

## **Durchblick und Kontrolle trotz Informationsflut – Menschengerechter Einsatz von Smart Devices im Lager**

Magali KREUTZFELDT, Gerhard RINKENAUER

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

**Kurzfassung:** In der Logistik werden Smart Devices zur Wiedergabe von Kommissionierlisten eingesetzt. Aufmerksamkeitsprozesse als Faktoren Kognitiver Ergonomie sollen hierbei untersucht werden. Es wurde das Aufgabenwechseleparadigma und die Eriksen Flanker Aufgabe genutzt. Probanden wurde der aktuelle Auftrag visuell per Datenbrille oder auditiv per Headset präsentiert. Sie sollten per Tastendruck auf Reize auf einer Leinwand reagieren. Es zeigten sich zwar numerisch langsamere Reaktionen mit der Datenbrille im Vergleich zum Headset, allerdings geringere Wechselkosten als Zeichen für stärkere kognitive Flexibilität. Datenbrillen scheinen geeigneter für die Informationsdarstellung bei komplexen Aufgaben und Headsets für einfache Aufgaben in ablenkungsarmen Umgebungen. Zukünftig wird die Wechselwirkung von Gang und kognitiven Faktoren aus Arbeitssicherheitsgründen beim Einsatz von Smart Devices untersucht.

**Schlüsselwörter:** Kognitive Ergonomie, Smart Devices, Intralogistik, Aufmerksamkeit, Gang

### **1. Einleitung**

Im Zuge voranschreitender Digitalisierung werden in der Intralogistik zunehmend Smart Devices eingesetzt, die herkömmliche Kommissionierverfahren ersetzen (Rinkenauer et al., 2017). Anweisungen auf dem Bildschirm einer Datenbrille (Pick-by-Vision) oder über Kopfhörer (Pick-by-Voice) ersetzen die konventionelle Papierliste, auf der vormals alle relevanten Kommissionierinformationen wie Artikel, Anzahl und Lagerplatz enthalten waren. Bei dieser papierlosen Art der Kommissionierung stehen Kommissionierern nun beide Hände und die gerade relevanten Informationen zum Zeitpunkt der Nutzung zu Verfügung. So werden Kommissionierer mit dem Ziel der Kosten- und Fehlerersparnis mithilfe dieser technischen Assistenzsysteme durch das Lager geleitet (Guo et al., 2015). Visuelle oder auditive Kommissionierinformationen konkurrieren hierbei allerdings mit Umgebungsinformationen wie zum Beispiel Wegmarkierungen, Gabelstaplerpositionen und Regalinformationen um kognitive Ressourcen und können so potenziell zur Informationsflut beisteuern. Wichtige Faktoren kognitiver Ergonomie sind in diesem Zusammenhang bisher nicht hinreichend untersucht worden, um Durchblick und Kontrolle trotz Informationsflut zu unterstützen.

Für den sicheren, effizienten und vor allem menschengerechten Arbeitsablauf der Kommissionierung sind unterschiedliche kognitive Faktoren relevant (Grosse et al., 2015), die sich bei zu großer Belastung beanspruchend auf den Menschen auswirken. Wir widmen uns hier kognitiven Prozessen, die wichtig für die Informationsverarbeitung sind (Lesen und Verarbeiten der Artikelinformationen, Suchen und Finden

der Artikel im Regal). Mittels selektiver Aufmerksamkeit soll auf relevante Informationen fokussiert und irrelevante oder gar widersprüchliche Informationen sollen ignoriert werden. Dabei ist es wichtig, dass dennoch auf Veränderungen der Situation flexibel reagiert werden kann (kognitive Flexibilität) (Krummenacher & Müller, 2017).

In unserer Studie kombinierten wir deshalb ein Aufgabenwechselfparadigma (Kiesel et al., 2010; Vandierendonck et al. 2010), mit dem kognitive Flexibilität untersucht werden kann, mit einer Eriksen Flanker Aufgabe (Eriksen & Eriksen, 1974), die aufgrund ihrer konflikthaltigen Reize selektive Aufmerksamkeit nötig macht. Am Anfang eines Durchgangs gab ein Hinweisreiz an, welcher Kundenauftrag/Aufgabe (rot oder grün) nachfolgend bearbeitet werden soll. Damit verbunden waren bestimmte Reiz-Reaktions-Regeln zur Bearbeitung der Aufgabe. Die Art des Kundenauftrags wurde von Durchgang zu Durchgang randomisiert variiert, sodass sequentiell entweder Aufgabenwiederholungen oder Aufgabenwechsel erzeugt wurden. Als Maß für die kognitive Flexibilität gelten Wechselkosten (Differenz der Leistung zwischen Aufgabenwechseln und –wiederholungen) (Kiesel et al., 2010; Vandierendonck et al. 2010). Die Eriksen Flanker Aufgabe beinhaltet die Klassifikation des mittleren Buchstabens einer Buchstabenkette auf einer Leinwand. Hierbei konnten die jeweils äußeren Buchstaben entweder identisch (kongruent) oder gegensätzlich zueinander sein (inkongruent) und somit mit identischen oder gegensätzlichen Reaktionen assoziiert werden. Als Maß für die Stärke des induzierten Konflikts durch inkongruente Reize gilt die Größe des Kongruenzeffekts (Differenz der Leistung zwischen inkongruenten und kongruenten Reizen) (Botvinick et al., 2001). Reaktionen erfolgten mittels Tastendruckes. Die Hinweisreize wurden entweder über eine Datenbrille oder ein Headset präsentiert. Aus der Sicht der Kognitiven Ergonomie war nun interessant, welche Unterschiede in Bezug auf Wechselkosten und Kongruenzeffekte zwischen den Smart Devices bestehen, um eine Aussage über deren menschengerechte Gestaltung zu treffen.

## 2. Methoden

In dieser Arbeit wird ein Teil der Daten aus Kreuzfeldt et al. (2019) präsentiert. Die Diskussion wird allerdings erweitert, indem näher auf die Unterschiede der beiden Aktivitätsmodi „Gehen“ und „Stehen“ eingegangen wird.

### 2.1 Stichprobe

Sechzehn Probanden (davon fünf männliche) mit einem mittleren Alter von 25 Jahren (SD = 5) nahmen freiwillig an unserer Studie teil. Alle Probanden verfügten über normale oder korrigierte Sehfähigkeit und normale Hörfähigkeit. Sie gaben ihr Einverständnis und erhielten entweder Versuchspersonenstunden oder monetäre Vergütung (15 €) für ihre Teilnahme.

### 2.2 Apparatur und Stimuli

Die Aufgabe für die Probanden bestand in einer Klassifikation des mittleren Buchstabens einer Buchstabenkette auf der Leinwand (weiß auf schwarzem Hintergrund, Buchstabenbreite ca. 15 cm) bestehend aus fünf Buchstaben, entweder „H“ oder „S“. In Abhängigkeit des relevanten Kundenauftrags („grün“ oder „rot“) sollten die Artikel („H“ oder „S“) links oder rechts per linkem oder rechtem Tastendruck auf einer Palet-

te einsortiert werden. Kongruente Durchgänge bestanden aus fünf identischen Buchstaben (z.B. SSSSS), die mit der gleichen Reaktion assoziiert waren, und inkongruente aus unterschiedlichen Buchstaben (z.B. SSHSS), die mit unterschiedlichen Reaktionen assoziiert waren und dadurch Konflikt verursachten. Der Kundenauftrag konnte sich von Durchgang zu Durchgang potenziell unterscheiden und wurde durch einen Hinweisreiz als Wort („rot“ oder „grün“) visuell über die Datenbrille (weiß auf schwarzem Hintergrund, 68 Px Größe) oder auditiv über das Headset (Wörter per fromtexttospeech.com erzeugt) angekündigt. Fehlerfeedback erfolgte ebenfalls über die Datenbrille (korrekt: grüner Haken oder inkorrekt: rotes Kreuz) und das Headset (hoher Klingelton oder Buzzer).

Die Probanden standen in einer Entfernung von 2.85 Metern vor einer Leinwand mit den Maßen 2.53 m x 1.58 m, auf der das Fixationskreuz und die Buchstabenketten über einen Panasonic PT-EZ590 WUXGA Beamer präsentiert wurde. Bei der Datenbrille handelte es sich um eine Brother AiRScouter WD-200B und beim Headset um ein Bose SoundTrue Ultra. Speedlink Phantom Hawk Joysticks wurden für die manuelle Reaktionen genutzt.

### 2.3 Durchführung

Der Versuch war in eine Datenbrillen- und eine Headset-Bedingung zur Präsentation der Hinweisreize und Fehlerfeedback unterteilt (ausbalancierte Reihenfolge über alle Probanden hinweg), in denen jeweils die gleichen Klassifikationsaufgaben (s.o.) durchgeführt wurden. Die Stimulus-Reaktions-Regel (z.B. grün: „H“ links, „S“ rechts) war je Kundenauftrag entgegengesetzt und die Zuordnung über alle Probanden ausbalanciert.

Das Experiment startete mit einer Kalibrierung der Ausrichtung der Datenbrille zur Leinwand. Vor jeder neuen Blockart (Datenbrille vs. Headset) fanden acht Übungsdurchgänge statt. Jeder Durchgang begann mit dem Hinweisreiz von 400 ms und einer Pause/schwarzem Bildschirm von 200 ms. In dieser Zeit erschien ein Fixationskreuz auf der Leinwand. Der Stimulus auf der Leinwand erschien für maximal 1500 ms oder verschwand bei Tastendruck. Erfolgte innerhalb dieses Intervalls keine Reaktion, wurde der Durchgang als Fehler gewertet. Fehlerfeedback erschien für 500 ms auf der Datenbrille oder per Headset mit einem nachfolgenden schwarzen Bildschirm/Pause für 400 ms.

### 2.4 Design

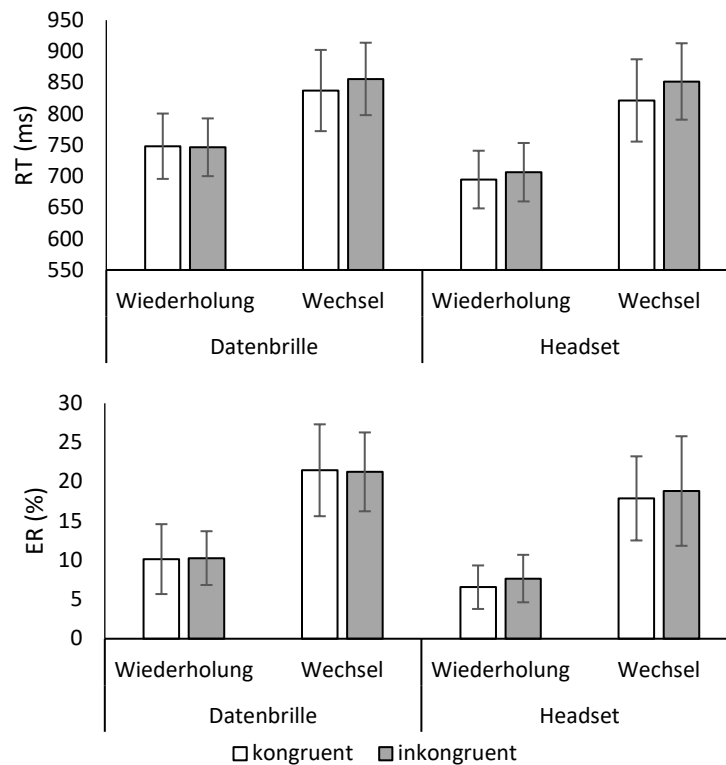
Als unabhängige intraindividuelle Variablen fungierten Smart Device (Datenbrille- vs. Headset-Bedingung), Aufgabenübergang (Wiederholung vs. Wechsel) und Kongruenz (kongruent vs. inkongruent). Die Stufen der Variablen Smart Device wurden wie oben erwähnt geblockt und ausbalanciert, die Stufen der anderen Variablen wurden randomisiert. Reaktionszeiten (RT) und Fehlerraten (ER) wurden als abhängige Variablen registriert. Alle statistischen Tests wurden mit einem Signifikanzniveau von .05 durchgeführt.

## 3. Ergebnisse

Für die Datenanalyse wurde der erste Durchgang in jedem Block entfernt, weil dieser weder als Aufgabenwiederholung noch -wechsel klassifiziert werden kann.

Durchgänge mit Reaktionszeiten (RT) von weniger als 100 ms wurden ebenfalls ausgeschlossen (< 0.1% aller Durchgänge), sowie Durchgänge in denen die RT von  $\pm 3$  SD des individuellen Mittelwerts abwich (0.5%). Der nachfolgende Durchgang nach einem fehlerhaften Durchgang wurde ebenfalls von der Analyse ausgenommen (14%), sowie fehlerhafte Durchgänge für die RT-Analyse.

Eine Varianzanalyse mit Messwiederholung wurde für RT-Daten und ER-Daten mit den Variablen Smart Device, Kongruenz und Aufgabenübergang. Es werden hier nur signifikante Effekte ( $\alpha < 5\%$ ) berichtet. In Abbildung 1 sind alle Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle als Funktion der oben genannten Variablen zu finden.



**Abbildung 1:** Reaktionszeiten und Fehlerraten als Funktion von Smart Device, Aufgabenübergang und Kongruenz. Fehlerbalken kennzeichnen das 95%-Konfidenzintervall.

Für die RT-Daten zeigten sich Haupteffekte für den Aufgabenübergang,  $F(1, 15) = 81.86$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .85$ , mit geringeren RT für Wiederholungen als Wechsel (724 ms vs. 842 ms) - also Wechselkosten - und für Kongruenz,  $F(1, 15) = 6.76$ ,  $p = .020$ ,  $\eta_p^2 = .31$ , mit schnelleren Reaktionen in kongruenten als in inkongruenten Durchgängen (775 ms vs. 790 ms) – also ein Kongruenzeffekt. Für die Variable Smart Device ließ sich nur ein Trend erkennen,  $F(1, 15) = 4.23$ ,  $p = .058$ ,  $\eta_p^2 = .22$ , mit numerisch schnelleren Reaktionen bei Gebrauch des Headsets als der Datenbrille (769 ms vs. 797 ms). Allerdings zeigte sich eine Zweifach-Interaktion von Smart Device und Aufgabenübergang,  $F(1, 15) = 5.27$ ,  $p = .037$ ,  $\eta_p^2 = .26$ . Die Wechselkosten waren größer bei Gebrauch des Headsets (136 ms) als bei Gebrauch der Datenbrille (99 ms). Die Wechselkosten in beiden Bedingungen unterschieden sich entsprechend signifikant von null:  $t(15) = 9.30$ ,  $p < .001$  (Headset) und  $t(15) = 6.26$ ,  $p < .001$  (Datenbrille).

In der ER-Analyse zeigte sich ein Haupteffekt für den Aufgabenübergang,  $F(1, 15) = 53.46$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .78$ , mit geringeren Fehlerraten bei Wiederholungen als bei

Wechseln (8.7% vs. 19.9%) – also Wechselkosten. Ein Trend war außerdem für den Haupteffekt Smart Device zu finden,  $F(1, 15) = 4.42$ ,  $p = .053$ ,  $\eta_p^2 = .23$ , mit numerisch höheren Fehlerraten für den Gebrauch der Datenbrille als für den des Headsets (15.8% vs. 12.7%).

#### 4. Diskussion

In dieser Studie wurden Aufmerksamkeitsprozesse beim Gebrauch von Smart Devices untersucht, um eine Aussage über die Kognitive Ergonomie dieser Technologien als Ersatz für die Papierkommissionierliste für den Einsatz im Lager zu treffen. Maßgeblich stellt sich hier die Frage, wie Mitarbeiter in der Kommissionierung am besten angeleitet werden, um trotz vielerlei Informationen von technischem Gerät und Umgebungsfaktoren den Überblick über ihre Handlungen und somit Arbeitsleistung zu behalten. Wichtig ist dies auch vor dem Hintergrund der Arbeitssicherheit. Dazu wurde ein Aufgabenwechselparadigma (Kiesel et al., 2010; Vandierendonck et al., 2010) mit einer Eriksen Flanker Aufgabe (Eriksen & Eriksen, 1974) verwendet und die Leistung von Probanden bei Gebrauch der Datenbrille mit der Leistung beim Gebrauch des Headsets verglichen.

Es zeigten sich spezifische Effekte je nach Smart Device: numerisch schnellere Reaktionen und numerisch weniger Fehler mit dem Headset als mit der Datenbrille, allerdings auch größere Wechselkosten - als Zeichen geringerer mentaler Flexibilität - mit dem Headset als mit der Datenbrille. Somit war es für die Probanden gerade in den Wiederholungsdurchgängen einfacher ihre Anweisungen per Headset zu empfangen als mit der Datenbrille. Sobald der Durchgang allerdings einen Wechsel verlangte und somit kognitive Flexibilität, war es für die Probanden einfacher per Datenbrille als über das Headset gesteuert zu werden. Wir finden hier also einen Geschwindigkeits-Aufmerksamkeits-Austausch.

Der Befund schnellerer Reaktionen mit dem Headset kann in Einklang mit der Idee von der Funktionsweise mentaler Regelverbalisierung gebracht werden. Die Mediation von Regeln per innerer Stimme scheint verbal abzulaufen und in der auditorischen Schleife des Arbeitsgedächtnisses verfügbar zu sein (Baddeley et al., 2001; Emerson & Miyake, 2003). Wenn der Hinweisreiz als Anweisung ebenfalls bereits in verbalem Format vorliegt und nicht mehr abgelesen und dabei verbalisiert werden muss, mag es zunächst zu schnelleren Reaktionen führen. Andersherum mag die Präsentation des Hinweisreizes als Anweisung über die Datenbrille dazu führen, dass diese Information sowohl in die auditorische Schleife als auch in den visuell-räumlichen Notizblock des Arbeitsgedächtnisses Eingang findet (Baddeley et al., 2001) und die Reaktion dadurch weniger anfällig gegenüber Interferenz wird. Somit fallen die Wechselkosten bei Verwendung der Datenbrille geringer aus.

Eine weitere wichtige Rolle spielt die menschengerechte Gestaltung und Einsatz von Smart Devices vor dem Hintergrund möglicher Wechselwirkungen mit dem eigenen Gang. Kommissionierer bewegen sich meistens gehend durch das Warenlager. Es bleibt zu erforschen, inwiefern sich kognitive Belastung durch die permanente Präsentation von Informationen durch Smart Devices auf den Gang auswirkt. Möglicherweise führt eine hohe Belastung dazu, dass weniger kognitive Ressourcen für den Gang zur Verfügung stehen und die Kommissionierer ausgleichend ihre Gehgeschwindigkeit drosseln (Boisgontier et al., 2013). Wenn allerdings - wie in der Logistikbranche üblich – hohe Geschwindigkeiten gefordert sind, kann es zu einer mentalen Fehlbelastung und Unfällen kommen (Fischer et al., 2008). In Kreuzfeldt et

al. (in Vorbereitung) gehen wir auf diese Wechselwirkung von mentaler Belastung während des Stehens und Gehens bei Komfortgeschwindigkeit bei Benutzung von Smart Devices ein. Wir verwenden hier eine vergleichbare Methodik wie in der aktuellen Studie. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass während des Gehens widersprüchliche Informationen, die einen mentalen Konflikt auslösen, besonders schädlich beim Tragen der Datenbrille im Vergleich zum Headset sind. Hier ist weitere Forschung zur menschengerechten Gestaltung von Smart Devices nötig.

## 5. Fazit

Um Kontrolle und Durchblick trotz Informationsflut im Lager zu unterstützen, müssen kognitiv-ergonomische Aspekte beim Einsatz von Smart Devices berücksichtigt werden. Erste Untersuchungen deuten darauf hin, dass das Headset (Pick-by-Voice) aufgrund schnellerer Reaktionen und weniger Fehler eher für den Einsatz in ruhigeren Warenlagern mit wenig Ablenkung geeignet ist. Sobald die Aufgaben allerdings komplexer werden oder mehr Ablenkung vorhanden ist, scheint die Datenbrille (Pick-by-Vision) besser geeignet zu sein.

## 6. Literatur

- Baddeley A, Chincotta D, Adlam, A (2001) Working memory and the control of action. Evidence from task switching. *Journal of Experimental Psychology: General* 130:641–657.
- Botvinick MM, Braver TS, Barch DM, Carter, CS, Cohen JD (2001) Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108:624-652.
- Boisgontier MP, Beets IAM, Duysens J, Nieuwboer A, Krampe RT, Swinnen SP (2013) Age-related differences in attentional cost associated with postural dual tasks: increased recruitment of generic cognitive resources in older adults. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 37:1824-1837.
- Emerson MJ, Miyake A (2003) The role of inner speech in task switching. A dual-task investigation. *Journal of Memory and Language* 48:148–168.
- Eriksen BA, Eriksen CW (1974) Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics* 16:143–149.
- Fischer H, Görner B, Karl M, Mössner T, Reyhl H, Schatte M, Tschöcke E, Weißgerber B (2008) Vermeiden von Unfällen durch Stolpern, Umknicken und Fehltreten. Dortmund, Berlin, Dresden: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg).
- Grosse EH, Glock CH, Jaber MY, Neumann WP (2015) Incorporating human factors in order picking planning models. Framework and research opportunities. *International Journal of Production Research* 53:695–717.
- Guo A, Wu X, Shen Z, Starner T, Baumann H, Gilliland S (2015) Order Picking with Head-Up Displays. *Computer* 48:16–24
- Kiesel A, Steinhauser M, Wendt M, Falkenstein M, Jost K, Philipp, AM, Koch I (2019) Control and interference in task switching—A review. *Psychological Bulletin* 136:849-874.
- Kreutzfeldt M, Renker J, Rinkenauer G (2019) The Attentional Perspective on Smart Devices: Empirical Evidence for Device-Specific Cognitive Ergonomics. In: Rebelo F, Soares M (Eds) *Advances in Ergonomics in Design. AHFE 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer, Cham, 3-13.
- Kreutzfeldt M, Renker J, Rinkenauer G (in Vorbereitung) The influence of gait on cognitive functions: Promising factor for adapting systems to the worker's need in a picking context.
- Krummenacher J, Müller H (2017) Aufmerksamkeit. In: Müsseler J, Rieger M (Hrsg) *Allgemeine Psychologie*. Berlin, Heidelberg: Springer, 103-151.
- Rinkenauer G, Kretschmer V, Kreutzfeldt M (2017) Kognitive Ergonomie in der Intralogistik. In *Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management*. Dortmund: Fraunhofer Institut, 1-13.
- Vandierendonck A, Liefoghe B, Verbruggen F (2010) Task switching: interplay of reconfiguration and interference control. *Psychological Bulletin*, 136:601-626.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## **Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten**

65. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft  
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme  
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit  
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

---

## **GfA-Press**

---

**Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019**

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,  
Technische Universität Dresden;  
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Dortmund: GfA-Press, 2019  
ISBN 978-3-936804-25-6

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 Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband 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**

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

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