

Blickbewegungsstudie zu Orientierung und Informationsbedarf beim Verkehrsmittelwechsel am Frankfurter Flughafen

Johannes FUNK, Elisa Maria KLOSE, Ludger SCHMIDT

*Fachgebiet Mensch-Maschine-Systemtechnik, Universität Kassel
Mönchebergstraße 7, D-34125 Kassel*

Kurzfassung: Die vorliegende Studie untersucht, woran sich Menschen an komplexen Verkehrsknotenpunkten orientieren und welche Probleme hierbei auftreten. Dafür wurden die Blickbewegung gemessen und die Schritte gezählt, während die zwölf Teilnehmer drei Navigationsaufgaben durch den Frankfurter Flughafen absolvierten. Anschließend wurde die Retrospektive Think-Aloud-Methode genutzt, um einen Einblick in Gedanken und Strategien der Probanden zu bekommen. So konnten Problemstellen, wie z. B. die Suche auf Übersichtsplänen oder das Bestimmen der derzeitigen Etage, identifiziert werden, aus denen Gestaltungsempfehlungen für eine Fußgängernavigation mit Datenbrillen abgeleitet werden.

Schlüsselwörter: Blickbewegungsmessung, Reiseassistent, Augmented Reality, Fußgängernavigation, Retrospektive Think-Aloud-Methode

1. Einleitung

Ob bei Geschäfts-, Freizeit- oder Alltagsreisen, steigende Mobilitätsanforderungen, zunehmende Komplexität von Verkehrsknotenpunkten und der häufig mit der Reise verbundene Zeitdruck erhöhen die kognitive Belastung von Reisenden. Im Projekt RadAR+ wird ein adaptives Reiseassistentensystem (RAS) entwickelt, um Nutzer an komplexen Verkehrsknotenpunkten und während multimodaler Reiseketten im öffentlichen Verkehr bedarfsgerecht zu unterstützen. Das RAS soll dem Nutzer dabei situationsangepasst aktuelle Reiseinformation, z. B. über Verkehrsmittelausfälle oder Verspätungen, zur Verfügung stellen. Es soll mit Hilfe einer Durchsichtdatenbrille mit Sprachsteuerung realisiert werden. So wird eine händefreie Nutzung des Systems möglich, wodurch Reisende z. B. mit Gepäckstücken weniger eingeschränkt werden.

In der Erhebung der Nutzeranforderungen an das RAS wurden fünf Fokusgruppen (n = 40) und eine Online-Befragung (n = 311) mit potenziellen Nutzern durchgeführt. Hierbei wurde u. a. ermittelt, dass sich die Mehrheit der Befragten vorstellen kann, ein RAS zu nutzen. Die am häufigsten gewünschten Funktionen sind die Unterstützung im Störfall, die Fußgängernavigation sowie Informationen über die Reisekette (Klose et al. 2017).

Darauf aufbauend wurde im Rahmen dieser Blickbewegungsstudie analysiert, wie und woran sich Menschen an Verkehrsknotenpunkten orientieren, welche Informationen nötig sind und welche Probleme bei der Orientierung und Navigation auftreten können. Die Ergebnisse liefern Erkenntnisse dazu, wann und mit welcher Art von Informationen Reisende in einem komplexen Umfeld unterstützt werden können.

Eine Blickbewegungsstudie an einem großen Bahnhof in Basel (SMI 2012) konnte zeigen, dass Reisende neben Schildern weitere Informationsquellen nutzen. Hierzu zählen bspw. die Beleuchtung im Bahnhof oder andere Menschen. Weiterhin wurde festgestellt, dass Wechsel zwischen Bereichen mit unterschiedlicher Gestaltung der

Leitsysteme bei Reisenden zu Orientierungsproblemen führen. Eine weitere Studie am internationalen Flughafen in Brisbane (Australien) befasste sich mit der Frage, ob Personen mit verschiedenen Vorerfahrungsstufen unterschiedliche Informationsquellen nutzen. Die Teilnehmer absolvierten eine Navigationsaufgabe zu einem typischen Abflugscenario. Die Ergebnisse zeigen, dass Personen mit geringer Erfahrung anteilig mehr Zeit mit der Suche nach Informationen verbringen (Cave et al. 2014).

2. Methoden

Zunächst wurde der Proband durch einen Einführungstext über den geplanten Ablauf des Versuchs informiert. Anschließend wurde eine Einverständniserklärung sowie ein demografischer Fragebogen ausgefüllt, in dem Alter, Geschlecht, Ausbildung, Sehprobleme, Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln und Vorwissen über den Frankfurter Flughafen erhoben wurden. Nach Klärung etwaiger Rückfragen setzte der Proband die mobile Blickbewegungsbrille *Eye Tracking Glasses 2.0* von SMI auf, mit der eine Dreipunktkalibrierung durchgeführt wurde. Zusätzlich wurde der Schrittzähler *P381* von CSX am Probanden befestigt.

Nach Abschluss der Vorbereitungen wurde der Proband vom Versuchsleiter zu Gleis 6 des Fernbahnhofs Frankfurter Flughafen, dem Startpunkt der Navigationsaufgabe, geführt. Um zu erreichen, dass die gewählten Wege barrierefrei und damit für alle Reisenden umsetzbar sind, wurde dem Probanden dort ein Gepäckwagen ausgehändigt, so dass ausschließlich Aufzüge für Etagenwechsel benutzt werden konnten. Der Proband wurde gebeten während der Navigationsaufgabe nicht nach dem Weg zu fragen; alle übrigen Informationsquellen waren ausdrücklich erlaubt. Dazu gehörten neben Schildern und Übersichtsplänen bspw. auch Infosäulen, Anzeigemonitore oder Faltpläne des Flughafens. Während des Versuchs lief der Versuchsleiter in einem Abstand von ca. 2 - 3 m hinter dem Probanden her, um diesen während der Aufgabe zu begleiten, aber möglichst nicht zu beeinflussen.

Die Navigationsaufgabe umfasste eine Strecke von ca. 1500 m in Bereichen des Fernbahnhofs, der Abflug- und Ankunftshallen sowie des Parkhauses und enthielt mindestens vier Etagenwechsel. Die Strecke wurde in drei Abschnitte eingeteilt, die jeweils einem flughafentypischen Szenario nachempfunden wurden. Zu Beginn jedes Abschnittes wurde dem Probanden ein Zettel mit Angaben zum nächsten zu erreichenden Zielpunkt überreicht.

Der erste Abschnitt entsprach einem Abflugscenario, in dem der Reisende am Fernbahnhof eintrifft und zum Abfluggate seines Flugs gelangen möchte. Der Proband erhielt ein nachgemachtes Flugticket mit Angaben zum Flug und sollte damit selbstständig den passenden Check-In-Schalter und anschließend den Weg zum Gate bis zur Sicherheitskontrolle finden. Um das Szenario realistisch zu gestalten und trotzdem für alle Versuchspersonen den gleichen Ablauf zu gewährleisten, wurde der vorgegebene Flug für jeden Probanden individuell ermittelt. Dies war jeweils ein in ca. 35 min erreichbarer Flug der Lufthansa von Terminal 1, da für diese immer dieselbe Gruppe von Check-In-Schaltern gilt. Weil die Abfluggates sich tagesaktuell ändern, war anstelle des tatsächlich zum Flug passenden Gates immer Gate 16 als Ziel vorgegeben. Abschnitt 2 stellte ein Abholscenario nach, wobei eine gerade gelandete Person am Ausgang hinter der Gepäckausgabe abgeholt werden sollte. Die Zielvorgabe war der Ausgang B1 in der Ankunftshalle B. Abschnitt 3 entspricht einem Ankunftsszenario, wobei der Proband sich nach der Ankunft an Ausgang B1 zum Stellplatz seines PKWs im Parkdeck 316 begeben sollte. Auf dem Weg sollten eine

Toilette und ein Geldautomat aufgesucht werden. Am Parkdeck endete die Navigationsaufgabe und Proband sowie Versuchsleiter kehrten in den Besprechungsraum zurück, wo die Retrospektive Think-Aloud-Methode (RTA-Methode) genutzt wurde, um herauszufinden, welche Informationen und Strategien von den Probanden genutzt wurden, um die gestellte Aufgabe zu lösen. Unterstützend wurde dem Probanden parallel das zuvor von der Blickbewegungsbrille aufgezeichnete Video mit einblendeten Fixationspunkten vorgespielt, wodurch die Ergebnisse der RTA-Methode verbessert werden (Guan et al. 2006). Die Nachbesprechung wurde mit einem Diktiergerät aufgezeichnet.

3. Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt nahmen zwölf Personen (7 w, 5 m) mit einem Durchschnittsalter von 38,7 Jahren (SD = 14,7 Jahre) an der Studie teil, wobei durch technische Probleme für zwei Probanden keine Blickbewegungsdaten aufgezeichnet werden konnten. Die Gesamtzeit pro Proband lag bei rund 2 h. Zum Absolvieren der drei Abschnitte betrug sie im Schnitt 34,3 min (SD = 3,2 min), wobei die Navigationsaufgabe nach Abzug von Wartezeiten in durchschnittlich 24,5 min (SD = 1,5 min) und mit 2192 Schritten (SD = 356,2 Schritte) absolviert wurde. Eine Rangkorrelation nach Spearman

Tabelle 1: Bei der Navigation betrachtete Schildertypen und weitere Informationsquellen mit summierter Fixationsdauer, Betrachtungsanzahl und Fixationsdauer pro Betrachtung (n = 10)

Schildertyp	Ø Fixationsdauer [s]	Ø Anzahl Betrachtungen	Ø Fixationsdauer/Betrachtung [s]
Standort- und Richtungsangaben Flughafenleitsystem	250,8 (SD = 39,8)	234,0 (SD = 18,1)	1,08 (SD = 0,2)
Aufzugsschilder	71,7 (SD = 21,8)	38,4 (SD = 11,4)	1,89 (SD = 0,5)
POI-Schilder (z. B. WC, Post, Mall, Fundbüro)	29,9 (SD = 10,4)	57,7 (SD = 18,3)	0,52 (SD = 0,1)
Sonstige Schilder	19,1 (SD = 8,4)	40,7 (SD = 16,4)	0,47 (SD = 0,1)
Schilder Lufthansa	18,4 (SD = 5,0)	34,9 (SD = 10,8)	0,55 (SD = 0,2)
Schilder Deutsche Bahn	1,9 (SD = 1,3)	3,8 (SD = 1,7)	0,50 (SD = 0,2)
Weitere Informationsquellen			
Informationen zum Flug (z.B. Ticket, große Anzeigetafel)	46,7 (SD = 15,6)	35,0 (SD = 9,1)	1,39 (SD = 0,5)
Check-In-Schalter-Anzeige	45,4 (SD = 13,3)	55,5 (SD = 16,1)	0,84 (SD = 0,2)
Weitere Ziele-/Zwischenziele	23,3 (SD = 5,5)	23,9 (SD = 6,7)	1,05 (SD = 0,4)
Aufzugsebenen	23,2 (SD = 8,9)	23,8 (SD = 9,4)	1,03 (SD = 0,3)
POI (z. B. Geld-, Getränke-, Ticketautomaten, Briefkästen)	14,8 (SD = 6,3)	33,9 (SD = 10,6)	0,43 (SD = 0,1)
Infostand	14,3 (SD = 19,0)	21,5 (SD = 7,1)	0,55 (SD = 0,5)
Uhr	1,2 (SD = 1,4)	2,3 (SD = 1,5)	0,39 (SD = 0,4)

Tabelle 2: Auf der Suche nach Informationen betrachtete Elemente der Umgebung mit summierter Fixationsdauer, Betrachtungsanzahl und Fixationsdauer pro Betrachtung (n = 10)

Element	Ø Fixationsdauer [s]	Ø Anzahl Betrachtungen	Ø Fixationsdauer/Betrachtung [s]
Menschen	67,9 (SD = 25,6)	130,9 (SD = 38,9)	0,51 (SD = 0,1)
Geschäfte	21,8 (SD = 14,3)	45,8 (SD = 20,4)	0,45 (SD = 0,1)
Türen	21,5 (SD = 6,9)	46,5 (SD = 12,5)	0,46 (SD = 0,1)
Werbung	12,7 (SD = 4,7)	39,8 (SD = 10,1)	0,31 (SD = 0,1)
Rolltreppen	11,0 (SD = 3,8)	29,4 (SD = 7,3)	0,37 (SD = 0,1)
Aufzüge	3,0 (SD = 2,5)	8,0 (SD = 5,6)	0,34 (SD = 0,2)
Toiletten	1,0 (SD = 1,1)	2,2 (SD = 1,5)	0,34 (SD = 0,4)

zeigt keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Vorwissen der Probanden und der Durchführungsdauer ($p = 0,345$, $p = 0,328$) oder den summierten Suchzeiten ($p = -0,188$, $p = 0,603$).

Während der Durchführung der Navigationsaufgabe musste der Proband Informationen aus seiner Umgebung aufnehmen und verarbeiten. Schilder waren hierbei die am häufigsten verwendete Informationsquelle. Tabelle 1 zeigt die Fixationsdauern verschiedener auf der Strecke verfügbarer Schildertypen sowie weiterer Informationsquellen. Vor der Aufnahme und Verarbeitung von Information müssen entsprechende Informationsquellen in der Umgebung gesucht und identifiziert werden. Tabelle 2 zeigt die mittlere Fixationsdauer von AOs auf der Suche nach Informationen.

Neben einer inhaltlichen Auswertung der Blickbewegungsdaten wurden die Daten genutzt, um eine Gesamtverteilung der Fixationspunkte im Sichtfeld des Probanden zu erstellen. In Abbildung 1 sind alle Fixationen der zehn verwertbaren Datensätze, die innerhalb des Sichtfelds der Frontkamera liegen (96,6 %), dargestellt. Der Mittelpunkt der darin platzierten Ellipsen entspricht dem arithmetischen Mittel der Fixationen von horizontal $-0,37^\circ$ (SD = $2,7^\circ$) und vertikal $-2,64^\circ$ (SD = $4,4^\circ$).

Während der Navigationsaufgabe mussten bestimmte Wegpunkte in vorgegebener Reihenfolge erreicht werden. Viele der in den Interviews genannten Probleme lassen sich damit zusammenfassen, dass Zwischenziele nicht gefunden oder diese auf dem Weg vergessen wurden. Weiterhin berichteten viele der zwölf Probanden von Unsicherheiten beim Ablesen der großen Anzeigetafel im Terminal 1. Das Problem besteht hierbei darin, dass Probanden zwischen zwei Spalten oder Zeilen verrutschen. Dies spiegeln auch die Blickbewegungsdaten wider, die lange Betrachtungsdauern der großen Anzeigetafel im Terminal zeigen ($\bar{x} = 33,9$ s; SD = 17,0 s). Bei vier Probanden lagen außerdem Missverständnisse bei der Bezeichnung mehrerer Navigationsziele vor. Hierzu gehören die Bezeichnungen „Ausgang B1“, die mit Außentüren des Flughafengebäudes, und „Parkdeck“, die mit Außenparkplätzen assoziiert wurde. Durch diese Missverständnisse musste in zwei Fällen eingegriffen werden, um ein Verlassen des Terminalgebäudes zu verhindern. Durch die komplexe Wegführung der Versuchsstrecke durch verschiedene Bereiche und insgesamt vier Ebenen, kam es bei einem Probanden immer wieder zu Unsicherheiten über die Etage, in der er sich befand. Durch fehlende Informationen der eigenen Etage hatte er Schwierigkeiten, Zielorte auf anderen Etagen in Bezug zu seinem Standort zu setzen.

Mit Hilfe der Blickbewegungsmessung konnte identifiziert werden, woran Menschen sich am Flughafen orientieren. Ähnlich wie am Bahnhof (SMI 2012) werden neben Schildern weitere Quellen wie bspw. andere Menschen, Rolltreppen oder Türen genutzt. Im Gegensatz zu Cave et al. (2014) konnte in der Studie kein Zusam-

menhang zwischen der Erfahrung der Probanden und der mit der Suche nach Informationen verbrachten Zeit festgestellt werden. Die Ergänzung der Blickdaten durch RTA-Interviews hat sich in der Auswertung als hilfreich erwiesen, um die dem Blickverhalten zugrundeliegenden kognitiven Prozesse besser nachvollziehen zu können.

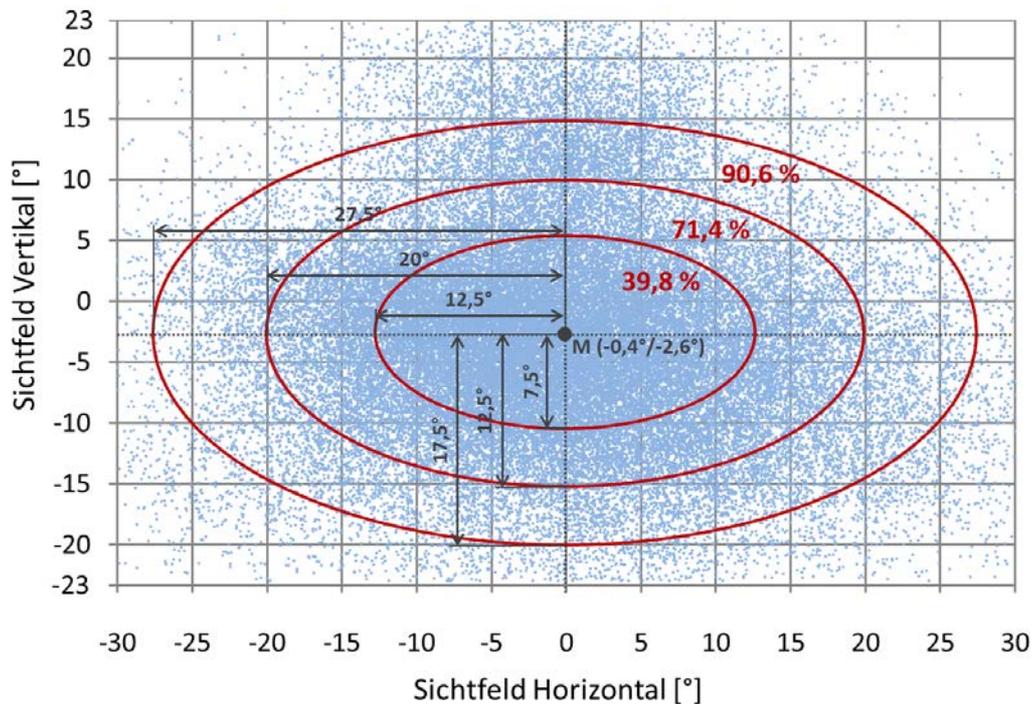


Abbildung 1: Verteilung der aufgezeichneten Fixationspunkte aller Teilnehmer ($n = 10$) über den Verlauf des gesamten Versuchs im Sichtfeld der Frontkamera; prozentuale Angabe der durch die jeweilige Ellipse eingeschlossenen Fixationen; Angabe des Mittelpunkts sowie der Halbachsen der Ellipsen

4. Gestaltungsempfehlungen und Ausblick

Nachfolgend werden Empfehlungen vorgestellt, die möglichst viele der beschriebenen aufgetretenen Probleme adressieren. Für die Anwendung der Empfehlungen im Kontext des Forschungsprojekts wird die Möglichkeit von Einblendungen zusätzlicher Informationen im Sichtfeld des Benutzers durch Datenbrillen einbezogen.

Markierung von Zwischenzielen: Ein versehentliches Vergessen von Zwischenzielen ließe sich durch die Markierung derselben im Sichtfeld vermeiden. Wird trotz der Einblendung eine Wegentscheidung getroffen, bei der ein Zwischenziel nicht mehr auf der weiteren Strecke liegen würde, kann ein Warnhinweis mit passender Nachricht einblendet werden. Für den Fall, dass der Nutzer das betroffene Zwischenziel nicht mehr anlaufen möchte, könnte mit dem Warnhinweis gleichzeitig die Möglichkeit zur Entfernung des Zwischenziels von der Route gegeben werden.

Unterstützung bei komplexen Informationsquellen: Die beschriebenen Probleme beim Ablesen von Übersichtsplänen oder Anzeigetafeln könnten durch die Bereitstellung von personalisierten Informationen durch ein RAS behoben werden. Alternativ könnten benötigte Informationen auf komplexen Übersichtsplänen durch eine ortsgebundene Augmented-Reality-Einblendung markiert werden.

Ortsbezeichnungen durch Symbole ergänzen: In allen Fällen der Missverständnisse bzgl. des Zielpunkts *Ausgang B1* wurde der Begriff nicht mit dem Aus-

gang der Gepäckausgabe, sondern mit Türen zum Außenbereich verknüpft. Wenn zusätzlich zu dem Namen des Zielortes ein zu dem Ziel passendes, leicht zu erkennendes Symbol eingeblendet würde, könnten solche Probleme vermieden werden. Alternativ sollten bei Bedarf Detailinformationen abrufbar sein.

Informationen zur aktuellen und Zieletage bereitstellen: Dass die bestehende Beschilderung kaum Etageninformationen enthält, ließe sich durch eine Einblendung der eigenen Etagennummer im Sichtfeld kompensieren. Es wird empfohlen, eine Etageninformation nur dann einzublenden, wenn das nächste Zwischenziel einen Etagenwechsel verlangt. Notwendige Etagenwechsel könnten zusätzlich durch einen Pfeil nach oben oder unten angegeben werden.

Einblendungen, die das natürliche Informationssuch- und -aufnahmeverhalten nicht stören sollen, an den Rändern und insb. den oberen Ecken des Sichtfeldes von Datenbrillen einblenden: Die ermittelte Verteilung von Fixationspunkten im Sichtfeld der Brille kann bei der Positionierung von Einblendungen in Datenbrillen berücksichtigt werden. Es konnten Bereiche mit sehr hoher Fixationsdichte im Zentrum, aber auch sehr fixationsarme Bereiche an den Rändern und vor allem in den oberen Ecken des Sichtfelds gezeigt werden. Je nach Verwendungszweck einer Einblendung kann eine entsprechende Positionierung vorgenommen werden. Die vermehrten Fixationen außerhalb der Ellipsen im oberen mittleren Bereich lassen sich vermutlich auf das an der Decke platzierte Leitsystem des Frankfurter Flughafens zurückführen. An Verkehrsknotenpunkten mit anderen Leitsystemen ist das Blickverhalten möglicherweise entsprechend abweichend.

Die formulierten Empfehlungen sollten im Weiteren umgesetzt und im realen Anwendungsumfeld auf ihre Gebrauchstauglichkeit im Vergleich zu einem herkömmlichen Fußgängernavigationssystem überprüft werden.

5. Literatur

- Cave AR, Blackler AL, Popovic V, Kraal BJ (2014) Examining intuitive navigation in airports. In: Umea University (Hrsg): Design Research Society Conference (Umea, 2014, S. 1–20)
- Guan Z, Lee S, Cuddihy E, Ramey J (2006) The validity of the stimulated retrospective think-aloud method as measured by eye tracking. In: Rebecca G (Hrsg): Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. SIGCHI. Montreal, 2006. ACM Special Interest Group on Computer-Human Interaction. New York: ACM, S. 1253–1262.
- Klose E, Eis A, Hegenberg J, Schmidt L (2017) Nutzeranforderungen an ein adaptiv lernendes Reiseassistenzsystem für Datenbrillen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.): Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels - kreativ, innovativ, sinnhaft: 63. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Brugg-Windisch 2017). Dortmund: GfA-Press, S. 1-6 (F.1.13)
- SMI GmbH (2012) Case Study Eye Tracking - Wayfinding in the Railway Station. Accessed February 8, 2017. http://www.smivision.com/fileadmin/user_upload/downloads/case_studies/smi_cs_gfksirvaluse_wayfinding_etg_01.pdf

Danksagung: Das Vorhaben RadAR+ wird mit Mitteln des BMBF unter dem Förderkennzeichen 16SV7282 gefördert. Wir danken den Projektpartnern für ihre Unterstützung.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(F)T
Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung

64. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FOM Hochschule für
Oekonomie & Management gGmbH

21. – 23. Februar 2018

GfA Press

Bericht zum 64. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 21. – 23. Februar 2018

FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2018

ISBN 978-3-936804-24-9

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.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

USB-Print:

Prof. Dr. Thomas Heupel, FOM Prorektor Forschung, thomas.heupel@fom.de

Screen design und Umsetzung

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de