

## **Unterstützung von Teamwork-Prozessen durch Augmented Reality (AR): Entwurf einer arbeitspsychologisch fundierten Taxonomie**

Lisa THOMASCHEWSKI<sup>1</sup>, Thomas HERRMANN<sup>2</sup>, Annette KLUGE<sup>1</sup>

*<sup>1</sup> Fakultät für Psychologie,  
Lehrstuhl für Arbeits-, Organisations- und Wirtschaftspsychologie  
Ruhr-Universität Bochum*

*<sup>2</sup> Institut für Arbeitswissenschaften,  
Lehrstuhl für Informations- und Technikmanagement  
Ruhr-Universität Bochum  
Universitätsstraße 150, D-44780 Bochum*

**Kurzfassung:** Mit Augmented-Reality (AR) Technik können Teamarbeitsprozesse verbessert werden. Um die Gestaltung und Evaluation entsprechender Anwendungen zu unterstützen, wird eine Taxonomie vorgeschlagen. Sie verbindet technische Klassifizierung mit Differenzierungen aus der CSCW-Forschung und der Arbeitspsychologie um AR-basierte Teamarbeit mit zehn Dimensionen systematisch zu charakterisieren.

**Schlüsselwörter:** Augmented Reality, Virtual Reality, Teamwork-Prozesse, Taxonomie, soziotechnisches System, Computer Supported Cooperative Work

### **1. Einleitung: Hintergrund und Relevanz**

Die Wirkung verschiedener Formen der Digitalisierung auf kooperative Arbeitsprozesse – etwa in der Teamarbeit - lässt sich durch die Verknüpfung technischer und sozialer Strukturen zu soziotechnischen Systemen verstehen (Ulich 2013). Eine neue Form soziotechnischer Systeme, welche im organisationalen Kontext in der arbeitsprozessbezogenen Unterstützung zunehmend Anwendung findet, sind Augmented Reality-basierte Technologien (AR-Technologien, (Mehler-Bicher et al. 2011)). Dieser Beitrag zeigt auf, welche Dimensionen bei der Gestaltung von AR-unterstützter Aufgabenbearbeitung durch Teams (Teamwork, TW) in besonderer Weise wechselwirken und zu berücksichtigen sind.

Das Kennzeichen von AR ist es, dass die Interaktion mit realen Gegebenheiten (Menschen, Gegenständen, Maschinen) nahtlos mit der Interaktion computerbasierter, augmentierender Darstellungen verbunden ist (Billinghurst et al. 2015). Beispielsweise wird Wartungspersonal mithilfe von AR-Überblendungen bei der Reparatur oder Instandhaltung komplexer Anlagen unterstützt, indem AR-fähige Endgeräte z.B. Arbeitsschritte anzeigen oder relevante Anlagenstrukturen hervorheben (van Krevelen & Poelman 2010). AR-Technologien sind dabei nicht nur für Individualaufgaben anwendbar, sondern weisen auch hohes Potential für die Unterstützung von Teamwork-Prozessen (TW-Prozesse) auf. Durch die Visualisierung des Prozessfortschritts der Teammitglieder räumlich getrennter Teams mittels AR-basierter Ambient-Awareness kann z.B. die Task-State Awareness des Teams erhöht werden (Kluge et al. 2018).

Aus arbeits- und organisationspsychologischer Sicht forciert der Einsatz von Teamwork neben wirtschaftlichen Zielen vor allem die bestmögliche Erreichung mitarbeiterorientierter Ziele. Ein wesentlicher Prädiktor für die Teamperformance bei Zielerreichung ist dabei die Passung eingesetzter Technologien zur Teamaufgabe (Salas et al. 2008). Um passende Technologie effektiv und zielführend einzusetzen, muss ein Verständnis der Teamarbeitserfordernisse und -fertigkeiten vorliegen (Salas et al. 2008). Daher ist es notwendig, zunächst die individuellen Determinanten des TW-Prozesses sowie des Teams zu identifizieren (Kluge et al. 2018).

Bzgl. technischer Differenzierungsmerkmale ist zu unterscheiden, dass augmentierende Darstellungen z.B. Daten sein können (etwa zu Eigenschaften eines realen Objekts), aber auch virtuelle Repräsentationen, die Realitätsausschnitte symbolisieren (etwa ein Avatar einer kooperierenden Person) oder widerspiegeln (z.B. eine Videoaufnahme einer kooperierenden Person, die in eine Szene projiziert wird). Diese Darstellungen können Audiosignale, Sprache, Grafiken, Text, bewegte Bilder oder auch Force Feedback (z.B. in Form von Vibration) beinhalten. Es können künstliche Phänomene oder Abläufe (Billinghurst et al. 2015), die es nicht mehr gibt, (noch) nicht gibt, oder nie geben wird (Hugues et al. 2011), mit realen Szenen verbunden werden – etwa der Entwurf eines neuen Gebäudes. Zu beachten ist, dass die erweiternden Darstellungen computer-basiert generiert werden können, etwa durch Sensoren (z.B. GPS-Koordinaten, die eingeblendet werden) oder durch menschliche Akteure (etwa die Hervorhebung zu wartender Maschinenteile). Die Zuordnung (Tracking, (Dörner et al. 2013)) virtueller Information zu den passenden Realitätselementen ist eine besondere Herausforderung, die auch kooperativ erfolgen kann.

Hardwaretechnisch kann die Kopplung zwischen realitäts- und computerbezogener Interaktion durch Brillen, Handhelds oder durch im Raum installierte Displays ermöglicht werden (Bimber & Raskar 2005). Für die Nutzung von AR ist zu unterscheiden, ob sie vorrangig der Wahrnehmungsunterstützung dient oder ob die manipulierende Durchführung von Aufgaben unterstützt wird (Hugues et al. 2011), etwa wenn man eine Maschine mit Hilfe eines virtuellen Schalters startet. Für die Interaktionsunterstützung wird in den gängigen AR-Taxonomien nur unzureichend beachtet, dass die Gegebenheiten und Abläufe im augmentierten Realitätsausschnitt als Kontext genutzt werden können, um implizite Interaktionen (Schmidt 2000) zu unterstützen, wenn etwa ein Team von Anlagenführern augmentierende Hinweise im Fall der Überhitzung eines Automaten erhält.

## 2. Aufbau der Taxonomie und Erläuterung der Dimensionen

Die Taxonomie beinhaltet vier Bereiche: soziales System (1 – 5)), technisches System (7 – 9)), Schnittstelle zwischen sozialem und technischem System (6)) und Nutzen für Teamwork durch den Einsatz von AR-Technologien (10)) (Abb. 1). *TW-Prozesse* bilden dabei die Schnittstelle zwischen sozialen und technischen Aspekten. Basierend auf dem Modell des idealisierten Teamwork-Prozesses von Hagemann & Kluge (2017) werden als wesentliche *TW-Prozesse* Kommunikation, Koordination und Kooperation definiert. Kommunikation beschreibt den Austausch von Informationen sowie Verständigungsprozesse und das Teilen von Perspektiven. Die Koordination beinhaltet den zweckdienlichen Prozess der Abstimmung zwischen den Teammitgliedern in Bezug auf Ressourcen und Aktivitäten (Schlichter et al. 2001). Koope-

ration bezeichnet den Prozess der aufgabenorientierten Zusammenarbeit zum Zweck der Zielerreichung (Herrmann 1991).

Die Dimensionen *qualitative und quantitative Teamkonstellation, räumliche Verteilung, zeitlicher Ablauf* und *Grad der Kopplung*, die oberhalb der TW-Prozesse eingeordnet sind (Abb. 1), bilden die Evaluationsgrundlage für die sozialen Strukturen. Anhand der *räumlichen Verteilung* kann differenziert werden, ob es sich um räumlich getrennte (dispersed) oder nicht getrennte (co-located) Teams bzw. Teammitglieder handelt (Johansen 1991). *Zeitlicher Ablauf* berücksichtigt, ob die aufeinander bezogenen Kommunikations- oder Kooperationsaktivitäten im Team zeitgleich oder zeitlich versetzt stattfinden. Mittels der Dimension *Grad der Kopplung* kann bestimmt werden, inwieweit die Koordination durch den gegebenen Kontext unterstützt wird oder zusätzliche Kommunikation oder Informationsbereitstellung braucht (Herrmann 2012). Unterhalb der TW-Prozesse sind die Klassifikatoren für den technischen Systemteil abgebildet: *Art der Informationsrepräsentation, Art der Rezeption und Funktionen der Bereitstellung von Augmentierungen*.

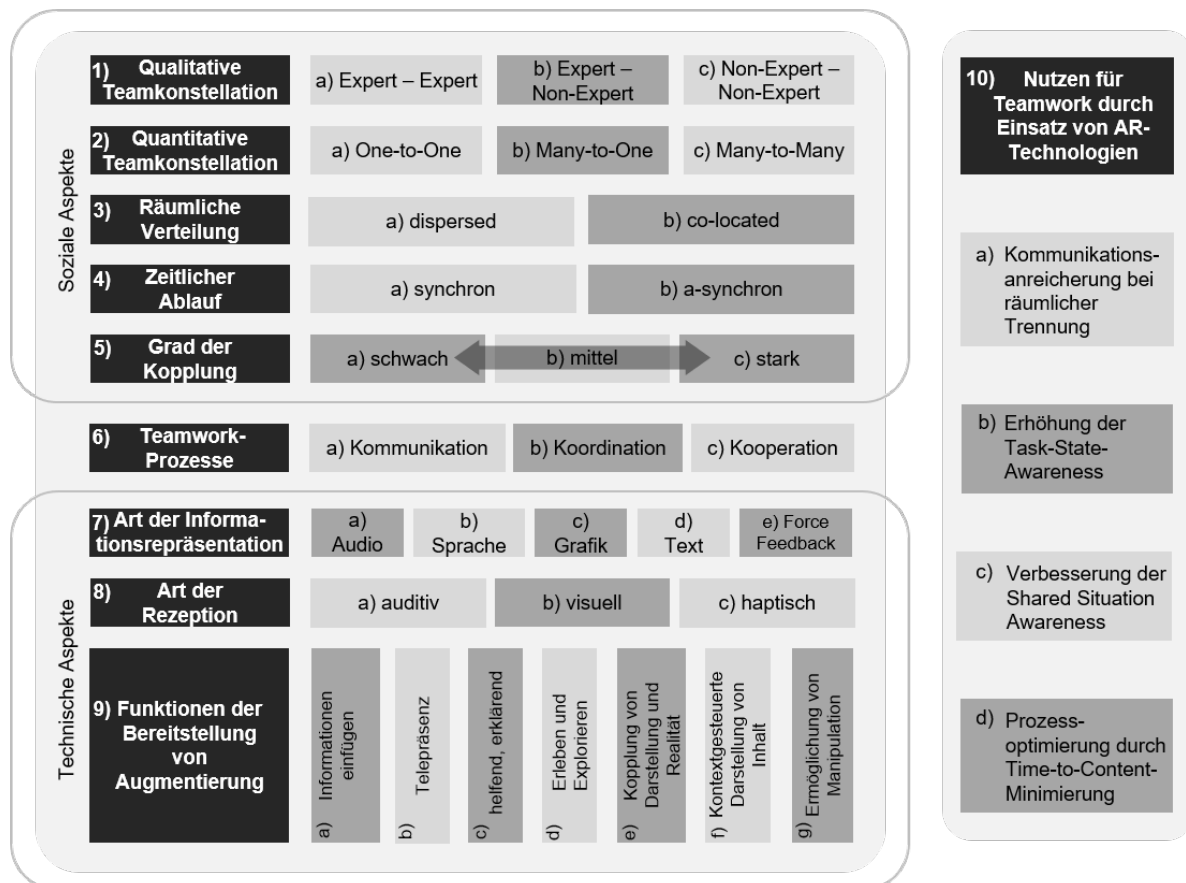


Abbildung 1: Taxonomie zur Unterstützung von Teamwork-Prozessen durch Augmented Reality.

Die neunte Dimension ist aus der Differenzierung der AR-Technik abgeleitet und behandelt verschiedene Funktionen der Bereitstellung der augmentierenden Informationen: Prinzipiell wird das *Einfügen von Informationen* in Realitätsszenen technisch unterstützt; die *Telepräsenz* von Teampartnern unterstützt die Kommunikation; die Augmentierung kann auf *Hilfe und Erklärung* orientiert sein (z.B. Arbeitsschrittanleitungen für die Reparatur einer Maschine) oder auf das gemeinsame *Erleben und Explorieren* (von Entwürfen und Abläufen); die *Kopplung von Darstellungen mit der Realität* (etwa die Verortung virtueller Möbel zu Punkten eines leeren Raum) muss

technisch unterstützt werden, insbesondere wenn sie kooperativ vorgenommen wird; *kontext-gesteuerte Darstellungen zeigen Informationen* in Abhängigkeit der Veränderung einer Situation an (etwa bei einem Navigationssystem); *Ermöglichung von Manipulation* nutzt z. B. virtuelle Darstellung von Bedienelementen (etwa noch nicht eingebaute Lichtschalter in einem Haus zur Veränderung der Beleuchtung).

Auf der vertikalen Achse sind diesen Dimensionen Arten des Nutzens für Teamwork gegenübergestellt. Hier werden Merkmale unterschieden, welche im TW-prozessspezifischen Kontext zu einer Verbesserung der Teamperformance führen: *Kommunikationsanreicherung bei räumlicher Trennung* (Fussell et al. 2000; Lengel & Daft 1986; Billingham & Kato 2003), *Erhöhung der Task-State-Awareness* (Kraut et al. 2002; Kluge et al. 2018), *Verbesserung der Shared Situation Awareness* (Gutwin & Greenberg 2004) und *Prozessoptimierung durch Time-to-Content-Minimierung* (Mehler-Bicher et al. 2011).

### 3. Anwendung der Taxonomie anhand eines Beispielszenarios

Das folgende Szenario verdeutlicht, wie die beschriebenen Dimensionen zur Charakterisierung der AR-Unterstützung von Arbeitsaufgaben in Teams verwendet werden können (Verweise jeweils in Klammern). Somit werden auch Designentscheidungen erkennbar, die ggf. entlang der möglichen Ausprägungen variiert werden können.

Szenario: Eine Architektin besichtigt mit einem Installateur einen Rohbau (1a, 2a, 3b, 4a, 5c), um die Verlegung der Leitungen zu erörtern (6c). Noch nicht errichtete Bauteile werden aus dem Plan abgeleitet und visualisiert (7c, 8b, 9c & e, 10c) auf Basis des Beitrags des technischen Zeichners (9a). Die Architektin erläutert anhand des realen Baus und den eingeblendeten Visualisierungen den Charakter des Gebäudes; der Installateur kann bei Rückfragen (6a) auf die augmentierenden Darstellungen zeigen. Beide können Annotationen hinterlassen (7d, 8b, 9a), die als Daten mit Punkten des Gebäudes verbunden und dargestellt werden (9e, 10d). Ebenso können gemeinsam Leitungen eingetragen (6c, 7c, 8b, 9e) werden. Die Statikerin ist remote dazugeschaltet (1a, 2b, 3a, 4a, 5b, 10a), um ggf. Hinweise oder Abmessungen nachzutragen, die dann von der Architektin und dem Installateur gesehen werden (6a, 6c, 7b, c, d, 8a, b, 9a, 10c). Bei Bedarf wird die Statikerin als Avatarin repräsentiert, die auf bestimmte kritische Stellen am Gebäude zeigt und dazu Erläuterungen gibt (6a, 9b, 10a). Da die Architektin einen Lehrauftrag hat, sind an diesem Tag Studenten der Begehung zugeschaltet, um den Vorgang nachvollziehen zu können (1b, 2c, 3a, 5b, 6a). Sie haben keinen Kommunikationszugang (4b) zu der Besprechung, können aber geplante Leitungen, deren Grund sie nicht verstehen, rot markieren (7c, 8b, 9a, 10a, c). Diese Markierungen sind nur für die Architektin sichtbar, die bei Bedarf darauf eingehen kann (6b). Ein technischer Zeichner verfertigt im Nachgang ein Protokoll anhand einer Aufzeichnung der Begehung und kann für Nachfragen bei Bedarf die Architektin dazu schalten (1a, 2a, 3a, 4a, 5b) die mittels AR auf bestimmte Stellen der Pläne zeigen kann (6c, 8b, 9c, 10a & c).

### 4. Diskussion/Limitationen/Ausblick

Die hier entwickelte Taxonomie soll dazu dienen, spezifische Situationen von TW zu beschreiben und die dafür förderliche Augmentierung zu wählen. Die vorgeschlagene Taxonomie fokussiert das Ziel der Gestaltung kooperativ zu bewältigender

Arbeitsaufgaben, wie sie typischerweise in Teams im Arbeits- und Produktionskontext zu bewältigen sind. Dabei kann der Entwurf sozio-technischer Prozesse und die damit verbundene Arbeitsgestaltung, die AR einsetzt und mit organisatorischen sowie qualifikatorischen Maßnahmen koppelt, als ein wichtiges Einsatzfeld der Taxonomie gesehen werden. In diesem Kontext ist es eine Kernaussage der Taxonomie, dass die aus der CSCW-Forschung bekannten Differenzierungen (wie etwa zeitlicher Verlauf oder räumlich Verteilung) auch für den AR-Einsatz relevant sind, der häufig zu einseitig auf die Perspektive der Mensch-Computer-Interaktion fokussiert wird.

Im Rahmen der Arbeitsgestaltung kann die Taxonomie z.B. als Checkliste verwendet werden, um systematisch zu erörtern, welche Varianten von Einsatzmöglichkeiten, auf die der AR-Einsatz abgestimmt sein muss, zu berücksichtigen sind.

Für die Evaluation von noch nicht realisierten Lösungsansätzen (etwa Pläne, Vorgehensmodelle, Vorschläge für einzusetzende Technologie) unterstützt die Taxonomie die Beantwortung der Frage, ob alle relevanten Konstellationen oder Potentiale des AR-Einsatzes berücksichtigt wurden. Im Hinblick auf die Evaluation bereits realisierter AR-Unterstützung in TW-Prozessen können unabhängige bzw. abhängige Variablen identifiziert werden, deren Ausprägung im Rahmen der Evaluation variiert bzw. beobachtet werden können.

Zu beachten ist dabei, dass die Taxonomie nur auf Spezifika der Passung von AR und TW-Prozessen eingeht und andere, generelle Einflussgrößen auf den Erfolg der Techniknutzung (wie Alter, Nutzungserfahrung etc.) in der jetzigen Form nicht berücksichtigt.

Diese Taxonomie versteht sich als erster konzeptioneller Schritt, um die Auswahl und Gestaltung von AR-Unterstützung arbeitspsychologisch im Sinne der sozio-technischen Systemgestaltung und einer „joint optimization“ anzuleiten. Eine empirische Überprüfung, z.B. hinsichtlich der Vollständigkeit der Taxonomie, ist die naheliegende nächste Aufgabe. Zudem wird zukünftige Forschung zeigen müssen, unter welchen Bedingungen (z.B. unter Berücksichtigung welcher Moderatoren) und in welcher konkreten Form (z.B. unter Berücksichtigung welcher Mediatoren) eine Wirkung auf die Teamleistung erzielt wird. Die hier vorgestellte Taxonomie verfolgt das Ziel, eine erste Grundlage für Forschungsvorhaben dieser Art zu legen.

## 5. Literatur

- Billinghamst M, Clark A, Lee G (2015) A Survey of Augmented Reality. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction* 8 (2-3): 73–272.
- Billinghamst M, Kato H (2003) Collaborative Augmented Reality. *Communications of the ACM* 45 (7).
- Bimber O, Raskar R (2005) *Spatial Augmented Reality. Merging Real and Virtual Worlds*. Wellesley, Massachusetts: A K Peters.
- Dörner R, Broll W, Grimm P, Jung B (2013) *Virtual und Augmented Reality (VR / AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Fussell SR, Kraut RE, Siegel J (2000) Coordination of Communication: Effects of Shared Visual Context on Collaborative Work. In: Kellogg W (Ed) *Proceedings of the 2000 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*. New York: ACM, 21-30.
- Gutwin C, Greenberg S (2004) The Importance of Awareness for Team Cognition in Distributed Collaboration. In: Salas E, Fiore SM (Ed) *Team Cognition. Understanding the Factors that Drive Process and Performance*. Washington, DC: APA-Press, 177-201.
- Hagemann V, Kluge A (2017) Complex Problem Solving in Teams: The Impact of Collective Orientation on Team Process Demands. *Frontiers in Psychology* 8: 1730.
- Herrmann T (1991) Die Bedeutung menschlicher Kommunikation für die Kooperation und für die Gestaltung computergestützter Gruppenarbeit. In: Oberquelle H (Hrsg) *Kooperative Arbeit und*

- Computerunterstützung. Stand und Perspektiven. Göttingen: Verlag für angewandte Psychologie, 63-78.
- Herrmann T (2012) Kreatives Prozessdesign: Konzepte und Methoden zur Integration von Prozessorganisation, Technik und Arbeitsgestaltung. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Hugues O, Fuchs P, Nannipieri O (2011) New Augmented Reality Taxonomy. Technologies and Features of Augmented Environment. In: Furht B (Ed) Handbook of Augmented Reality. New York: Springer, 47-63.
- Johansen R (1991) Teams for tomorrow (groupware). In: Proceedings of the Twenty-Fourth Annual Hawaii International Conference on System Sciences: IEEE Comput. Soc. Press, 521-534.
- Kluge A, Borisov N, Schöffler A, Weyers B (2018) Augmented Reality to Support Temporal Coordination of Spatial Dispersed Production Teams. In: Dachsel R, Weber, G (Ed) Mensch und Computer 2018 - Workshopband. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.
- Kraut RE, Gergle D, Fussell SR (2002) The Use of Visual Information in Shared Visual Spaces: Informing the Development of Virtual Co-Presence. In: Proceedings of the ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, 31-40.
- Lengel RH, Daft RL (1986) Organizational information requirements, media richness and structural design. Management Science 32 (5), 554-571.
- Mehler-Bicher A, Reiß M, Steiger L (2011) Augmented Reality: Theorie und Praxis. München: Oldenbourg Verlag.
- Salas E, Cooke NJ, Rosen MA (2008) On teams, teamwork, and team performance: discoveries and developments. Human Factors 50 (3), 540-547.
- Schlichter J, Reichwald R, Koch M, Möslin K (2001) Rechnergestützte Gruppenarbeit (CSCW). In: Ziegler J (Hrsg) i-com: Vol. 0 (0\_2001). München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, 5-11.
- Schmidt A (2000) Implicit human computer interaction through context. Personal and Ubiquitous Computing 4 (2-3), 191-199.
- Ulich E (2013) Arbeitssysteme als Soziotechnische Systeme - eine Erinnerung. Journal Psychologie des Alltagshandelns 6 (1), 4-12.
- van Krevelen D, Poelman R (2010) A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. The International Journal of Virtual Reality 9 (2), 1-20.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## **Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten**

65. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft  
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme  
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit  
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

---

## **GfA-Press**

---

**Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019**

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,  
Technische Universität Dresden;  
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Dortmund: GfA-Press, 2019  
ISBN 978-3-936804-25-6

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 Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband 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**

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

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