

## **Gestaltung von personalisierten Lernfabrikschulungen in Virtual Reality im Kontext schlanker Produktion**

Thomas RIEMANN<sup>1</sup>, Antonio KRESS<sup>1</sup>, Lisa ROTH<sup>2</sup>, Dominik GÖRGE<sup>1</sup>,  
Rupert GLASS<sup>1</sup>, Joachim METTERNICH<sup>1</sup>, Petra GRELL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen, Technische Universität Darmstadt*

*Otto-Berndt-Straße 2, D-64287 Darmstadt*

<sup>2</sup> *Institut für Allgemeine Pädagogik und Berufspädagogik,*

*Technische Universität Darmstadt*

*Alexanderstraße 6, D-64283 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Das Konzept der Lernfabriken erfüllt die aktuellen lerntheoretischen Anforderungen in Bezug auf Situation, Prozessorientierung und Authentizität. Jedoch ist es oftmals für Schulungsteilnehmende schwierig, die erlernten Fähigkeiten in die betriebliche Anwendungssituation zu übertragen. Mit Virtual Reality (VR) haben die Trainingsteilnehmenden die Möglichkeit, mit ergänzenden transferorientierten Handlungsaufgaben im virtuellen Raum zu lernen. In diesem Kontext wurde für die zu entwickelnde Softwarelösung ein Anwendungstest mit Fokus auf die Usability durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Gestaltungselemente getestet, um auf Basis der Rückmeldungen die VR-Lernumgebung anzupassen und den Lernenden eine bestmögliche Erfahrung in VR zu ermöglichen.

**Schlüsselwörter:** Virtual Reality, Lernfabrik, Gestaltungselemente, Anwendungstest, Usability

### **1. Einleitung**

Insbesondere in einem komplexen System wie der Produktion ist es wichtig, Komplexitäten zu beherrschen, flexibel agieren zu können und über eine hohe Problemlösungsfähigkeit zu verfügen. Für viele Unternehmen wird daher die Entwicklung von Kompetenzen immer wichtiger. Lernfabriken sind sehr beliebt, um die Kompetenzen von Studierenden und Angestellten in einer realistischen Produktionsumgebung zu entwickeln (Abele et al. 2017). VR erweitert die Möglichkeiten und Anwendungsbereiche in Lernfabriken (Juraschek et al. 2018). Dennoch haben nur wenige Lernfabriken Trainingsszenarien in VR implementiert.

Die Betrachtungen dieses Artikels beschäftigen sich primär mit der literaturgeleiteten Identifikation von Gestaltungselementen auf Basis vorhandener Anforderungen sowie der praktischen Überprüfung derselben im Rahmen eines Anwendungstests im Center für industrielle Produktivität (CiP) an der TU Darmstadt. Zur Darstellung dieser Inhalte gliedert sich die Veröffentlichung in sechs Abschnitte: Nach einer kurzen Betrachtung der Grundlagen von Lernfabriken und Virtual Reality im Weiterbildungskontext (Abschnitt 2) wird die Ableitung von Gestaltungselementen sowie die Konzeptionierung des Anwendungstests beschrieben (Abschnitt 3). Im Anschluss werden die Ergebnisse des Anwendungstests in Abschnitt 4 zusammengefasst. Die gewonnenen Erkenntnisse können von Lernfabrik-Betreibern genutzt werden, die VR in ihrem Lernfabrik-Konzept umsetzen wollen.

## 2. Virtual Reality und Lernfabriken

Lernumgebungen in VR werden in der beruflichen Bildung zunehmend als Weiterbildungsinstrument genutzt (Hellriegel & Čubela 2018). Virtuelle Realitäten werden dabei als interaktive computergestützte simulierte Einstellungen der Wirklichkeit verstanden (Schwan & Bruder 2006). Virtuelle Umgebungen in Form von VR eröffnen neue Lernräume. Die Lernenden haben je nach Immersionsgrad das Gefühl, sich darin körperlich real bewegen zu können. Immersion beschreibt den Zustand, in dem die Illusion in den Hintergrund tritt, so dass die virtuelle Welt als real wahrgenommen wird (Guadagno et al. 2007; Grau 2003). Bei einer hohen Immersion verblässen somit die Grenzen zwischen Realität und Fiktion. Gezielt lassen sich so Handlungsabläufe in VR trainieren, die in der Realität nur schwer erprobt werden können. VR bringt zudem zusätzliche Flexibilität in Zeit und Ort (Freina & Ott 2015) und ermöglicht die gleichzeitige Ansprache verschiedener Lerntypen (Zender et al. 2018). Durch die Darstellung von Lernszenarien in VR sind nicht nur visuelle, sondern auch haptische und auditive Reize möglich. Die Lernenden interagieren dabei selbstgesteuert mit der virtuellen Welt. VR-Lernumgebungen sind aber auch mit Herausforderungen verbunden: Insbesondere fehlen in der Literatur detaillierte Erläuterungen zu mediendidaktischen Konzepten zu VR (vgl. Kerres 2018). Ebenso ändern sich die Anforderungen an das Bildungspersonal, wenn digitale Medien im Lehr- und Lernprozess eingesetzt werden (Hellriegel & Čubela 2018; Arnold et al. 2015).

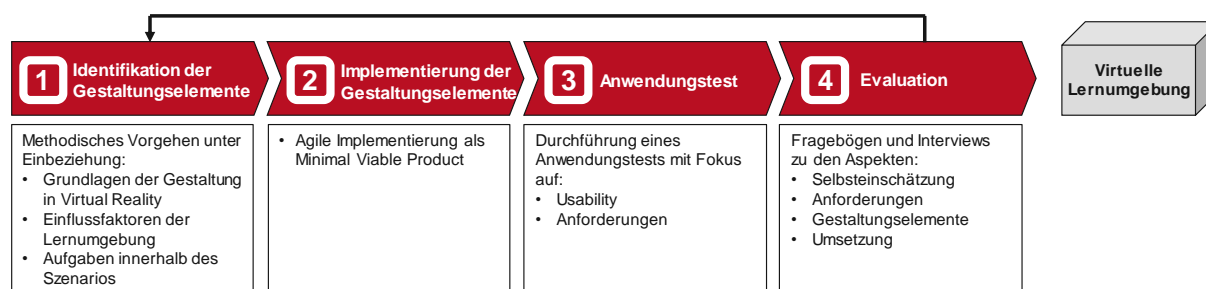
In Lernfabriken findet das Lernen in einer realistischen Fabrikumgebung statt (Abele et al. 2017), wobei die Schulungsteilnehmenden Aktionen innerhalb einer realen Wertschöpfungskette eines physischen Produkts durchführen können. Allerdings ist das Konzept der physischen Lernfabriken begrenzt (Tisch & Metternich 2017). Mangelnde Verfügbarkeit von Ressourcen sind limitierende Faktoren für eine Lernfabrik: Personal, Maschinen und Arbeitsplätze können kostenintensiv sein. Darüber hinaus sind die Abbildungsmöglichkeiten von Lernfabriken begrenzt: Häufig stellen Lernfabriken einzelne Wertschöpfungsketten von Produkten ohne große Flexibilität dar. Auch die mögliche Anzahl an Trainingsteilnehmenden ist begrenzt. Aufgrund dieser Einschränkungen wurden in den letzten Jahren virtuelle Lernfabriken entwickelt (Haghighi et al. 2014). Das Lernen findet hier in einer virtuellen Umgebung statt (Dörner et al. 2013). Dies birgt eine Vielzahl an Potentialen: Prozesse können in Zeitlupe oder im Zeitraffer dargestellt werden. Darüber hinaus kann je nach Wunsch der Trainingsteilnehmer eine hohe Anzahl von Wertschöpfungsketten mit unterschiedlichen Produkten dargestellt werden. Der Schwierigkeitsgrad der Übungen kann je nach Bedarf der Teilnehmenden variiert und didaktische Konzept kann durch neue Arten der Reflexion ergänzt werden. Das Konzept einer hybriden Lernfabrik kombiniert die Vorteile der physischen und der virtuellen Umgebung (Abele et al. 2017). Das Training kann je nach Zweck in einer realen oder virtuellen Umgebung durchgeführt werden. Dies eröffnet vielfältige Möglichkeiten, das bestehende Betreibermodell zu erweitern.

Ziel des Forschungsprojekts „Virtuelle Handlungsaufgaben für personalisiertes adaptives Lernen“ (PortaL) ist die Entwicklung eines Trainingsszenarios in VR. Im Mittelpunkt stehen in diesem die Anpassung und Personalisierung des Lernprozesses. Nach dem Training in der physischen Lernfabrik führen die Teilnehmenden eine Übung in der virtuellen Umgebung durch. Der entwickelte Ansatz wird zunächst in der Prozesslernfabrik des CiP am Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der Technischen Universität Darmstadt am Beispiel eines bestehenden Lehrgangs gemeinsam umgesetzt. Der Geschäftsbereich UReal-

ty der Kirchner GmbH entwickelt die Software agil für die virtuelle Umgebung. Das Trainingsszenario wird mehrfach getestet und bewertet, indem das Trainingsszenario mit mehreren Partnerunternehmen durchgeführt wird. Die virtuelle Umgebung soll auf diese Weise mit jedem Test kontinuierlich verbessert werden.

### 3. Methodik

Der gewählte Ansatz im Projekt zeichnet sich durch ein systematisches Vorgehen zur Identifikation, Implementierung und Evaluation der verschiedenen Gestaltungselemente aus. Dieses ist in Abbildung 1 dargestellt. Im Folgenden soll insbesondere auf die Identifikation von Gestaltungselementen, den Anwendungstest und dessen Ergebnisse eingegangen werden.

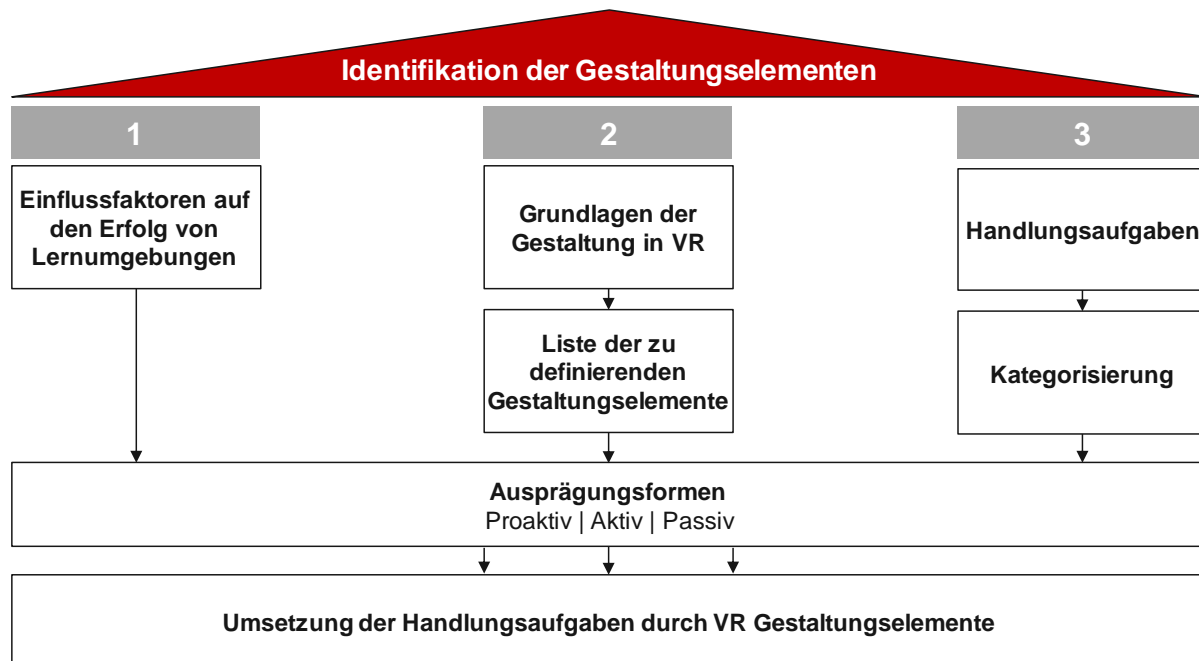


**Abbildung 1:** Vorgehen im Forschungsprojekt Portal zur Identifikation, Implementierung und Evaluation von Gestaltungselementen (eigene Darstellung)

#### 3.1 Identifikation der Gestaltungselemente

Das Erlebnis der virtuellen Realität basiert auf den vier Kernelementen „Virtuelle Welt“, „Immersion“, „Sensorisches Feedback“ und „Interaktivität“ (Sherman & Craig 2018). Das Kernelement „Sensorisches Feedback“ stellt die größte Differenzierung zu klassischen digitalen Medien dar. Die aktiven Bewegungen der Anwendenden verändert die Darstellung des Virtuellen (Sherman & Craig 2018). Die Interaktivität ist definiert als das Ausmaß, in dem die Anwendenden die Form und den Inhalt der virtuellen Umgebung modifizieren können (Steuer 1992). Diese vier Kernelemente bieten ein breites Spektrum an Möglichkeiten zur Entwicklung von virtuellen Umgebungen. Einzelne Aspekte dieser vier Kernelemente stellen Gestaltungselemente dar. Bei der Entwicklung einer Lernumgebung besteht die Herausforderung darin, Gestaltungselemente so einzusetzen, dass der Lernerfolg erhöht wird. Zur konkreten Ausgestaltung des Lernszenarios wurde ein 3-Säulen-Modell entwickelt, das die Gestaltungselemente (erste Säule) mit den durch die Lerntheorien bekannten Einflussfaktoren auf den Erfolg von Lernumgebungen (zweite Säule) sowie den notwendigen Aufgaben (dritte Säule) kombiniert. Durch diese Kombination soll die Lücke zwischen der didaktischen Betrachtungsweise und den neuen zur Verfügung stehenden Möglichkeiten in VR kompensiert werden. Im Zuge dessen wurden Handlungsaufgaben in sieben Aufgabenkategorien eingeordnet. Diesen Kategorien wurden im Anschluss jeweils passende Gestaltungselemente zugeordnet. Zum einen erleichtert die Einordnung die Entwicklung der Umgebung und sorgt somit für eine effizientere Vorbereitung: Gestaltungselemente werden lediglich den entsprechenden Aufgabenkategorien zugeordnet und nicht jeder einzelnen Aufgabe. Zum anderen bietet es ein konsistenteres Gesamtbild für die Anwendenden, wenn ähnliche Aufgaben durch die

gleichen Gestaltungselemente dargestellt werden. Um im Modell auch verschiedene Schwierigkeitsgrade zu berücksichtigen, wurden für jede Aufgabenkategorie Gestaltungselemente für drei unterschiedliche Ausprägungsformen definiert. Die Ausprägungsformen „proaktiv“, „aktiv“ und „passiv“ regulieren dabei den Eigenanteil der Anwendenden und somit den Schwierigkeitsgrad. Bei einer „proaktiven“ Form müssen die Lernenden sämtliche Aufgaben eigenständig lösen; bei einer „passiven“ Gestaltung bietet das System Hilfestellungen und Hinweise.



**Abbildung 2:** Drei-Säulen-Modell zur Ableitung von Gestaltungselementen in VR (eigene Darstellung)

### 3.2 Anwendungstest

Im Projektrahmen wurde eine erste Softwareumsetzung entwickelt, die im Rahmen eines Anwendungstests getestet werden sollte. Ziel des Anwendungstests ist es, verschiedene Gestaltungselemente und -merkmale bei den Teilnehmenden explizit abzufragen und diese mit Blick auf die Usability zu bewerten. Hierzu wurde ein Fragebogen mit Fokus auf Usability konzipiert. Der Fragebogen orientiert sich an der System Usability Scale nach Brooke (1986). Die System Usability Scale wurde an das Anwendungsgebiet angepasst und mit weiteren Thesen in Bezug auf die VR-Lernumgebung erweitert. Bei der Erstellung des Fragebogens wurde außerdem darauf geachtet, dass die einzelnen Thesen klar formuliert, gut strukturiert und somit leicht verständlich für die Teilnehmenden sind (Raab-Steiner & Benesch 2015). Neben der Beurteilung der Thesen auf quantitativer Ebene wurde der Fragebogen um offene Fragen ergänzt. Der Fragebogen beinhaltet 21 geschlossene sowie fünf offene Fragen und gliedert sich in drei Abschnitte. Im ersten Abschnitt „Selbsteinschätzung / Persönliche Angaben“ werden die Teilnehmenden zu Alter und Geschlecht sowie zur persönlichen Erfahrung im Umgang mit neuen Technologien befragt. Im zweiten Abschnitt haben die Teilnehmenden die Möglichkeit, die aktuelle Softwareumsetzung mit Fokus auf Usability zu beurteilen. Die Thesen aus Abschnitt 1 und 2 werden mit einer 5er-Skala von „stimme gar nicht zu“ bis „stimme zu“ bewertet. Im letzten Abschnitt können die Teilnehmenden u. a. auf Veränderungsvorschläge,

Auftreten von persönlichen Problemen in der virtuellen Welt sowie eigene Erfahrungen mit dem System eingehen. Die Ethikkommission der TU Darmstadt hat das methodische Vorgehen aus forschungsethischer Perspektive als unkritisch bewertet.

#### **4. Ergebnisse**

Insgesamt nahmen 16 Personen im Alter zwischen 19 und 51 Jahren an den Anwendungstests teil. Im Kontext des Anwendungstests konnten wertvolle Erkenntnisse zur Usability der entwickelten Softwarelösung gewonnen werden. Insgesamt wurde die Usability bereits als weitgehend positiv bewertet. Die bisher entwickelte Lösung wurde als wenig umständlich zu bedienen eingestuft (4,25). Zudem wurde das System als innovativ (4,31) und auch die Einführung in die Bedienung wurde von den Teilnehmenden als hinreichend eingestuft (4,38). Schlechter wurden die Qualität der Funktionsintegration (3,75) sowie die Realitätsnähe der Darstellung und die gefühlte Sicherheit bei der Benutzung (beide 3,81) bewertet. Im Bereich der offenen Fragen wurden durch die Teilnehmenden zudem eine Vielzahl an Verbesserungsvorschlägen gemacht. So gaben sieben Teilnehmende an, dass sie sich Verbesserungen im Bereich der Darstellung wünschen. Neben realitätsnahen Animationen von Material und virtuellen Personen wurden hier auch eine bessere und übersichtlichere Darstellung der aufzunehmenden Informationen gewünscht (z. B. der Materialflüsse). Drei der 14 Teilnehmenden wünschen sich zudem eine bessere Abgrenzung von Fabrikbereichen, um unnatürliche Positionierungen im Raum zu verhindern. Zudem wurden sich mehr Interaktionsmöglichkeiten mit der Umgebung gewünscht. Dies umfasst beispielsweise die Bewegung von Gegenständen und die Möglichkeit zur Interaktion mit virtuellen Personen.

#### **5. Diskussion und Ausblick**

Zwar konnte mit der bisherigen Stichprobe bereits ein erstes Bild erlangt werden, aufgrund der Heterogenität der späteren Zielgruppe werden weitere Anwendungstests jedoch als notwendig erachtet. Das im Rahmen der bisherigen Anwendungstests gesammelte Feedback wird im weiteren Projektverlauf in mehreren Iterationen der Softwareumsetzung implementiert und erneut mit Probanden getestet und evaluiert. Insbesondere durch die konsequente Weiterführung der Anwendungstests soll ein breites und möglichst repräsentatives Bild über die Usability der Softwarelösung entstehen. Ziel ist es, hierdurch eine für die späteren Nutzenden möglichst optimale Gestaltung der Umgebung zu erreichen. Die Anwendenden erleben so in Zukunft eine Lernumgebung, die an ihre eigene Leistungsfähigkeit und ihren Bedürfnissen angepasst ist. Der Lernprozess wird so personalisiert.

#### **6. Literatur**

- Abele E, Metternich J, Tisch M, Chryssolouris G, Sihn W, EIMaraghy H, Hummel V, Ranz F (2015) Learning Factories for Research, Education, and Training. *Procedia CIRP* 32: 1-6.
- Abele E, Chryssolouris G, Sihn W, Metternich J, EIMaraghy H, Seliger G, Sivard G, EIMaraghy W, Hummel V, Tisch M, Seifermann S (2017) Learning factories for future oriented research and education in manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 66: 803-826.

- Arnold P, Kilian L, Thilloßen A, Zimmer G (2015) Handbuch E-Learning. Lehren und Lernen mit digitalen Medien. Bielefeld: Bertelsmann.
- Brooke J (1996) SUS: a "quick and dirty" usability scale. In: Jordan PW, Thomas B, Weerdmeester BA, McClelland AL (Hrsg.) Usability Evaluation in Industry. London: Taylor and Francis.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2017) „Weiterbildungsverhalten in Deutschland 2016. Ergebnisse der Adult Education Survey.
- Dörner R, Broll W, Grimm P, Jung B (2013) Virtual and Augmented Reality. Heidelberg: Springer Verlag.
- Grau O (2003) Virtual Art: from illusion to immersion. MIT press.
- Guadagno RE, Blascovich J, Bailenson JN, McCall C (2007) Virtual humans and persuasion: The effects of agency and behavioral realism. *Media Psychology* 10: 1-22.
- Haghighi A, Shariatzadeh N, Sivard G, Lundholm T, Eriksson Y (2014) Digital learning factories: Conceptualization, Review and Discussion. The 6th Swedish Production Symposium (SPS14), Accessed: Oct 08, 2019. <http://conferences.chalmers.se/index.php/SPS/SPS14/paper/view-file/1729/401>.
- Hellriegel J, Čubela D (2018) Das Potenzial von Virtual Reality für den schulischen Unterricht – Eine konstruktivistische Sicht. *MedienPädagogik* Dezember: 58-80.
- Juraschek M, Büth L, Posselt G, Hermann C (2018) Mixed reality in learning factories. *Procedia Manufacturing* 23: 153-158.
- Kerres M (2018) Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote. Oldenbourg: De Gruyter Verlag.
- Raab-Steiner E, Benesch M (2015) Der Fragebogen: von der Forschungsidee zur SPSS-Auswertung. Wien: facultas.
- Schwan S, Buder J (2006) Virtuelle Realität und E-Learning. Accessed: Nov 29, 2019. <https://www.e-teaching.org/didaktik/gestaltung/vr/vr.pdf>
- Sherman WR, Craig AB (2018) Understanding virtual reality: Interface, application, and design. Morgan Kaufmann.
- Steuer J (1992) Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. *Journal of communication* 42: 73-93.
- Tisch M, Hertle C, Cachay J, Abele E, Metternich J, Tenberg R (2013) A Systematic Approach on Developing Action-oriented, Competency-based Learning Factories. 46th CIRP Conference on Manufacturing Systems. *Procedia CIRP* 7: 580-585.
- Tisch M, Metternich J (2017) Potentials and Limits of Learning Factories in Research, Innovation Transfer, Education, and Training. 7th CIRP-sponsored Conference on Learning Factories. *Procedia Manufacturing* 9: 89–96.
- Zender R, Weise M, von der Heyde M, Söbke H (2018) Lehren und Lernen mit VR und AR – Was wird erwartet? Was funktioniert? In: Proc. 2018 DeLFI Workshops 2018 co-located with 16th e-Learning Conference of the German Computer Society (DeLFI 2018).

**Danksagung:** Die Autoren danken dem Bundesministerium für Forschung und Bildung (BMBF) und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) für die finanzielle und administrative Unterstützung im Rahmen des Projekts "Virtuelle Handlungsaufgaben für personalisiertes adaptives Lernen" (01PV18001A).



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)