswertet und an die/den Avatar weiterleitet.

3.1 Bodytracking

Neben dem Software Development Kit (SDK) für die Kinect Azure als RGB-D Kamera bietet Microsoft auch eine zusätzlich SDK für das Bodytracking an. Dieses SDK erkennt mit Hilfe von Deep Learning potentielle humanoide Körper und erfasst deren physische Bewegungen (<https://docs.microsoft.com/de-de/azure/kinect-dk/about-azure-kinect-dk>). Microsoft stellt ein Beispiel Unity-Projekt zur Verfügung, welches die

Tracking Daten der Bodytracking SDK bereits für die Verwendung mit Unity aufbereitet, sodass direkt die Unity eigene Implementation für die Avataranimationen verwendet werden können. Zwar erkennt die Bodytracking SDK auch die Hände der jeweiligen Personen, jedoch nicht die Positionen der einzelnen Finger. Daher wird neben dem Bodytracking das zusätzliche Handtracking der Hololens 2 verwendet und für die Steuerung des Avatars fusioniert. Hierzu bietet das Mixed Reality Toolkit von Microsoft die Möglichkeit der Entwicklung von Unity Projekten für die Hololens 2 sowie den Zugriff auf die Handtracking Daten der Hololens 2 an.

Da die Azure Kinect eine stetige Kabelverbindung benötigt, ist diese direkt mit dem Server verbunden (vgl. Abb.1 c)). Weiterhin werden dort die Handtracking Daten der Hololens 2 (per WLAN übermittelt) mit den Kinectdaten fusioniert. Die so erzeugten Avataranimationsdaten werden anschließend über dasselbe Netzwerk an die Hololens 1 der/des entfernten PB versendet und der Avatar entsprechend animiert. Zur Implementierung der Netzwerkkommunikation wird die „Mirror Networking“ Bibliothek verwendet. Zur Kommunikation steht der Versuchsleitung und der/dem PB zusätzlich ein Voice Chat zur Verfügung.

3.2 Kommunikation

Die jeweiligen Arbeitsräume der Versuchsleitung und der/des PB sind identisch. Somit steht der Avatar der Versuchsleitung im Arbeitsraum der/des PB an exakt derselben Stelle wie die Versuchsleitung in ihrem Arbeitsraum. Dadurch wird sichergestellt, dass wenn die Versuchsleitung auf eine ROI zeigt, der Avatar im Arbeitsraum der/des PB auf die identische ROI zeigt. Ein zusätzliches Mapping von ROIs auf unterschiedliche Arbeitsräume ist somit nicht notwendig. Zusätzlich wird eine lebensgroße Puppe in den Arbeitsraum der Versuchsleitung gestellt um die Position der/des PB zu simulieren (vgl. Abb. 1c)). Von einem Bodytracking in die Gegenrichtung wird abgesehen. Die Hervorhebung der ROI (EB1 & EB3) wird durch eine veränderte Darstellung der Steuerungsoberfläche realisiert und erfolgt somit nicht in der AR.

4. Zusammenfassung

In diesem Artikel haben wir ein Studiendesign sowie die dafür notwendige technische Implementierung zur Untersuchung des Effekts eines Avatars und dessen Verhalten auf Co-Presence, Social Presence sowie Task Performance vorgestellt. Dabei steht die Rolle des Avatars hinsichtlich seines Verhaltens (Zeigen auf eine ROI) und einer zusätzlichen Markierung von ROIs bei räumlich getrennt arbeitender Teams im Vordergrund. Bei der Untersuchung handelt es sich um eine Machbarkeitsuntersuchung und verzichtet daher auf eine vollständige Implementierung einer Teamsituation (der/die entfernte TeampartnerIn wird durch die Versuchsleitung repräsentiert) sowie eine inferenzstatistische Untersuchung der empirischen Ergebnisse. Die Durchführung der Studie ist geplant für das erste Quartal 2021.

5. Literatur

- Bailenson JN, Blascovich J, Beall AC, Loomis JM (2003) Interpersonal Distances in Virtual Environments. *Personality and Social Psychology Bulletin* 29(7):819–833.
- Bardram J (2000) Temporal coordination: On time and coordination of collaborative activities at a surgical department. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)* 9:157–187.

- Ens B, Lanir J, Tang A, Bateman S, Lee G, Piumsomboon T, Billingham M (2019) Revisiting collaboration through mixed reality: The evolution of groupware. *International Journal of Human-Computer Studies* 131:81-98.
- Feld N, Weyers B (2019) Overview of Collaborative Virtual Environments using Augmented Reality. In: Gesellschaft für Informatik e.V. (Hrsg.) *Mensch und Computer 2019-Workshopband*, 185-191.
- Frank B & Kluge A (2017). Cued Recall with Gaze Guiding - Reduction of Human Errors with a Gaze-Guiding Tool. In: Hale KS & Stanney KM (eds.) *Advances in Intelligent Systems and Computing. Advances in Neuroergonomics and Cognitive Engineering*. Cham: Springer, 488:3-16.
- 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* 67:123-134.
- Fussell SR, Kraut RE, Siegel J (2000) Coordination of communication: effects of shared visual context on collaborative work. In: Association for Computing Machinery (eds.) *Proceedings of the 2000 ACM conference on Computer supported cooperative work (CSCW '00)*, 21-30.
- Goffman E (1963) *Behavior in Public Places: Notes on the Social Organization of Gatherings*. New York: The Free Press.
- Harms C, Biocca F (2004) Internal consistency and reliability of the networked minds measure of social presence. In: Alcaniz M, Rey B (eds.) *Seventh Annual International Workshop: Presence*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Kraut RE, Gergle D, Fussell SR (2002) The use of visual information in shared visual spaces: informing the development of virtual co-presence. In: Association for Computing Machinery (eds.). *Proceedings of the 2002 ACM conference on Computer supported cooperative work (CSCW '02)*, 31-40.
- Marks MA, Mathieu JE, Zaccaro, SJ (2001) A temporally based framework and taxonomy of team processes. *Academy of Management Review* 26(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* 24(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* 99(3):404-422.
- Piumsomboon T, Lee GA, Hart JD, Ens B, Lindeman RW, Thomas BH, Billingham M (2018) Mini-me: An adaptive avatar for mixed reality remote collaboration. In: Association for Computing Machinery (eds.) *Proceedings of the 2018 CHI conference on human factors in computing systems*, 1-13.
- Powell A, Piccoli G, Ives, B (2004). Virtual teams. *ACM SIGMIS Database* 35(1):6-36.
- Schulze J, Krumm S (2017). The "virtual team player". *Organizational Psychology Review* 7(1):66-95.
- Sebanz N, Bekkering H, Knoblich G (2006) Joint action: bodies and minds moving together. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(2):70-76.
- Thomaschewski L, Weyers B, Kluge A (im Druck) A Two-Part Evaluation Approach for Measuring the Usability and User Experience of an Augmented Reality-based Assistance System to Support the Temporal Coordination of Spatially Dispersed Teams. *Cognitive Systems Research*.
- Vesper C, Schmitz L, Safra L, Sebanz N, Knoblich G (2016) The role of shared visual information for joint action coordination. *Cognition* 153:118-123.
- Waldow K, Fuhrmann A, Grünvogel SM (2019) Investigating the effect of embodied visualization in remote collaborative augmented reality. In: Bourdot P, Interrante V, Nedel L, Magnenat-Thalmann N, Zachmann G (eds) *Virtual Reality and Augmented Reality. EuroVR 2019. Lecture Notes in Computer Science*. Cham: Springer, 1883:246-262.
- 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* 7(2): 59-80.
- Yoon B, Kim HI, Lee GA, Billingham M, Woo W (2019) The effect of avatar appearance on social presence in an augmented reality remote collaboration. In: IEEE (eds.) *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 547-556.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt Herrn Patrik Brescia, Universität Trier, für die Entwicklung des ersten Prototypens der technischen Umsetzung. Diese Arbeit wurde unterstützt von der DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft. Fördernummer KL2207/7-1 und WE5408/3-1).



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