

Darstellungsmöglichkeiten von Videos in Leitwarten – Einfluss von Spiegelungen und Zerrungen auf den mentalen Beanspruchungszustand der Operateure

Fabian RIES, Elena WOLF, Barbara DEML

*Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Engler-Bunte-Ring 4, D-76131 Karlsruhe*

Kurzfassung: Leitwarten aus verschiedenen Bereichen greifen oftmals auf Videokameras zurück, um Prozesse zu steuern und bestimmte Bereiche zu überwachen. Dabei weicht die Darstellung des Videomaterials mitunter von der Realität ab. So werden teilweise Weitwinkelobjektive genutzt, um einen größeren Bildbereich abbilden zu können. Dies kann dazu führen, dass das Videobild verzerrt dargestellt wird. Auch Spiegelungen und somit seitenverkehrte Darstellungen von Videos werden teilweise genutzt. Um den Einfluss der verschiedenen Anpassungen von Videomaterials auf den Beanspruchungszustand des Operateurs zu untersuchen, wurde eine experimentelle Laborstudie mit Leitwarten-Operateuren (N = 34) aus verschiedenen Bereichen (Sicherheit, Verkehr, Industrie) durchgeführt. In dieser wurde innerhalb einer Versuchsaufgabe die Anpassung des Videomaterials mithilfe von Spiegelungen und Zerrungen manipuliert und der Einfluss auf den Zustand der Operateure, insbesondere deren mentale Beanspruchung, untersucht. Dabei wurden neben subjektiven Bewertungen auch physiologische Messverfahren wie Eye-Tracking eingesetzt. Statistische Analysen weisen darauf hin, dass Anpassungen am Videomaterial einen signifikanten Varianzanteil sowohl bei den subjektiven Bewertungen als auch bei Augenparametern wie etwa des Parameters PERCLOS aufklären. Die Ergebnisse werden im Hinblick auf mögliche Implikationen für die Arbeitsgestaltung in Leitwarten diskutiert.

Schlüsselwörter: Leitwarten, Mentale Beanspruchung, Videos, Mensch-Maschine-Interaktion

1. Hintergrund

In vielen Leitwarten aus unterschiedlichen Branchen werden neben spezifischer Software auch Videos für verschiedene Tätigkeiten genutzt. Diese können etwa hilfreich sein, um bestimmte Bereiche zu überwachen, einen Gesamtüberblick über die Situation zu behalten oder Tätigkeiten und Aktionen räumlich zu koordinieren. Teilweise weicht die Darstellung des Videos dabei von der Realität ab, da etwa andere räumliche Gegebenheiten oder die Objektivwahl zu einem Unterschied in der Abbildung führen. Zwei mögliche Abweichungen stellen etwa seitenverkehrte, also gespiegelte Darstellungen sowie Zerrungen dar. Spiegelungen des Videomaterials können beispielsweise auftreten, wenn die Kameraperspektive etwa aus baulichen Gründen der gewohnten Ansicht entgegensteht. Zu verzerrten Darstellungen kann es dagegen unter anderem kommen, wenn ein Weitwinkelobjektiv genutzt wurde, um einen größeren Bereich darstellen zu können. Allgemein bezeichnen Bildzerrungen

oder auch Verzeichnungen geometrische Abbildungsfehler bei Foto- oder Videoaufnahmen, die zu einer lokalen Veränderung des Abbildungsmaßstabes führen. Insbesondere bei der Nutzung von Fischaugenobjektiven oder Weitwinkelobjektiven mit einem sehr großen Bildwinkel wird das Motiv dann gegebenenfalls mit einer Maßstabsverzerrung abgebildet.

Mögliche Auswirkungen auf den Zustand von Nutzern bei der Betrachtung von verzerrten oder gespiegelt dargestellten Videoaufnahmen, etwa im Hinblick auf die mentale Beanspruchung, sind bisher kaum durch Forschungsarbeiten untersucht worden. Eine Untersuchung von Gutwin und Fedak (2004), bei der Probanden eine Layout-Aufgabe auf einer interaktiven grafischen Oberfläche mit Fischaugen-Zerrungen unterschiedlicher Stärke bearbeiteten, zeigte, dass die Verzerrungen die Leistung in dieser Aufgabe deutlich beeinträchtigten, wobei die Aussagekraft der Ergebnisse im Hinblick auf Videoaufnahmen fragwürdig ist. Pikaar, Lenior, Schreibers und de Bruijn (2015) beschreiben in ihrer Arbeit dagegen eine Fallstudie, in der das Auftreten von Fischaugen- bzw. Weitwinkel-Verzerrungen bei Darstellungen von Videoaufnahmen in Schiffsschleusen bereits identifiziert wurde. Die Empfehlung der Autoren, auf Weitwinkelobjektive, die zu Verzerrungen des Bildes führen, insbesondere bei kurzen Distanzen möglichst zu verzichten, basiert allerdings nicht auf einer experimentellen Untersuchung, sondern lediglich auf qualitativen Interviews mit Operateuren zweier Leitwarten für Schiffsschleusen.

Aufgrund der bisher recht geringen Menge und beschränkten Aussagekraft bereits vorhandener wissenschaftlicher Erkenntnisse hinsichtlich des Effekts der Anpassung von Videomaterial auf den Zustand von Operateuren ist die Ableitung von Empfehlungen für die Arbeitsgestaltung in Leitwarten auf dieser Basis jedoch schwierig. Aus diesem Grund sollte im Rahmen einer Laborstudie unter kontrollierten Bedingungen näher untersucht werden, inwieweit Anpassungen des Videomaterials wie etwa Spiegelungen und Zerrungen Einfluss auf die mentale Beanspruchung der Operateure haben. Dabei wurde neben Fragebogenerhebungen auch die Blickerfassung genutzt, um ein umfassenderes Urteil hinsichtlich des Beanspruchungszustandes treffen zu können. Diese Methodik hat auch in anderen Forschungsbereichen zu Fortschritten in der Beanspruchungsuntersuchung geführt (Marquart, Cabrall & de Winter, 2015). Während die Richtung der Zusammenhänge mit mentaler Beanspruchung für einige Eyetracking-Parameter wie etwa die Anzahl und Dauer von Fixationen bisher noch uneindeutig ist (Bellenkes, Wickens & Kramer, 1997; Camilli, Nacchia, Terenzi & Di Nocera, 2008), zeigten sich insbesondere für den Parameter PERCLOS (percentage of eyelid closure) in der Vergangenheit recht gute und eindeutige Zusammenhänge mit mentaler Beanspruchung (Halverson, Estepp, Christensen & Monnin, 2012). Mithilfe der beschriebenen Methoden sollte in dieser Studie näher untersucht werden, inwieweit sich die Anpassungen von Videomaterial auf die mentale Beanspruchung von Leitwartenoperateuren auswirken. Die Implikationen der Ergebnisse im Hinblick auf Arbeitsgestaltung in Leitwarten werden abschließend ebenfalls diskutiert.

2. Methode

2.1 Stichprobe

Es nahmen 34 Leitwartenoperateure an der Untersuchung teil. Darunter befanden sich 28 Männer und 6 Frauen, das durchschnittliche Alter betrug 43,62 Jahre ($SD =$

9,28). Von den 34 Teilnehmern waren 15 im Bereich Verkehr (Schleusensteuerung, S-Bahn und ÖPNV), 15 im Bereich Sicherheit (private Sicherheitsfirmen, Polizei und Badeaufsicht) und vier im Bereich der Anlagenüberwachung (Industrie, Energie- und Wasserversorgung) tätig.

2.2 Material

Für das Laborexperiment wurde eine Versuchsaufgabe konstruiert, mit welcher die Effekte von Anpassungen des Videomaterials unter kontrollierten Bedingungen untersucht werden konnten. Dazu wurde eine Reaktionsaufgabe genutzt, bei der die Versuchspersonen auf Ereignisse im Video durch Tastendruck auf der Tastatur reagieren sollten. Die Aufgabe wurde an Tätigkeiten der Verkehrsüberwachung angelehnt. So wurden als Material Aufnahmen einer Autobahnkamera genutzt. Dabei bestand die Aufgabe der Versuchspersonen darin, diese zu betrachten und dabei durch Tastendruck auf bestimmte Fahrzeuge zu reagieren. Das ursprüngliche Videomaterial stammt von DriveCamUK (2017) und wurde vorab so bearbeitet, dass die Verkehrsrichtung dem deutschen Rechtsverkehr entspricht. Daraus wurden anschließend vier Stücke von jeweils vier Minuten ausgewählt, welche geschnitten wurden und jeweils einmal für jede der vier Bedingungen (keine Anpassung, schwache Zerrung, starke Zerrung, Spiegelung) überarbeitet wurden. Dadurch sollte ausgeschlossen werden, dass eine Darstellungsmöglichkeit mit einem spezifischen Video verknüpft ist und mögliche Effekte auf den Videoinhalt und nicht auf die Anpassung zurückzuführen sind. Aus den resultierenden Videos wurde für jede Versuchsperson in zufälliger Zuordnung eines für jede Darstellungsmöglichkeit ausgewählt und die vier ausgewählten Videos der Versuchsperson in zufälliger Reihenfolge dargeboten, wodurch wiederum Reihenfolgeeffekte ausgeschlossen werden sollten. Vor Beginn der Versuchsblöcke konnten sich die Versuchspersonen mit den verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten vertraut machen. Abbildung 1 gibt eine Übersicht über die vier genutzten Darstellungsmöglichkeiten.

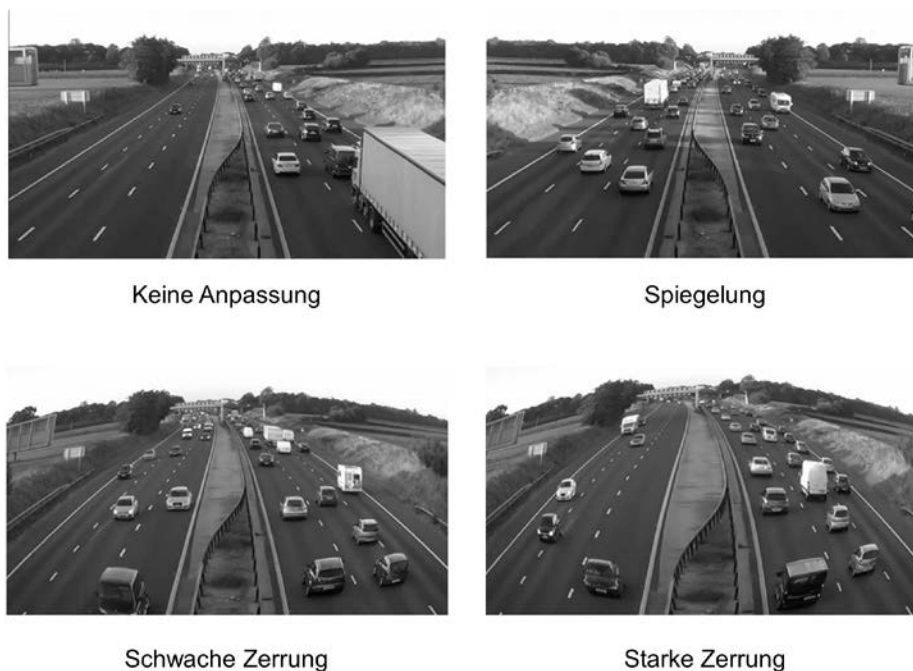


Abbildung 1: Übersicht der vier verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten

Als Messinstrumente wurden sowohl ein Fragebogen als auch die Methode der Blickerfassung genutzt. Zur Erfassung der subjektiv bewerteten mentalen Beanspruchung wurde dabei der NASA-TLX (Hart & Staveland, 1988) eingesetzt, wobei die Skala Körperliche Anforderung nicht erfasst wurde und der ungewichtete Gesamtmittelwert (RNASA-TLX) der verbleibenden Skalen ausgewertet wurde, was nach Byers (1989) zu nahezu äquivalenten Ergebnissen führt wie das ursprüngliche Auswertungsverfahren.

Zur Aufzeichnung der Blickbewegungen wurde ein Dikablis Professional Eye-Tracker der Firma Ergoneers GmbH eingesetzt, welcher über eine Aufzeichnungsrate von 60 Hz verfügt. Aus den gewonnenen Daten wurde anschließend der Parameter PERCLOS (Percentage of Eyelid Closure) ausgewertet.

Die inferenzstatistische Auswertung der Parameter erfolgte mithilfe Linearer Mixed-Effect Regressionen (LMER) oder Generalisierter Linearer Mixed-Effect Regressionen (GLMER) sowie Tukey-Post-hoc-Tests. Im Vergleich zu dem traditionellen Ansatz der messwiederholten ANOVA erlauben es LMER bzw. GLMER, die Varianz von Zufallsfaktoren ohne die Aggregation von Daten zu kontrollieren (Baayen, Davidson & Bates, 2008; Judd, Westfall & Kenny, 2012).

2.3 Versuchsablauf

Um die Effekte der Anpassungen von Videomaterial im Rahmen einer Reaktionsaufgabe auf den Zustand der teilnehmenden Operateure zu untersuchen, wurde ein messwiederholtes Versuchsdesign mit vier Faktorstufen genutzt, in welchem jede Faktorstufe einer Anpassung entspricht. Dabei wurde sowohl Videomaterial ohne Anpassungen als auch mit schwacher und starker Fischaugen-Zerrung sowie mit Spiegelung an der vertikalen Bildachse gezeigt. Die Versuchspersonen sollten sich vorstellen, in einer Verkehrsleitstelle zu arbeiten. Ihre Aufgabe bestand in der Beobachtung einer dreispurigen Autobahn, wobei auf bestimmte Zielreize, nämlich weiße Autos, reagiert werden sollte. Sobald ein solches auf der linken oder rechten Spur der vom Betrachter wegführenden Richtungsfahrbahn erschien, sollte die linke bzw. rechte Pfeiltaste der Tastatur gedrückt werden (diese waren zudem grün und gelb markiert). Fahrzeuge auf der mittleren Spur und auf allen Spuren der dem Betrachter entgegenkommenden Richtungsfahrbahn sollten nicht berücksichtigt werden.

Die Versuchspersonen wurden in der Vorbereitung darauf hingewiesen, dass bei der gespiegelten Darstellung Videodarstellung und Realität nicht mehr übereinstimmen. Autos, die im gespiegelten Video auf der linken Fahrspur zu sehen waren, führen in der Realität auf der rechten Spur, entsprechend waren Fahrzeuge, die im Video auf der rechten Spur zu sehen waren, in der Realität auf der linken Spur unterwegs. Die Antwort der Probanden sollte sich auf die Fahrspur in der Realität beziehen, dementsprechend sollte auf ein Auto auf der linken Fahrspur mit Druck der rechten Taste reagiert werden und umgekehrt.

3. Ergebnisse

3.1 Fragebögen: Mentale Beanspruchung

Es wurde herausgefunden, dass die Anpassung des Videomaterials signifikanten Einfluss auf die mittlere Bewertung der NASA-TLX-Skalen hat, $\chi^2(3) = 20.75$, $p <$

.001. Tukey Post hoc-Tests zeigen, dass die subjektive mentale Beanspruchung bei Spiegelungen an der vertikalen Bildachse signifikant höher bewertet wurde als bei Videomaterial ohne Anpassung ($\beta = 1.55$, $SE = 0.39$, $p < .001$). Für das Videomaterial mit schwachen Zerrungen ($\beta = 0.0058$, $SE = 0.39$, $p > .05$) und bei Videomaterial mit starken Zerrungen ($\beta = 0.064$, $SE = 0.39$, $p > .05$) zeigten sich dagegen keine signifikanten Unterschiede zur Version ohne Anpassung. Die deskriptiven Daten hierzu sind auch in Abbildung 2 dargestellt.

3.2 Eyetracking: Percentage of Eyelid Closure (PERCLOS)

Für den Parameter PERCLOS zeigte sich ebenfalls, dass die Anpassung des Videomaterials signifikanten Einfluss hat, $\chi^2(3) = 14.09$, $p < .01$. Tukey Post hoc-Tests zeigen, dass der PERCLOS bei einer Spiegelung an der vertikalen Bildachse signifikant größer war als bei Videomaterial ohne Anpassung ($\beta = 0.20$, $SE = 0.071$, $p < .05$). Für schwache ($\beta = 0.043$, $SE = 0.070$, $p > .05$) und starke ($\beta = -0.063$, $SE = 0.075$, $p > .05$) Zerrungen zeigten sich jedoch keine signifikanten Unterschiede zur Version ohne Anpassung. Die deskriptiven Daten hierzu sind ebenfalls in Abbildung 2 dargestellt.

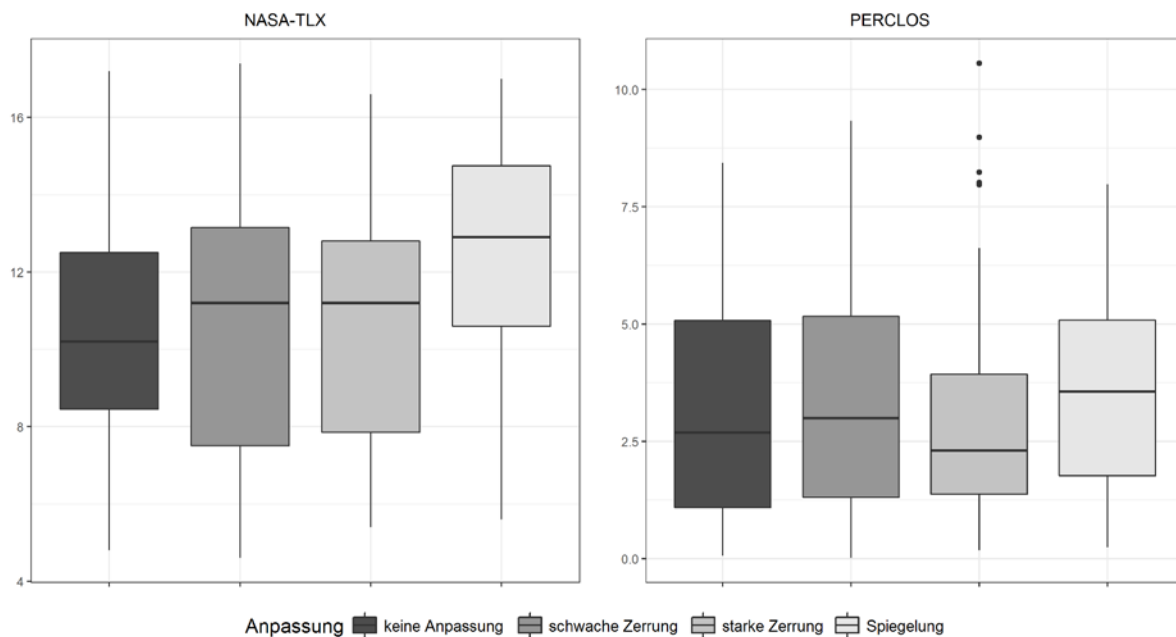


Abbildung 2: Werte des NASA-TLX (Wertebereich 1-20) sowie des PERCLOS (Werte in Prozent)

4. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die Spiegelung, also die seitenverkehrte Darstellung von Videomaterial einen deutlichen Einfluss auf die mentale Beanspruchung der Operateure bei der Bearbeitung einer Reaktionsaufgabe hatte. Dieses Bild spiegelt sich auch deutlich im Blickparameter PERCLOS wieder, der in dieser Bedingung ebenfalls signifikant größer ausgeprägt war als in der Bedingung ohne Anpassung. Die deutlichen Effekte der Spiegelung lassen sich mit hoher Wahrscheinlichkeit auf den durch die Spiegelung nötigen zusätzlichen Arbeitsschritt der Invertierung der

Reaktion zurückführen. So muss die Seite zunächst mental vertauscht werden, um anschließend eine korrekte Antwort geben zu können.

Für die Fischaugenzerrung zeigten sich dabei jedoch weder in der schwachen noch in der starken Ausprägung signifikante Unterschiede für die mentale Beanspruchung verglichen mit der Bedingung ohne Anpassung. Auch der Parameter PERCLOS zeigte hier keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen. Diese Anpassungen scheinen also zumindest in der genutzten Aufgabe nicht mit einer erhöhten mentalen Beanspruchung einherzugehen.

Bezogen auf die Arbeitsgestaltung in Leitwarten lässt sich also zusammenfassend festhalten, dass die Ergebnisse der Studie darauf hindeuten, dass eine seitenverkehrte Darstellung von Videos mit einer erhöhten mentalen Beanspruchung einhergeht, wenn die Seite relevant für die Aufgabe ist. Im Hinblick auf verzerrte Darstellungen von Videos konnten in den Ergebnissen keine Hinweise gefunden werden, die auf eine erhöhte Beanspruchung durch die verzerrte Darstellung von Videos zurückzuführen ist.

5. Literatur

- Baayen, R. H., Davidson, D. J., & Bates, D. M. (2008). Mixed-effects modeling with crossed random effects for subjects and items. *Journal of memory and language*, 59(4), 390-412.
- Bellenkes, A. H., Wickens, C. D., & Kramer, A. F. (1997). Visual scanning and pilot expertise: the role of attentional flexibility and mental model development. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*.
- Byers, J. C. (1989). Traditional and raw task load index (TLX) correlations: are paired comparisons necessary?. *Advances in Industrial Ergonomics and Safety I: Taylor and Francis*.
- Camilli, M., Nacchia, R., Terenzi, M., & Di Nocera, F. (2008). ASTEF: A simple tool for examining fixations. *Behavior research methods*, 40(2), 373-382.
- DriveCamUK. (2017). *M6 Motorway Traffic* [Videodatei]. Abgerufen am 31.07.2017 von <https://www.youtube.com/watch?v=PNCJQkvALVc>
- Gutwin, C., & Fedak, C. (2004). A Comparison of Fisheye Lenses for Interactive Layout Tasks. In *Proceedings of Graphics Interface 2004* (S. 213–220). School of Computer Science, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada: Canadian Human-Computer Communications Society.
- Halverson, T., Estep, J., Christensen, J., & Monnin, J. (2012). Classifying workload with eye movements in a complex task. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 56, No. 1, pp. 168-172). Sage CA: Los Angeles, CA: Sage Publications.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In P. A. H. and N. Meshkati (Hrsg.), *Advances in Psychology* (Bd. 52, S. 139–183). North-Holland.
- Judd, C. M., Westfall, J., & Kenny, D. A. (2012). Treating stimuli as a random factor in social psychology: a new and comprehensive solution to a pervasive but largely ignored problem. *Journal of personality and social psychology*, 103(1), 54.
- Marquart, G., Cabrall, C., & de Winter, J. (2015). Review of eye-related measures of drivers' mental workload. *Procedia Manufacturing*, 3, 2854-2861.
- Pikaar, R., Lenior, D., Schreibers, K., & Bruijn, D. D. (2015). Human Factors Guidelines for CCTV system design. Proceedings 19th Triennial Congress of the IEA, Melbourne 9-14 August 2015.

Danksagung: Dieses Forschungsprojekt wurde von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) initiiert und gefördert. Die Autoren bedanken sich bei Herrn Dr. Sascha Wischniewski und Frau Bettina Lafrenz 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