

## **Greif zu - Wahrnehmung robotergestützter Objektübergaben durch User mit und ohne Sichtkontakt**

Dorothea LANGER<sup>1</sup>, Franziska LEGLER<sup>1</sup>, Sebastian KRUSCHE<sup>2</sup>,  
Mohamad BDIWI<sup>2</sup>, Angelika C. BULLINGER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement, TU Chemnitz  
Erfenschlager Straße 73, D-09125 Chemnitz*

<sup>2</sup> *Kognitive Mensch-Maschine-Systeme, Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen  
und Umformtechnik IWU, Reichenhainer Straße 88, D-09126 Chemnitz*

**Kurzfassung:** Robotische Assistenzsysteme setzen bei der Übergabe von Objekten Sichtkontakt der Person mit dem Objekt voraus. Barrierefreie Anwendungsszenarien erfordern jedoch auch Lösungen ohne Sichtkontakt. Die vorliegende Studie vergleicht wahrgenommene Einfachheit, Komfort und Sicherheit mit/ohne Sichtkontakt bei der Übergabe von Alltagsobjekten mit/ohne potenziellem Verletzungsrisiko. Ziel war die Überprüfung der entwickelten Greifstrategie pro Objekt bei sehenden (N = 9) sowie verblindeten (N = 6) Probanden. Alle Kriterien wurden positiv eingeschätzt, wobei die Bewertung sehender Probanden signifikant positiver war. In der Gesamtstichprobe reduzierten gefährliche Objekte das Komfortempfinden. Es werden Gestaltungsempfehlungen für die barrierefreie Objektübergabe durch Assistenzroboter ohne Sichtkontakt abgeleitet.

**Schlüsselwörter:** Assistenzrobotik, Mensch-Roboter-Kollaboration, Objektübergabe, User-Centered Design, Barrierefreiheit, Nutzerstudie

### **1. Motivation und Zielstellung**

Die Objektübergabe ist eine Basisfähigkeit robotischer Assistenzsysteme. Als Voraussetzung effektiver Interaktion gilt dabei aktives, koordinierendes Blickverhalten des Roboters (Cochet & Guidetti 2018). Für eine nahtlose Roboter-Mensch-Übergabe wird daher empfohlen, dass der Roboter während der Annäherung den Blickkontakt der Person prüft (Strabala et al. 2013). Technische Sensorkonzepte detektieren entsprechend die menschliche Blickzuwendung als Voraussetzung zum Start der Interaktion, um eine sichere Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) zu gewährleisten (z.B. Bdiwi 2014). Jedoch können Menschen mit Sehbehinderung keinen Sichtkontakt zum Roboter herstellen. Zudem kann im Produktionssektor durch die Arbeitshaltung Sichteinschränkung entstehen (z.B. Koene et al. 2014). Der nutzerzentrierte Entwicklungsprozess (DIN 2019) stellt sicher, dass Merkmale diverser Nutzergruppen bereits während der technischen Entwicklung assistierender Systeme adressiert werden.

Objektübergabe unter Sichteinschränkung ist noch wenig beforscht. Bei Objektübergaben von Mensch zu Mensch nutzen blinde Personen besondere Strategien: (1) Kommunikation der Art, Ausrichtung und Position des überreichten Objekts (2) Bewegung nur eines Interaktionspartners zu einem Zeitpunkt, (3) aktives Greifen nach dem Objekt durch die blinden Personen (Walde et al., 2019). Durch einen starken Fokus auf optische Sinneseindrücke sehender Personen kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass diese auch über derartige, alltägliche Strategien verfügen. Eine Studie von Koene et al. (2014) untersuchte mit sehenden Probanden

Szenarien aus dem Handwerkskontext, die unterschiedliche Körperhaltungen und teils fehlende Sicht auf den Roboter bedingen. Ohne Sichteinschränkung wurden mit zunehmender Geschwindigkeit der robotischen Übergabe Einfachheit, Zufriedenheit und Komfort höher eingeschätzt, erwartungskonform sank jedoch das Sicherheitsempfinden. Dieser Zusammenhang zeigte sich bei eingeschränkter Sicht nicht, was in einer eingeschränkten Wahrnehmung der Situation begründet sein kann.

Eine barrierefreie robotische Objektübergabe, die Strategien der Interaktion sehbehinderter Personen anwendet, könnte entsprechend auch die Wahrnehmung und damit allgemein die Interaktion unter Sichteinschränkung unterstützen. Des Weiteren schließen Koene et al. (2014) aus ihren Ergebnissen, dass subjektive Übergabequalität auch von anderen Faktoren als der Robotergeschwindigkeit abhängig sein kann. So könnte beispielsweise die Gefährlichkeit der überreichten Gegenstände ein Einflussfaktor sein, wenn ein Kontakt mit den entgegengereichten Objektflächen unabhängig von der Bewegungsgeschwindigkeit eine Verletzungsgefahr birgt, z.B. weil diese spitz, scharfkantig oder heiß sind. Es ist bekannt, dass Menschen bei robotischer Objektübergabe eine Orientierung des Objekts bevorzugen, die den erlernten menschlichen Konventionen entspricht (Cakmak et al. 2011). Beispielhaft geben diese Konventionen vor, dass eine Tasse waagrecht und mit dem Henkel voran gereicht wird. Auch bei gefährlichen Gegenständen existieren derartige Konventionen, z.B. werden gefährliche Flächen verdeckt und vom Anderen abgewandt überreicht. Dies wurde in bisherigen Studien zu robotischer Übergabe jedoch nicht explizit adressiert. Es ergibt sich die Frage, ob die übertragenen Greifstrategien für User mit und ohne Sichteinschränkung tatsächlich eine sichere und angenehme Objektübergabe ermöglichen.

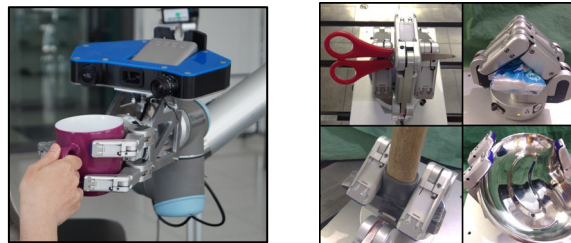
Im Rahmen einer iterativen Entwicklung eines Übergaberoboters nach dem nutzerzentrierten Entwicklungsprozess soll dafür unter Einbezug von Usern (1) objektiv beobachtet werden, welche Flächen die User bei der Übergabe bei Anwendung der entwickelten Greifstrategien berühren und (2) das subjektive Erleben der robotischen Übergabe von User mit und ohne Sichteinschränkung zu Sicherheit, Einfachheit und Komfort als Erfolgsfaktoren untersucht werden.

## **2. Vorgehen**

### **2.1 Roboter-Prototyp**

Für die Objektübergabe wurde ein kollaborativer Roboter vom Typ UR10 der Marke Universal Robots (Universal Robots 2016) verwendet, welcher auf einer mobilen FTS-Plattform installiert ist, wobei letztere stationär blieb. Am Endeffektor des Roboters war eine flexible Dreifingerhand vom Typ BH8-280 der Marke BarretHand befestigt, welche es ermöglicht, Objekte unterschiedlichster Form und Beschaffenheit taktil zu ertasten und feinfühlig zu greifen. Durch die unterschiedliche Ausrichtung der einzelnen Finger per Steuerbefehl ist es möglich den Griff der Hand entsprechend der Objektgröße und -form anzupassen. In Vorversuchen wurde getestet, wie ein kraftschlüssiger und stabiler Griff der einzelnen Objekte gewährleistet werden kann (Abbildung 1). Bei der Wahl der Greifflächen der Roboterhand wurde beachtet, dass gefährliche Flächen, wie z.B. die Schneide des Messers oder die Spitze der Schere, von der BarretHand verdeckt wurden. Dies führte dazu, dass einige Objekte, wie Schere oder Schraubendreher, nur an sehr schmalen Greifflächen greifbar waren. Für die Bewertung der Stabilität des Griffs wurde die Zugfestigkeit des jeweils gegriffenen

Objekts im Greifer gemessen. Dabei konnte festgestellt werden, dass Objekte mit feinen dünnen Konturen, wie Schere und Messer, schlecht in der Hand fixierbar und daher instabil während der Übergabe sind. Ebenfalls schwierig sind formveränderliche Objekte, da diese beim Schließen des Greifers keinen Widerstand bieten. Objekte mit parallelen Flächen in entsprechendem Abstand oder zylindrischer Form ermöglichen dagegen einen besonders stabilen Griff.



**Abbildung 1:** A) Bild des Roboterprototypen bei Übergabe einer Tasse und B) Visualisierung weiterer im Versuch angewendeter Greifstrategien prototypisch für verschiedene Objekte.

## 2.2 Studiendesign, Messinstrumente und Versuchsablauf

Die experimentelle Studie folgte einem Mixed-Subject Design. Nach zufälliger Zuteilung zu den Gruppen ‚sehend‘ und ‚verblindet‘ (between) wurden jedem Probanden vom Roboter 10 Objekte randomisiert übergeben (within): 1) Schere, 2) Messer, 3) Teppichmesser, 4) Taschentuchpackung, 5) Hammer, 6) Nierenschale, 7) Tasse, 8) Zange, 9) Schraubendreher und 10) Schraubenschlüssel.

Nach einer Einwilligungs- und Datenschutzerklärung folgte eine demographische Vorbefragung mit personenbezogenen Daten zu Alter, Sehfähigkeit, Händigkeit, sowie einer Messung der Armlänge. Die Gruppe ‚verblindet‘ erhielt eine Schlafbrille und wurden verblindet in den Versuchsraum geführt. Der Versuch wurde aus drei Perspektiven auf Video aufgezeichnet. Die Probanden saßen auf einem Hocker in einem ihrer Armlänge entsprechenden Abstand zum Roboter, um eine standardisierte Entfernung zur Übergabeposition zu ermöglichen. Der Roboter kündigte jedes Objekt verbal an. Nach Erreichen der festen Übergabeposition bewegte sich der Roboter nicht mehr und Probanden konnten aktiv danach greifen. Der Versuchsleiter instruierte die Probanden zur Entnahme des Objekts aus der Roboterhand den Befehl „Öffnen“ zu geben. Jeder der 10 Objektübergaben durch den Roboter folgte je ein verbales Rating der subjektiven Wahrnehmung anhand von drei Items, die bereits von Koene et al. (2014) eingesetzt wurden: „Es war einfach das Objekt entgegenzunehmen“ (Einfachheit), „Die Interaktion war angenehm“ (Komfort) und „Ich fühlte mich sicher während der Interaktion“ (Sicherheit). Die Bewertung erfolgte auf einer Skala von 1 (starke Ablehnung) bis 10 (starke Zustimmung). Der technische Versuchsleiter steuerte die Ankündigung der Objekte sowie die Sprachverarbeitung des „Öffnen“-Befehls als Wizard-of-Oz. Alle Probanden erhielten eine Aufwandsentschädigung.

## 2.3 Stichprobe und Datenanalyse

Am Versuch nahmen 9 sehende sowie 6 verblindete Probanden teil, beide Gruppen wiesen ein mittleres Alter von 24 Jahren ( $SD = 3.65$ ) auf. Innerhalb der Gruppe ‚sehend‘ benötigten zwei Personen eine Sehhilfe. 14 Personen waren Rechtshänder.











Die 10 Objekte wurden einzeln ausgewertet sowie expertenbasiert anhand ihrer potentiellen Gefährlichkeit den Gruppen ‚gefährlich‘ (1-3), ‚ungefährlich‘ (4-6) und

‚neutral‘ (7-10) zugeordnet. Als ‚gefährlich‘ wurden Objekte eingestuft, von denen unabhängig von der Robotergeschwindigkeit eine Verletzungsgefahr (z.B. durch eine Schnittbewegung) ausgeht, als ‚neutral‘ Objekte, bei denen nur unter bestimmten Umständen eine Verletzungsgefahr besteht (z.B. Tasse mit heißem Inhalt). Die Greifflächen der Probanden wurden mithilfe der Videodaten in der Kodier-Software ELAN (2019) kodiert und analysiert. Dazu wurde jede mögliche Greiffläche segmentiert und nach Gefahrenpotential eingestuft. Die Datenauswertung erfolgte mit der Statistik-Software R (R Core Team 2019). Aufgrund geringer Stichprobengröße wurden nonparametrische Verfahren angewendet sowie ein Randomisierungstest mit  $k = 1000$  zufälligen Ziehungen und  $\alpha = .05$  für einen between-Vergleich implementiert.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Objektiv verwendete Greifflächen bei Objektübergaben

Für jedes Objekt wurde ausgewertet, welche Greiffläche durch den Roboter genutzt wurde, sowie die Häufigkeit mit der die Probanden die Greifflächen bei der Objektübernahme verwendeten und deren Gefährlichkeit eingestuft. Abbildung 2 zeigt den objektiven Erfolg der Objektübergaben. Lediglich zwei Objektübergaben in der Gruppe ‚sehend‘ mussten durch Verwendung potentiell gefährlicher Flächen (Boden und Mantelfläche der Tasse) als nicht erfolgreich eingestuft werden.

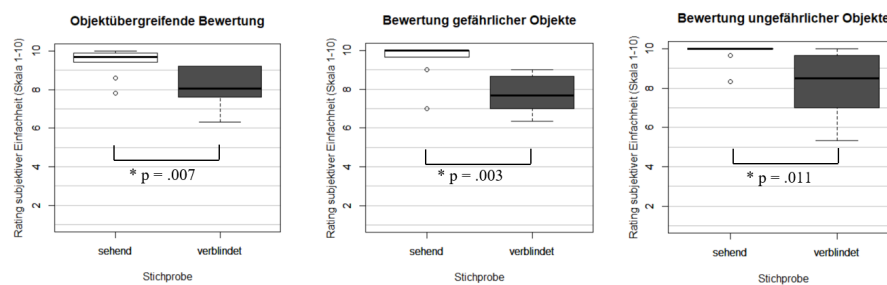
Objekt	Mittelwerte Einfachheit/Komfort/Sicherheit	Erfolg der Übergabe (keine gefährlichen Greifflächen)	verwendete Greifflächen (Roboter links, Proband rechts)
1 Schere	Sehend: 9,11 / 9,33 / 9,89 Verblindet: 7,83 / 7,67 / 6,83	100%	
2 Messer	Sehend: 9,56 / 9,33 / 9,89 Verblindet: 8,33 / 8,17 / 8,00	100%	
3 Teppichmesser	Sehend: 9,89 / 9,44 / 9,78 Verblindet: 7,00 / 7,83 / 7,83	100%	
4 Taschentücher	Sehend: 9,89 / 9,89 / 10,00 Verblindet: 8,67 / 9,00 / 9,17	100%	
5 Hammer	Sehend: 9,67 / 9,56 / 9,67 Verblindet: 8,33 / 8,67 / 8,83	100%	
6 Nierenschale	Sehend: 9,78 / 9,56 / 9,67 Verblindet: 7,50 / 8,00 / 7,67	100%	
7 Tasse	Sehend: 9,00 / 9,33 / 9,33 Verblindet: 7,50 / 8,17 / 7,00	Sehend: 77% Verblindet: 100%	
8 Zange	Sehend: 9,56 / 9,33 / 9,89 Verblindet: 8,33 / 8,67 / 8,83	100%	
9 Schraubendreher	Sehend: 9,33 / 9,44 / 9,44 Verblindet: 8,83 / 9,50 / 9,00	100%	
10 Schraubenschlüssel	Sehend: 8,67 / 8,78 / 9,00 Verblindet: 8,33 / 8,50 / 8,50	100%	

**Abbildung 2:** Subjektive Bewertung sowie objektiver Übergabeerfolg abhängig vom Objekt: Greiffläche Roboter (dunkelgrau), verwendete ungefährliche (grün) und verwendete gefährliche Greifflächen (rot). Farbsättigung steigend mit Häufigkeit der Verwendung.

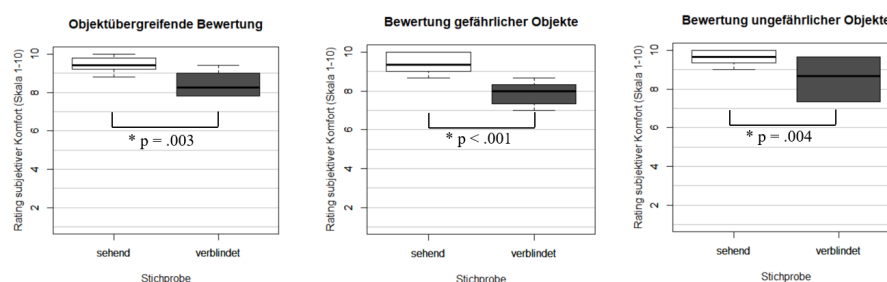
#### 3.2 Subjektive Bewertung der Objektübergaben

Die Mittelwerte der abhängigen Variablen für alle 10 Objekte sind in Abbildung 2 getrennt für die Gruppen ‚sehend‘ und ‚verblindet‘ aufgeführt. Sie lagen alle weit oberhalb der theoretischen Skalenmitte. Sehende Probanden vergaben die geringsten Ratings beim Schraubenschlüssel, verblindete dagegen beim Teppichmesser.

Die Ratings der subjektiven Einfachheit (Abbildung 3) und Sicherheit (Abbildung 4) sind objektübergreifend, sowie getrennt nach gefährlichen und ungefährlichen Objekten dargestellt. Auch sind die Ergebnisse der Randomisierungstests abgebildet. Die Werte für subjektiven Komfort zeigten äquivalente Verteilungen. Die Gruppen unterschieden sich hinsichtlich aller Kriterien signifikant, sowohl objektübergreifend als auch getrennt für gefährliche und ungefährliche Objekte. Die Mittelwertsunterschiede zeigten eine Range von  $M_{diff} = 0.99$  bis  $M_{diff} = 2.30$  auf einer einheitlichen Skala von 1 bis 10, wobei verblindete Probanden konsistent geringere Werte aufwiesen.



**Abbildung 3:** Stichprobenvergleich des Ratings subjektiver Einfachheit. *p*-Werte zeigen Ergebnisse des Randomisierungstests.



**Abbildung 4:** Stichprobenvergleich des Ratings subjektiver Sicherheit. *p*-Werte zeigen Ergebnisse des Randomisierungstests.

Gruppenübergreifend führten gefährliche (G) im Vergleich zu ungefährlichen (UG) Objekten lediglich zu signifikant geringeren Ratings des Komfortempfindens ( $M_G = 8.80$ ,  $M_{UG} = 9.13$ ,  $V = 3.5$ ,  $p = 0.03$ ), nicht jedoch bei Ratings der Einfachheit und des Sicherheitsempfindens. In Abbildung 2 und 4 ist ebenfalls erkennbar, dass die Unterschiede zwischen gefährlichen und ungefährlichen Objekten in allen Kriterien bei verblindeten Probanden größer waren als bei sehenden Probanden.

## 4. Diskussion

Die vorliegende Studie hatte die Überprüfung objektspezifischer Greifstrategien hinsichtlich des objektiven Erfolgs sowie der subjektiven Bewertung von Objektübergaben mit und ohne Sichteinschränkung zum Ziel. Die Greifstrategien sowie die Gestaltung der Objektübergaben wurden dabei auf Grundlage literaturbasierter Empfehlungen entwickelt (Walde et al. 2019; Cakmak et al. 2011). Die angewandte Übergabestrategie führte in fast allen Fällen zu einer erfolgreichen, sicheren, komfortablen und einfachen Übergabe und stützt damit die Anwendung mit dem Ziel einer sicheren und angenehmen Objektübergabe.

Lediglich bei der Übergabe der Tasse wurden gelegentlich auch potenziell heiße Flächen berührt. Daher sollte im Fall einer heißen Tasse vor der Übergabe eine

zusätzliche Warnung erfolgen. In jedem Fall als gefährlich einzustufende Objekte konnten dagegen stets objektiv sicher übergeben werden. Dies bestärkt die Empfehlung, dass sich Ausrichtung und Griffposition der Objekte an erlernten menschlichen Konventionen orientieren sollte (Cakmak et. al 2011) und erweitert diese auf gefährliche Objekte. Bei diesen sollten gefährliche Flächen durch die Roboterhand verdeckt und von der Person abgewandt ausgerichtet werden.

Jedoch empfanden die Probanden bei Übergaben gefährlicher Objekte einen geringeren Komfort, wenn auch kein signifikant geringeres Sicherheitsgefühl. Zudem zeigt die in der verblindeten Gruppe konsistent geringere Bewertung aller Kriterien eine gewisse Verunsicherung. Aufgabe zukünftiger Forschung sollte es sein, Faktoren zu deren Reduzierung zu finden. Ferner schränkt die pandemiebedingt begrenzte Stichprobengröße die Aussagekraft der Studie ein. Weitere Studien sollten daher die entwickelten Übergabestrategien für Assistenzrobotik untersuchen und zudem die Grundannahme prüfen, dass die Anwendung von Übergabestrategien sehbehinderter Personen in MRK auch von diesen als sicher und angenehm wahrgenommen wird.

Dennoch wurde mit der Demonstration einer erfolgreichen Interaktionsstrategie für die robotergestützte Übergabe gefährlicher Gegenstände unter Sichteinschränkung ein wertvoller Beitrag zur Entwicklung barrierefreier und übergreifend anwendbarer Assistenzrobotik geleistet.

## 5. Literatur

- Barret Technology (o.J.) BarrettHand™ Typ BH8-280. Abgerufen am 08. Dezember, 2021. <https://advanced.barrett.com/barrethand>
- Bdiwi M (2014) Integrated sensors system for human safety during cooperating with industrial robots for handing-over and assembling tasks. *Procedia CIRP* 23:65-70.
- Cochet H, Guidetti M (2018) Contribution of Developmental Psychology to the Study of Social Interactions: Some Factors in Play, Joint Attention and Joint Action and Implications for Robotics. *Frontiers in Psychology*, 9:1992.
- DIN e.V., Deutsches Institut für Normung (2019) DIN EN ISO 9241-210 Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 210: Menschzentrierte Gestaltung interaktiver Systeme. Berlin: Beuth.
- ELAN (Version 5.8) [Computer software] (2019) Nijmegen: Max Planck Institute for Psycholinguistics. Retrieved from <https://tla.mpi.nl/tools/tla-tools/elan/>
- Koene A, Remazeilles A, Prada M, Garzo A, Puerto M, Endo S, Wing A (2014) Relative importance of spatial and temporal precision for user satisfaction in Human-Robot object handover Interactions. In: Society for the Study of Artificial Intelligence and the Simulation of Behaviour (Ed) AISB 2014 - 50th Annual Convention of the AISB. London.
- R Core Team (2019) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Strabala K, Lee MK, Dragan A, Forlizzi J, Srinivasa SS, Cakmak M, Micelli V (2013) Toward seamless human-robot handovers. *Journal of Human-Robot Interaction* 2:112-132.
- Universal Robots (2016) Die Zukunft ist kollaborierend. Abgerufen am 08. Dezember, 2021. <https://www.universal-robots.com/de/download-center/#/cb-series/ur10>
- Walde P, Langer D, Legler F, Goy A, Dittrich F, Bullinger AC (2019) Interaction Strategies for Handing Over Objects to Blind People. [Poster presentation]. Human Factors and Ergonomics Society (HFES) Europe Chapter Annual Meeting. Nantes, France.

**Danksagung:** Diese Forschungsarbeit wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützt (Projekt: MIRobO, 16SV7969K). Der Geldgeber hatte keinen Einfluss auf das Studiendesign, die Erhebung, Analyse und Interpretation der Daten, auf das Verfassen oder Einreichen des Berichts. Wir danken Daniel Wimpff von der SIKOM GmbH für die Erstellung des Wizard-of-Oz Sprachdialogs und den Gutachtern für ihre konstruktive Arbeit.



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](mailto:info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de) · [www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](http://www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de)

### **Screen design und Umsetzung**

© 2022 fröse multimedia, Frank Fröse

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