

Entwicklung eines Optimierungsmodells zur belastungsorientierten Auftragsallokation in der operativen Logistik

Linda Maria WINGS

*Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML,
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4, 44227 Dortmund*

Kurzfassung: Laufende Forschungsaktivitäten adressieren die Herausforderung der Belastungsoptimierung manueller Prozesse in der operativen Logistik. Durch Produktivitätsverluste und krankheitsbedingte Ausfälle entstehen für Unternehmen zusätzliche Kosten. Mitarbeitende leiden unter den Folgen von hoher Arbeitsbelastung. Ziel ist die Entwicklung eines Optimierungsmodells zur belastungsorientierten Auftragsallokation, das sowohl individuelle Mitarbeitermerkmale als auch die Artikeldiversität berücksichtigt. Unter Anwendung der Design Science Research Methode wird eine industriennahe Lösung für die operative Logistik entwickelt, wobei exemplarisch der Kommissionierprozess im Fokus steht.

Schlüsselwörter: Belastungsverteilung, Logistik, job scheduling, job assignment, Optimierungsmodell

1. Motivation und Problemstellung

Die operative Logistik ist geprägt von automatisierten und manuellen Prozessen, wobei durch letzteres höhere Belastungen für Mitarbeitende entstehen (ten Hompel et al. 2011). Ein Stellhebel zur Optimierung der Belastungssituation personenintensiver Tätigkeiten ist die Verteilung von Aufgaben in Form einer Auftragsallokation. Das Vorgehen der laufenden Promotion orientiert sich an der Methode des Design Science Research (DSRM) nach Hevner et al. (2004), weshalb bei der Einleitung bereits zwischen den Perspektiven Industrie- und Forschungsrelevanz unterschieden wird.

1.1 Industrierelevanz

Im Zusammenhang mit physischen und psychischen Belastungsfaktoren in operativen Bereichen der Logistik (Rinkenauer et al. 2021) sowie hohen Krankenständen (Meyer et al. 2022) sind Unternehmen mit Zusatzkosten aufgrund von Produktivitätsverlusten und Fluktuationen erfahrener Fachkräfte konfrontiert (Braun et al. 2019; Neubert 2013). Davon ist besonders die Kommissionierung als personen- und kostenintensivster Bereich in der Intralogistik betroffen, denn Studien zeigen, dass fast 50 % der Kommissioniertätigkeiten manuell ausgeführt werden (Grosse & Glock 2015; Tompkins et al. 2010; Wings et al. 2021). Zusammenhängend mit der Belastungssituation für Mitarbeitende wird von arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) sowie Erschöpfungszuständen berichtet (Bednorz et al. 2022).

Als zentraler Akteur in der operativen Ausführung von intralogistischen Prozessen zeichnet sich der Mensch durch individuelle Merkmale aus wie z. B. Alter, Geschlecht, Qualifikation und anthropometrische Eigenschaften. Nicht nur Personen sind durch

ihre Heterogenität geprägt, auch zu kommissionierende Artikel unterscheiden sich in Merkmalen wie Größe, Gewicht, Volumen sowie Lagertiefe und -höhe und beeinflussen die individuelle Belastung von Mitarbeitenden. Bedingt durch unterschiedliche Artikel- und Lagerplatzeigenschaften als auch individuellen Personenmerkmalen variiert die Handhabung, aber vor allem auch die Belastung, welche bei der Zuteilung von Aufträgen auf Personen nicht berücksichtigt wird. Aktuelle Ressourcenplanungskonzepte in der Intralogistik priorisieren das Erreichen höchster Produktivität mit dem Ziel der Zeit- und Kostenreduktion. Abbildung 1 stellt eine beispielhafte ungleichmäßige Belastungsverteilung dar, welche eine Auftragsplanung mit dem Ziel der maximalen zeitlichen Auslastung zeigt. Eine systematische Berücksichtigung von individuellen Merkmalen und Fähigkeiten zur Reduzierung von Belastung existiert derzeit in den Planungsvorgehen der Betriebe nicht. Dabei hat die Kombination von Mitarbeitenden mit individuellen Merkmalen und der zugeteilten Tätigkeit einen direkten Einfluss auf Kennzahlen wie Kosten, Zeit, Qualität sowie Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz (Neumann & Dul 2010).

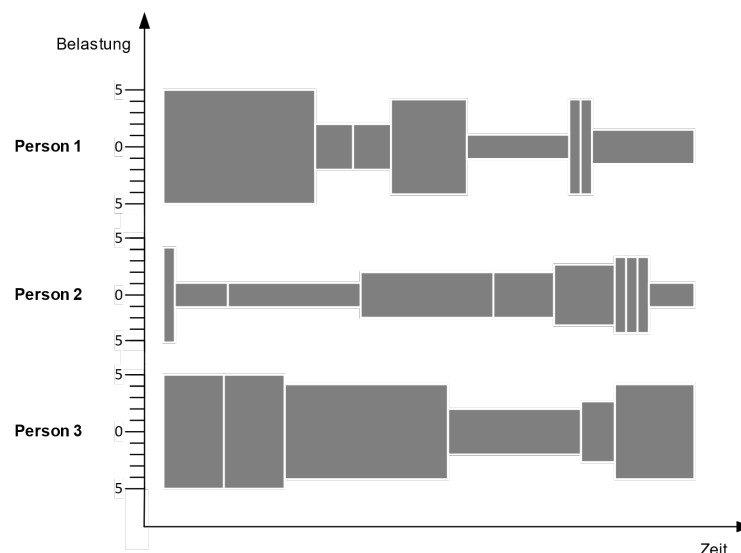


Abbildung 1: Skizzierte Zuteilung von Aufträgen mit unterschiedlichen Belastungswerten zu Personen ohne Optimierung (eigene Darstellung)

1.2 Forschungsrelevanz

Neben der Schichtplanung, Auslastungsverteilung, Auftragszusammenstellung und Routenoptimierung ist die Auftragsallokation eine kurzfristige wie auch wiederkehrende Planungsherausforderung in der operativen Logistik. Hierbei werden die Reihenfolge und Zuteilung von Aufträgen auf verfügbare Mitarbeitende entschieden. Kontextspezifische Faktoren beeinflussen Zielgrößen wie beispielsweise Produktivität, Qualität und Wohlbefinden, weshalb ihre Berücksichtigung schon in der Modellentwicklung sinnvoll ist. (Schönsleben 2023)

Eine Literaturrecherche in Wings et al. (2023) untersucht speziell die Berücksichtigung ergonomischer Kriterien in existierenden Ansätzen der Auftragsallokation. Die Analyse zeigt, dass es eine Tendenz zu mehr auftragsbezogenen ergonomischen Merkmalen, wie z. B. der Einbezug von Artikelgewicht und -volumen, als zu personenbezogenen gibt. Auch die Kommissionierzeit und andere Zeitdaten spielen eine

wichtige Rolle. In nur wenigen Forschungsarbeiten werden beide Faktorengruppen für mehr Präzision in der Belastungsbewertung und anschließenden ausgleichenden Allokation in Kombination betrachtet. Diese Forschungslücke bestätigt auch die Literaturanalyse von Vanheusden et al. (2023). In der Kombination von personenbezogenen Merkmalen und Planungsproblemen werden am häufigsten Konzepte zur Lagerplatzvergabe (storage assignment) und der Untersuchung von Wahrnehmungsfaktoren für die Kommissionierung zur Auswahl und Optimierung von technischen Assistenzsystemen (technical equipment) adressiert. Das Auftragsallokations- bzw. Ressourcenbelegungsproblem (job scheduling, job assignment) wird kaum betrachtet. Identifizierte Konzepte untersuchen dabei sehr spezifische Lagerbedingungen, woraus derzeit nur begrenzt allgemeingültige Lösungsansätze abgeleitet werden können.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Integration von personenbezogenen Merkmalen in Optimierungsmodellen Entwicklungspotenzial bietet, wodurch nicht nur ökonomische Ziele, sondern auch die Reduktion von Arbeitsbelastung in der Kommissionierung erreicht werden kann. Zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit sowie Steigerung des Wohlbefindens, Gesundheit, Sicherheit und Leistung von Arbeitskräften besteht die Notwendigkeit an präventiven Maßnahmen, welche sowohl die Belastung auf Mitarbeitende in der Kommissionierung als auch die Kosten für Unternehmen reduziert und „Arbeitswelten gesundheitserhaltend, sicher, ökologisch, wirtschaftlich und nachhaltig gestaltet“ (Die Bundesregierung 2021, S. 123).

2. Teilziele und Forschungsfragen

Eine nachhaltige Gestaltung eines soziotechnischen Systems kann durch unterschiedliche Maßnahmen erreicht werden und setzt entweder bei der Anpassung von Technik, bei der Verhaltensänderung von Arbeitnehmenden oder bei der Umstrukturierung von Organisation und Planung an (Karafyllis 2019).

Ziel der Dissertation ist die wissenschaftliche Erarbeitung eines Modells zur belastungsorientierten Auftragsallokation in der operativen Logistik am Beispiel der manuellen Kommissionierung als ein Beitrag zur menschengerechten Gestaltung von Arbeitssystemen. Die übergeordnete Forschungsfrage der laufenden Promotion lautet daher:

- *Wie kann eine ergonomische Auftragsallokation in der Kommissionierung gestaltet werden?*

Die Entwicklung des angestrebten Modells ist anhand von vier untergeordneten Forschungsfragen (FF) strukturiert:

- *FF 1: Wie kann die personenbezogene Belastung eines Kommissionierauftrags objektiv bewertet werden?*

Zunächst wird die Auftragsallokation im Kontext der manuellen Kommissionierung hinsichtlich ihrer prozessualen Anforderungen charakterisiert und Konzepte zur Bewertung von Belastung im industriellen Umfeld werden identifiziert. Daraufhin wird ein Bewertungsmodell inklusive einer mathematischen Berechnung zur individuellen Belastungsbewertung eines Kommissionierauftrags entwickelt. Die dafür relevanten ergonomischen Kriterien sind in Wings & Kretschmer (2023) herausgearbeitet. Zur Datenaufnahme dieser Bewegungsdaten sowie zur Objektivierung und Validierung des Modells soll ein

Motion-Capture-System mit zugehöriger Auswertungssoftware eingesetzt werden. Motion Capture ist der Prozess der digitalen Verfolgung und Aufzeichnung der Bewegungen von Objekten oder Lebewesen im Raum, wobei die Systeme sich in der Technologie zur Aufzeichnung und Auswertung unterscheiden (Peron et al., 2020).

- *FF 2: Wie können Kommissionieraufträge belastungsorientiert verteilt werden?*
Anschließend folgen die Formulierung und Lösung des Optimierungsproblems mit dem Ziel, die Belastung auf Personen gleichmäßig zu verteilen. Schrittweise werden Nebenbedingungen und Planungsvoraussetzungen ergänzt und deren Effekt auf das Ergebnis, der Verteilung von Aufträgen auf Personen, hinterfragt.
- *FF 3: Welche Auswirkungen hat eine belastungsorientierte Auftragsallokation auf die Ergonomie und Produktivität im Kommissionierprozess?*
Zur Validierung des Modells und Bestimmung des Effekts auf die Variablen Beanspruchung, Wohlbefinden, Kommissionierzeit und Qualität wird eine Laborstudie durchgeführt. In einem realitätsnahem Testumfeld wird anhand von Befragungen und quantitativen Datenaufnahmen empirisch ermittelt, welche Wirkung eine ergonomisch optimierte Auftragsallokation auf Proband*innen hat.
- *FF 4: Für welche Anwendungsfälle intralogistischer Prozesse eignet sich eine ergonomische Auftragsallokation?*
Im Sinne des Transfergedankens der Forschungsergebnisse in die Industrie wird die Effektivität des Modells für verschiedene intralogistische Prozesse (z. B. Kommissionierung, Verpackung) erörtert. Basierend auf den Studienergebnissen können Rückschlüsse auf Voraussetzungen für den Einsatz des Modells gezogen und die Praxistauglichkeit kritisch reflektiert werden.

3. Methodik

Zur Untersuchung der eingeführten Forschungsfragen orientiert sich die Arbeit an der Methode des Design Science Research nach Hevner et al. (2004) und baut auf das 3-Säulen-Modell für Informationssysteme auf, welches das Zusammenwirken der Realwelt (engl. Environment), der Forschung im Bereich Informationssysteme sowie der forschungsseitigen Wissensbasis verfolgt (Hevner et al. 2004). Abbildung 2 zeigt das Zusammenspiel aus Problem- und Stakeholderidentifikation zur Definition des Anwendungsfalls sowie relevanter Modelle und Methoden als wissenschaftliche Basis. Während die Betrachtung der Realwelt die Relevanz begründet und Anforderungen an die Lösung charakterisiert, bietet die wissenschaftliche Basis einen Rahmen zur Entwicklung und Evaluation eines Artefakts.

Unter Einbezug von Industriebedarfen und wissenschaftlichen Erkenntnissen werden die angestrebten Ergebnisse in einem iterativen Vorgehen evaluiert und präzisiert. Durch regelmäßige Expertengespräche mit Vertretenden der Industrie und Forschung wird die Relevanz des angestrebten Optimierungsmodells reflektiert. Zur Gestaltung einer belastungsorientierten Auftragsallokation gliedert sich die Modellentwicklung in die Teilaufgaben der Prozessdefinition zur Beschreibung des Anwendungsfelds in der operativen Logistik, der Auswahl einer Belastungsbewertung mit Integration von Bewegungsdaten z. B. durch den Einsatz eines Motion-Capturing-Systems, des Aufstellens eines Optimierungsmodells sowie der Bestimmung von

Einsatzmöglichkeiten in der Industrie. Im Rahmen einer Laborstudie wird der Effekt auf Kennzahlen wie z. B. die Beanspruchung, Produktivität und Prozessqualität validiert.

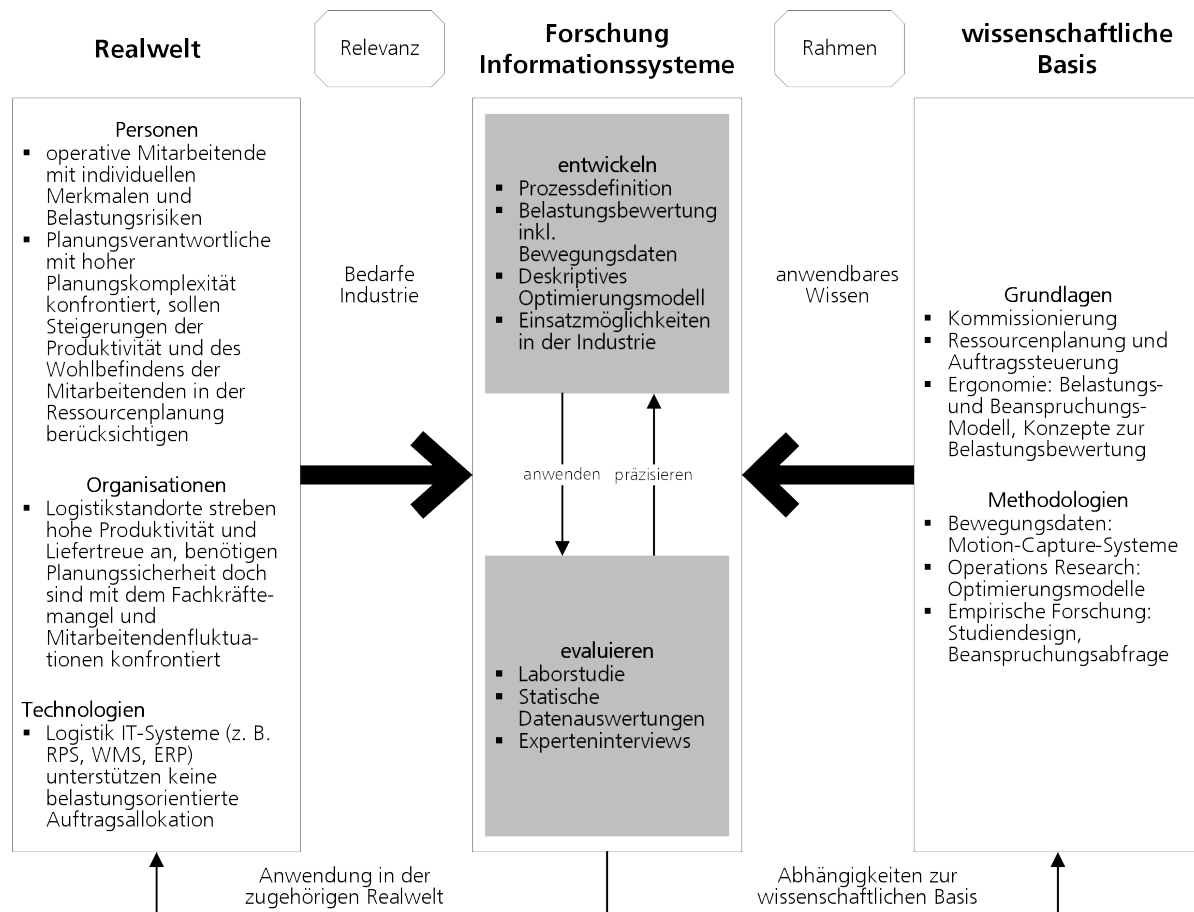


Abbildung 2: Adaptiertes Design Science Research Rahmenwerk (eigene Darstellung in Anlehnung an Hevner et al. (2004))

4. Fazit und Ausblick

Die laufenden Forschungsaktivitäten der Promotion beinhalten die Konzeptionierung, Entwicklung und Validierung eines Modells, welches die Belastung von Aufträgen am Beispiel der Kommissionierung unter Berücksichtigung von individuellen Personenmerkmalen bewertet und die Auftragsallokation mit dem Ziel einer Gleichverteilung von Belastung optimiert. Derzeit liegt der Fokus auf der Formalisierung des Optimierungsproblems basierend auf den abgeschlossenen Vorarbeiten wie einer Literaturrecherche (Wings et al. 2023), der Kriteriendefinition (Wings & Kretschmer 2023) und aufgenommenen Anforderungen aus der Industrie- und Forschungsgemeinschaft. Mittelfristig folgt eine Validierung und Evaluation mittels einer Laborstudie.

5. Literatur

- Bednorz N, Kinne S, Kretschmer V (2022). Überprüfung der Eignung von aktiven und passiven Exoskeletten für die Intralogistik: Bewertung mechanischer Hilfsmittel verschiedener Hersteller für intralogistische Tätigkeiten. In M. Klumpp, T. Hanke, M. ten Hompel & B. Noche (Hrsg.), *Ergonomie in der Intralogistik* (S. 29–42). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Braun M, Kille B, Marrenbach D, Scholtz O (2019). *Der Mensch in der Intralogistik*. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO.
- Die Bundesregierung. (2021). Bericht über die Umsetzung der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung: Freiwilliger deutscher Staatenbericht zum HLPF 2021.
- Grosse EH, Glock CH (2015). The effect of worker learning on manual order picking processes. *International Journal of Production Economics*, 170, 882–890. DOI: 10.1016/j.ijpe.2014.12.018
- Hevner A, March S, Park J, Ram S (2004). Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75–105.
- Karafyllis NC (2019). Soziotechnisches System. In K. Liggieri & O. Müller (Hrsg.), *Mensch-Maschine-Interaktion: Handbuch zu Geschichte – Kultur – Ethik* (S. 300–303). J.B. Metzler Verlag.
- Meyer M, Wing L, Schenkel A (2022). Krankheitsbedingte Fehlzeiten in der deutschen Wirtschaft im Jahr 2021. In: Badura B, Ducki A, Meyer M & Schröder H (Hrsg.), *Fehlzeiten-Report. Fehlzeiten-Report 2022* (Bd. 2022, S. 287–368). Springer Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-662-65598-6_19
- Neubert N (2013). *Return-on-Investment in der Arbeitswissenschaft: Qualitäts- und Produktivitätsverbesserungen durch ergonomische Arbeitsplatzgestaltung*. Technische Universität Darmstadt, Darmstadt.
- Neumann P, Dul J (2010). Human factors: spanning the gap between OM and HRM. *International Journal of Operations and Production Management*, 30(9), 923–950. DOI: 10.1108/01443571011075056
- Peron M, Fragapane G, Sgarbossa F, Kay M (2020). Digital Facility Layout Planning. *Sustainability*, 12(8), 3349. DOI: 10.3390/su12083349
- Rinkenauer G, Reiser JE, Renker J, Kretschmer V (2021). Intralogistik im Zeitalter des digitalen Wandels: Arbeitsanforderungen und psychische Beanspruchung in der Kommissionierung am Beispiel eines Unternehmens aus dem E-Commerce-Bereich [Intralogistics in the age of digital change: Job demands and mental strain in order picking using the example of a company from the e-commerce sector]. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 75(3), 266–281. DOI: 10.1007/s41449-021-00285-4
- Schönsleben P (2023). *Handbook Integral Logistics Management: Operations and Supply Chain Management Within and Across Companies* (6. 6th ed. 2023). Springer Berlin Heidelberg. <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-2034406>
- ten Hompel M, Sadowsky V, Beck M (2011). *Kommissionierung: Materialflusssysteme 2 - Planung und Berechnung der Kommissionierung in der Logistik*. VDI-Buch. Springer. <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1558909>
- Tompkins JA, White JA, Bozer YA, Tanchoco JMA. (2010). *Facilities planning* (4. Aufl.). Wiley.
- Vanheusden S, van Gils T, Ramaekers K, Cornelissens T, Caris, A. (2023). Practical factors in order picking planning: state-of-the-art classification and review. *International Journal of Production Research*, 61(6), 2032–2056. DOI: 10.1080/00207543.2022.2053223
- Wings LM, Fahrenholz C, Uludag A (2023). Literature review on current approaches to ergonomic order allocation in order picking. In U. Clausen & M. Dellbrügge (Hrsg.), *Advances in Resilient and Sustainable Transport* (S. 337–354). Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-031-28236-2_21
- Wings LM, Kretschmer V (2023). Der Mensch im Planungsfokus – Kriterien für eine ergonomische Ressourcenplanung in der Kommissionierung. In GfA Sankt Augustin (Vorsitz), *GfA Frühjahrskongress, Hannover*.
- Wings LM, von Preetzmann T, Rapatz V, Schmeltzpfenning K, Spee D, Riester M (2021). *RPS-Studie – Softwaregestützte Planung personeller Ressourcen im Lager*. DOI: 10.24406/IML-N-642366

Danksagung: Vielen Dank an die Kolleg*innen von Fraunhofer Austria GmbH und des Fraunhofer IML aus dem Forschungsprojekt ERiK, gefördert durch die PACT-Initiative, für die allseits kreative und konstruktive Zusammenarbeit.



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeitswissenschaft in-the-loop

**Mensch-Technologie-Integration
und ihre Auswirkung auf Mensch,
Arbeit und Arbeitsgestaltung**

70. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Institut für Arbeitswissenschaft und
Technologiemanagement IAT
Universität Stuttgart

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für
Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

06. – 08. März 2024

GfA-Press

Bericht zum 70. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 06. – 08. März 2024

Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart

In Zusammenarbeit mit: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Sankt Augustin: GfA-Press, 2024

ISBN 978-3-936804-34-8

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

© 2024 fröse multimedia, Frank Fröse,

office@internetkundenservice.de, www.internetkundenservice.de