

Künstliche Intelligenz als Einflussfaktor auf die Qualifizierung in der Mensch-Roboter-Kollaboration

Yannick PEIFER¹, Marc-André WEBER², Tim JESKE¹, Sascha STOWASSER¹

¹ ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V.
Uerdinger Straße 56, D-40474 Düsseldorf

² Fachhochschule Kiel, Institut für Supply Chain und Operations Management
Sokratesplatz 2, D-24149 Kiel

Kurzfassung: Die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) kennzeichnet eine direkte Zusammenarbeit von Mensch und Roboter, was durch die Sensorik des Roboters und seine im derzeitigen Entwicklungsstadium schwach ausgeprägte Künstliche Intelligenz (KI) ermöglicht wird. Zukünftig wird sich diese Zusammenarbeit weiter intensivieren. Dies lässt sich u. a. darauf zurückführen, dass sich die Leistungsfähigkeit der KI erhöhen wird. Kollaborierende Roboter werden zu lernfähigen Robotersystemen, die ihre Umgebung wahrnehmen können. Bei der Implementierung von MRK stehen Unternehmen vor soziotechnischen Herausforderungen. Die Qualifizierung ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor zur nachhaltigen und sicheren Einführung. Auf Basis einer Synthese des aktuellen Forschungsstands zur MRK und KI werden im Beitrag Empfehlungen zur Gestaltung aufgezeigt.

Schlüsselwörter: Mensch-Roboter-Kollaboration, Qualifizierung, Künstliche Intelligenz, lernfähige Robotersysteme

1. Einleitung

Im Kontext der gegenwärtigen vierten industriellen Revolution entspricht die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) einem der möglichen Interaktionskonzepte zwischen Mensch und Roboter. Zusätzlich zu weiteren Technologien, wie beispielsweise der additiven Fertigung oder dem industriellen Internet der Dinge, handelt es sich bei der MRK ebenfalls um eine relevante Schlüsseltechnologie. Die Verbesserung menschlicher Arbeitsbedingungen bei gleichzeitiger Produktivitätssteigerung entspricht in diesem Zusammenhang den Zielen der MRK-Anwendung (Gualtieri et al. 2021). Zunehmend ist eine Intensivierung der Kollaboration von Mensch und Roboter zu erwarten. Auslöser dieser technologischen Entwicklung sind vor allem die Weiterentwicklungen im Forschungsumfeld der Künstlichen Intelligenz (KI). Gegenwärtige Roboter werden sich zu lernfähigen Robotersystemen weiterentwickeln, deren Nutzen vor allem in einer Steigerung der Flexibilität, Produktivität und Sicherheit erkennbar wird. Bei der Implementierung stehen Unternehmen indes vor signifikanten Herausforderungen, wie die Arbeitsbedingungen zukünftig gut gestaltet werden können. Insbesondere sind ganzheitliche Ansätze einer soziotechnischen Arbeitsgestaltung erforderlich. Hierbei ist die zukünftige Qualifizierung ein wesentlicher Erfolgsfaktor zur nachhaltigen und sicheren Einführung von MRK (Lernende Systeme 2021). Auf Basis einer Synthese des aktuellen Forschungsstandes zur MRK und KI, welcher durch eine Analyse wissenschaftlicher Publikationen aus verschiedensten Datenbanken erhoben wurde, werden diese im Beitrag aufgezeigt. Die Analyse erfolgte anhand festgelegter Suchstrings sowie unter der Berücksichtigung nationaler und internationaler Literatur.

2. Qualifizierung als Herausforderung in der Mensch-Roboter-Kollaboration

Die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) kennzeichnet eine direkte Zusammenarbeit von Mensch und Roboter in einem gemeinsamen Arbeitsbereich. Dies wird durch die Sensorik des Roboters zusammen mit einer im derzeitigen Entwicklungsstadium schwach ausgeprägten Künstlichen Intelligenz (KI) ermöglicht. Charakteristisch für die MRK sind eine von Mensch und Roboter gemeinsam verfolgte Zielstellung und die für den Arbeitsvorgang notwendigen Berührungen. Die MRK bildet innerhalb des industriellen Produktionsumfeldes gegenwärtig eine ausgewählte Form der Interaktion zwischen Mensch und Roboter (Schüth et al. 2021). Mit der Interaktion im gemeinsamen Arbeitsbereich werden weitreichende Zielstellungen verfolgt. Der Einsatz von MRK bietet sowohl das Potenzial der Produktivitätssteigerung als auch der Reduzierung von physischen und psychischen Belastungen seitens des Menschen. Dies lässt sich auf die Kombination der Stärken des Roboters mit denen des Menschen zurückführen, welche bei der Prozessgestaltung berücksichtigt werden (Schüth & Weber 2019).

Die Einführung von MRK in das industrielle Produktionsumfeld stellt Unternehmen gegenwärtig vor Herausforderungen. Ausgehend von den grundlegend zu berücksichtigenden Bedürfnissen der Beschäftigten (z. B. Autonomie), sind für den Erfolg der Implementierung zunehmend weitere Faktoren relevant. Eine ausreichende Einbindung der Beschäftigten und die Berücksichtigung ihrer individuellen Qualifikationsniveaus gelten in diesem Zusammenhang als absolut notwendig, um eine sichere Interaktion zu gewährleisten (Müller et al. 2019).

Um eine ganzheitliche Qualifizierung von Beschäftigten sicherzustellen, empfehlen Weber et al. (2018) ein dreistufiges Qualifizierungskonzept. Ausgehend von einer umfangreichen Sensibilisierungsphase, sollten Beschäftigte den sicheren Umgang mit dem Roboter an ihrem individuellen Arbeitsplatz erlernen. Eine sichere Interaktion kann nur dann gewährleistet werden, wenn die Beschäftigten ausreichend Kenntnisse über mögliche Gefahren im Umgang mit dem Roboter besitzen. Sofern diese ausreichend vorhanden sind, kann in einer dritten Stufe die bedarfsgerechte Qualifizierung forciert werden. Innerhalb dieser können die Beschäftigten dem Roboter eigenständig neue Bewegungen beibringen (Weber et al. 2018). Eine ausreichende Qualifizierung kann hierbei akzeptanzfördernd wirken (Müller et al. 2019). Es ist zu erwarten, dass sich die Zusammenarbeit von Mensch und Roboter zukünftig weiter intensivieren wird. Dies lässt sich u.a. darauf zurückführen, dass sich die Leistungsfähigkeit der KI erhöhen wird. Kollaborierende Roboter werden zu lernfähigen Robotersystemen, die ihre Umgebung wahrnehmen können. Lernfähige Robotersysteme werden zukünftig autonom Arbeitsschritte erlernen können und dadurch an verschiedenen Arbeitsplätzen einsetzbar sein. Diese Entwicklung erfordert weitere Forschung, wie Arbeitsbedingungen zukünftig gestaltet werden können, um eine sichere Interaktion zu gewährleisten (Plattform Lernende Systeme 2021).

3. Künstliche Intelligenz und die Anforderungen an eine Qualifizierung

Die zunehmende Integration und Anwendung von KI im industriellen Umfeld lässt sich mitunter auf die erfolgreiche Weiterentwicklung von neuronalen Netzwerken sowie der Leistungsfähigkeit von Computersystemen zurückführen (Cremers et al. 2019). Diese konvergierende Technologieentwicklung ist ausschlaggebend, dass KI-

Anwendungen in ausgewählten Anwendungsbeispielen mittlerweile die Leistungsfähigkeit des Menschen übersteigen können. Eine einheitliche und übergreifende definitorische Einordnung, wie sich KI klassifizieren lässt, ist zum derzeitigen Zeitpunkt allerdings nicht vorhanden. Als ein Teilgebiet der Informatik verbindet die KI in ihrer Anwendung sowohl kognitionswissenschaftliche als auch ingenieurwissenschaftliche Gesichtspunkte. Eine schwerpunktmäßige Verlagerung des jeweiligen Gesichtspunktes wird in Abhängigkeit des gewählten Anwendungsbeispiels erkennbar. Im Kontext autonom agierender Robotersysteme ist dies schwerpunktmäßig der Aspekt der Mechanik. Das Forschungsgebiet der KI ist stark diversifiziert und weitreichend. Gegenwärtige praktische KI-Anwendungen basieren in der Regel auf dem Prinzip des Maschinellen Lernens (ML), welches einem Teilgebiet der KI entspricht (Abbildung 1). Die Anwendung erfolgt auf Basis von künstlichen neuronalen Netzen (KNN). KNN können hierbei eine unterschiedliche Komplexität besitzen. Maschinelle Lernverfahren, welche auf Basis hochkomplexer KNN agieren, werden auch als Tiefes Lernen (TL) bezeichnet. Das TL entspricht demnach einem Teilgebiet des ML (Terstegen et al. 2018).

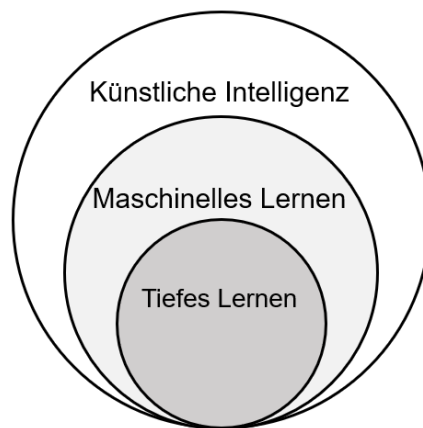


Abbildung 1: Systematisierung von Künstlicher Intelligenz (Gao et al. 2020)

Die Einführung und Anwendung einer KI-Anwendung in das industrielle Umfeld stellt Unternehmen indes vor Herausforderungen. Zusätzlich zu arbeitsorganisatorischen Gesichtspunkten sind insbesondere Aspekte der Kompetenzentwicklung zu berücksichtigen, um die Integration nachhaltig erfolgreich zu gestalten. Bei der Qualifizierung handelt es sich demnach um einen elementaren Bestandteil, welcher inmitten des Einführungsprozesses zu beachten ist. Die notwendigen Kompetenzen der Beschäftigten gehen in diesem Zusammenhang über die eigentlichen KI-Fachkompetenzen hinaus. Technische Kompetenzen werden durch interdisziplinäre Kompetenzen ergänzt (Plattform Lernende Systeme 2019).

Beschäftigte benötigen für den sicheren Umgang demnach sowohl Fach-, Methoden-, Selbst- als auch Sozialkompetenzen. Im Hinblick auf eine KI-Qualifizierung müssen die Beschäftigten in die eigentlichen Anwendenden einer KI-Anwendung sowie die Führungskräfte unterteilt werden. Notwendige Fachkompetenzen der Anwendenden sind das Kennen von Interventionsmöglichkeiten bei der Interaktion, der Umgang mit Daten oder die sichere Arbeitsweise mit der KI-Anwendung. Hinzukommend benötigen die Anwendenden zunehmend Sozial- und Methodenkompetenzen. Diese umfassen sowohl die individuelle Fähigkeit zum kooperativen Arbeiten als auch die Fähigkeit, Rückmeldungen der KI-Anwendung zu verstehen, anzunehmen und umzusetzen. Erweitert werden diese um den Aspekt der Selbstkompetenzen, welche die individuelle Bereitschaft zur Veränderung umschließt. Ergänzend zu den Anwendenden müssen

auch Führungskräfte über ausreichende Kompetenzen verfügen. Elementare Kenntnisse der IT sowie der Funktion einer KI-Anwendung sind in diesem Zusammenhang allerdings ausreichend. Vielmehr sollten Kenntnisse über Prozesse sowie die Verfügbarkeit und den Schutz von Daten vorherrschen. Führungskräfte benötigen zudem ausreichend methodische Kompetenzen, um den Veränderungsprozess begleiten sowie Sozialkompetenzen, um den Anwendenden gegenüber der KI-Anwendung ihren individuellen Wert aufzeigen zu können. Führungskräfte benötigen zudem eine ausgeprägte Selbstkompetenz und die damit verbundene Fähigkeit, auch persönlich den Prozess der Veränderung produktiv zu bewältigen (Offensive Mittelstand 2018). Hinzukommend müssen in Unternehmen weitreichende Kompetenzen über den Aufbau der notwendigen IT-Infrastruktur und Datenbanken sowie der Analyse benötigter Daten vorhanden sein (Dukino et al. 2020).

4. Qualifizierungsanforderungen bei Intelligenten Robotersystemen

Die Analyse des aktuellen Forschungsstandes der gegenwärtigen MRK verdeutlicht, dass die Qualifizierung und Kompetenzentwicklung bereits heute zu den wichtigsten Gesichtspunkten gehört, welche im Rahmen der Einführung und Anwendung zu beachten sind. Dies lässt sich u.a. auf die Komplexität der gemeinsamen Interaktion zwischen Mensch und Roboter zurückführen. Mit leistungsfähiger KI wird sich die Zusammenarbeit zukünftig weiter intensivieren, sowohl qualitativ an einzelnen Arbeitsplätzen als auch quantitativ in der Anzahl an MRK-Arbeitsplätzen. Aus Sicht der Qualifizierung und Kompetenzentwicklung bedeutet dies, dass sich die Anforderungen verändern werden (Abbildung 2).

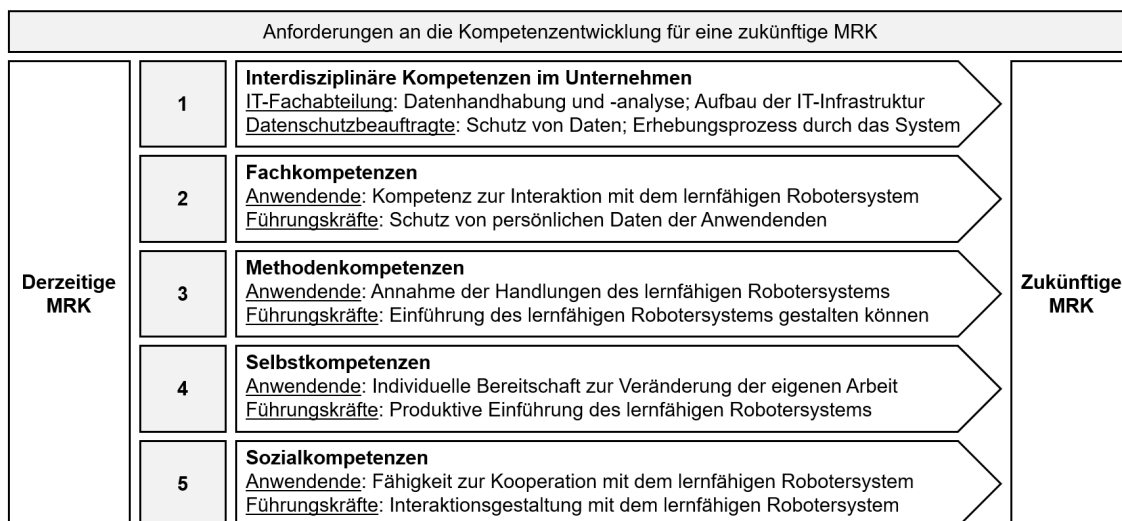


Abbildung 2: Anforderungen an die Kompetenzentwicklung für eine zukünftige MRK (inhaltlich basierend auf Weber et al. 2018; Plattform Lernende Systeme 2019; Offensive Mittelstand 2018; Dukino et al. 2020)

Auf Basis interdisziplinärerer Kompetenzen hinsichtlich der technologischen Umsetzung einer KI-Anwendung müssen sowohl Anwendende als auch Führungskräfte betrachtet werden. Die Grundlage der Anwendung von lernenden Robotersystemen bildet in Unternehmen die notwendige Kompetenz hinsichtlich geeigneter IT-Infrastrukturen, der Handhabung von Daten, ihrer Analyse sowie Verarbeitung. Hierbei handelt es sich um elementare Faktoren, welche im Zuge einer technologischen Anwendung,

die auf Basis von KI agiert, vorhanden sein müssen. Die notwendigen Kompetenzen von Beschäftigten als Anwendende lernender Robotersysteme werden sich zudem verändern. Zusätzlich zu den benötigten Fachkompetenzen über den sicheren Umgang mit der KI-Anwendung werden vor allem Methoden-, Selbst- sowie Sozialkompetenzen im Vergleich zur herkömmlichen MRK vermehrt benötigt werden. Dadurch, dass eine steigende Intelligenz des Roboters die Interaktion mit dem Menschen verändern wird, bedarf es zu Beginn einer generellen Bereitschaft des Anwendenden sich auf diese Veränderung einzulassen. Nur wenn die Anwendenden bereit sind, kooperativ zu arbeiten, kann diese intensivere Form der Kollaboration erfolgreich umgesetzt werden. Hinzukommend werden die Methodenkompetenzen noch stärker erforderlich sein, da durch sie sichergestellt wird, dass die Handlungen eines lernenden Robotersystems auch angenommen und umgesetzt werden. Gegenwärtige Fachkompetenzen zur Programmierung eines herkömmlichen Leichtbauroboters werden zukünftig aller Voraussicht nach nicht in der gleichen Intensität benötigt werden, wenn lernende Robotersysteme ihre Umgebung eigenständig wahrnehmen und Aufgaben selbst erlernen können.

Veränderte Anforderungen an die Qualifizierung und den Kompetenzbedarf werden zudem bei den Führungskräften sichtbar. Im Hinblick auf die Fachkompetenzen sind es insbesondere die grundlegenden Funktionsweisen des lernenden Robotersystems sowie der Schutz persönlicher Daten. Führungskräfte werden zudem vermehrt die Rolle des Begleiters während der Veränderung einnehmen. Auf Basis der eigenen Veränderungsbereitschaft müssen sie die zukünftigen Anwendenden mitnehmen und gemeinsam mit ihnen die Interaktion zwischen Mensch und lernendem Roboterwerkzeug gestalten können. Im Vergleich zur herkömmlichen MRK wird insbesondere die neue Rolle von Führungskräften erkennbar.

Zusätzlich zu den veränderten Kompetenzbedarfen, werden vor allem quantitativ mehr Beschäftigte – Anwendende und Führungskräfte – über diese verfügen müssen. Die Autoren gehen davon aus, dass lernende Robotersysteme vermehrt an Arbeitsplätzen eingesetzt werden können als heutige MRK-Systeme. Ebenfalls bedarf es einer umfangreichen Qualifizierung der Datenschutz- und Sicherheitsbeauftragten im Unternehmen mit den für sie notwendigen Fachkompetenzen. Im Gegensatz zur gegenwärtigen MRK sollte bei der Anwendung lernender Robotersysteme die Validierung notwendiger Kompetenzen berücksichtigt werden. Ausschlaggebend hierfür ist, dass lernende Robotersysteme sukzessiv mehr Arbeitsschritte erlernen können und die Anwendenden dahingehend auf ihre individuellen Kompetenzanforderungen überprüft werden müssen. Gegebenenfalls benötigen diese zukünftig eine Weiterqualifizierung für neue Tätigkeiten, bei denen sie vermehrt ihre individuellen Stärken der Kreativität und Problemlösungskompetenz einsetzen können.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Durch die Kombination der Stärken des Menschen mit denen eines Roboters handelt es sich bei der MRK um ein zukunftsfähiges Interaktionskonzept im industriellen Produktionsumfeld. Mit leistungsfähiger KI wird sich die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter zukünftig weiter intensivieren, sowohl qualitativ an einzelnen Arbeitsplätzen als auch quantitativ in der Anzahl an MRK-Arbeitsplätzen. Kollaborierende Roboter werden zu lernfähigen Robotersystemen, die ihre Umgebung wahrnehmen können. Hierbei ist die Qualifizierung und Kompetenzentwicklung ein wesentlicher Erfolgsfaktor zur nachhaltigen und sicheren Einführung dieser innovativen MRK.

Zusätzlich zu interdisziplinär im Unternehmen verfügbaren Kompetenzen müssen sowohl Anwendende als auch Führungskräfte über notwendige Fach-, Sozial-, Selbst-, und Methodenkompetenzen verfügen. Im Vergleich zur gegenwärtigen MRK wird vor allem die stärkere Betrachtung von Sozial-, Selbst-, und Methodenkompetenzen erkennbar. Führungskräfte in ihrer Rolle als Begleiter des Veränderungsprozesses werden zudem intensiver betrachtet werden müssen. Es kommt dahingehend zu einer Kompetenzverschiebung, welche sowohl die Anwendenden als auch die Führungskräfte betreffen wird. Dies erfordert zukünftig weitergehende Forschungen und die Entwicklung von praktischen Handlungshilfen für Unternehmen, welche die sich ändernden Anforderungen an die Qualifizierung einbeziehen, um zukünftig Arbeitsumgebungen nachhaltig erfolgreich gestalten zu können.

6. Literatur

- 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.
- Dukino C, Friedrich M, Ganz W, Hämmerle M, Kötter F, Meiren T, Neuhüttler J, Renner T, Schuler S, Zaiser H (2020) Künstliche Intelligenz in der Unternehmenspraxis – Studie zu Auswirkungen auf Dienstleistung und Produktion. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- 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.
- Gualtieri L, Rauch E, Vidoni R (2021) Emerging research fields in safety and ergonomics in industrial collaborative robotics: A systematic literature review. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 67:1-30.
- Müller R, Franke J, Henrich D, Kuhlenkötter B, Raatz A, Verl A (2019) *Handbuch Mensch-Roboter-Kollaboration*. München: Carl Hanser Verlag.
- Offensive Mittelstand (2018) *Umsetzungshilfen Arbeit 4.0 Künstliche Intelligenz für die produktive und präventive Arbeitsgestaltung nutzen: Hintergrundwissen und Gestaltungsempfehlungen zur Einführung der 4.0-Technologien*. Heidelberg.
- Plattform Lernende Systeme (2019) *Arbeit, Qualifizierung und Mensch-Maschine-Interaktion Ansätze zur Gestaltung Künstlicher Intelligenz für die Arbeitswelt*. Whitepaper der AG Arbeit/Qualifikation, Mensch-Maschine-Interaktion. München.
- Plattform Lernende Systeme (2021) *Lernfähiges Roboterwerkzeug in der Montage*. Abgerufen am 23. November, 2021. https://www.plattform-lernende-systeme.de/publikationen-details/lernfaehiges-roboterwerkzeug-in-der-montage.html?file=files/Downloads/Anwendungsszenarien/TwoPager_Roboterwerkzeuge.pdf.
- Schüth NJ, Weber MA (2019) *Qualifizierung von Beschäftigten im Rahmen der Mensch-Roboter-Kollaboration*. In: GfA (Hrsg) *Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten*. Dortmund: GfA-Press, Beitrag B.9.3.
- Schüth NJ, Peifer Y, Weber MA (2021) *Entwicklungspotenziale der Künstlichen Intelligenz für die Mensch-Roboter-Kollaboration*. In: GfA (Hrsg) *Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten*. Bochum: GfA-Press, Beitrag B.5.13.
- Terstegen S, Lennings F, Suchy O, Schalter K, Suarsana D (2018) *Leistung & Entgelt Arbeits- und Betriebsorganisation kompakt - Künstliche Intelligenz in der Arbeitswelt der Zukunft – Ansichten und Standpunkte*. Bergisch Gladbach: Joh. Heider Verlag GmbH.
- Weber MA, Schüth NJ, Stowasser S (2018) *Qualifizierungsbedarfe für die Mensch-Roboter-Kollaboration*. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* (113):619-622.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Technologie und Bildung in hybriden Arbeitswelten

68. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und
Fabrikautomatisierung IFF, Magdeburg

02. – 04. März 2022

GfA-Press

Bericht zum 68. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 02. – 04. März 2022

**Otto-von Guericke-Universität Magdeburg;
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Sankt Augustin: GfA-Press, 2022
ISBN 978-3-936804-31-7

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Sankt Augustin**
Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast
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.

Geschäftsstelle der GfA

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003
Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de · www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de

Screen design und Umsetzung

© 2022 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de