

Entwicklung eines Erprobungskonzeptes für den Einsatz von Telepräsenzrobotern

Julia BIRKE, Francisco HERNANDEZ, Marc SCHWARZKOPF,
Susann ZEINER-FINK, Angelika C. BULLINGER

*Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement, TU Chemnitz,
Erfenschlager Straße 73, D-09125 Chemnitz*

Kurzfassung: Die steigende Tendenz zum ortsunabhängigen Arbeiten erfordert technische Lösungen zur Umsetzung dieser. Telepräsenzroboter bieten die Möglichkeit zur interaktiven Kommunikation auf Distanz und werden zunehmend in verschiedenen Use Cases verwendet. Um die Erforschung neuer Anwendungsbereiche zu unterstützen, bedarf es einer einheitlichen Vorgehensweise zur Implementierung von Telepräsenzrobotern. Zur Entwicklung eines solchen Erprobungskonzeptes wurde ein iterativer Feedbackprozess zwischen Wissenschaft und Praxis genutzt. Konzeptbestandteile sind sowohl eine Eignungsfeststellung, die Unternehmen als Entscheidungshilfe hinsichtlich eines geplanten Einsatzes dienen kann, als auch eine einheitliche Evaluation, die die Vergleichbarkeit verschiedener Use Cases ermöglicht.

Schlüsselwörter: Telepräsenzroboter, Vorgehensmodell, Hybrides Arbeiten, Interaktive Kommunikation

1. Einleitung

Die digitale Transformation bedingt weitläufige Veränderungen in der Lebens- und Arbeitswelt. Dabei werden neue Möglichkeiten wie ortsunabhängiges Arbeiten geschaffen und mit steigender Tendenz von Arbeitnehmenden genutzt. Im Jahr 2018 arbeiteten 12 % der Erwerbstätigen in Deutschland zumindest gelegentlich im Homeoffice, während im Jahr 2021, verstärkt durch die Regelungen der COVID-19 Pandemie, 25 % diese Möglichkeit nutzten (Destatis 2023). Daraus ergibt sich u.a. ein hohes Nachhaltigkeitspotenzial, denn tägliches Pendeln generiert ca. 25 % der CO₂-Emissionen in Europa (Giménez-Nadal et al. 2022).

Die (teilweise) Arbeit im Homeoffice bedingt jedoch auf sozialer Ebene die Einschränkung der physischen Kontakte im Arbeitsumfeld. Durch die fehlende physische Anwesenheit am Arbeitsort kann demnach eine mangelnde Erfüllung des Grundbedürfnisses nach Nähe und Verbundenheit zu und mit anderen Menschen entstehen (Berend & Brohm-Badry 2020).

Eine Möglichkeit zum Erreichen ortsunabhängiger Vernetzung durch ein gesteigertes Präsenzepfinden ist Telepräsenz (Cain et al. 2016). Der Einsatz eines Telepräsenzroboters (TPR) bietet dabei einen audiovisuellen Kanal zur Kommunikation, wobei sich der Nutzende an einem anderen Ort aufhält als der TPR und per Internetzugriff den Roboter steuert. Die mobile Basis des Roboters schafft eine physische Verkörperung, durch welche sich der Remote-Nutzende autonom fortbewegen kann (Khojasteh et al. 2019). Ein TPR ist demnach eine Kommunikationstechnologie mit

ferngesteuerten Bewegungsmöglichkeiten, bei dem der Fahrende sich unabhängig bewegen und mit Personen an einem anderen Ort multimodal interagieren kann, was den TPR von anderen Videokonferenzsystemen abhebt. Die Nutzung bietet entscheidende Vorteile, wie die Einsparung von Reisezeit und -kosten (ökonomische Ebene), die daraus resultierende Entlastung der Umwelt (ökologische Ebene) sowie die Ermöglichung der Teilhabe an beruflichen und privaten Aktivitäten trotz räumlicher Distanz (soziale Ebene) (Beno 2018).

Zu den Beteiligten eines solchen TPR-Szenarios zählen neben dem TPR-Fahrenden die Interaktionspartner und ein Host (siehe Abbildung 1). Der Host begleitet den Fahrenden vor Ort und fungiert als dessen Bezugsperson (Zhang et al. 2019). Obwohl er ebenfalls zur Beteiligtegruppe der Interaktionspartner zählt, erscheint eine separate Betrachtung aufgrund seiner besonderen Verantwortung für die Umsetzung des TPR-Einsatzes (technische Aufsicht für Ladestand, Bewegungsfreiheit etc.) lohnenswert.

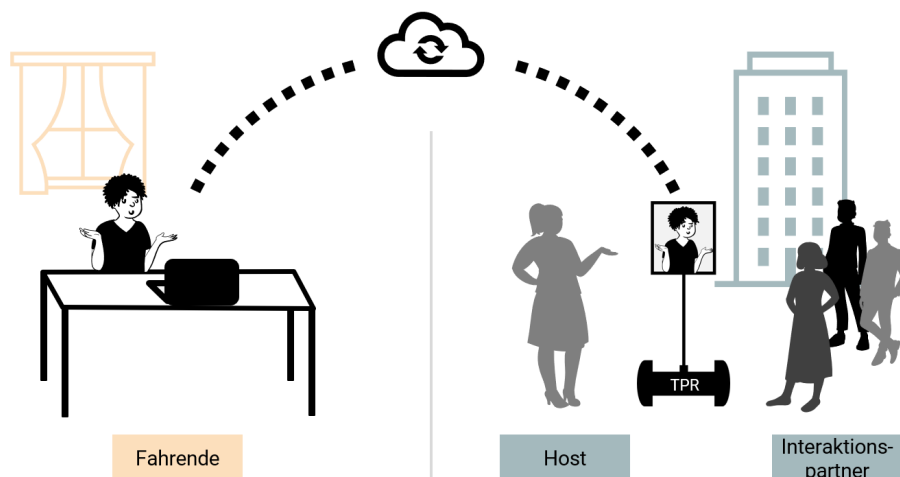


Abbildung 1: Nutzergruppen eines TPR-Einsatzes, Quelle: eigene Darstellung

Die Anzahl der Anwendungskontexte für Telepräsenzroboter steigt stetig und umfasst unter anderem die Bereiche Mobilität im Büro (Tsui et al. 2012), Gesundheitswesen (Fiorini et al. 2022), Lehre (Perifano et al. 2022) und Industrie (Hernandez et al. 2021). Um die Erforschung neuer Anwendungsbereiche zu unterstützen, bedarf es einer Systematisierung der Evaluationsmethoden für die Interaktion mittels TPR (Kristoffersson et al. 2013a). Dabei gilt es zu beachten, dass sie die Interaktion zwischen Mensch und Mensch, Mensch-Roboter-Interaktion und Mensch-Computer-Interaktion umfassen (Kristoffersson et al. 2013b). Außerdem kann der Mehrwert je nach Nutzergruppe unterschiedlich wahrgenommen werden, weshalb eine differenzierte Betrachtung notwendig ist (Kristoffersson et al. 2013a). Bisher durchgeführte Studien fokussieren meist den TPR-Fahrenden, weshalb eine Untersuchung der zwischenmenschlichen Beziehungen und die Wahrnehmung des TPR durch die Interaktionspartner vor Ort von hohem Interesse sind (Tsui et al. 2011). Des Weiteren fanden bestehende Studien zumeist in künstlich geschaffenen oder nachgestellten Umgebungen statt, wodurch die ökologische Validität eingeschränkt sein könnte (Wolff & Möller 2021).

Aus diesen Gründen eröffnet sich die Notwendigkeit für eine systematisierte Vorgehensweise für den Feldeinsatz von Telepräsenzrobotern. Ziel des nachfolgend

vorgestellten Erprobungskonzept ist es daher, eine einheitliche Vorgehensweise zu entwickeln, mithilfe derer die Implementierung eines TPR in neuen Anwendungsfällen erforscht werden kann.

2. Methodische Vorgehensweise zur Konzeptentwicklung

Die Entwicklung des Erprobungskonzeptes erfolgte in einem iterativen Feedbackprozess zwischen Vertretern aus Wissenschaft (n=5) und Praxis (n=3) (siehe Abbildung 2).

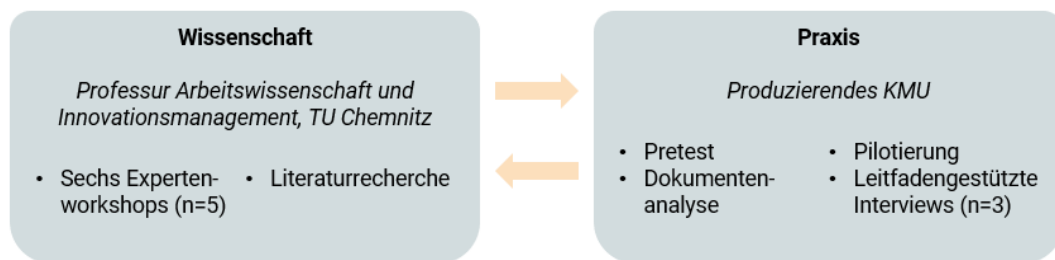


Abbildung 2: Vorgehensweise zur Konzeptentwicklung, Quelle: eigene Darstellung

In sechs Expertenworkshops wurden unter Einbezug der Ergebnisse einer Literaturrecherche zur aktuellen Wissensbasis über Einsatz und Evaluation von TPR erste Anforderungen an das Konzept erhoben. Auf Grundlage des User-Experience-Lifecycle nach Pohlmeier et al. (2009) entstand anschließend ein erster Entwurf des Konzeptes. Zur Überprüfung des Konzeptentwurfs wurde ein Pretest in einem produzierenden KMU durchgeführt, der zu einer Ergänzung von praktisch relevanten Inhalten mittels Dokumentenanalyse führte. Schließlich wurde eine Pilotierung zur praktischen Validierung des Erprobungskonzeptes in selbigem KMU realisiert, bei welcher der TPR im Use Case einer Unternehmensführung erprobt wurde. In leitfadengestützten Interviews mit den Praxisvertretern (n=3) wurde die Vorgehensweise evaluiert und die Inhalte des Erprobungskonzeptes in Abstimmung mit den Wissenschaftsvertretern in einer weiteren Überarbeitung präzisiert, um durch die erhöhte Effizienz die Machbarkeit der Erprobung sicherzustellen.

3. Vorstellung des Erprobungskonzeptes

Das im Ergebnis vorliegende Konzept präsentiert eine Vorgehensweise zur Implementierung von Telepräsenzrobotern in ausgewählten Use Cases. Die primäre Zielsetzung der Konzeptionierung ist es, die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft (Forschungspartner) und Praxis (Anwendungspartner) durch ein systematisiertes Vorgehen zukünftig zu vereinfachen. Die einzelnen Module (u.a. Fragebögen und Interviewleitfäden) sind vorformuliert, können aber bei Bedarf um weitere Forschungsinteressen erweitert und auf einzelne Use Cases und deren spezifische Ziele angepasst werden. Sollten mehrere Use Cases bei einem Anwendungspartner für den Einsatz von TPR infrage kommen, wird das Erprobungskonzept auf jeden dieser Use Cases angewendet. Dabei werden Vorbereitung, Durchführung und Bewertung der

Erprobung pro Use Case beachtet, wodurch eine nachhaltige Anwendung sichergestellt wird. Durch die Adressierung aller drei Nutzergruppen (Fahrender, Host und Interaktionspartner) finden außerdem unterschiedliche Perspektiven Berücksichtigung.

Das TPR-Erprobungskonzept gliedert sich in drei Phasen (siehe Abbildung 3).

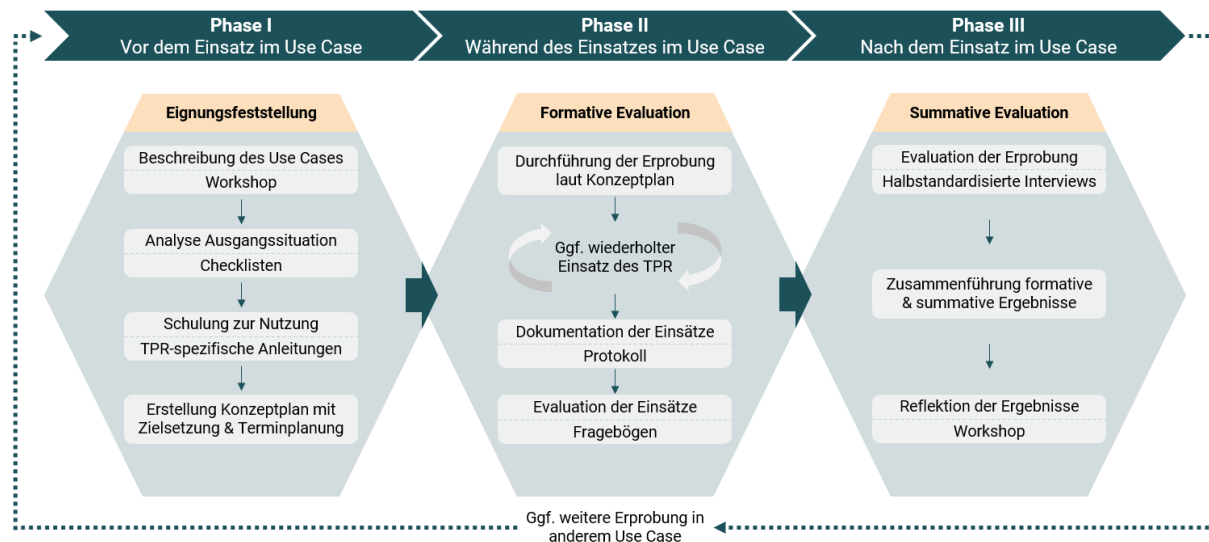


Abbildung 3: TPR-Erprobungskonzept, Quelle: eigene Darstellung

Die *erste Phase* findet zeitlich betrachtet vor der Erprobung statt und befasst sich inhaltlich mit der Frage, inwiefern der Use Case für den Einsatz eines TPR geeignet ist. Zu Beginn der Vorbereitungen wird hierfür der angedachte Anwendungsfall im Rahmen eines Workshops mit dem Anwendungspartner bestimmt und detailliert beschrieben. Im weiteren Verlauf werden Online-Checklisten jeweils vom Host und Fahrenden ausgefüllt, um die Ausgangssituation vor Ort und remote einzuschätzen. Dabei liegt der Fokus auf der Überprüfung der TPR-seitigen Anforderungen, wie beispielsweise Internetverbindung, verfügbare Hard- und Software und barrierearme Umgebung am Einsatzort. Des Weiteren wird eine Sensibilisierung für das Thema Datenschutz erzielt, indem auf die Kameranutzung des TPR und eventuelle sensible Informationen hingewiesen wird. Ebenfalls wird die Vorerfahrung der Akteure mit Telepräsenzrobotern sowie deren Einstellung (NARS) und technische Affinität (ATI) erfragt. Darüber hinaus werden Fragen zur Beschreibung und Zielsetzung des Einsatzes gestellt, um die Meinung der verschiedenen Akteure vor der Erprobung aufzunehmen und mit den späteren Erhebungen in Phase I und II vergleichen zu können. Während der Eignungsfeststellung können Machbarkeitsprobleme auftreten - beispielsweise, wenn die Infrastruktur am Einsatzort keine stabile Internetverbindung ermöglicht. Durch den konstanten Dialog zwischen Forschungs- und Anwendungspartner wird ein lösungsorientiertes Vorgehen ermöglicht. Dabei kann es sowohl zu einer Anpassung bzw. Verwerfung des Use Cases als auch zu einer den Checklisten nachgeordneten Erfüllung der Anforderungen, beispielsweise durch das zur Verfügung stellen eines mobilen Hotspots, kommen. Wird der Use Case als für einen TPR-Einsatz geeignet eingestuft, erfolgt die Schulung der Anwendungspartner in der Handhabung des TPR, sodass Einsätze auch ohne die Anwesenheit des Forschungspartners durchgeführt werden können. Auf verschiedene TPR-Modelle angepasste Anleitungen unterstützen dabei die nachhaltige Wissensvermittlung. Das Ende der Vorbereitung

bildet die Erstellung eines Konzeptplans, welcher die Zielsetzung sowie die Terminplanung der Erprobung beinhaltet.

In der *zweiten Phase* findet die Durchführung der Erprobung mit einem oder mit wiederholten TPR-Einsätzen statt. Jeder Einsatz wird durch ein Protokoll dokumentiert, in welchem Auffälligkeiten zur Bedienung, Umsetzung des Use Cases, Technik, Interaktion und zum Stimmungsbild der beteiligten Akteure festgehalten werden. Im Anschluss an jeden Einsatz erfolgt im Rahmen der formativen Evaluation eine Erhebung mittels Online-Fragebögen, die alle drei Nutzergruppen berücksichtigen. Von Interesse sind hierbei Daten zur Zielüberprüfung, Umsetzung des Einsatzes (wie beispielsweise Personenanzahl und TPR-Modell), technische Funktionen des TPR, Gebrauchstauglichkeit (SUS), Benutzerzufriedenheit (UEQ), Kommunikationszufriedenheit und zur sozialen Präsenz (NMM).

In der *dritten Phase* wird die Erprobung, also die Gesamtheit der Einsätze, mittels halbstandardisierter Interviews mit den Beteiligten ausgewertet. Dabei werden deren Erfahrungen vor, während und nach der Erprobung und die subjektive Einschätzung zur Eignung des TPR für den Use Case aus Perspektive des Fahrers, des Hosts und der Interaktionspartner erhoben. Die Zusammenführung der erhobenen Daten aus allen drei Phasen und aus verschiedenen Perspektiven ermöglicht schließlich die Bewertung der TPR-Erprobung im Use Case. Die Ergebnisse werden mit dem Anwendungspartner reflektiert und können zur Verbesserung der Checklisten in Phase I beitragen, in dem die Eignungsfeststellung durch weitere während der Erprobung identifizierte Anforderungen ergänzt wird.

4. Ausblick

Durch die durchgeführte Pilotierung konnte die Wirksamkeit des Konzeptes bestätigt werden. Die entwickelte systematische Vorgehensweise fördert durch transparente Checklisten zur Eignungsfeststellung die potenzielle Nutzung von Telepräsenzrobotern in Unternehmen und vereinheitlicht darüber hinaus die Evaluation der Erprobung in verschiedenen Anwendungsfällen.

Durch die systematische Untersuchung der Use Cases wird die Vergleichbarkeit der erhobenen Daten ermöglicht. Der strukturierte Aufbau des Konzeptes intendiert dabei weiterführende Untersuchungen, wie beispielsweise einen Vergleich verschiedener TPR-Modelle, verschiedener Use Cases oder hinsichtlich der unterschiedlichen Erfahrungen der Nutzergruppen. Um den über die Pilotierung hinausführenden Evaluationsbedarf des Erprobungskonzeptes zu decken, sind Fokusgruppen mit Experten sowie eine Prüfung auf Robustheit durch die Anwendung und Evaluation des Erprobungskonzeptes in verschiedenen Szenarien angedacht. Des Weiteren gilt es ebenfalls, die Generalisierbarkeit auf andere Use Cases und Anwendungspartner zukünftig durch weitere Erprobungen zu erforschen. Eine Weiterentwicklung des Konzeptes auf Grundlage zukünftig generierter Ergebnisse ist angedacht und wird die Erstellung eines Anforderungskataloges (Muss- und Sollkriterien für verschiedene TPR-Modelle) umfassen.

Für Unternehmen ergibt sich durch die Anwendung des Erprobungskonzeptes die Möglichkeit, ihren potenziellen Anwendungsfall auf die Eignung eines TPR-Einsatzes hin zu prüfen und ggf. anzupassen, bevor sie eine längerfristige Nutzung planen. Die transparente Präsentation der Vorgehensweise soll dabei die Hemmschwelle zur

erstmaligen Nutzung von Telepräsenzrobotern senken und so die Erschließung der durch Telepräsenz ermöglichten ökonomischen, ökologischen und sozialen Vorteile zugänglich machen. Bei erfolgreicher Erprobung ist eine Verstetigung im Sinne einer nachhaltigen und langfristigen TPR-Nutzung zielführend.

5. Literatur

- Beno M (2018) Work flexibility, telepresence in the office for remote workers: A case study from Austria. In: International Conference on Multi-disciplinary Trends in Artificial Intelligence. Chambridge: Springer, 19–31.
- Berend B, Brohm-Badry M (2020) New Work: Souveränität im postdigitalen Zeitalter. Wiesbaden: Springer.
- Cain W, Bell J, Cheng C (2016) Implementing Robotic Telepresence in a Synchronous Hybrid Course. In: 2016 IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT). IEEE, 171–175.
- Destatis, Statistisches Bundesamt (2023) Zahl der Woche Nr. 24 vom 14. Juni 2022. Abgerufen am 15.01.2023. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2022/PD22_24_p002.html.
- Fiorini L, Sorrentino A, Pistolesi M, Becchimanzi C, Tosi F, Cavallo F (2022) Living with a telepresence robot: results from a field-trial. IEEE Robotics and Automation Letters 7: 5405–5412.
- Giménez-Nadal JI, Molina JA, Velilla J (2022) Trends in commuting time of European workers: A cross-country analysis. Transport Policy 116: 327–342.
- Hernandez F, Löffler T, Schleicher T, Bullinger AC (2021) Eignung eines Telepräsenz-Roboters für die Remote-Instandhaltung. In: Biedermann H (Hrsg.) Instandhaltung als Erfolgsfaktor: Strategie, Lebenszyklusorientierung und Digitalisierung. TÜV Media GmbH TÜV Rheinland Group, 231–242.
- Khojasteh N, Liu C, Fussell SR (2019) Understanding Undergraduate Students' Experiences of Telepresence Robots on Campus. In: Gilbert E, Karahalios K (Hrsg.) Conference Companion Publication of the 2019 on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing. ACM, 241–246.
- Kristoffersson A, Coradeschi S, Loutfi A (2013a) A review of mobile robotic telepresence. Advances in Human-Computer Interaction.
- Kristoffersson A, Severinson Eklundh K, Loutfi A (2013b) Measuring the Quality of Interaction in Mobile Robotic Telepresence: A Pilot's Perspective. International Journal of Social Robotics 5: 89–101.
- Perifanou M, Häfner P, Economides, AA (2022) Users' experiences and perceptions about telepresence robots in education. In: Proceedings of EDULEARN 2022, 14th International Conference on Education and New Learning Technologies. Palma de Mallorca: IATED, 9870–9879.
- Pohlmeyer AE, Hecht M, Blessing L (2009) User Experience Lifecycle Model ContinUE [Continuous User Experience]. Der Mensch im Mittep. techn. Syst. Fortschr.-Berichte VDI Reihe 22: 314–317.
- Tsui KM, Desai M, Yanco HA, Uhlik C (2011) Exploring use cases for telepresence robots. In 2011 6th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. IEEE, 11–18.
- Tsui KM, Desai M, Yanco HA (2012) Towards measuring the quality of interaction: communication through telepresence robots. In: Proceedings of the workshop on performance metrics for intelligent systems. 101–108.
- Wolff F, Möller J (2021) Telepräsenzroboter in der Hochschullehre: Befunde einer Längsschnittstudie sprechen für hohe Akzeptanz. Die Hochschullehre 18: 162–173.
- Zhang J, Katzakis N, Mostajeran F, Steinicke F (2019) Localizing Teleoperator Gaze in 360° Hosted Telepresence. In: 2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR). IEEE, 1265–1266.

Danksagung: Diese Forschungsarbeit wurde teilweise vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Projekt Moonrise, 02L20B000) unterstützt. Der Geldgeber hatte keinen Einfluss auf das Studiendesign, die Erhebung, Analyse und Interpretation der Daten, auf das Verfassen des Berichts oder die Einreichung des Artikels. Wir danken Meike Reimer für ihre Unterstützung bei der Visualisierung der Inhalte.



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Nachhaltig Arbeiten und Lernen

**Analyse und Gestaltung lernförderlicher
und nachhaltiger Arbeitssysteme
und Arbeits- und Lernprozesse**

69. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

01. – 03. März 2023

GfA-Press

Bericht zum 69. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 01. – 03. März 2023

**Fakultät Maschinenbau, Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik (IBM) und
Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), Leibniz Universität Hannover**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Sankt Augustin: GfA-Press, 2023
ISBN 978-3-936804-32-4

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

© 2023 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de