

## **Förderung gesunder Arbeit durch kontextsensitive Assistenzsysteme in der industriellen Fertigung und Montage**

Nils BACKHAUS<sup>1</sup>, Marco KNITTEL<sup>2</sup>, Kirsten WEISNER<sup>2</sup>, Martin BENTER<sup>3</sup>,  
Sascha WISCHNIEWSKI<sup>1</sup>, Thomas JAITNER<sup>4</sup>, Jochen DEUSE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Gruppe „Human Factors, Ergonomie“,  
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)  
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund

<sup>2</sup> Institut für Produktionssysteme, Technische Universität Dortmund  
Leonhard-Euler-Str. 5, D-44227 Dortmund

<sup>3</sup> Deutsche MTM-Vereinigung e.V., MTM-Institut  
Eichenallee 11, D-15738 Zeuthen

<sup>4</sup> Institut für Sportwissenschaft, Technische Universität Dortmund  
Otto-Hahn-Str. 3, D-44227 Dortmund

**Kurzfassung:** Zur Integration von Maßnahmen zur betrieblichen Gesundheitsförderung (BGF) im Rahmen von Industrie-4.0-Aktivitäten in Unternehmen wird für Beschäftigte in der Fertigung und Montage im Rahmen des Projekts AIM ein mobiles Assistenzsystem entwickelt. Das Assistenzsystem stellt nicht nur kontextsensitiv prozessrelevante Daten bereit, sondern meldet zudem individuell zugeschnittene gesundheitsbezogene Informationen zurück, z.B. ergonomische Bewertungen der Bewegungen der Beschäftigten. Durch das Assistenzsystem sollen zukünftig verhaltensorientierte BGF-Maßnahmen direkt in den Arbeitsalltag integriert werden. Für die Entwicklung des Assistenzsystems wurde eine Fallstudie bei einem Automobilzulieferer durchgeführt, die in diesem Beitrag vorgestellt wird. Dabei stehen Aspekte der Akzeptanz sowie arbeitsplatzbezogene Belastungen und Beanspruchungen im Fokus der Untersuchungen.

**Schlüsselwörter:** Kontextsensitive Assistenzsysteme, Ergonomie, Bewegungsanalysen, Betriebliche Gesundheitsförderung, Arbeiten 4.0

### **1. Ausgangslage**

Die Verbreitung digitaler, vernetzter Technologien sowie gestiegene Flexibilitäts- und Leistungsanforderungen in der Industrie führen zu einem Wandel industrieller Produktionsprozesse. Hierdurch verändern sich mit den Arbeitstätigkeiten auch die Belastungs- und Beanspruchungsprofile der Beschäftigten. Ein weiterer Megatrend ist der demografische Wandel. Die alternden Belegschaften erfordern eine alters- und altersgerechte Arbeitsgestaltung und Prävention (Gellert et al. 2017). Hierdurch entstehen neue Anforderungen an die Betriebliche Gesundheitsförderung, die sich zukünftig noch mehr an individuelle Voraussetzungen der Beschäftigten, Tätigkeit und Arbeitsplatz, aber auch an gesamtgesellschaftliche Veränderungen anpassen muss (Hermann et al. 2017). Zur Lösung dieser Herausforderung fokussiert der Beitrag eine technikseitige Unterstützung der Beschäftigten durch ein Assistenzsystem, das die jeweiligen Belastungs- und Beanspruchungsformen erkennt und präventiv wirksam wird.

## 1.1 *Arbeitsbedingungen der Beschäftigten in der industriellen Montage*

Trotz wachsender Automatisierungsbestrebungen spielt menschliche Arbeit in produzierenden Unternehmen weiterhin eine bedeutende Rolle. Die zunehmende Individualisierung von Kundenwünschen führt zu einer steigenden Produkt- und Prozessvielfalt, die in besonderem Maße die industrielle Montage betrifft, da oftmals an dieser Stelle der Wertschöpfungskette die eigentliche Produktindividualisierung erfolgt (Latos et al. 2017; Spath et al. 2013). Neben primär motorisch-energetischen Tätigkeiten sind daher vermehrt kognitive Aufgaben von Bedeutung, die zu einer steigenden psychischen Beanspruchung führen können (Dombrowski et al. 2014).

Der folgende Beitrag betrachtet beispielhaft ein Zuliefererunternehmen der Automobilbranche. Klassischerweise sind hier Beschäftigte in der Montage den folgenden Arbeitsbedingungen ausgesetzt: kurze Taktzeiten bei hohen Auslastungsgraden, geringer Einfluss auf die Arbeitszeit- und Pausengestaltung, ein hohes Ausmaß an Standardisierung und Leistungsvorgaben, geringe Handlungs- und Entscheidungsspielräume bzw. geringe Mitbestimmungs- und Entwicklungsmöglichkeiten (BAuA 2015; Latos et al. 2017).

## 1.2 *Kontextsensitives Assistenzsystem für die industrielle Montage*

Zur Umsetzung des Assistenzsystems sollen Smart Devices genutzt werden (Smartphones bzw. -watches), die sowohl zur Darstellung produktionsrelevanter Daten als auch zur Erfassung von Bewegungsdaten im Sinne einer ergonomischen Analyse der Arbeitstätigkeit geeignet sind (Nath et al. 2017). Zudem soll das System individualisierte Bewegungstrainings zur Gesunderhaltung unterstützen.

*Mobile, personenindividuelle Informationsbereitstellung:* Das Assistenzsystem soll kontextsensitiv sein, d.h. die Arbeitsumgebung kontinuierlich erfassen und auf signifikante Veränderungen reagieren. In Anbetracht der hohen Datendichte digitalisierter Arbeitsumgebungen kommt der Komplexitätsreduktion durch eine Anpassung an den individuellen Informationsbedarf der Beschäftigten eine besondere Rolle zu. Das System muss Informationen abhängig von der Tätigkeit, dem Arbeitsort und den Systemzuständen priorisieren (Dey 2001). Zudem sollte das System durch die Beschäftigten selbst individualisierbar sein. Das Assistenzsystem kann somit neue Möglichkeiten bieten, individuell auf alternde Belegschaften einzugehen und monotone Routinetätigkeiten durch neue, abwechslungsreichere Arbeitsaufgaben zu reduzieren, z.B. durch Job Enrichment (Deuse et al. 2015).

*Bereitstellung von Bewegungs- und Prozessdaten:* Smart Devices verfügen über eine Reihe von Sensoren zur Erfassung von Bewegungs- und Gesundheitsdaten (Reeder & David 2016) und stellen daher eine kostengünstige Möglichkeit der Bewegungserfassung dar. Zudem existieren bereits Studien, die mit Smart Devices ergonomische Bewegungsanalysen durchgeführt haben (Cvetković et al. 2017; Nath et al. 2017; Podgórski et al. 2017).

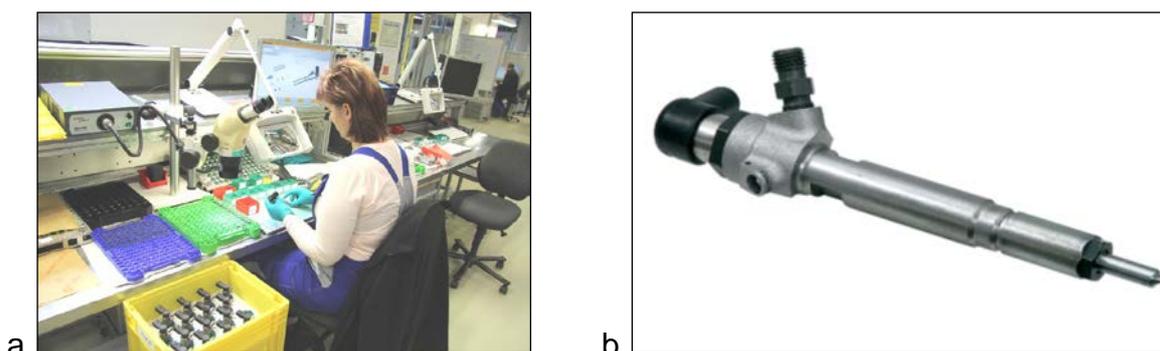
*Individuelles Methodentraining als verhaltensorientierte BGF:* Aufbauend auf den Bewegungs- und Prozessdaten soll das Assistenzsystem individuelle Trainingskonzepte für die Beschäftigten bereitstellen und personenspezifische Beanspruchungen durch gezielte Variationen ausgleichen (Weisner et al. 2016). Die Trainingsgestaltung kann z. B. in Form von aktiven Pausen erfolgen. Dadurch trägt das Assistenzsystem zur dynamischen, individuellen Anpassung der BGF bei.

## 2. Fallstudie

Die in diesem Beitrag behandelte Fallstudie entstammt einem Anwenderunternehmen aus dem Konsortium des BMBF-Forschungsvorhabens AIM. Das Unternehmen produziert am Standort unterschiedliche Zulieferteile für die Automobilindustrie. Ein Großteil der gefertigten Produkte stellen Einspritzdüsen für Dieselmotoren dar, sogenannte Injektoren (s. Abbildung 1b). Neben Bestrebungen zur kontinuierlichen Verbesserung der Belastungssituation wurden durch den Anwendungspartner Potenziale für individuelle Assistenzsysteme identifiziert, die zu einer weiteren Verbesserung der Belastungssituation beitragen sollen.

### 2.1 Auswahl des Referenzarbeitssystems

In mehreren Workshops konnten Anforderungen zur Auswahl eines Arbeitssystems bestimmt werden, das einen geeigneten Anwendungsfall zur Entwicklung des kontextsensitiven Assistenzsystems liefert. Wesentliche Anforderungen waren ein hoher Anteil manueller Arbeit, eine hohe Aufgabenvielfalt, ein hoher Anlernaufwand sowie eine vorherrschende physische bzw. psychische Belastung. Unter Berücksichtigung der dargestellten Anforderungen wurde letztlich ein System ausgewählt, das zur Demontage und Prüfung von Injektoren gilt. (s. Abbildung 1a).



**Abbildung 1:** a) Arbeitssystem zur Demontage und Prüfung von Injektoren beim Anwendungspartner  
b) Piezo-Dieselinjektor

### 2.2 Durchführung von Interviews mit Beschäftigten

Um die Bedingungen des Anwendungsfalls näher zu ermitteln und die Erwartungen bzw. Anforderungen an ein Assistenzsystem zu erheben, wurde ein leitfadengestütztes, semistrukturiertes Interview mit Beschäftigten vor Ort durchgeführt. Ziel war es, Trends aufzunehmen und den betrieblichen Kontext besser kennen zu lernen.

Die Beschäftigten ( $N = 9$ , 2 weiblich) arbeiteten alle auf dem Shopfloor in unterschiedlichen Funktionen (z.B. Sichtprüfung, Industrial Engineering). Die Befragten waren im Schnitt 41,4 Jahre alt (Spannweite 31 - 59) und arbeiteten im Mittel seit 16,4 Jahren (Spannweite 3 - 35) im Unternehmen. Inhaltlich gliederte sich das Interview in vier Themenkomplexe: 1. Wandel der Arbeitsgestaltung, 2. Physische und psychische Belastungen, 3. BGF und 4. Technische Assistenzsysteme. Die Interviews dauerten ca. eine Stunde. Die Aussagen der Befragten wurden stichwortartig transkribiert und in Anlehnung an die Qualitative Inhaltsanalyse (Mayring & Fenzl 2014) ausgewertet.

## 2.3 Ergebnisse

*Wandel der Arbeitsgestaltung:* Die Beschäftigten berichten von einer erhöhten Aufgabenvielfalt und gestiegenem Informationsbedarf. An vielen Stellen sei aktive Informationssuche erforderlich (Typenvielfalt, Multitasking). Allgemein wurde eine Erweiterung des Tätigkeits- bzw. Entscheidungsspielraums beschrieben (Tätigkeits-/Aufgabenwechsel, selbstgewählte Priorisierung) jedoch ohne die Möglichkeit eines zeitlichen Einflusses, mit Ausnahme der Absprache der Pausengestaltung im Team.

*Belastung und Beanspruchung:* *Physische Belastungsfaktoren* wie Lärm, Lastenhandhabung, chemische Gefahrstoffe (Waschmittel, Öle) sind konstant bis abnehmend. Durch technische Einrichtungen wie Hebehilfen und die Einführung eines ergonomischen Bewertungssystems wurde unternehmensseitig viel zur Prävention physischer Beanspruchungsfolgen unternommen. Trotzdem treten Muskel-Skelett-Erkrankungen (z.B. Rücken-/Nackenprobleme) und sensorische Probleme (z.B. Kopfschmerzen, visuelle Beanspruchung) immer noch auf. Bei *psychischen Belastungsfaktoren* wurden Monotonie, Multitasking, Arbeiten unter Zeitdruck sowie Schicht- und Nachtarbeit genannt. Die Tendenz ist hier konstant bis zunehmend, nicht zuletzt durch neue technische Anlagen und Automatisierung. Als häufige subjektiv erlebte Folgen der Beanspruchung werden Müdigkeit, Verdauungs- und Schlafprobleme durch Schicht- bzw. Nachtarbeit, hohe kognitive als auch sensorische Beanspruchung sowie vereinzelt Unzufriedenheit genannt. Insgesamt sei häufig eine hohe Selbstmotivation erforderlich.

*BGF:* Am Standort werden verschiedene Maßnahmen der BGF angeboten, die größtenteils auch bekannt sind (z.B. aktive Minipausen, Gesundheits- und Fitnessraum). Allerdings gaben lediglich sehr wenige Befragte an, vereinzelt Angebote zu nutzen. Der Hauptgrund war die fehlende Zeit bzw. der Mangel an Bedarf sowie die Nutzung von privaten Angeboten. Bedarfe bestehen insbesondere im Hinblick auf die Folgen der Beanspruchung des visuellen Systems bei der Sichtprüfung und auf die organisatorischen Zugänge zum BGF (z.B. Öffnung des Gesundheitsraums zur Nachtschicht). Zudem wurde der Wunsch geäußert, partizipativ bei der Gestaltung der BGF mitzuwirken, z.B. durch Betriebsbefragungen.

*Technische Assistenzsysteme:* Technische Hilfssysteme (Hebehilfen), digitale Informationsbereitstellung an den Anlagen bzw. Statusmonitore, auch mit Smartwatches (Pilotprojekt), und ein digitaler Fehlerkatalog am PC (Prüfearbeitsplätze) sind bereits im Einsatz. Weiterer Einsatzbedarf für eine digitale Assistenz besteht bei visuellen Prüfearbeitsplätzen sowie bei Instruktionen für Wartungs- und Rüstarbeiten. Als konkrete Idee wurde ein Tablet als Fehlerkatalog zur Anzeige von Produktionskennzahlen oder als digitaler Aktenschrank genannt. Eine wesentliche Forderung der Beschäftigten war die Berücksichtigung des menschlichen Faktors. Die Akzeptanz des Systems sollte sichergestellt, einer Abnahme von Fähigkeiten und Prozesswissen entgegengewirkt sowie die direkte Kommunikation zwischen Beschäftigten erhalten werden. Eine stabile und robuste Hardware mit ausreichender Akkulaufzeit bzw. eine bedienerfreundliche Software mit Vermeidung von Informationsüberlastung wurden ebenfalls gefordert.

### 3. Diskussion

Die Ergebnisse der Interviews spiegeln die allgemeinen Trends des Wandels der Arbeit wieder. Die steigende Komplexität führt zu erhöhten psychischen Belastungen während die physischen Belastungen nahezu konstant sind bzw. abnehmen. Den möglichen Beanspruchungsfolgen wird durch die BGF-Maßnahmen am Standort bislang noch nicht ausreichend entgegengewirkt. Gründe sind u.a. die niedrige Akzeptanz bzw. die fehlende Bereitschaft zur Nutzung der Angebote seitens der Beschäftigten. In diesem Kontext ermöglicht das geplante Assistenzsystem eine Erweiterung und Individualisierung des BGF-Angebots. Durch die Integration in die Arbeitstätigkeit sinkt auch die Einstiegsschwelle zur Teilnahme an den Maßnahmen und die Akzeptanz wird durch die Vermittlung des direkten Arbeitsbezugs erhöht (Huber 2006).

*Gebrauchstauglichkeit, Zuverlässigkeit und Akzeptanz:* Eine wichtige Voraussetzung ist die gebrauchstaugliche Gestaltung des Assistenzsystems. Aufgrund kleinformatiger Geräte und der genannten physischen Umgebungsbedingungen ist eine zweckorientierte Bedienbarkeit des Assistenzsystems von hoher Bedeutung. Kontextsensitivität kann zur Entlastung psychisch beanspruchender Multitasking- und monotoner Überwachungsaufgaben beitragen. Allerdings ist das System nur hilfreich, wenn es den Beschäftigten die wichtigsten Informationen anzeigt und wenig Fehlalarme sendet. Damit das System akzeptiert wird, sollte es die zwischenmenschliche Kommunikation am Arbeitsplatz nicht ersetzen, sondern vielmehr ergänzen.

*Herausforderungen für den Beschäftigtendatenschutz:* Das kontextsensitive Assistenzsystem verarbeitet umfassende Datenmengen aus dem Produktionsprozess und koppelt diese mit den durch Smart Devices aufgenommenen bzw. ausgewerteten Bewegungsdaten. Hierdurch entsteht das Potenzial für eine umfassende Überwachung. Daher ist grundsätzlich bei der Gestaltung solcher Assistenzsysteme der Nutzen für den Arbeitsschutz den mit dem Einsatz einhergehenden Risiken gegenüberzustellen und die Datenerfassung auf das für die kontextsensitive und gebrauchstaugliche Unterstützung erforderliche Maß zu beschränken. Alle Daten sollten des Weiteren (pseudo-)anonymisiert erfasst und gespeichert werden sowie ausschließlich dem Beschäftigten selbst Rückmeldungen geben.

*Zusammenfassung und Fazit:* Trotz der wachsenden Bedeutung von Industrie 4.0-Aktivitäten und weitreichenden Automatisierungsbestrebungen nehmen Beschäftigte weiterhin eine zentrale Rolle in der industriellen Fertigung ein. Aus diesem Grund ist die Entwicklung und Implementierung einer nachhaltigen und individualisierten BGF unumgänglich. Eine Möglichkeit zur Förderung dieses Vorhabens bietet die Entwicklung eines individuellen Assistenzsystems, das Beschäftigte kontextsensitiv in der Fertigung und Montage unterstützt.

Im Fokus der weiteren Arbeiten steht die Realisierung einer Bewegungsdatenerfassung mithilfe des Assistenzsystems, um verhaltensorientierte BGF-Maßnahmen, wie z.B. aktive Pausen, unter Berücksichtigung des Beschäftigtendatenschutzes zukünftig direkt in den Arbeitsablauf integrieren zu können. Weiterhin stellt die Verarbeitung und Überführung der erfassten Daten in eine Trainingsmethodik, die auf einen Belastungsausgleich der Beschäftigten abzielt, einen bedeutenden Aspekt dar.

Nur wenn sich der Wandel der Arbeitsgestaltung und die BGF parallel weiterentwickeln, kann eine sichere, ergonomische und gesundheitsförderliche Produktionsarbeit gewährleistet werden.

#### 4. Literatur

- BAuA (2015) Factsheet 13: Arbeitsbedingungen in der deutschen Automobilindustrie. Dortmund, Berlin, Dresden: BAuA.
- Cvetković B, Szeklicki R, Janko V, Lutomski P, Luštrek M (2017) Real-time activity monitoring with a wristband and a smartphone. *Information Fusion*.
- Deuse J, Busch F, Weisner K, Steffen M (2015) Gestaltung sozio-technischer Arbeitssysteme für Industrie 4.0. In: Hirsch-Kreinsen H, Ittermann P, Niehaus J (Eds), *Digitalisierung industrieller Arbeit*. Baden-Baden: Nomos, 147-164.
- Dey AK (2001) Understanding and Using Context. *Personal Ubiquitous Computing*, 5:4-7.
- Dombrowski U, Riechel C, Evers M (2014) Industrie 4.0 – Die Rolle des Menschen in der vierten industriellen Revolution. In: Kersten W, Koller H, Lödding H (Eds), *Industrie 4.0: Wie intelligente Vernetzung und kognitive Systeme unsere Arbeit verändern*. Berlin: GITO-Verlag, 129-153.
- Gellert FJ, Kesselmann M, Wilke CB (2017) Arbeitswelt im Wandel: Betriebliches Gesundheitsmanagement in alternden Belegschaften. *Prävention und Gesundheitsförderung*.
- Hermann T, Hirschle S, Kowol D, Rapp J, Resch U, Rothmann J (2017) Auswirkungen von Industrie 4.0 auf das Anforderungsprofil der Arbeitnehmer und die Folgen im Rahmen der Aus- und Weiterbildung. In: Andelfinger VP, Hänisch T (Eds), *Industrie 4.0: Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 239-253.
- Huber G (2006) Bindung und Barrieren im Betrieblichen Gesundheitsmanagement. *Bewegungstherapie und Gesundheitssport*, 22:134-137.
- Latos BA, Holtkötter C, Brinkjans J, Kalantar P, Przybysz PM, Mütze-Niewöhner S (2017) Partizipatives und simulationsgestütztes Vorgehen zur Konzeption einer flexiblen und demografie-robusten Montagelinie. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*.
- Mayring P, Fenzl T (2014) Qualitative Inhaltsanalyse. In: Baur N, Blasius J (Eds), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 543-556.
- Nath ND, Akhavian R, Behzadan AH (2017) Ergonomic analysis of construction worker's body postures using wearable mobile sensors. *Applied Ergonomics*, 62:107-117.
- Podgórski D, Majchrzycka K, Dąbrowska A, Gralewicz G, Okrasa M (2017) Towards a conceptual framework of OSH risk management in smart working environments based on smart PPE, ambient intelligence and the Internet of Things technologies. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 23:1-20.
- Reeder B, David A (2016) Health at hand: A systematic review of smart watch uses for health and wellness. *Journal of Biomedical Informatics*, 63:269-276.
- Spath D, Ganschar O, Gerlach S, Hämmerle M, Krause T, Schlund S (2013) *Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0*. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation.
- Weisner K, Knittel M, Enderlein H, Wischniewski S, Jaitner T, Kuhlmann P, Deuse J (2016) Assistenzsystem zur Individualisierung der Arbeitsgestaltung. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 111:598-601.

**Hinweis:** Teile dieser Untersuchung entstanden im Rahmen des Projektes AIM. Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „Arbeitsassistenzsystem für die Individualisierung von Arbeitsgestaltung und Methodentraining (AIM)“ wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ gefördert (Förderkennzeichen 02L14A162) und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.



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](mailto:thomas.heupel@fom.de)

**Screen design und Umsetzung**

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

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