

## Entwicklungspotenziale der Künstlichen Intelligenz für die Mensch-Roboter-Kollaboration

Nora Johanna SCHÜTH<sup>1</sup>, Yannick PEIFER<sup>2</sup>, Marc-André WEBER<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft,  
Uerdingerstraße 56, D-40474 Düsseldorf

<sup>2</sup> Karlsruher Institut für Technologie  
Kaiserstraße 12, D-76131 Karlsruhe

<sup>3</sup> Fachhochschule Kiel, Institut für Supply Chain und Operations Management  
Sokratesplatz 2, D-24149 Kiel

**Kurzfassung:** Die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) steht für die direkte Interaktion von Mensch und Roboter in einem gemeinsamen Arbeitsraum zur gleichen Zeit. Die heutige Forschung fokussiert sich stark auf physische Auswirkungen des MRK-Einsatzes. Bislang gibt es keine (verbindliche) Norm o.ä. zum Umgang mit psychischen Auswirkungen der MRK - diese Aspekte stehen erst in jüngerer Zeit vermehrt im Fokus der Forschung. Beispiele kritischer Folgen des MRK-Einsatzes auf die Psyche stellen den vermuteten Eigensinn der Technik und eine mögliche soziale Isolation bei der ausschließlichen Zusammenarbeit mit dem Roboter dar. Deshalb bedarf es bei der Entwicklung zukünftiger starker Künstlicher Intelligenz (KI) für MRK insbesondere der Beachtung psychologischer Aspekte. Ausgehend von einer Darstellung des Potenzials Maschinellen Lernens und des aktuellen KI-Entwicklungsstandes bei MRK soll der Beitrag Anregungen zur Weiterentwicklung, insbesondere unter Berücksichtigung psychologischer Empfehlungen, geben.

**Schlüsselwörter:** Mensch-Roboter-Kollaboration, psychische Gesundheit, Maschinelles Lernen, Künstliche Intelligenz

### 1. Einleitung

Die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) steht für die direkte Interaktion von Mensch und Roboter in einem gemeinsamen Arbeitsraum zur gleichen Zeit. Die heutige Forschung fokussierte sich bislang stärker auf physische Auswirkungen des MRK-Einsatzes, was sich etwa in der ISO/TS 15066 ausdrückt. Zur Gewährleistung einer sicheren MRK müssen viele Einschränkungen getroffen werden, welche die Sicherheit fördern - so etwa die Leistungs- und Kraftbegrenzung des Roboters oder die Begrenzung möglicher zu nutzender Endeffektoren. Wesentlich wird die Sicherheit durch Algorithmen und unter Einsatz von Sensorik und Aktorik gewährleistet, welche das Verhalten des Roboters adäquat steuert - sozusagen eine schwach ausgeprägte Form der Künstlichen Intelligenz (KI).

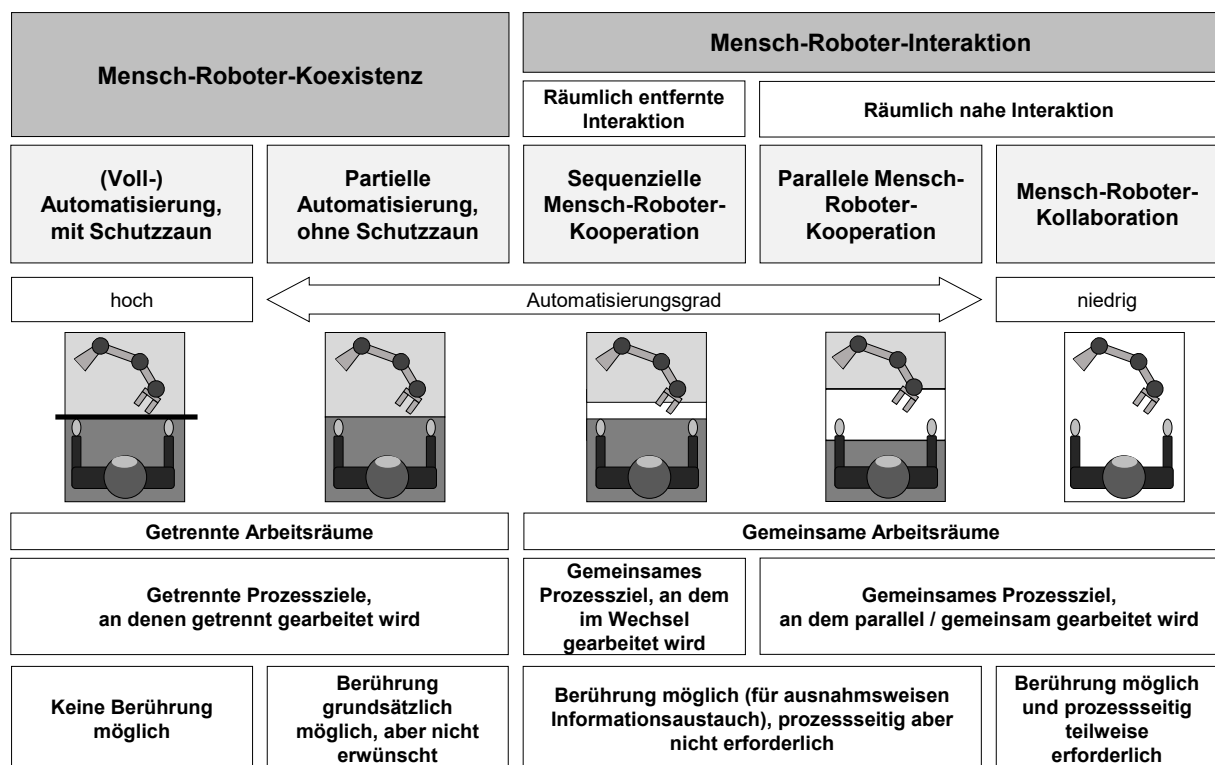
Bislang gibt es keine (verbindliche) Norm etc. zum Umgang mit psychischen Auswirkungen der MRK - diese Aspekte stehen nicht primär im Fokus der Forschung. Beispiele kritischer Folgen des MRK-Einsatzes auf die Psyche stellen den vermuteten Eigensinn der Technik, eingeschränkte Handlungsspielräume des Menschen und eine mögliche soziale Isolation bei der ausschließlichen Zusammenarbeit mit dem Roboter dar. Deshalb bedarf es bei der Entwicklung zukünftiger starker KI insbesondere der

Beachtung psychologischer Aspekte. So soll etwa die Erwartungskonformität der Roboterhandlungen erhöht und dabei verstärkt ein menschliches Verhalten imitiert werden, welche die Akzeptanz der MRK steigern und zudem das Einsatzspektrum der MRK stark ausweiten können. Ergänzend dazu verspricht die Weiterentwicklung hin zu einer starken KI ebenfalls das Potenzial einer erhöhten Sicherheit im kollaborierenden Zusammenwirken zwischen Mensch und Roboter.

Auf Basis Maschinellen Lernens entwickelt sich die Möglichkeit, Interaktionen noch sicherer werden zu lassen. Eine sichere Interaktion kann daraufhin zudem mit einer Steigerung der Nutzerakzeptanz einhergehen. Ausgehend von einer Darstellung des aktuellen KI-Entwicklungsstandes bei MRK und des Potenzials Maschinellen Lernens soll der Beitrag Anregungen zur Weiterentwicklung, insbesondere unter Berücksichtigung psychologischer Empfehlungen, geben.

## 2. Mensch-Roboter-Kollaboration

Menschen und Roboter können auf verschiedene Art in einem Raum arbeiten, wobei ergänzend zur klassischen Vollautomatisierung in den letzten Jahren neue Formen entwickelt wurden, die den Menschen mehr oder minder stark in die automatisierte Arbeit einbinden, die sich jedoch allesamt immer stärker in der Industrie sowie in anderen Branchen etablieren (Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Einordnung der Mensch-Roboter-Kollaboration in der Arbeit mit Robotern (in Anlehnung an Otto & Zunke, 2015, Gustavsson et al., 2018, Behrens, 2019 und Surdilovic et al., 2020)

Die Mensch-Roboter-Kollaboration beschreibt eine Interaktionsform, bei der es nur noch einen Arbeitsraum für Roboter und Mensch gibt, in dem gemeinsame Arbeiten erfolgen. Berührungen gelten als prozesstechnisch notwendig und erwünscht, wobei

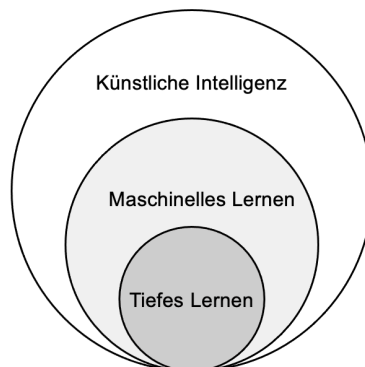
unbeabsichtigte Berührungen durch den Roboter als solche erkannt und mit angemessenen Reaktionen begegnet werden, um Verletzungen zu vermeiden (Weber & Stowasser, 2018). Die Forschung fokussiert aktuell stark Sicherheits- und energetisch-effektorische Ergonomieaspekte, hingegen sind psychische Auswirkungen nur sekundär von Interesse (Gualtieri 2020, Gao et al. 2020). Diese bestehen jedoch in nicht unerheblichem Maße, angefangen von Zweifeln an der technischen Funktionsfähigkeit über die Belastung durch Hinterfragen und Überwachung der Roboterbewegungen bis hin zum vermuteten Eigensinn der Technik (Gerst 2020). Dieser Beitrag greift psychische Herausforderungen auf und zeigt Möglichkeiten, diesen entgegen zu wirken.

### 3. Künstliche Intelligenz im Kontext von Produktion und MRK

Auf Basis einer progressiven technologischen Weiterentwicklung im Kontext computerbasierter neuronaler Netze sowie dem Bereich der Bilderkennung bildet KI mittlerweile eine der primären Techniken, welche die fortschreitende Digitalisierung innerhalb des industriellen Umfeldes beschleunigt. Neben der Erweiterung hin zu digitalen Geschäftsmöglichkeiten lassen sich aus dem Einsatz von KI vor allem hinsichtlich technologischer Anwendungsmöglichkeiten vielfältige Potenziale generieren (Cremers et al. 2019).

Im Hinblick darauf, dass es sich bei KI um eine Querschnittstechnologie handelt, die sich an festgelegten Anwendungsbereichen ausrichtet und bei deren Einsatz eine Segmentierung nach Funktionen und Branchen vernachlässigt werden kann, bietet sie das Potenzial, Wertschöpfungsketten übergreifend zu verändern (Kreutzer & Sirrenberg 2019). Im Kontext der unternehmerischen Wertschöpfung lässt sich hierbei insbesondere im industriell produzierenden Umfeld eine signifikante Steigerung der Einsatzfelder sowie tatsächlicher Anwendungen in Unternehmen erkennen. Mitunter ist dies darauf zurückzuführen, dass KI die Fähigkeit besitzt, Lösungsmöglichkeiten für komplexe Problemstellungen oder Situationen zu generieren, welche im Vorfeld nicht programmierbar sind.

Im Hinblick auf den Einsatz von KI wird einerseits zwischen der Anwendung des Maschinellen Lernens und andererseits dem Einsatz des Tiefen Lernens, unter Einbezug künstlicher neuronaler Netze, differenziert. Maschinelles Lernen bildet hierbei lediglich einen Teilbereich der KI, dessen Anwendungsgebiet sich im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung und der Analyse von steigenden Datenmengen um die industriell produzierende Umgebung erweitert hat. Tiefes Lernen bildet wiederum einen separaten Teilbereich des Maschinellen Lernens, dessen Anwendungsbereich auf dem Erkennen von Bildern und Objekten liegt (Fahle et al. 2020).



**Abbildung 2:** Systematisierung Künstlicher Intelligenz (in Anlehnung an Gao et al. 2020)

Im Zuge der industriellen Anwendung ergibt sich für den Einsatz von KI eine vielfältige Anzahl an Anwendungsfeldern, wozu nachfolgend Beispiele gegeben werden. Neben den Aufgaben der Planung, der Optimierung sowie der Kontrolle von Produktionsprozessen, bietet unter anderem die Überprüfung von Qualitätskriterien einen zusätzlichen Anwendungsbereich für den Einsatz von KI. Predictive Maintenance kennzeichnet einen weiteren Einsatzbereich, in dem durch den Einsatz von KI vorhandene Datenmengen effizienter verarbeitet und unter anderem die voraussichtliche Lebensdauer von Anlagen exakter errechnet werden kann. Im Hinblick auf die Eigenschaften und Fähigkeiten von KI sowie des Maschinellen Lernens verspricht insbesondere das Anwendungsfeld der Robotik weitreichende Potenziale (Fahle et al. 2020).

Die Basis hierfür ist, dass der Roboter zukünftig die Fähigkeit besitzen muss, seine Aufgaben sowie potenzielle Gefahren eigenständig zu erkennen und angemessen reagieren zu können (Dröder et al. 2018). Insbesondere im Kontext einer kollaborierenden Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter kann durch den Einsatz von KI die Sicherheit des Menschen weitreichend gesteigert werden (Fahle et al. 2020). Das Erkennen des Menschen und seiner Bewegungen sowie die daraus resultierenden Aktionen des Roboters bilden einen der relevantesten Forschungsschwerpunkte. Der Rückgriff auf das Maschinelle Lernen und der damit verbundenen Verarbeitung von aufkommenden Datenmengen sowie der dreidimensionalen Erkennung der Umgebung verspricht hierbei das Potenzial einer noch sichereren Planung von Bewegungsbahnen durch den Roboter. Im Kontext einer Gestaltung der Mensch-Roboter-Kollaboration soll der Roboter nicht als ein untergeordneter Akteur agieren, sondern zusammen mit dem Menschen ein Arbeitsteam bilden (Dröder et al. 2018). Die hier genannten Ansatzpunkte bieten das Potenzial, dass der kollaborierende Roboter unter Rückgriff auf KI zukünftig dazu in der Lage sein wird, sich und seine Fähigkeiten auf Basis eigens generierter Erfahrungen fortlaufend und autonom zu verbessern (Kreutzer & Sirrenberg 2019).

#### **4. Psychologische Aspekte**

Beim Einsatz von KI für die MRK, insbesondere bei der Entwicklung zukünftiger starker KI, müssen auch psychologische Aspekte beachtet werden, da die Arbeit in MRK-Systemen den Menschen zwar entlasten kann, es jedoch nicht ausgeschlossen ist, dass neue kognitive und psychische Anforderungen hinzukommen (Adolph et al. 2016). Für den erfolgreichen Einsatz von MRK ist die Akzeptanz der Beschäftigten, die in diesen Systemen arbeiten, unabdingbar. Zur Akzeptanz tragen nach Bröhl et al. (2017) besonders die wahrgenommene Nützlichkeit und die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit bei. Die Benutzerfreundlichkeit wird dabei von der empfundenen Selbstwirksamkeit (z.B. der erfolgreichen Bedienung) beeinflusst. Wird die Zusammenarbeit mit einem Roboter hingegen als kompliziert (nicht intuitiv oder nicht erfolgreich) wahrgenommen, können sich Menschen in der Nähe der Maschinen unwohl fühlen und Ängste können entstehen. Mit einer wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit wächst auch die wahrgenommene Sicherheit. Diese steigt auch, wenn die Bewegungen des Roboters erwartungskonform und nachvollziehbar verlaufen. Dabei wirkt sich ein menschenähnlicher Bewegungsablauf, der eher kurvenförmig ist und eine Beschleunigungs- und Abbremsphase aufweist, besser auf die Abschätzbarkeit der Bewegungsbahnen aus als ein linearer Bewegungsablauf des Roboters (Kuz et al. 2014).

Als ein weiterer Gestaltungshinweis für kollaborierende Roboter gilt die menschenähnliche (anthropomorphe) Gestaltung seines Äußeren. Es gilt, dass die Akzeptanz

zur Zusammenarbeit mit Robotern höher ist, wenn sie eine dem Menschen nachempfundene Bauweise haben (Weber et al. 2018). Hierzu zählen z.B. die Auslegung der Roboterarme und eine an den Menschen angelehnte Körpergröße. In der Pflege werden zudem Roboter mit Gesicht eingesetzt. Was sich dort als problematisch zeigt, wenn Gepflegte persönliche Beziehungen zu Robotern aufbauen, kann sich auch negativ auf die Konzentration von Menschen in industriellen MRK-Systemen auswirken: Gesichtsähnliche Strukturen, wie z.B. ein lächelnder Mund oder Augen mit Iris, ziehen unbewusst die Aufmerksamkeit auf sich, was nicht immer erwünscht ist, weil dies ablenken kann (Aufmerksamkeitsverschiebung) (Roesler & Onnasch 2020), wohingegen abstrakte Augen, die dem Beschäftigten durch ihre „Blickbewegung“ die Richtung weisen, in die sich der Roboter als nächstes bewegen wird, die Erwartungskonformität und damit die wahrgenommene Sicherheit erhöhen.

Das von Dröder et al. (2018) beschriebene Arbeitsteam - bestehend aus Mensch und Roboter - ist aus psychologischer Perspektive insbesondere dann menschengerecht und ganzheitlich akzeptiert gestaltet, wenn Menschen hauptsächlich diejenigen Arbeiten verrichten, in denen sie besser als der Roboter sind (Weber & Stowasser 2018). Dem Roboter können diejenigen Arbeitsschritte beigebracht werden, welche der Mensch nicht so präzise ausführen kann, oder die einen hohen repetitiven Charakter aufweisen, was zu Ermüdung oder ermüdungsähnlichen Zuständen (z.B. Monotonie) führen würde. Gerst (2020) beschreibt, dass diese Form der Kollaboration auch das Denken und Lernen fördert. „Technik, die eine solche Teamarbeit ermöglicht, ist jedoch noch kaum entwickelt“ (S. 152). Weitere Potenziale könnten in der Fähigkeit der Roboter liegen, mittels KI Empfindungen, Gemütszustände und die körperliche Verfassung des Beschäftigten zu erkennen (z.B. mittels Reaktionszeitmessungen) und darauf zu reagieren, in dem er z.B. seine Arbeitsgeschwindigkeit an die Situation anpasst. Intelligente Robotik verfügt zudem grundsätzlich über Möglichkeiten, die Arbeitsleistung eines jeden Beschäftigten zu erfassen und diese Daten auszuwerten, was große Unsicherheit und Widerstände in der Belegschaft auslösen kann. Darauf zu verzichten und dies auch zu kommunizieren kann ergo die Kooperationsbereitschaft fördern.

Bei der Entwicklung von MRK, die KI im Arbeitsprozess nutzt, sollten Aspekte der Trainierbarkeit des Roboters durch Menschen im Arbeitsprozess mitberücksichtigt werden und nur solche Systeme im Betrieb zum Einsatz kommen, die passgenau sinnvoll und unterstützend für die Beschäftigten sind. Welche Parameter das sind, ist vor einer Implementierung genau zu prüfen. Hierbei spielen einerseits die Beschäftigten selbst eine Rolle, indem sie in den Implementierungsprozess mit eingebunden und befragt werden. Andererseits muss ein Betrieb genau analysieren, inwiefern KI bei MRK sinnvollerweise zum Einsatz kommen soll. Welche Beratungs- und Unterstützungsbedarfe KMU hinsichtlich der Einführung von KI haben, wird derzeit in dem vom BMBF geförderten Projekt „EN(AI)BLE Digital Mentor - Modell und Erprobung eines präventiv agierenden KI-Helfers“, unter anderem vom ifaa, erforscht.

## 5. Literatur

- Adolph L, Rothe I, & Windel A (2016) Arbeit in der digitalen Welt – Mensch im Mittelpunkt. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 70(2), 77–81. <https://doi.org/10.1007/s41449-016-0015-x>.
- Behrens R (2019) Biomechanische Grenzwerte für die sichere Mensch-Roboter-Kollaboration. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Bröhl C, Nelles J, Brandl C, Mertens A & Schlick C (2017) Entwicklung und Analyse eines Akzeptanzmodells für die Mensch-Roboter-Kooperation in der Industrie. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft



- e.V. (Hrsg.), Frühjahrskongress 2017 in Brügge: Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft – Beitrag F 2.1. Dortmund: GfA-Press.
- Cremers A, Englander A, Gabriel M, Hecker D, Mock M, Poretschkin M, Rosenzweig J, Rostalski F, Sicking J, Volmer J, Voosholz J, Voss A, Wrobel S (2019) Vertrauenswürdiger Einsatz von Künstlicher Intelligenz. Sankt Augustin: Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse und Informationssysteme IAIS
- Dröder K, Bobka P, Germann T, Gabriel F, Dietrich F (2018) A Machine Learning-Enhanced Digital Twin Approach for Human-Robot-Collaboration. In: *Procedia CIRP* 76: 187-192.
- Fahle S, Prinz C, Kuhlentötter B (2020) Systematic review on machine learning (ML) methods for manufacturing processes – Identifying artificial intelligence (AI) methods for field application. In: *Procedia CIRP* 93: 413-418.
- Gao Z, Wanyama T, Singh I, Gadhri A, Schimdt R (2020) From Industry 4.0 to Robotics 4.0 - A Conceptual Framework for Collaborative and Intelligent Robotic Systems. In *Procedia Manufacturing* 46: 591-599
- Gerst D (2020) Mensch-Roboter-Kollaboration – Anforderungen an eine humane Arbeitsgestaltung. In: Buxbaum HJ (Hrsg) *Mensch-Roboter-Kollaboration*. Wiesbaden: Springer Gabler, 145-162.
- Gualtieri L, Rauch E, Vidoni R (2020) Emerging research fields in safety and ergonomics in industrial collaborative robotics: a systematic literature review. In: *Robotics and Computer Integrated Manufacturing* 67: 1-30.
- Gustavsson P, Holm M, Syberfeldt A, Wang L (2018) Human-robot collaboration – towards new metrics for selection of communication technologies. In: *Procedia CIRP* 72:123-128.
- Kreutzer R, Sirrenberg M (2019) Künstliche Intelligenz verstehen Grundlagen – Use-Cases – unternehmenseigene KI-Journey. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Kuz S, Faber M, Bützler J, Mayer M P, & Schlick C M (2014). Anthropomorphic design of human-robot-interaction in assembly cells. In S Trzcielinski & W Karwowski (Hrsg), *Advances in the ergonomics in manufacturing: Managing the enterprise of the future*, AHFE conference, Krakau, Polen (S. 265–271).
- Otto M, Zunke R (2015) Einsatzmöglichkeiten von Mensch-Roboter-Kooperationen und sensitiven Automatisierungslösungen: Zukunft der Arbeit – die neuen Roboter kommen. KUKA, Berlin.
- Roesler E & Onnasch L (2020) Teammitglied oder Werkzeug – Der Einfluss antropomorpher Gestaltung in der Mensch-Roboter-Interaktion. In: Buxbaum HJ (Hrsg) *Mensch-Roboter-Kollaboration*. Wiesbaden: Springer Gabler, 163-175
- Surdilovic D, Bastidas-Cruz A, Haninger K, Heyne P (2020) Kooperation und Kollaboration mit Schwerlastrobotern – Sicherheit, Perspektive und Anwendungen. In: Buxbaum HJ (Hrsg.) *Mensch-Roboter-Kollaboration*. Wiesbaden: Springer Gabler, 91-108.
- 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. In: *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 72:229-238.
- 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 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)