

# **Einfluss der Ausprägung des Handlungsspielraums in der Mensch-Roboter-Kooperation bei einer Montageaufgabe auf die Akzeptanz der Arbeitsperson**

Verena KLAER, Jurij WAKULA

*Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt  
Otto-Berndt-Straße 2, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Kooperierende Roboter werden zunehmend im direkten Arbeitsumfeld der Mitarbeiter eingesetzt. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse einer Laborstudie zur subjektiven Bewertung des Handlungsspielraums präsentiert. Hauptfragestellung war hierbei, wie die Teilnehmer in einer definierten Montageaufgabe unterschiedliche Ausprägungen des Handlungsspielraums in der Interaktion mit kooperativen Roboter hinsichtlich der Akzeptanz des Roboters haben. Dazu führten 12 Teilnehmende nach einer Einführung zwei Szenarien von unterschiedlichen Ausprägungen des Handlungsspielraums aus. Für die zeitliche Kopplung und die Verfahrenskopplung wurden zwei Ausprägungen (hoch und niedrig) variiert. Nach jedem Szenario wurde der Handlungsspielraum anhand der Skala von Wall et al. (1995) und die Akzeptanz des eingesetzten Roboters (Items aus TAM 3, Venkatesh, & Bala (2008)) bewertet. Als Ergebnis zeigte sich, dass die meisten Teilnehmenden signifikante Unterschiede im Handlungsspielraum wahrnahmen. Die Akzeptanz bei den Interaktionen mit einem hohen Handlungsspielraum wurde tendenziell höher als mit einem niedrigen Handlungsspielraum bewertet - es ergaben sich aber keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Szenarien.

## **1. Einleitung**

In der Industrie existieren Bestrebungen, koexistente, kooperative und kollaborierende Roboter in enger Zusammenarbeit in der Montage einzusetzen. Hierbei gelten als Hauptgründe für den Einsatz von kooperativen und kollaborativen Robotern, die Effizienz, Qualität und die Flexibilität zu steigern und die Belastungen für den Menschen zu verringern (Bauer et al. 2016).

Durch den geteilten Arbeitsraum und die bei einer Kollaboration angestrebte Verzahnung der Aufgaben (Onnasch et al. 2014) kommt es zu einer gegenseitigen Beeinflussung bei der Ausführung gemeinsamer Aktivitäten und damit zu einer Beeinflussung des Handlungsspielraums des Menschen. Der Einsatz von kollaborativen und kooperativen Robotern ist somit auch mit einer Neugestaltung von Arbeitsaufgaben und deren Aufgabenmerkmalen verbunden (Rosen 2018). Die menschenbezogenen Auswirkungen dieser Veränderungen sind bisher wenig mit Bezug zur subjektiven Bewertung und Akzeptanz der Technik untersucht (Klaer et al. 2020).

In diesem Beitrag werden die Ergebnisse einer Laborstudie zur subjektiven Bewertung des Handlungsspielraums präsentiert. Hauptfragestellung war hierbei, wie die Teilnehmenden in einer definierten Montageaufgabe unterschiedliche Ausprägungen des Handlungsspielraums in der Interaktion mit dem kooperativen Saywer-Roboter subjektiv bewerten und welchen Einfluss diese auf die Akzeptanz des Roboters haben.

## 2. Theoretische Grundlagen

Im Folgenden wird auf die theoretischen Grundlagen der Studie eingegangen, sowie die Hypothesen abgeleitet.

### 2.1 Handlungsspielraum

Der Handlungsspielraum wird nach Ulich et al. (2011) als Möglichkeit zum unterschiedlichen aufgabenbezogenen Handeln in Bezug auf Verfahrenswahl, Mitteleinsatz und zeitliche Organisation von Aufgabenbestandteilen definiert.

Ebenso differenzieren Wall et al. (1995) nach *Timing control* mit Bezug zum freien Auswählen des Zeitpunktes der Ausführung, *Method control* als freie Festlegung des Vorgehens und *Boundary control* sowie *Production responsibility* hinsichtlich der erforderlichen Nebentätigkeiten und Verantwortlichkeit für die Produktionsanlage (Wall et al. 1995). In Anlehnung an diese Ergebnisse wurde der Handlungsspielraum hinsichtlich des zeitlichen Spielraums (ZS) und des örtlichen und Vorgehensspielraums (VS) in zwei Ausprägungen starr und dynamisch variiert.

Tabelle 1 stellt die einzelnen Ausprägungen differenziert dar. Es bestehen positive Korrelationen eines hohen Handlungsspielraums hinsichtlich Anspannung (Wall et al. 1996) und der selbsteingeschätzten kurzfristigen Beanspruchung (Shimazu et al. 2005; Parker & Sprigg 1999).

**Tabelle 1:** Differenzierung des Handlungsspielraums in Anlehnung an Grote (2000) und Wall et al. (1995)

Art	Starr	Dynamisch
zeitlicher Spielraum (ZS)	Der Arbeitsperson wird vom Roboter vorgegeben, wann er welche Teilaufgaben zu erfüllen hat.	Für die meisten Teilaufgaben kann die Arbeitsperson frei wählen, wann er sie ausführt. Er kann den Roboter entsprechend steuern, oder seine Tätigkeiten sind unabhängig vom Roboter.
örtlicher und Vorgehensspielraum	Es wird vom technischen System weitestgehend vorgegeben, wo und in welcher Reihenfolge er welche Teilaufgaben auszuführen hat.	Das technische System bietet der Arbeitsperson für die meisten Teilaufgaben mehrere Ausführungsstandorte und Reihenfolgen an.

### 2.2 Technikakzeptanz

Es gibt bereits eine Vielzahl von Studien zur Akzeptanz der Interaktion mit Robotern im Bereich der Roboter insbesondere zur Bewegung (Kulic und Croft 2005) und zur Nähe (Schraft et al. 2005) aber auch hinsichtlich kultureller Unterschiede in der Bewertung (Bröhl et al. 2019). Ebenso wird häufig betont, dass eine hohe Technikakzeptanz der Zusammenarbeit mit dem Roboter eine Voraussetzung für eine erfolgreiche Einführung ist. Auswirkungen des Handlungsspielraums bei Interaktionen mit dem Roboter auf die Akzeptanz des Roboters wurden bisher nicht untersucht.

Entsprechend der Ergebnisse zur Akzeptanz von Zeitkontrolle und Handlungskontrolle im Rahmen von automatisierten Systemen wurden zunächst Unterschiedshypothesen hinsichtlich der Bewertung der aus dem Technology Acceptance Model (Venkatesh, & Bala 2008) entnommenen Konstrukte „*wahrgenommenen Nützlichkeit*“ und „*wahrgenommenen Einfachheit der Nutzung*“ sowie „*Intention der Nutzung*“ bei unterschiedlichen Handlungsspielräumen aufgestellt.

H1: Bei unterschiedlichen Ausprägungen des Handlungsspielraums ergeben sich Unterschiede in der wahrgenommenen Nützlichkeit

H2: Bei unterschiedlichen Ausprägungen des Handlungsspielraums ergeben sich Unterschiede in der wahrgenommenen Einfachheit der Nutzung

H3: Bei unterschiedlichen Ausprägungen des Handlungsspielraums ergeben sich Unterschiede in der Intention der Nutzung.

### 3. Methodik der Studie

In einer Laborstudie führten die Teilnehmenden eine Arbeitsaufgabe in Anlehnung an eine Getriebemontage in Kooperation mit dem Roboter aus. Dabei war der Roboter Sawyer den Menschen gegenüber durch einen Arbeitstisch getrennt angebracht (siehe Abbildung 1). Die Arbeitsaufgabe bestand aus drei Abschnitten:

- 1) Positionierung des Motors des Roboters, Übergabe eines Bauteiles durch den Roboter und Montage desselben durch den Menschen
- 2) Ausrichtung der Baugruppe durch den Roboter und den Anbau eines weiteren Bauteils
- 3) Positionierung der Baugruppe auf einem zuvor bereitgestellten Bauteil durch den Roboter, Bestätigung und Verschraubung durch den Menschen.

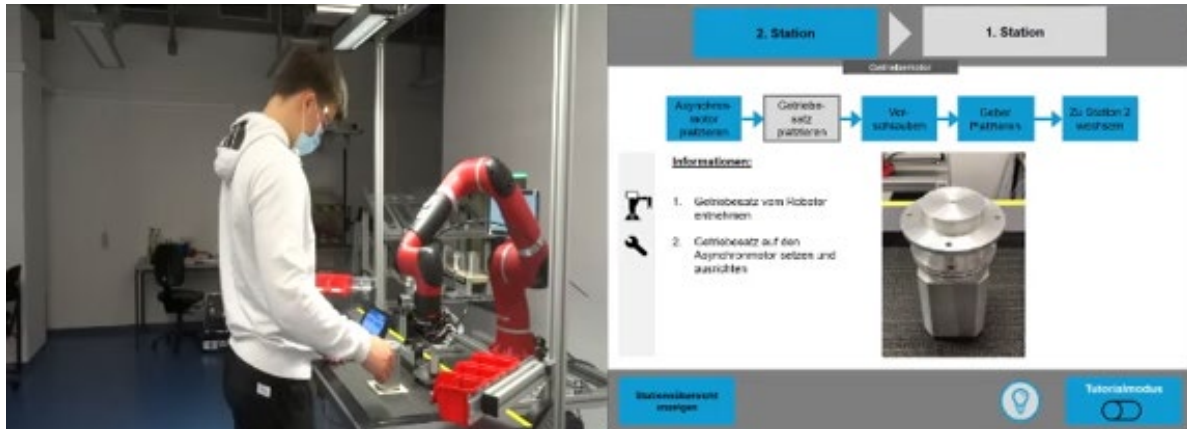
Der Handlungsspielraum wird anhand der zeitlichen Kopplung (ZS), und der Verfahrenskopplung (VS) entsprechend der in Tabelle 1 dargestellten Merkmale in zwei Ausprägungen (hoch und niedrig) variiert, sodass zwei Szenarien (Hs\_N und Hs\_H) entstehen.

In der Laborstudie füllten die Teilnehmenden zunächst eine Einverständniserklärung und einen Fragebogen zu Alter, Erfahrungen in der Montage und mit Robotern aus. Im Anschluss erfolgten eine Sicherheitseinweisung und eine Eingewöhnungsphase von ca. 15 min, in der die Aufgabe und die Interaktion mit dem Roboter in zwei Wiederholungen mit Unterstützung einer digitalen Montageanleitung und des Versuchsleiters erlernt wurde.

Im Anschluss erfolgten nach einer kurzen Pause (ca. 5 min.) die zwei Arbeitsphasen (Dauer ca. 25 min), in der die Teilnehmenden angewiesen wurden, das Produkt 3-mal zu produzieren. In den beiden Arbeitsphasen wurde der Handlungsspielraum variiert.

Im Anschluss an jede Arbeitsphase wurde ein Fragebogen zur Technikakzeptanz und sowie zum Handlungsspielraum ausgefüllt. Der Fragebogen erfasste mittels jeweils 3 Items die „*wahrgenommenen Nützlichkeit*“, die „*wahrgenommenen Einfachheit der Nutzung*“, das „*wahrgenommene Vergnügen*“ sowie die „*Intention der Nutzung*“ anhand der Skalen von (Venkatesh & Bala 2008). Zusätzlich wurde das Sicherheitsgefühl (3 eigene Items) erhoben. Ebenso wurde anhand der Skala von Jackson et al. eine Bewertung des Zeitspielraums und des Methodenspielraums bei der Ausführung der Aufgabe als Kontrollvariable erfasst (Jackson et al. 1993). Alle Items wurden mittels einer 5 poligen Likertskala (1: stimme überhaupt nicht zu; 5: stimme völlig zu) bewertet.

Insgesamt nahmen 12 Personen im Alter von 21-25 Jahren aus dem studentischen Umfeld der TU Darmstadt an der Studie teil. Dabei hatte die Hälfte der Teilnehmenden bereits industrielle Montagetätigkeiten ausgeführt. Bei allen Teilnehmenden lagen keine Vorerfahrungen in der Zusammenarbeit mit Robotern vor.



**Abbildung 1:** Darstellung des Arbeitsplatzes, und der digitalen Montageanleitung

#### 4. Ergebnisse

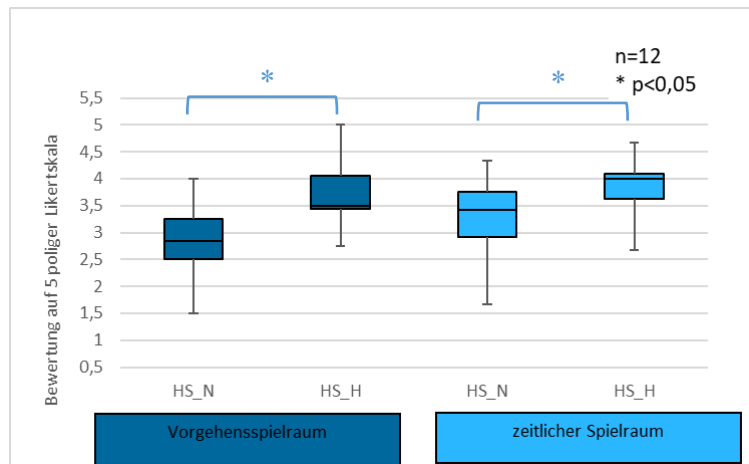
Tabelle 2 zeigt die Mediane und Standardabweichungen der Ergebnisse der Befragung jeweils für die Ausprägung mit niedrigem Handlungsspielraum (HS-N) und hohem Handlungsspielraum (HS\_H). Dabei geben Mediane um 1 keine Zustimmung, Mediane um 3 eine neutrale Haltung, und Mediane von 4 eine Zustimmung an.

**Tabelle 2:** Mediane und Standardfehler der Ergebnisse der Befragung für die beiden Szenarien mit niedrigem Handlungsspielraum (HS-N) und hohem Handlungsspielraum (HS\_H)

	Zeitlicher-spielraum	Vorgehens-spielraums	W. Nützlich-keit	W. Einfachheit der Nutzung	W. Vergnü- gen	Intention der Nutzung
HS_N	3,17 ± 0,25	2,88 ± 0,19	3,13 ± 0,29	4 ± 0,15	3,67 ± 1,86	4,1 ± 0,27
HS_H	3,65 ± 0,22	3,5 ± 0,21	3,25 ± 0,31	4,12 ± 0,14	4 ± 0,21	4,1 ± 0,23

Bei der Kontrollvariablen zum Handlungsspielraum *Vorgehensspielraum* und *zeitlicher Spielraum* liegen die Mediane wie in Abbildung 2 zu sehen für den hohen Handlungsspielraum im zustimmenden Bereich, für den niedrigen Handlungsspielraum eher im neutralen bis ablehnenden Bereich.

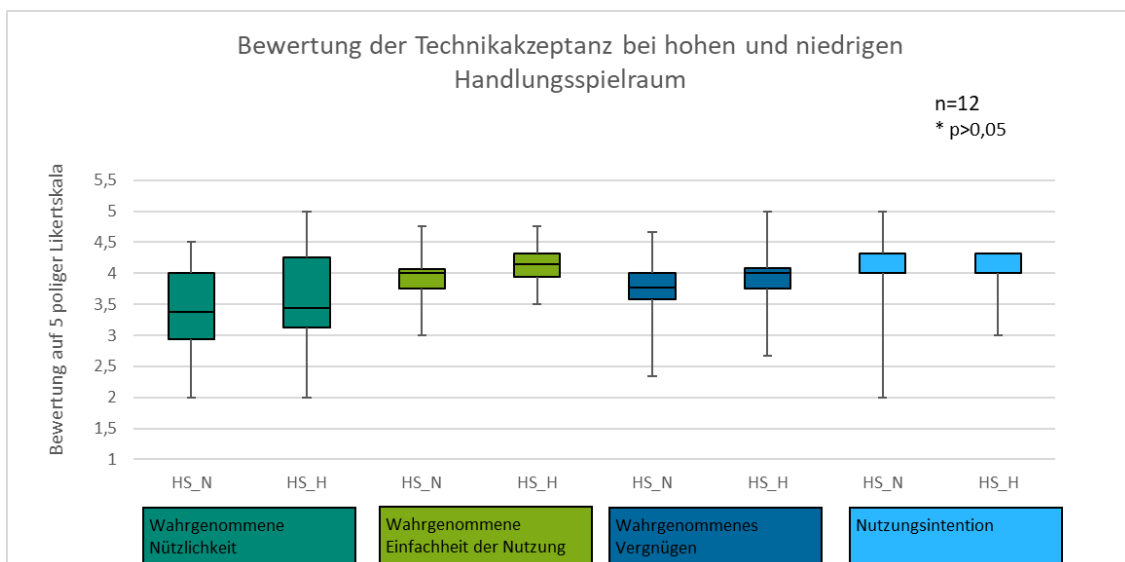
Zufolge des Wilcoxon-Test liegen bei der Bewertung der Kontrollvariablen Zeitspielraum ( $z = -1,755$  mit  $p = 0,043$ ) und dem Vorgehensspielraum ( $z = -2,67$  mit  $p = 0,002$ ) signifikante Unterschiede zwischen der Arbeitsaufgabe mit hohem und niedrigem Handlungsspielraum vor.



**Abbildung 2:** Ergebnisse der Kontrollvariablen zum zeitlichen Spielraum in den Szenarien mit niedrigen Handlungsspielraum (HS\_N) und hohem Handlungsspielraum (HS\_H)

Hinsichtlich der Akzeptanzvariablen „wahrgenommenen Nützlichkeit“, „wahrgenommenen Einfachheit der Nutzung“, „Intention der Nutzung“ sowie „wahrgenommenen Vergnügen“ liegen die Bewertungen überwiegend im zustimmenden Bereich wie in Abbildung 3 zu sehen.

Dabei zeigen sich für die Mediane von wahrgenommener Einfachheit der Nutzung und Vergnügen Tendenzen einer Erhöhung der Bewertung bei der Einfachheit der Nutzung und dem wahrgenommenen Vergnügen - die Unterschiede sind aber nicht signifikant.



**Abbildung 3:** Ergebnisse der Befragung zur Akzeptanz mit niedrigen Handlungsspielraum (HS\_N) und hohem Handlungsspielraum (HS\_H)

## 5. Diskussion

Nach der Bewertung der Zeitkontrolle und des Vorgehensspielraums wurden signifikante Unterschiede im Handlungsspielraum wahrgenommen, insofern war die Gestaltung der Untersuchungsszenarien erfolgreich.

Hinsichtlich der zur Akzeptanz erhobenen Werte ließen sich allerdings keine signifikanten Unterschiede feststellen. Somit müssen die formulierten Hypothesen H1 bis H3 abgelehnt werden. Daraus lässt sich ableiten, dass für die Teilnehmenden der Laborstudie die Gestaltung des Handlungsspielraums keine Auswirkung auf die Akzeptanz des Roboters hatte. Erklärungsmöglichkeiten hierfür wären eine grundsätzlich positive Einstellung des an einer Technischen Universität rekrutierten Kollektivs und die Kürze der Versuchsdauer in einem Laborsetting. Insgesamt lässt sich dieses Ergebnis anhand der kleinen Stichprobe, der geringen Versuchslaufzeit, die geringen Vorerfahrungen, und der geringen Streuung des Alters nur eingeschränkt verallgemeinern.

Eine Vergrößerung der Stichprobe und das Erfassen weiterer möglicher Einflussgrößen ist sinnvoll, um diese Ergebnisse weiter zu untermauern. Hier sind weitere Studien mit Fragestellungen zur psychophysiologischen Beanspruchung und Bewertung des Vertrauens sowie eine Erweiterung des Kollektivs in der Planung.

## 6. Literatur

- Bauer, W.; Bender, M.; Braun, Martin; Rally, Peter; Scholtz, Oliver (2016): *Lightweight robots in manual assembly – best to start simply!* Stuttgart: Fraunhofer.
- Christina Bröhl; Jochen Nelles; Christopher Brandl; Alexander Mertens; Verena Nitsch (2019): *Human–Robot Collaboration Acceptance Model: Development and Comparison for Germany, Japan, China and the USA*. In: *Int J of Soc Robotics* 11 (5), S. 709–726. DOI: 10.1007/s12369-019-00593-0.
- Jackson, Paul R.; Wall, Toby d.; Martin, Robin; Davids, Keith (1993): *New measures of job control, cognitive demand, and production responsibility*. In: *Journal of Applied Psychology* 78 (5), S. 753–762. DOI: 10.1037/0021-9010.78.5.753.
- Klaer, V (2020) *Analyse des Einflusses von Gestaltungsparametern des Roboters auf den Tätigkeits-spielraum des Menschen*. In GfA (Ed.), *digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch?*, Dortmund, GfA-Press, In: GfA Frühjahrskongress 2020, Berlin, 16.03. bis 18.03.2020
- Kulic, D.; Croft, E. (2005): *Anxiety detection during human-robot interaction*. In: 2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Edmonton, AB, Canada, 2-6 August 2005. 2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Edmonton, Alta., Canada, 8/2/2005 - 8/2/2005. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems; Institute of Electrical and Electronics Engineers. Piscataway, N.J: IEEE Operations Center, S. 616–621.
- Onnasch, Linda; Wickens, Christopher D.; Li, Huiyang; Manzey, Dietrich (2014): *Human performance consequences of stages and levels of automation: an integrated meta-analysis*. In: *Human Factors* 56 (3), S. 476–488. DOI: 10.1177/0018720813501549.
- Parker, S. K.; Sprigg, C. A. (1999): *Minimizing strain and maximizing learning: the role of job demands, job control, and proactive personality*. In: *Journal of Applied Psychology* 84 (6), S. 925–939. DOI: 10.1037/0021-9010.84.6.925.
- Rosen, Patricia (2018): *Tätigkeitsspielräume in Produktionsaufgaben - Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse und Gestaltungsoptionen*. In: *Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Umweltmedizin : ASU, Zeitschrift für medizinische Prävention* Volume 53, S. 9–14.
- Schraft, Rolf Dieter; Meyer, Christian; Parlitz, Christopher; Helms, Evert (2005): *Powermate-a safe and intuitive robot assistant for handling and assembly tasks*. In: *Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation*. IEEE, S. 4074–4079.
- Shimazu, Akihito; Shimazu, Miyuki; Odara, Tsutomu (2005): *Divergent effects of active coping on psychological distress in the context of the job demands-control-support model: the roles of job control and social support*. In: *Int. J. Behav. Med.* 12 (3), S. 192–198. DOI: 10.1207/s15327558ijbm1203\_8.
- Venkatesh, Viswanath; Bala, Hillol (2008): *Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions*. In: *Decision Sciences* 39 (2), S. 273–315. DOI: 10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x.
- Wall, Toby d.; Jackson, Paul R.; Mullarkey, Sean (1995): *Further evidence on some new measures of job control, cognitive demand and production responsibility*. In: *J. Organiz. Behav.* 16 (5), S. 431–455. DOI: 10.1002/job.4030160505.
- Wall, Toby d.; Jackson, Paul R.; Mullarkey, Sean; Parker, Sharon K. (1996): *The demands-control model of job strain: A more specific test*. In: *Journal of Occupational and Organizational Psychology* 69 (2), S. 153–166. DOI: 10.1111/j.2044-8325.1996.tb00607.x.



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