

Unterstützung mobilitätseingeschränkter Personen in Verkehrsflugzeugen – Evaluation eines Hilfsmittels zum manuellen Umsetzen von Sitz zu Sitz

Claus BACKHAUS¹, Helge HOMANN², Matthias JÄGER³

¹ *Zentrum für Ergonomie und Medizintechnik der FH Münster
Bürgerkamp 3, 48565 Steinfurt*

² *Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation
Ottenser Hauptstraße 54, 22765 Hamburg*

³ *Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund
Ardeystraße 67, 44139 Dortmund*

Kurzfassung: Zur Verringerung der Belastungen von Kabinenpersonal beim Bewegen von mobilitätseingeschränkten Personen in Verkehrsflugzeugen wurde ein Hilfsmittel aus zwei identischen Gleittuchschlingen entwickelt. Nachfolgend wird die Belastungsverringerung beim Einsatz des Hilfsmittels für das Umsetzen einer Person von Sitz zu Sitz evaluiert. Als Belastungskenngrößen wurden die Aktionskräfte anhand der Bodenreaktionskräfte mit einer Kraftmessplattform ermittelt und die Bandscheibendruckkräfte an der untersten Bandscheibe der Wirbelsäule mit dem biomechanischen Simulationswerkzeug „Der Dortmunder“ abgeschätzt. Zur Bewertung der Wirbelsäulenbelastung wurden diese Kompressionskräfte mit den „Revidierten Dortmunder Richtwerten“ verglichen. Die Überprüfung der Mittelwertsunterschiede erfolgte mit dem Student-t-Test ($\alpha = .05$). Die Evaluation bestätigt eine signifikante Belastungsverringerung der Aktionskräfte um etwa 30 % und der Wirbelsäulenkräfte um etwa 50 %. Somit kann das biomechanische Überlastungsrisiko des Kabinenpersonals durch den Einsatz des Hilfsmittels erheblich verringert werden.

Schlüsselwörter: Flugzeug, Luftverkehr, mobilitätseingeschränkte Person, Rückenbelastung, Hilfsmittel

1. Ausgangssituation und erste Erhebungen

Durch die EU-Flugverordnung (EG 1107/2006) über die Rechte von behinderten Flugreisenden und Flugreisende mit eingeschränkter Mobilität werden Luftverkehrsgesellschaften verpflichtet, mobilitätseingeschränkte Personen (MEP) beim Reisen im Flugzeug zu unterstützen. Für das Kabinenpersonal ist diese Unterstützung oft mit hohen physischen Belastungen verbunden. Besonders beim Umsetzen einer MEP von Sitz zu Sitz bzw. auf den Bordrollstuhl können – bedingt durch eine eingeschränkte Bewegungsfreiheit, den daraus resultierend ungünstigen Körperhaltungen sowie durch die erforderlichen Aktionskräfte – hohe Belastungen des unteren Rückens auftreten.

Zur Verringerung dieser Belastungen wurde in einer interdisziplinären Arbeitsgruppe ein Hilfsmittel entwickelt, das aus zwei identischen Gleittuchschlingen aus silikonlaminiertem Polyesterstoff besteht. Dieser wird durch ein verdrehungsfreies Zusammenfügen der Endkanten zu einer bandförmigen Schlinge mit der Abmessung von 0,45 x 1,6 m vernäht.

Die Erprobung des Hilfsmittels erfolgte in einem Usability-Test mit kombinierter Benutzerbefragung im „Flight Training Center“ eines großen deutschen Luftfahrtunternehmens durch Kabinenpersonal. Das Ergebnis dieses Tests zeigt, dass MEP in etwa 2 Minuten über zwei Flugzeugsitze auf den mitgeführten Bordrollstuhl umgesetzt werden können. Der Usability-Test belegt eine hohe Gebrauchstauglichkeit. Die Benutzerakzeptanz des Hilfsmittels wurde vom Kabinenpersonal als gut eingestuft (vgl. Backhaus et al. 2016, Backhaus et al. 2020).

In der nachfolgenden Untersuchung wurde die Belastungsverringerung durch den Einsatz des Hilfsmittels beim Umsetzen einer MEP von Sitz zu Sitz evaluiert.

2. Methode

Die Evaluation erfolgte durch einen Vergleich der auftretenden Belastung beim Umsetzen einer MEP ohne und mit Hilfsmittel. Die Untersuchung fand in einem Kabinen-Mock-Up eines Airbus A320 am Leibniz-Institut für Arbeitsforschung der TU Dortmund (IfADo) statt. Kabinenpersonal und MEP wurden durch zwei männliche gesunde Erwachsene simuliert (75/90 kg, 180/176 cm).

Für das Umsetzen ohne Hilfsmittel positioniert sich der Kabinenmitarbeiter schräg vor die MEP (Winkel zwischen Körpermittenebene des Kabinenmitarbeiters und Vorderkante der Sitzreihe ca. 45°), beugt die Beine leicht in den Kniegelenken, senkt den Oberkörper nach vorne, umfasst die MEP im unteren Rückenbereich, wobei jene den Flugbegleiter im Schulter-Hals-Bereich umfasst. Durch Streckung der Beine und gleichzeitiges Aufrichten des Rumpfes wird die MEP aus dem Sitz gehoben und nach einer leichten Drehung auf den Nachbarsitz abgesetzt.

Für das Umsetzen mit Hilfsmittel stellt sich der Kabinenmitarbeiter etwas schräger vor die MEP (Winkel Medianebene zur Sitzreihe ca. 60°). Ein Gleittuch wird längs auf den benachbarten Sitzen ausgebreitet und leicht unter das Gesäß der MEP geschoben. Ein zweites Gleittuch dient zum Halten der MEP: Es wird um deren Hüfte geschlungen und mit einer Hand vor dem Becken zusammengeführt. Die zweite Hand des Kabinenmitarbeiters stützt den Oberkörper der MEP an der Schulter. Der Umsetzungsvorgang wird eingeleitet, indem zunächst die Beine der MEP in Richtung der Endposition umgestellt werden. Danach fasst der Flugbegleiter die beiden Lagen der Gleittuchschlinge und bewegt die MEP durch ein seitliches Ziehen – gleitend auf dem auf den Nachbarsitzen ausgebreiteten zweiten Gleittuch – auf den neuen „Ziel-“Sitz. Durch die seitlichen Sitzwangen sind beim Bewegen über die Sitzkanten nicht nur horizontale Zieh-, sondern auch vertikale Hebekräfte erforderlich. Der Vorgang wird vom Kabinenmitarbeiter durch den Einsatz seines Körpergewichtes, d.h. durch ein Nach-hinten-Lehnen seines Oberkörpers, unterstützt.

Als Belastungskenngrößen wurden die Maximalwerte der Aktionskraft (F_i) in den drei Raumrichtungen ($i = x/y/z$) ermittelt, die vom Kabinenmitarbeiter auf den Passagier ausgeübt werden. Dazu wurde die Bodenreaktionskraft mit Hilfe einer Kraftmessplattform erfasst (Typ: Kistler-Instruments, Modell 9281B). Für den Zeitpunkt des Maximums einer der drei Kraftkomponenten wurde die zugehörige Gesamt-Aktionskraft (F_{ges-i}) berechnet. Es wurden zwölf Messwiederholungen durchgeführt und die arithmetischen Mittelwerte und Standardabweichungen der Kraftwerte bestimmt.

Auf Basis der maximalen Aktionskräfte bzw. -kraftkomponenten (F_{ges-i} , F_i) wurden die Bandscheibendruckkräfte (F_{bs}) zwischen dem 5. Lenden- und dem 1. Sakralwirbel (L5-S1), der untersten Bandscheibe der Wirbelsäule, mit Hilfe des biomechanischen Simulationswerkzeugs „Der Dortmunder“ (Jäger et al. 2001) abgeschätzt. Um ggf.

nicht erfasste Positionungenauigkeiten des Kabinenmitarbeiters bei der Belastungsschätzung zu berücksichtigen, wurden die aus Fotos und Videos abgeschätzten Winkel zwischen der Körpermittenebene des Kabinenmitarbeiters und der Vorderkante der Sitzreihe um $\pm 10^\circ$ variiert.

Die Ergebnisauswertung erfolgte durch den Vergleich der Maxima der Aktionskraftkomponenten (F_i), der Gesamt-Aktionskräfte zum Zeitpunkt der Komponentenmaxima (F_{ges-i}) sowie der Bandscheibendruckkräfte (F_{bs}) für das Umsetzen ohne und mit Hilfsmittel. Die Ergebnisse wurden mit Hilfe des Student-t-Tests auf Mittelwertsunterschiede geprüft ($\alpha = .05$).

Die Bewertung des biomechanischen Überlastungsrisikos erfolgte durch den Vergleich der erhobenen Wirbelsäulenkräfte mit den Revidierten Dortmunder Richtwerten (Jäger 2019). Diese stellen empfohlene Obergrenzen für Kompressionskräfte an den Wirbelkörpern und Bandscheiben der Lendenwirbelsäule bei manueller Lastenhandhabung oder ähnlicher physischer Belastung dar; sie liegen im Bereich von 5,4 kN für Männer im Alter von 20 Jahren und 2,2 kN für Männer ab 60 Jahren. Die entsprechenden empfohlenen Richtwerte für Frauen variieren zwischen 4,1 bzw. 1,8 kN.

3. Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt die gemittelten Maximalwerte der Aktionskraftkomponenten (F_i) beim Umsetzen einer MEP ohne und mit Hilfsmittel für die drei Raumrichtungen (x: auf/ab, y: vor/zurück, z: links/rechts). Bei beiden Ausführungsarten wurden die höchsten Werte in x-Richtung (auf/ab) ermittelt. Die zweithöchsten Werte wurden beim Umsetzen ohne Hilfsmittel in y-Richtung (vor/zurück), bei Hilfsmittelnutzung für die z-Richtung (links/rechts) erreicht: erwartungsgemäß wird die MEP bei Hilfsmittelnutzung mehr zur Seite als nach vorn gezogen.

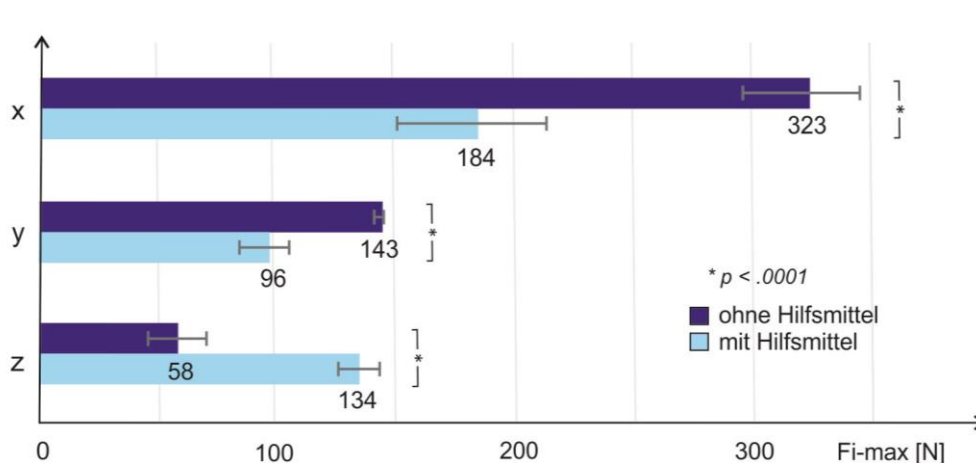


Abbildung 1: Mittelwert und Standardabweichung der Maximalwerte der Aktionskraftkomponenten beim Umsetzen einer mobilitätseingeschränkten Person (MEP) ohne und mit Hilfsmittel ($n = 12$)

Durch den Einsatz des Hilfsmittels erhöhten sich die Kräfte zur Seite erheblich ($|F_z|$: +132 %), während deutlich geringere Kräfte nach vorn ($|F_y|$: -33 %) und nach oben ($|F_x|$: -43 %) auftraten. Die Kraftunterschiede bei der Ausführung ohne vs. mit Hilfsmittel sind höchst signifikant (Student-t-Test: $p < .0001$).

Bei der Auswertung der Gesamt-Aktionskräfte (F_{ges-i}) zum Zeitpunkt des jeweiligen Maximums einer Aktionskraftkomponente hat sich gezeigt, dass die höchsten Werte

bei beiden Ausführungsarten ohne bzw. mit Hilfsmittel zum Zeitpunkt des Maximums in x-Richtung (auf/ab) erreicht wurden; die betreffenden Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) betragen 335 ± 22 N zu 227 ± 23 N, entsprechend -27 %.

Deutlich niedrigere Werte wurden für die Gesamt-Aktionskräfte zu den anderen beiden Zeitpunkten der Komponentenmaxima erhoben. Die betreffenden MW- und SD-Kennwerte für die Belastungsfälle in y-Richtung (vor/zurück) ohne und mit Hilfsmittel betragen 289 ± 45 N zu 211 ± 19 N und verringerten sich somit um 32 %. Die MW \pm SD der Gesamt-Aktionskraft beim Maximum der Komponente in z-Richtung (links/rechts) betragen 288 ± 43 N zu 197 ± 29 N, was ebenfalls zu einer Verringerung von 32 % geführt hat.

Durch den Einsatz des Hilfsmittels verringerten sich die Aktionskräfte zusammenfassend um etwa 30 %. Sämtliche Kraftunterschiede für die Ausführung mit vs. ohne Hilfsmittel sind höchst signifikant (Student-t-Test: $p < .0001$).

Abbildung 2 zeigt die Bandscheibendruckkräfte Fbs auf Basis der Gesamt-Aktionskräfte zu den Zeitpunkten des jeweiligen Maximums einer Aktionskraftkomponente. Unter Berücksichtigung der in der Simulation zusätzlich variierten Verdrehungen des Kabinenmitarbeiters (45° bzw. 60° ; jeweils $\pm 10^\circ$) ergeben sich drei Säulenpaare zum Vergleich der Ausführungen ohne bzw. mit Hilfsmittel. Die Reaktionskräfte an der Bezugsbandscheibe verringern sich durch den Hilfsmiteleinsetz um etwa 50 %. Die Variation des Winkels zwischen beiden Personen hat, wie die Ergebnisse in Abbildung 2 verdeutlichen, nur einen geringen Einfluss auf die Wirbelsäulenbelastung. Die Kraftunterschiede für die Ausführung ohne vs. mit Hilfsmittel sind höchst signifikant (Student-t-Test: $p < .0001$).

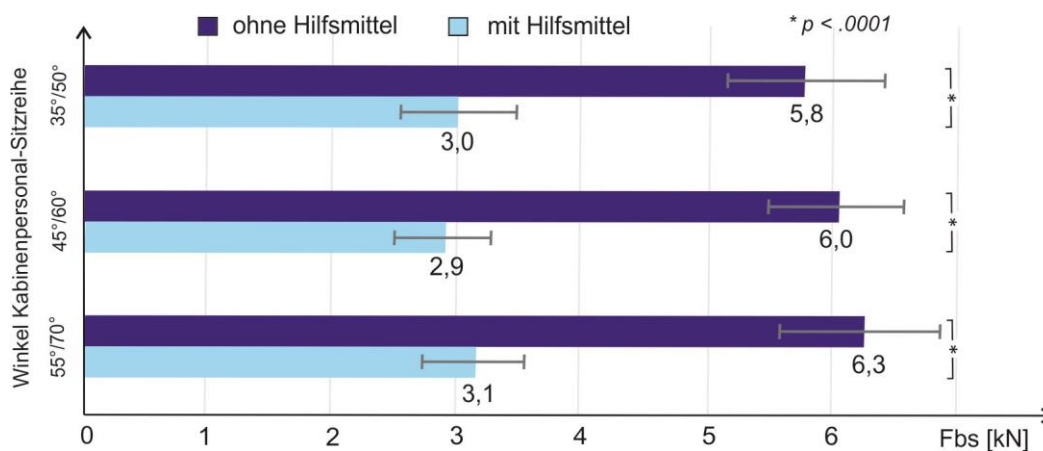


Abbildung 2: Mittelwert und Standardabweichung der Bandscheibendruckkräfte (Fbs) beim Umsetzen einer mobilitätseingeschränkten Person (MEP) mit verschieden ausgeprägter Verdrehung der Position des Kabinenmitarbeiters relativ zur Position der MEP (ohne Hilfsmittel: $45^\circ \pm 10^\circ$ [$n = 33$]; mit Hilfsmittel: $60^\circ \pm 10^\circ$ [$n = 38$])

Beim Vergleich der erhobenen Belastungen (s. Abbildung 2) mit den Revidierten Dortmunder Richtwerten wird deutlich, dass die Mittelwerte der Bandscheibendruckkräfte für Ausführungen ohne Hilfsmittel (5,8 bis 6,3 kN) oberhalb des höchsten der empfohlenen Richtwerte von 5,4 kN liegen. Dies bedeutet, dass diese Ausführungsart selbst für junge männliche Erwachsene als überlastend eingestuft werden sollte. Für die Ausführung mit Hilfsmittelnutzung wurden deutlich geringere Wirbelsäulenbelastungen von etwa 3 kN im Mittel erhoben. Diese korrespondieren mit den Richtwerten von 3,1 kN für Männer im Alter von 50 Jahren bzw. Frauen von 40 Jahren.

Werden in die Interpretation der erhobenen Belastungswerte auch die Standardabweichungen der abgeschätzten Bandscheibendruckkräfte (ca. 0,4 kN) einbezogen, ergeben sich für das Maß „Mittelwert plus Standardabweichung“ Belastungen von 3,3 bis 3,5 kN, die empfohlenen Maximalbelastungen für Personen etwas niedrigeren Alters entsprechen (ca. 45 bzw. 35 Jahre). Demzufolge darf nicht davon ausgegangen werden, dass das Umsetzen einer MEP bei bzw. trotz Hilfsmittelnutzung für alle infrage kommenden Anwender zu biomechanisch unkritischen Belastungen des Rückens führt; allerdings kann auch geschlussfolgert werden, dass das Überlastungsrisiko für das Kabinenpersonal erheblich verringert wird.

4. Diskussion

Die durchgeführte Evaluation bestätigt eine Belastungsverringerung der Gesamt-Aktionskräfte um etwa 30 % (von ca. 300 auf ca. 200 N) und der Bandscheibendruckkräfte um etwa 50 % (von ca. 6 auf ca. 3 kN). Erzielt wird die Belastungsverringerung durch ein stärkeres seitliches Ziehen der MEP statt des zuvor stärkeren Anhebens, zudem kann das Umsetzen bei Hilfsmittelnutzung in biomechanisch günstigerer Körperhaltung mit weniger stark vorgeneigtem Oberkörper erfolgen. Die bei Hilfsmittelnutzung gefundenen nicht unerheblichen Hebekräfte von etwa 180 N werden dabei primär auf das Überwinden der seitlichen Sitzwangen der Flugzeugsitze im Mock-Up zurückgeführt, d.h. durch eine Umgestaltung der Sitzflächen wären niedrigere Aktionskräfte in x-Richtung (auf/ab) generierbar.

Eine Limitation der Studie besteht darin, dass die beschriebene Belastungsverringerung „lediglich“ unter Laborbedingungen erhoben wurde, sodass eventuell in der Praxis auftretende ungünstigere Nebenbedingungen – wie beispielsweise stärker eingeschränkter Bewegungsraum oder Störung der Ausführung durch andere Personen – hier unberücksichtigt geblieben sind. Dem wird entgegengehalten, dass die in den Simulationsrechnungen berücksichtigte Winkelvariation der Positionierung des Kabinenmitarbeiters relativ zur Ausrichtung der Sitzreihen die Ergebnisse nur nachrangig beeinflusst hat, sodass nicht von einer erheblichen Belastungsunterschätzung durch Labor- vs. Praxisbedingungen auszugehen ist: Es ist anzunehmen, dass bei engeren Sitzreihenabständen eine günstigere Körperhaltung eingenommen wird, d.h. das Kabinenpersonal wählt einen größeren Winkel zur Sitzreihe und positioniert sich eher neben als vor der MEP; dadurch kann der Kabinenmitarbeiter seine Körperhaltung und Aktionskräfte mit weniger Unsymmetrie wählen, was somit zu einer geringeren Rückenbelastung für ihn führt. Für die MEP bedeutet dies zwar weiterhin ein seitliches Bewegtwerden, für den Kabinenmitarbeiter jedoch im stärkeren Maß ein Ziehen nach hinten.

Insgesamt zeigen die pilotartigen Belastungserhebungen ohne und mit Hilfsmittelnutzung, dass die neu entwickelten Gleittuchschlingen ein schnelles, einfaches und auch sichereres Umsetzen von mobilitätseingeschränkten Personen von Sitz zu Sitz in Verkehrsflugzeugen ermöglichen. Die dabei für das Kabinenpersonal auftretenden Belastungen sind erheblich vermindert. Dies gilt sowohl für die erforderlichen Aktionskräfte als auch für die resultierenden Reaktionskräfte an der Lendenwirbelsäule. Im Vergleich mit empfohlenen Maximalbelastungen zeigt sich zudem eine erhebliche Minderung des biomechanischen Überlastungsrisikos für das Kabinenpersonal. Daraus wird geschlossen, dass zum einen ein manuelles Umsetzen von MEP aus ergonomischer und arbeitsmedizinischer Sicht nicht mehr von vornherein auszuschließen ist

und dass zum anderen das Kabinenpersonal im Umgang mit mobilitätseingeschränkten Personen nunmehr wirksam unterstützt werden kann.

5. Literatur

- Backhaus C., Homann H., Harth. S, Giese D., Chen S., Scheibinger M., Jäger M. (2016) Entwicklung und Evaluation eines „Kleinen Hilfsmittels“ zum Transfer bewegungsbeeinträchtigter Personen in Verkehrsflugzeugen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, GfA (Hrsg): Arbeit in komplexen Systemen. Digital, vernetzt, human?! 62. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, 5 Seiten. GfA-Press, Dortmund
- Backhaus C., Homann H., Jäger M. (2020) Manuelles Umsetzen mobilitätseingeschränkter Personen in Verkehrsflugzeugen – Entwicklung und Evaluation eines Hilfsmittels. Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie (im Druck)
- EG 1107/2006. Verordnung (EG) Nr. 1107/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Juli 2006 über die Rechte von behinderten Flugreisenden und Flugreisenden mit eingeschränkter Mobilität. Amtsblatt der Europäischen Union, L204/1
- Jäger M. (2019) Die „Revidierten Dortmunder Richtwerte“ – Erweiterte Zusammenstellung von Autopsiematerial-Messungen der statischen lumbalen Kompressionsfestigkeit zur Ableitung von Referenzwerten für eine ergonomische Arbeitsgestaltung. Zbl Arbmed 69: 271-289
- Jäger M., Luttmann A., Göllner R., Laurig W. (2001) "The Dortmunder" - Biomechanical Model for Quantification and Assessment of the Load on the Lumbar Spine. Soc Automotive Engineers (Ed): SAE Digital Human Modeling Conf, Proc on CD-Rom (paper 201-01-2085, 9 pp). Arlington (VA, U.S.A.)

Danksagung: Ein besonderer Dank für die Mitarbeit in der Arbeitsgruppe gebühren Frau Shuyang Chen, Daniela Giese, Simone Harth und Herrn Markus Scheibinger (Frankfurt). Frau Barbara-Beate Beck (Hamburg) wird für die Unterstützung bei der Vorbereitung gedankt. Ebenso danken wir Frau Karin Lukaszewski und Herrn Alwin Luttmann (Dortmund) für die intensive Unterstützung bei der Durchführung der Labor-messungen.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Digitale Arbeit, digitaler Wandel, digitaler Mensch?

66. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

TU Berlin
Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme

HU Berlin
Professur Ingenieurpsychologie

16. – 18. März 2020, Berlin

GfA-Press

Bericht zum 66. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 16. – 18. März 2020

**TU Berlin, Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme
HU Berlin, Professur Ingenieurpsychologie**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2020
ISBN 978-3-936804-27-0

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

© 2020 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de