

## **Agentenbasierte Simulation medizinischer Versorgungsprozesse in ländlichen Gebieten unter Zuhilfenahme aktueller Daten der IKT-Nutzung und Technikaffinität älterer Patienten**

Christina BÜSING<sup>1</sup>, Sabrina SCHMITZ<sup>1</sup>, Mariia ANAPOLSKA<sup>1</sup>, Matthias WILLE<sup>2</sup>,  
Christopher BRANDL<sup>2</sup>, Sabine THEIS<sup>2</sup>, Verena NITSCH<sup>2</sup>, Alexander MERTENS<sup>2</sup>

*<sup>1</sup> Juniorprofessur für Robuste Planung in der medizinischen Versorgung  
Graduiertenkolleg UnRAVeL, RWTH Aachen University  
Pontdriesch 14-16, D-52062 Aachen*

*<sup>2</sup> Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen University  
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

**Kurzfassung:** Die nachhaltige Gesundheitsversorgung im ländlichen Raum steht aufgrund zahlreicher gesellschaftlicher Trends vor großen Herausforderungen. Insbesondere für die Patient-Arzt-Interaktion werden von technischer Seite vielversprechende digitale Ansätze postuliert, die eine medizinische Versorgung unterstützen sollen. Eine breite Umsetzung solcher Systeme ist bisher jedoch kaum gegeben und es fehlt an geeigneten Methoden, um die medizinischen, sozialen und finanziellen Implikationen prospektiv zu evaluieren. Ein vielversprechender Ansatz, Gesundheitssysteme und den Einfluss von Systemveränderungen zu quantifizieren, stellen Simulationen dar. In dieser Studie wird eine agentenbasierte Simulation verwendet mithilfe derer Patienten und Hausärzte als individuelle Agenten modelliert werden. Somit können die im Gesundheitssystem stattfindenden Interaktionen innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums detailliert abgebildet werden. Dieser Ansatz ermöglicht den Vergleich von wichtigen Kennzahlen über die Auswirkungen unterschiedlicher Systemveränderungen. Insbesondere für ältere Menschen, bei denen von einem steigenden Versorgungsbedarf ausgegangen werden muss, ist der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) nicht selbstverständlich. Um dies bei der Digitalisierung im Gesundheitssystem zu berücksichtigen, werden in dieser Studie die Patienten der Simulation um eine IKT-Nutzungsbereitschaft erweitert, welche durch eine bundesweite Trendstudie erhoben wurde. Zudem werden zwei Terminsysteme entwickelt, die digitale Technologien unterstützen. Eine Evaluation zeigt auf, dass Senioren mit dem aktuell bekannten IKT-Nutzungsverhalten durch die Einführung von digitalen Terminsystemen benachteiligt werden.

**Schlüsselwörter:** Simulation, Gesundheitsversorgung, Agentensysteme, IKT, Patienten, Demografischer Wandel

### **1. Einleitung und Motivation**

Medizinische Versorgungsprozesse des ländlichen Raums werden bedingt durch räumliche Distanzen, unterschiedliche Alters- und Gesundheitsstrukturen und stetig steigenden Kostendruck immer aufwändiger. Moderne, digitale Formen der Patient-Arzt-Interaktion werden von technischer Seite als vielversprechende Lösungen postuliert. Jedoch ist die flächendeckende Einführung solcher Systeme wie beispielsweise

digitale Sprechstunden kaum gegeben und damit die empirische Überprüfung des Mehrwerts auf pilotierte Ansätze reduziert. Folglich werden geeignete Ansätze gesucht, um die finanziellen wie auch gesellschaftlichen Implikationen digitaler Versorgungs- und Kooperationsprozesse zu erforschen.

Ein vielversprechender Ansatz, Versorgungssysteme und den Einfluss von Systemänderungen zu quantifizieren, konzentriert sich auf agentenbasierte Simulationen. Diese ermöglichen eine detaillierte Modellierung der über einen vorgegebenen Zeitraum im Gesundheitssystem stattfindenden Interaktionen zwischen Patienten und Ärzten. Dabei können individuelle patienten- oder ärztespezifische Eigenschaften sowie Verhaltensweisen mittels hinterlegter Wahrscheinlichkeitsverteilungen abgebildet werden. Somit können spezifische Fragestellungen und konkrete Wirkungszusammenhänge analysiert und evaluiert werden. Insbesondere altersdifferenzierte Dispositionsmerkmale und Verhaltensweisen können adäquat berücksichtigt werden. Die Schwierigkeit liegt jedoch oftmals darin, dass eine valide und repräsentable patienten- und ärztespezifische Datengrundlage fehlt.

In dieser Studie wird die digitale Kommunikation zwischen Patienten und Ärzten mittels der agentenbasierten Simulation SiM-Care (Büsing et al. 2019) untersucht (siehe 2.1). Zu diesem Zweck werden zwei Terminsysteme, die digitale Technologien unterstützen, entwickelt und in die Simulation integriert. Um gleichzeitig das informations- und kommunikationstechnologische Nutzungsverhalten (IKT-Nutzungsverhalten) der Patienten möglichst realitätsnah abzubilden, werden der Simulation Daten aus der Tech4Age-Trendstudie (Mertens et al. 2017) hinzugefügt (siehe 2.2). Durch diese Erweiterung kann insbesondere das IKT-Nutzungsverhalten älterer Patienten und die damit einhergehenden Implikationen der Digitalisierung der Versorgungsprozesse für diese Nutzergruppe berücksichtigt werden. Die Simulation der Patient-Arzt-Interaktion liefert verschiedene Kennzahlen, die eine quantitative Bewertung der Systemänderungen unter Berücksichtigung des IKT-Nutzungsverhalten der Patienten ermöglichen.

## **2. Integration der IKT-Nutzungsbereitschaft in die agentenbasierte Simulation**

### *2.1 SiM-Care: Agentenbasierte Simulation der Patient-Arzt-Interaktion*

In dieser Studie wurde die von Büsing et al. (2019) entwickelte agentenbasierte Simulation SiM-Care verwendet. SiM-Care erlaubt eine detaillierte Modellierung der über einen vorgegebenen Zeitraum im Gesundheitssystem stattfindenden Interaktionen zwischen Patienten und Ärzten. Patienten und Ärzte werden dabei als Agenten abgebildet und stellen Individuen dar, die über individuelle Charakteristiken verfügen. Sowohl die Charakteristiken der Ärzte als auch die der Patienten sind in SiM-Care je nach Bedürfnis austausch- und erweiterbar. Im Folgenden wird ein Auszug über essentielle Charakteristiken der Agenten in SiM-Care erläutert.

Bislang sind in der Simulation Patienten über persönliche Merkmale wie die Altersklasse und einem allgemeinen Gesundheitszustand charakterisiert. Zum allgemeinen Gesundheitszustand des Patienten zählen insbesondere chronische Krankheiten, die regelmäßige Check-ups erfordern. Weitere Eigenschaften der Patienten sind Präferenzen bezüglich der Ärzte und die beispielsweise berufsbedingte eingeschränkte zeitliche Verfügbarkeit.

Ärzte verfügen dagegen über systematische Attribute wie Terminsysteme und Regeln bezüglich der Behandlungsreihenfolge. Bislang besitzen die Ärzte ein Terminsys-

tem, das sogenannte *Phone-Call Booking System (PCB)*, bei dem die gesamte Arbeitszeit des Arztes in Zeitslots gleicher Länge eingeteilt ist. Jedem Slot kann genau ein Termin, welcher ausschließlich per Telefonanruf vereinbart werden kann, zugeteilt werden. Auch die Entscheidung, ob und wann die Behandlung eines Patienten von Seiten des Arztes akzeptiert wird, beruht auf vordefinierten Strategien. So wird aktuell Patienten, die im Vorfeld einen Termin vereinbaren, eine Behandlung garantiert. Falls Patienten unangekündigt in der Praxis erscheinen, können sie aufgrund von überfüllten Wartezimmern und zu vielen am gleichen Tag noch stattfindenden Terminen vom Arzt abgelehnt werden. Negative Erfahrungen der Patienten, wie beispielsweise die Ablehnung einer Behandlung oder zu lange Wartezeiten innerhalb der Praxis, können einen Wechsel des Arztes zur Folge haben.

Die Patient-Arzt-Interaktion wird in SiM-Care durch Patienten ausgelöst, die wegen gesundheitlicher Anliegen ihren Arzt konsultieren. Der Zeitpunkt der Erkrankung beziehungsweise die Frequenz, in der Patienten an Krankheiten erleiden, werden mittels Wahrscheinlichkeitsverteilungen abhängig von der Altersklasse und des allgemeinen Gesundheitszustands des Patienten modelliert. Auch die Art und Dauer der Krankheit, und die daraus resultierende Bereitschaft auf eine Behandlung zu warten, wird vom Alter und der gesundheitlichen Vorgeschichte des Patienten beeinflusst und durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung bestimmt. Sobald Ärzte eine Terminanfrage erhalten, antworten sie mit einem Terminvorschlag. Liegt dieser Vorschlag außerhalb der Bereitschaft des Patienten auf die Behandlung zu warten, entscheiden sich der Patient ohne Termin, das heißt als *Walk-In Patient*, die Praxis zu besuchen.

SiM-Care liefert sowohl patienten- als auch ärztespezifische Kennzahlen. Patientenspezifische Kennzahlen stellen beispielsweise die Wartezeiten bis zu einem Termin oder die Wartezeiten innerhalb der Praxis dar. Zu arztspezifischen Kennzahlen gehören unter anderem die Arbeitsbelastung und Überstunden der Ärzte. Des Weiteren können Terminsysteme zum Beispiel anhand von den Zahlen der Patienten, die mit oder ohne Termin in der Praxis erscheinen, evaluiert werden. Insgesamt geben die mit SiM-Care ermittelten Kennzahlen Aufschluss über die Effizienz medizinischer Versorgungsprozesse.

## 2.2 Tech4Age-Trendstudie: IKT-Nutzungsbereitschaft älterer Menschen

Im Jahr 2016 startete das interdisziplinäre Forschungsteam Tech4Age in Deutschland eine Trendstudie zur Evaluierung der Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien durch ältere Menschen (60+) (Mertens et al. 2017). Im Mittelpunkt der Studie standen die hierfür bevorzugten Informationskanäle sowie entsprechende Medien und technischen Hilfsmittel, um Einhaltung medizinischer Therapievorgaben die Beantwortung von Fragen im Alltag zu unterstützen. Des Weiteren wurden Daten über das Nutzungsverhalten, die Akzeptanz und die Verbreitung von Technologien ermittelt. Kombiniert wurden diese Aspekte mit Konzepten zur Quantifizierung der individuellen Technikneigung, der wahrgenommenen Gebrauchstauglichkeit sowie Gesundheits- und Computerkompetenz. Alle Daten wurden in Abhängigkeit von soziodemografischen Faktoren erhoben und ausgewertet.

Ein Großteil der Fragen hatten geschlossene Antworten, das heißt die Teilnehmer mussten eine oder mehrere vordefinierte Antworten markieren oder Aussagen auf einer Likert-Skala bewerten. Es wurden zudem offene Fragen gestellt, um Einblicke in die Motivation für spezielle Verhaltensweisen zu gewinnen und neue, unbekannte Aspekte aufzuwerfen. Die offenen Antworten wurden anschließend von zwei unabhängigen Untersuchern für die Analyse kodiert.

Im Oktober 2018 wurde in einer zweiten Erhebungsrunde der Tech4Age-Trendstudie ein papierbasierter Fragebogen von der Deutschen Post AG mittels Infopost an 5000 Haushalte verschickt. In den Haushalten waren Bewohner im Alter von mindestens 60 Jahren gemeldet. Die Versandauswahl stellte eine Zufallsstichprobe über ganz Deutschland dar, die einer demografisch wie sozioökonomisch repräsentativen Verteilung folgt. Mit mehr als 700 beantworteten Fragebögen (Rücklaufquote > 14%) konnte eine zufriedenstellende Datengrundlage erhoben werden, die die Grundlage für aktuelle Abschätzung der altersdifferenzierten IKT-Nutzungsbereitschaft bildet. Somit kann die IKT-Nutzungsbereitschaft von älteren Menschen abhängig von soziogeografischen und –demografischen Aspekten modelliert werden.

### 2.3 Integration der IKT-Nutzungsbereitschaft der Tech4Age-Trendstudie in SiM-Care

Um die Effekte digitaler Systeme zur Kommunikation zwischen Patienten und Ärzten zu untersuchen, wird die agentenbasierte Simulation SiM-Care genutzt. Zur Steigerung der Validität von SiM-Care werden die Charakteristiken der Patienten um eine individuelle und insbesondere altersabhängige IKT-Nutzungsbereitschaft erweitert. Diese Nutzungsbereitschaft wird durch einen Wert zwischen null und 100% modelliert. Basierend auf der aktuellen ARD/ZDF Onlinestudie 2019 (Bleisch et al. 2019), wird die IKT-Nutzungsbereitschaft der Patienten im Alter bis einschließlich 49 Jahre auf 100% gesetzt. Für die Modellierung der IKT-Nutzungsbereitschaft der Patienten, die mindestens 60 Jahre alt sind, wird ein multifaktorieller Index berechnet, der auf den Daten der Tech4Age-Trendstudie beruht. Der Index berücksichtigt sowohl die grundsätzliche Verfügbarkeit entsprechender Technologien als auch die individuelle Nutzungshäufigkeit und Technikbereitschaft (Neyer et al. 2012) in Abhängigkeit des Alters der Patienten. Somit werden Faktoren wie Akzeptanz, Kompetenz und Kontrollüberzeugungen gegenüber Technologien entsprechend der empirischen Datengrundlage abgebildet. Der Index bildet erwartungsgemäß eine insgesamt überproportionale Abnahme der IKT-Nutzungsbereitschaft mit steigendem Alter der befragten Personen. Zu beachten ist jedoch, dass dieser Verlauf nicht stetig ist. Stattdessen zeigt der Vergleich der Altersklasse 65-69 Jahre mit 70-74 Jahre, dass die IKT-Nutzungsbereitschaft der älteren Altersklasse signifikant höher ist. Dieser Effekt ist auch beim Vergleich der Altersklassen 75-79 Jahre und 80-84 Jahre zu beobachten. Für Patienten im Alter von 50-59 Jahren wird die IKT-Nutzungsbereitschaft interpoliert.

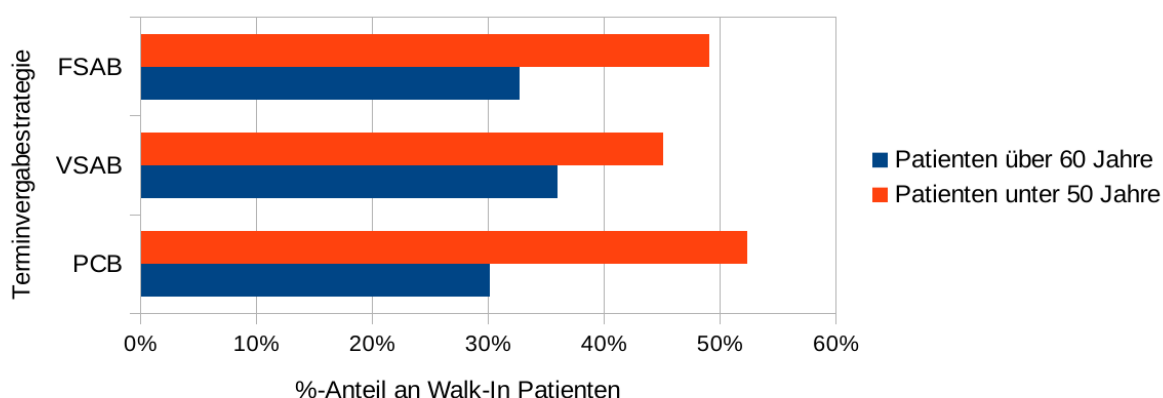
Des Weiteren wurden in SiM-Care Terminsysteme integriert, die Technologien unterstützen, um die Auswirkungen von digitalen Terminvergabesystemen zu untersuchen. Die neu integrierten digitalen Systeme sind zum einen das sogenannte *Variable-Slots App Booking System (VSAB)* und zum anderen das *Fixed-Slots App Booking System (FSAB)*. Sofern ein Arzt das VSAB-System nutzt, werden zu Beginn jedes Tages alle noch nicht belegten und am gleichen Tag stattfindenden Slots für die Terminvergabe per Telefonanruf ausgeschlossen. Stattdessen stehen diese Slots nur noch ausschließlich für die Buchung mittels der Technologie zur Verfügung. Slots, die an Folgetagen stattfinden, können weiterhin per Telefonanruf angefragt werden. Entschieden sich ein Arzt das FSAB-System zu nutzen, dann wird eine zuvor festgelegte Anzahl an Slots für die Terminvereinbarung per Telefonanruf ausgeschlossen. Die Slots sind im Weiteren für die Buchung mittels der Technologie reserviert und stehen den Patienten jeweils ab dem Vorabend zur Terminbuchung zur Verfügung. Alle anderen Slots können weiterhin per Telefonanruf angefragt werden.

Die Patient-Arzt-Interaktion mittels der neuen Terminsysteme und der integrierten IKT-Nutzungsbereitschaft verändert sich wie folgt: Sofern Patienten eine geringe IKT-

Nutzungsbereitschaft haben, kontaktieren sie ihren Arzt ausschließlich per Telefonanruf. Im Gegensatz dazu nutzen Patienten mit hoher IKT-Nutzungsbereitschaft zunächst die Technologie zur Terminanfrage. Falls diese Anfrage erfolglos ist, unterziehen sie sich dem gleichen Terminvergabeprozess wie Patienten mit niedriger IKT-Nutzungsbereitschaft.

### 3. Fallstudie

In der betrachteten Fallstudie wird die Patient-Arzt-Interaktion eines Jahres im primären Gesundheitsversorgungssystem in der Region Eifel der StädteRegion Aachen mittels SiM-Care untersucht. Die Region Eifel besteht aus drei Kommunen, in denen aktuell 20 Hausärzte praktizieren. Die genauen Standorte ihrer Praxen sowie die Öffnungszeiten können in SiM-Care exakt abgebildet werden. Die Bevölkerung wird so generiert, dass sich deren Altersverteilung den Daten aus dem Zensus 2011 (IuT-NRW 2016) anlehnt. In SiM-Care werden vier akute und drei chronische der am häufigsten diagnostizierten Krankheiten modelliert (KV-NRW 2018). Die Attribute der Krankheiten (Durchschnittsdauer, Frequenz der Krankheiten bzw. Arztbesuche) basieren auf dem Barmer GEK Arztreport 2011 (Grobe et al. 2011) und empirischen Schätzungen. Auch der Anteil der chronisch kranken Patienten wurde dem Arztreport entnommen. Da in der Studie die Region Eifel fokussiert wird, beruht das IKT-Nutzungsverhalten der Patienten ausschließlich auf Daten von Personen, die in ländlichen Regionen leben. Im Folgenden wird die Anzahl der Patienten, die keinen Termin erhalten haben, abhängig von den Terminvergabesystemen der Ärzte untersucht. Da in SiM-Care zunächst alle Patienten versuchen einen Termin per Telefonanruf oder gegebenenfalls zusätzlich per Technologie zu vereinbaren, liefert die Anzahl der Walk-In Patienten das gewünschte Ergebnis. Abbildung 1 zeigt den prozentualen Anteil der Walk-In Patienten im Alter bis 50 Jahren und über 60 Jahren in Abhängigkeit der verwendeten Terminsysteme der Ärzte.



**Abbildung 1:** Prozentualer Anteil an Walk-In Patienten in Abhängigkeit des Terminsystems

Zu sehen ist, dass sich die prozentualen Anteile an Walk-In Patienten, die unter 50 Jahre alt sind, bei der Nutzung eines digitalen Terminsystems verringert. Bei der Nutzung des FSAB-Systems sinkt der Anteil von 52% auf 49%, während die Nutzung des VSAB-Systems sogar einen Anteil von nur noch 45% bewirkt. Im Gegenzug steigt der prozentuale Anteil der Walk-In Patienten, die über 60 Jahre alt sind. Die Nutzung des FSAB-Systems führt zu einem Anteil von 33% und die des VSAB-Systems sogar zu

einem Anteil von 36%. Folglich bekommen Patienten unter 50 Jahren bei der Nutzung eines digitalen Terminsystems häufiger einen Termin zugesprochen. Dagegen konnten Patienten über 60 Jahre seltener Termine vereinbaren. Die Kennzahlen führen auf, dass für Patienten mit hoher IKT-Nutzungs-bereitschaft eine Verbesserung bezüglich des Erfolgs der Terminvereinbarung stattfindet. Gleichzeitig wird deutlich, dass Patienten, deren IKT-Nutzungs-bereitschaft im Allgemeinen geringer ist, durch die Einführung eines digitalen Terminsystems bezüglich der Erfolgsquote der Terminvereinbarung benachteiligt werden.

#### 4. Fazit und Ausblick

Die Versorgungsforschung verspricht sich, mithilfe von digitalisierten Prozessen, auf Entwicklungen in gesellschaftlichen Altersstrukturen sowie auf geosoziale Verschiebungen nachhaltig reagieren zu können. Dabei sind die Auswirkungen und Konsequenzen neuer integrierter Systeme oft nicht bekannt. Die vorliegende Studie zeigt, dass die agentenbasierte Simulation SiM-Care prospektive Abschätzungen über Implikationen der Technikintegration in Versorgungssysteme erlaubt. Durch die Simulation der einzelnen Agenten kann von gesamtgesellschaftlichen Mittelwerten abgesehen und stattdessen individuelles Verhalten der Patienten und Ärzte modelliert werden. Limitation für die Übertragbarkeit bestehen hierbei jedoch immer durch Verkürzungsmerkmale der eingesetzten Modelle sowie in Hinblick auf die Eignung der genutzten Datenbasis. Im Rahmen der Fallstudie der Region Eifel wurden die Effekte der Einführung von digitalen Terminsystemen in Hausarztpraxen untersucht. Die Ergebnisse legen nahe, dass Patienten mit geringer IKT-Nutzungs-bereitschaft benachteiligt werden, was insbesondere Patienten im Seniorenalter betrifft. Die Evaluation mittels SiM-Care ermöglicht somit die prospektive Abschätzung möglicher Auswirkungen von Systemänderungen, wobei insbesondere auch negative Effekte frühzeitig erkannt werden können.

#### 5. Literatur

- Bleisch N, Koch W, Schäfer C (2019) ARD/ZDF-Onlinestudie 2019: Mediale Internetnutzung und Video-onDemand gewinnen weiter an Bedeutung. In: Media Perspektive (9) 2019: 374-88.
- Comis M, Cleophas C Büsing C (2019) Patients, Primary Care, and Policy: Simulation Modeling for Health Care Decision Support. arXiv:1910.11027: 1-30.
- Grobe T, Dörning H, Schwartz F (2011) BARMER GEK Arztreport 2011. St. Augustin: Asgard-Verlag.
- Information und Technik Nordrhein-Westfalen (IuT-NRW) (2016) Zensus 2011: Vielfältiges Deutschland. Statistische Ämter des Bundes und der Länder
- Kassenärztliche Vereinigung Nordrhein (K-NRW) (2018) Die 100 häufigsten ICD-10-Schlüssel und Kurztexte (nach Fachgruppen) - 4. Quartal 2018: 1-125.
- Mertens A, Rasche P, Theis S, Bröhl C, Wille M (2017) Use of Information and Communication Technology in Healthcare Context by Older Adults in Germany: Initial Results of the Tech4Age Long-Term Study. i-com 16(2): 165-180.
- Neyer F, Felber J, Gebhardt C (2012) Entwicklung und Validierung einer Kurzskaala zur Erfassung von Technikbereitschaft. Diagnostica 58: 87-99.



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)