

## Qualifizierung von Beschäftigten im Rahmen der Mensch-Roboter-Kollaboration

Nora Johanna SCHÜTH<sup>1</sup>, Marc-André WEBER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft,  
Fachbereich Arbeits- und Leistungsfähigkeit  
Uerdingerstr. 56, D-40474 Düsseldorf

<sup>2</sup> Fachhochschule Kiel, Institut für Supply Chain und Operations Management  
Sokratesplatz 2, D-24149 Kiel

**Kurzfassung:** Die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) wird der digitalen Transformation bzw. der Industrie 4.0 zugeordnet und gilt als neue Möglichkeit zur modernen Gestaltung von Arbeit in industriellen Produktionsumgebungen. Betriebe erwarten durch kollaborierende Roboter eine Steigerung ihrer Produktivität und Verbesserungen in der Ergonomie an Arbeitsplätzen. Hierbei werden Stärken des Menschen mit Stärken des Roboters kombiniert. Damit einher geht ein Bedarf zur Qualifizierung, um sicherzustellen, dass sowohl der produktive Einsatz dieser Technologie als auch ein sicherer Umgang damit gewährleistet wird. Bei den im Beitrag beschriebenen Qualifizierungsansätzen werden ergonomische und organisatorische Voraussetzungen genauso wie Good-Practice-Ansätze zur Gestaltung von Schulungsmaßnahmen und Training berücksichtigt.

**Schlüsselwörter:** Mensch-Roboter-Kollaboration, Qualifizierung, Sicherheit, Mensch-Maschine-Interaktion, Akzeptanz, Industrie 4.0

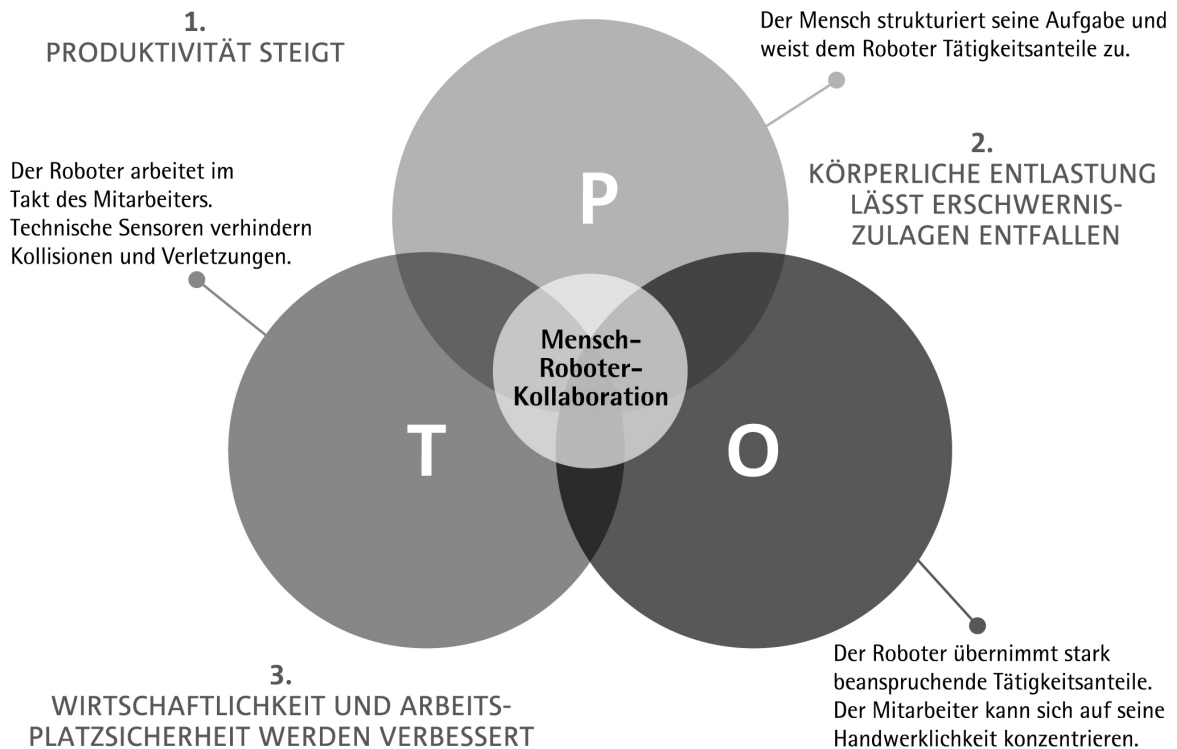
### 1. Anwendungsfelder der Mensch-Roboter-Kollaboration

Die Mensch-Roboter-Kollaboration gilt als eine der Schlüsseltechnologien im Rahmen der Digitalisierung und steht für die direkte Zusammenarbeit von Menschen und Robotern ohne trennende Schutzeinrichtungen. Berührungen sind möglich und prozesstechnisch erwünscht (Otto & Zunke, 2015). Ihr Einsatz erscheint sinnvoll bei einem hohen Anteil manueller Arbeit, welche für eine ausreichende Mindeststückzahl an Teilen anzuwenden ist, und folglich die Anschaffung und Inbetriebnahme von MRK rechtfertigt (Matthias & Ding, 2013).

Prozessgestalter müssen über die Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Roboter entscheiden (Marvel et al., 2015) und hierfür Stärken des Menschen mit Stärken des Roboters zu verbinden wissen. Abbildung 1 zeigt die Potenziale für die Arbeitsgestaltung aus technischer, organisatorischer und personeller Sicht.

Als menschliche Stärken gelten Intuition, Flexibilität, Entscheiden und Urteilen. Als Stärken von Robotern gelten ausdauernde, reproduzierbare und präzise Bewegungen (Weber & Stowasser, 2017). Zur Verdeutlichung dient nachfolgendes Beispiel: ein kollaborierender Roboter kann belastende Tätigkeiten wie das Halten eines Bauteils übernehmen, um dem Menschen die Ausführung einer Aufgabe mit hoher taktischer Schwierigkeit zu erleichtern, etwa die Montage einer biegeschlaffen Komponente an dem vom Roboter gehaltenen Bauteil. Bei der Prozessgestaltung sind darüber hinaus Merkmale der Werkzeuge und Werkstücke sowie vielseitige Gesetze und

### Sichten der Arbeitsgestaltung auf die Mensch-Roboter-Kollaboration



**Abbildung 1:** Sichten der Arbeitsgestaltung auf die Mensch-Roboter-Kollaboration (ifaa, 2016, S. 11)

Normen zu beachten, allen voran die speziell für MRK entwickelte TS/ISO 15066 (Weber & Stowasser, 2018). So dürfen etwa keine scharfkantigen oder heißen Werkzeuge verwendet werden, um Verletzungen durch eine falsche Zuführung an den Menschen durch den Roboter zu vermeiden. Gleiches gilt für die Werkstücke. Diese dürfen darüber hinaus nur niedrige Gewichte aufweisen, um die bewegten Massen zu begrenzen. Zulässige Kräfte, die maximal auf den Menschen einwirken dürfen, um Verletzungen zu vermeiden, sind in TS/ISO 15066 auf Basis medizinischer und biomechanischer Forschungsergebnisse geregelt.

Folglich ist aus Sicht der Prozessgestaltung zu prüfen, ob eine kollaborative Arbeitsweise für eine spezifische Arbeitsaufgabe unter Berücksichtigung der Eignung von Bauteil, Roboter und verwendeten Werkzeugen sinnvoll erscheint. Prozessgestalter müssen demnach einzurichtende MRK-Arbeitsplätze im Hinblick auf technische, organisatorische Rahmenbedingungen gestalten, ergänzend dazu aber auch personelle Aspekte berücksichtigen (ifaa, 2016). Hierbei sind die herstellerseitig vorgesehenen Technologien, die unternehmensspezifischen Prozessmerkmale und das die Technologie anwendende Personal einzubeziehen.

Neben der Arbeitsplatz- und Prozessgestaltung sowie der Wirtschaftlichkeitsberechnung kommt folglich der Qualifizierung des einzusetzenden Personals ein großer Stellenwert zu, durch den ein sicherer und zweckgerechter Einsatz von MRK gewährleistet werden soll. Hierfür erscheint es sinnvoll, zunächst die Beschäftigten mit den allgemeinen Funktionsweisen von MRK vertraut zu machen – etwa in Form einer Sensibilisierung für diese neue Form der Arbeitsunterstützung sowie bezogen auf

grundlegende Sicherheitsvorkehrungen einschließlich technischer Grenzen der Systeme –, bevor im Anschluss eine bedarfsgerechte Qualifizierung mit Blick auf konkrete Arbeitsplätze und Arbeitsaufgaben erfolgt (Weber et al., 2018). In diesem Artikel werden wesentliche Qualifikationsbedarfe und Qualifizierungsansätze für MRK aufgezeigt und in eine praxisgerecht umsetzbare Struktur überführt.

## 2. Anforderungen an die Qualifizierung von Beschäftigten

Für die erfolgreiche Gestaltung der Produktionsarbeit unter Verwendung von MRK ist eine ausreichende Qualifizierung der Beschäftigten, die mit den Robotern zusammenarbeiten, unabdingbar. Mensch und Maschine werden zu „Kollegen“ – wodurch auf verschiedenen Ebenen Herausforderungen entstehen können. Zum einen sind Sicherheitsaspekte zu beleuchten: Ein korrekter und sicherer Umgang mit den kollaborierenden Robotern muss ermöglicht werden. Idealerweise werden die Beschäftigten durch entsprechend fachkundiges (externes) Personal geschult, das mit den jeweiligen Herstellern kooperiert bzw. durch diese gestellt wird (acatech, 2016). Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass Beschäftigte rechtzeitig für einen geplanten Einsatz von MRK sensibilisiert werden: Gerade neue Technologien, die im Rahmen der digitalen Transformation hin zu einer Industrie 4.0 in Betriebe eingeführt werden, können bei Beschäftigten Unsicherheiten und Ängste hervorrufen. Diese abzubauen ist eine notwendige, wenn auch nicht hinreichende Bedingung für ihre erfolgreiche Implementierung. Es empfiehlt sich daher, bereits in der Planungsphase – also vor dem Einsatz der MRK – diesen rechtzeitig und transparent zu kommunizieren sowie die Beschäftigten zu integrieren.

Die Handlungsempfehlungen, die im Folgenden für die Einführung von kollaborierenden Robotersystemen gegeben werden, sollen im Anschluss um Hinweise zu erforderlichen Schritten der Qualifizierung für einen adäquaten Umgang mit ihnen sowie um zu berücksichtigende ergonomische Aspekte ergänzt werden.

### 2.1 Sensibilisierung als Grundlage für eine erfolgsversprechende Lernumgebung

Technologieänderungen und damit einhergehend veränderte Anforderungen im eigenen Aufgabenbereich können bei Beschäftigten, eventuell zu Unsicherheit und Ängsten führen. Durch diese können ernsthafte Widerstände oder Vorbehalte gegenüber neuen Systemen entstehen. Der Abbau solcher Widerstände kann daher für die Gestaltung einer fruchtbaren Lernumgebung als Voraussetzung gelten.

Einige grundsätzliche Merkmale von Robotern erhöhen die Akzeptanz von Beschäftigten. Als Beispiele können hier ein Aussehen, das menschliche Züge beinhaltet, oder vorhersehbare Bewegungen mit langsamer Beschleunigung genannt werden.

Wesentlicher ist allerdings, Beschäftigte bereits in frühen Planungsphasen zur Einführung von MRK zu integrieren. Dies kann zum Beispiel in Form gemeinsamer Workshops geschehen. „Dadurch werden sie frühestmöglich über geplante arbeitsorganisatorische und arbeitsgestalterische Änderungen informiert und können diese noch selbst beeinflussen. Mögliche Fragestellungen zur Erarbeitung sinnvoller Einsatzgebiete in solchen Workshops können sein:

- Welche Arbeitsschritte sind für Sie mühsam oder körperlich stark fordernd?  
Hierdurch lassen sich potenzielle Einsatzgebiete kollaborierender Roboter

ausfindig machen.

- Bei der Erledigung welcher Aufgaben könnte der Einsatz von kollaborierenden Robotern sinnvoll sein hinsichtlich zeitlicher Einsparpotenziale? Hierdurch lassen sich potenzielle Effizienzgewinne ermitteln.“ (Weber et al., 2018, S. 620)

Ein weiteres Merkmal zur Erhöhung der Akzeptanz von Menschen für ihre Zusammenarbeit mit dem „Kollegen Roboter“ besteht in der Entscheidungs- und Handlungshoheit, die ausschließlich beim Menschen und nicht bei der Maschine liegt. Beschäftigte sollten etwa darauf hingewiesen werden, dass ein manuelles Ausschalten jederzeit möglich ist. Im Kontext der Reduktion von Ängsten verschafft das Wissen über die letztliche Entscheidungsgewalt Sicherheit. Beschäftigten sollte es des Weiteren möglich sein, bei der Programmierung Hinweise zu erwünschten oder unerwünschten Bewegungen eines Roboters zu geben. Ob die MRK-Applikation zukünftig den eigenen Arbeitsplatz streitig machen könnte und vergleichbare Ängste sollten ebenfalls in gemeinsamen Workshops thematisiert und diskutiert werden.

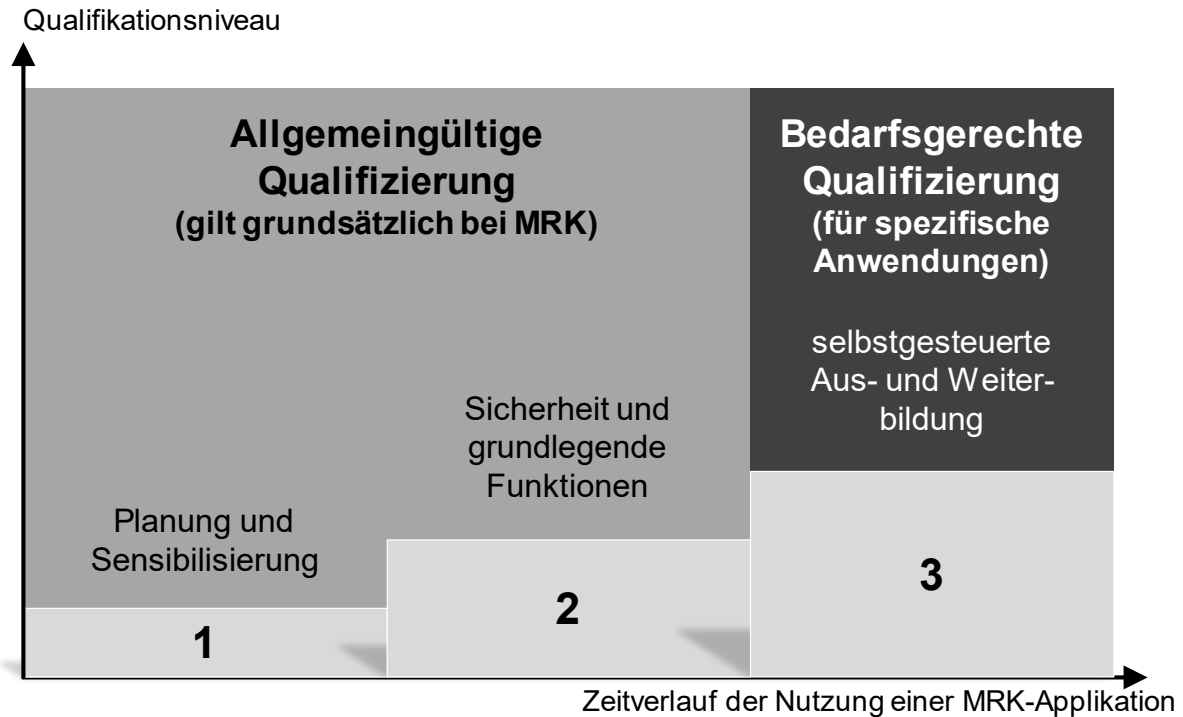
Zur Förderung der Offenheit gegenüber neuen Technologien kann ein Erlebbarmachen und Austesten von MRK-Applikationen in simulierten Arbeitsbedingungen oder in Pilotversuchen in Erwägung gezogen werden. Dieser Gestaltungshinweis bezieht sich auf erste Qualifizierungsmaßnahmen und sollte Bestandteil der Sensibilisierungsphase sein. „Es empfiehlt sich, hierfür beispielhafte Modellarbeitsplätze mit kollaborierenden Robotern zu verwenden, mit denen die genaue Funktionsweise der MRK, ihre Vorteile sowie ihre Einsatzbereiche anschaulich verdeutlicht werden können“ (Weber et al., 2018). Die an die Arbeitsumgebung einer Industrie 4.0 angepasste Wissensvermittlung (Bauer et al., 2008) ermöglicht den Beschäftigten eine spielerische Auseinandersetzung mit etwaigen Befürchtungen.

## *2.2 Schulungen für den sicheren MRK-Einsatz*

Im Anschluss an die Sensibilisierungsphase und abgeschlossener Gefährdungsbeurteilung müssen die Beschäftigten unter Beachtung der Sicherheitsvorschriften im Umgang mit der kollaborierenden Maschine am jeweiligen Arbeitsplatz entsprechend unterwiesen werden. Hierfür sind Schulungen, die direkt vom Hersteller angeboten werden, wie auch interne Workshops durch die Fachkraft für Arbeitssicherheit empfehlenswert. In sämtlichen Qualifizierungsmaßnahmen ist auf potenzielle Gefahren, die von MRK-Applikationen bei sach- und unsachgemäßer Bedienung ausgehen können, deutlich hinzuweisen. Beschäftigte sind also dazu verpflichtet, MRK-Systeme ausschließlich bestimmungsgemäß anzuwenden.

Falls möglich und sinnvoll, können weiterführende Interaktionen mit kollaborierenden Robotern in selbstgesteuerten Aus- und Weiterbildungen für Beschäftigte gelehrt werden. Hierin werden fortgeschrittene Interaktionen und erweiterte Funktionen einer MRK-Applikation, wie zum Beispiel das Beibringen neuer Bewegungen der Maschine durch die Anwender, direkt im Arbeitsprozess erlernt. Abbildung 2 gibt einen Überblick über Stufen der Qualifizierung für die MRK-Anwendung.

Unter Zuhilfenahme (digitalisierter) Lernmaterialien kann das Lernen am Arbeitsplatz selbstständig durch die Beschäftigten unterstützt werden. Als unterstützende Trainer für weiterführende Qualifizierungsmaßnahmen können ggfs. bereits im Umgang mit MRK versierte Kolleginnen und Kollegen oder externes Schulungspersonal fungieren. Vorteil aller auf dem Prinzip des Learning-by-doing beruhenden Methoden ist die Möglichkeit, den Lerntransfer im Arbeitsprozess unmittelbar überprüfen und bei Bedarf korrigierend eingreifen zu können. Des Weiteren zeichnet sich handlungsorientiertes Lernen durch einen höheren Behaltenseffekt aus.



**Abbildung 2:** Qualifizierungsstufen für die MRK-Anwendung (in Anlehnung an Weber et al., 2018, S. 621)

### 2.3 Ergonomische Gestaltung der Arbeitsumgebung (Gesundheit und Produktivität)

Die Vorteile der MRK, wie zum Beispiel die Übernahme repetitiver Tätigkeiten, die den Menschen ermüden lassen, oder das Handling von schweren Werkstücken entlasten Beschäftigte und leisten damit einen wesentlichen Beitrag zu deren Arbeits- und Leistungsfähigkeit. Um die gesundheitsförderlichen Aspekte bestmöglich auszuschöpfen, müssen ergonomische Gestaltungshinweise berücksichtigt werden. Insbesondere dürfen keine Einschränkungen und Störungen der Wahrnehmung, Aufmerksamkeit und des Denkens eines Menschen durch MRK entstehen. Hierbei sind vor allem die Bewegungen eingesetzter Roboter, deren Beschleunigung und Bewegungsbahnen zu beachten. Um negative Beanspruchungsfolgen zu vermeiden, sollten die Bewegungen der kollaborierenden Maschine weniger als 1,5 m/s betragen. Eine zu geringe Distanz zwischen Mensch und Roboter hat ein erhöhtes Angstempfinden zur Folge und sollte ebenso vermieden werden wie unvorhergesehene Bewegungen (DGUV, 2013).

### 3. Schlussfolgerungen und Ausblick

Der Einsatz kollaborierender Robotersysteme wird im Rahmen der fortschreitenden digitalen Transformation aufgrund seiner Potenziale stetig an Bedeutung gewinnen. Damit die Stärken des Menschen mit denen des Roboters in Arbeitsprozessen effizient, sicher, leistungsförderlich und damit letztlich wirtschaftlich ineinandergreifen, sind umfassende Qualifizierungsmaßnahmen und die Beachtung ergonomischer Aspekte erforderlich. Beschäftigte sollten bereits vor dem geplanten Einsatz von MRK-Applikationen in die Planungsphase integriert werden und die Möglichkeit er-

halten, sich in einer ausgiebigen Sensibilisierungsphase mit der neuen Technologie vertraut zu machen, um Ängste und Unsicherheiten abzubauen. In Schulungen zur Sicherheit im Umgang mit kollaborierenden Systemen, Trainings für den alltäglichen Gebrauch und Workshops zu fortgeschrittenen Funktionen ist der Integration theoretischer Inhalte in den arbeitsbezogenen Kontext in besonderem Maße Beachtung zu schenken. Für den Einsatz von MRK ergeben sich Anforderungen an ergonomische Aspekte, die den Erhalt von Gesundheit sowie Arbeits- und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten gewährleisten sollen. Eine zusammenfassende Übersicht zu MRK findet sich in ifaa (2017).

#### 4. Literatur

- acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V. (Hrsg) (2016) Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 – Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen.
- Bauer A, Wollherr D, Buss M (2008) Human-robot collaboration: a survey. *International Journal of Humanoid Robotics* 5:47–66.
- DGUV (Hrsg) (2013) Wie sollen Arbeitsplätze mit kollaborativen Robotern gestaltet werden? Aus der Arbeit des IFA 0348:1-2.
- ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.) (2017) Mensch-Roboter-Kollaboration: Zahlen, Daten, Fakten.
- ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (Hrsg) (2016) Digitalisierung und Industrie 4.0: So individuell wie der Bedarf – Produktivitätszuwachs durch Informationen.
- Marvel JA, Falco J, Marstio I (2015) Characterizing task-based human-robot collaboration safety in manufacturing. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics: Systems* 45:260-275.
- Matthias B, Ding H (2013) Die Zukunft der Mensch-Roboter Kollaboration in der industriellen Montage. *Internationales Forum Mechatronik*, 1-13.
- Otto M, Zunke R.(2015) Einsatzmöglichkeiten von Mensch-Roboter-Kooperationen und sensitiven Automatisierungslösungen: Zukunft der Arbeit – die neuen Roboter kommen. Online unter: [http://www.blog-zukunft-der-arbeit.de/wp-content/uploads/2015/03/03\\_2015-11-25\\_IGMetall\\_Robotik-Fachtagung\\_OttoZunke.pdf](http://www.blog-zukunft-der-arbeit.de/wp-content/uploads/2015/03/03_2015-11-25_IGMetall_Robotik-Fachtagung_OttoZunke.pdf).
- Weber MA, Stowasser S (2017) Sicherheit in der Mensch-Roboter-Kollaboration. In: Festag, Sebastian (Hrsg.) Sicherheit in einer vernetzten Welt: Entwicklung, Anwendungen und Ausblick. XXXII. Sicherheitswissenschaftliches Symposium 17. Mai 2017, AUVA, Wiener Hofburg. VdS Schadenverhütung GmbH Verlag (2017), Köln, 143-156.
- Weber MA, Stowasser S (2018) Ergonomische Arbeitsplatzgestaltung unter Einsatz kollaborierender Robotersysteme: Eine praxisorientierte Einführung. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 72(4):229-238.
- Weber MA, Schüth NJ, Stowasser S (2018) Qualifizierungsbedarfe für die Mensch-Roboter-Kollaboration. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* (113):619-622.



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)