

## **Herausforderungen und Maßnahmen zur Akzeptanzsteigerung beim Einsatz von Exoskeletten im SHK-Handwerk – Auswertung einer Befragung und Ableitung von Bedarfen**

Andreas ARGUBI-WOLLESEN<sup>1</sup>, Rico GANSSAUGE<sup>2</sup>, Björn HIPPE<sup>1</sup>,  
Annette HOPPE<sup>2</sup>, Roberto KOCKROW<sup>2</sup>, Matthias THIEL<sup>3</sup>, Robert WEIDNER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>EXOIQ GmbH, Jaffeestraße 12, D-21109 Hamburg

<sup>2</sup>Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Arbeitspsychologie  
Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg  
Siemens-Halske-Ring 14, D-03046 Cottbus

<sup>3</sup>Zentralverband Sanitär Heizung Klima  
Am Neuen Markt 11, D-14467 Potsdam

**Kurzfassung:** Das Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnikhandwerk (SHK) steht aktuell vor großen Herausforderungen. Ein hoher Anteil körperlich schwerer Arbeiten befördert Nachwuchsmangel, das Risiko für muskuloskelettale Beschwerden und Leistungsminderung älterer Arbeitnehmer\*Innen. Die Nutzung von physischen Unterstützungssystemen könnte ein Ansatz sein, dem entgegenzuwirken (vgl. Steinhilber et al. 2020). Diese versprechen insbesondere bei muskulär belastenden Arbeitsvorgängen in Zwangspositionen weitreichende Entlastungspotenziale. Aus ergonomischer und arbeitswissenschaftlicher Perspektive sind u.a. die physische Belastungsverlagerung sowie die arbeitsorganisatorischen und psychologischen Nutzungsaspekte besonders herausfordernd. Im durch das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) im Rahmen der INQA-Initiative geförderten Forschungsprojekt „Handwerksgeselle 4.0“ (HWG 4.0) wird die Praktikabilität, Akzeptanz und Usability entsprechender Technologien in diesem Anwendungsfeld analysiert. Hierzu führte der Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVSHK) eine deutschlandweite, wissenschaftlich begleitete Online-Befragung mit einem Rücklauf von 1.759 Handwerksbetrieben durch. Die erhobenen Daten zeigen Unterstützungsbedarfe, mögliche Anwendungsfelder von Exoskeletten und den erwarteten Nutzen durch den Einsatz derartiger Systeme auf. Die Befragung offenbarte eine signifikante Diskrepanz zwischen den biomechanisch-physiologisch abgeleiteten Unterstützungsleistungen von Exoskeletten zur Beanspruchungsreduktion und den sich daraus ergebenden Einsatzmöglichkeiten einerseits sowie den aktuell vorherrschenden Erwartungen der Nutzer\*Innen an den Funktionsumfang von Exoskeletten andererseits. Der Beitrag beleuchtet Herausforderungen für die Akzeptanz von Exoskeletten innerhalb der Branche und zeigt auf, welche Maßnahmen zur Akzeptanzsteigerung getroffen werden können.

**Schlüsselwörter:** Physische Belastung, Exoskelett, Akzeptanz, Handwerk

### **1. Das SHK-Handwerk und seine aktuellen Herausforderungen**

Das SHK-Handwerk steht aktuell vor großen Herausforderungen. Die Anzahl der Ausbildungsstellen hat sich nach Statistiken des ZVSHK in den vergangenen 20 Jah-

ren mit ca. 34.000 Plätzen halbiert. Dem gegenüber nehmen Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems in der Baubranche stets Spitzenposition bezüglich Arbeitsunfähigkeitstagen und verbundener volkswirtschaftlicher Kosten (2018: 27,8%) ein (vgl. BAuA 2020). Deutlich wird, dass insbesondere der Nachwuchs-mangel und typische Krankheitsbilder zentrale Aspekte sind, die besonders KMU zwingen, neue und nachhaltige Ansätze zur technologischen Unterstützung der Belegschaft zu finden. Arbeitsanteile, welche durch schwere körperliche Arbeit gekennzeichnet sind, bilden in dieser Branche eher die Regel als die Ausnahme und befördern das Risiko für muskuloskelettale Beschwerden sowie einhergehender Leistungsminderungen erfahrener Arbeitnehmer\*Innen. Der gezielte Einsatz physischer Unterstützungssysteme könnte einen Ansatz darstellen, diesem Trend entgegenzuwirken (vgl. Steinhilber et al. 2020). Das Projekt „HWG 4.0“ analysiert unter Leitung des ZVSHK die Praktikabilität, Akzeptanz und Usability entsprechender Technologien im realen Anwendungsbereich der Badsanierung. Dabei stehen ergonomische und gesundheitsförderliche Kriterien im Fokus der Analyse, die damit verknüpften positiven Wirkungen auf die Motivation, Arbeitsorganisation und -qualität sowie die Imageaufwertung des SHK-Berufsbildes bilden das strategische Ziel der Studie.

## **2. Exoskelette heute – technologischer Stand und Einsatzgebiete**

Exoskelette für den beruflichen Gebrauch sind tragbare Unterstützungssysteme, die ihre Träger je nach Gestalt in einzelnen Körperregionen mit zusätzlicher Kraft unterstützen (Rukina et al., 2016). Unter den Begriff Exoskelette fallen sowohl textilbasierte, weiche Exoskelette (wobei sich hier die Begrifflichkeit Exos-Suits vermehrt durchsetzt), als auch Formen mit rigider äußerer Struktur und textilen Schnittstellen. Über die inhärente Struktur der Exos-Suits als auch über passive und aktive Antriebe in den Exoskeletten, werden Kräfte auf die Nutzer\*innen übertragen. Hierdurch wird die physiologische Beanspruchung während körperlicher Lasthandhabungen reduziert (Theurel & Desbrosses, 2019). Mittels ihres mechanischen Aufbaus sind Exoskelette zudem in der Lage, äußere Lastenwirkungen (bspw. Gewichtskräfte von zu tragenden Lasten) von fragilen zu widerstandsfähigeren Körperregionen umzuleiten (beispielsweise von der Schulterregion auf die Hüfte). Bezogen auf die Form der Kraftunterstützung lassen sich „passive“ von „aktiven“ Exoskeletten unterscheiden (de Looze et al., 2016). In der Regel punkten passive Exoskelette mit mechanischen Federsystemen ohne separate Elektronik mit einem leichteren Systemgewicht. Aktive Systeme haben zumeist den Vorteil einer regelbaren, sich an wechselnde Arbeitsbedingung zielgenauer anpassbaren, Unterstützungscharakteristik. Aus der Literatur lässt sich deutlich ableiten, dass eine erfolgreiche Implementierung in die Praxis auf einem positiven Entlastungsempfinden sowie den Komforteigenschaften und der Performanz der Systeme basiert (Alabdulkarim et al., 2017).

## **3. Unterstützungswünsche und (falsche) Erwartungen im SHK-Handwerk**

Im Rahmen des Projektes „HWG 4.0“ wurde eine anwendungsorientierte Befragung durchgeführt. Die erhobenen Daten von N = 1.759 Handwerksbetrieben geben Aufschluss über Unterstützungsbedarfe, mögliche Anwendungsfelder und erwarteten Nutzen durch den Einsatz von Exoskeletten. Es wurde deutlich, dass schwere körperliche

Tätigkeitsanforderungen differenziert benannt werden konnten, sodass sich eine fundierte Grundlage für die Ableitung geeigneter Anwendungsfälle (Use Cases) im oben genannten Forschungsprojekt bot.

### 3.1 Einschätzung der Ausgangslage

Es zeigte sich ein hohes physisches Belastungsniveau durch Heben und Tragen schwerer Lasten, statische Haltearbeiten sowie Stemmarbeiten unter Verwendung von Power tools. Diese Belastungsschwerpunkte wurden von einer großen Anzahl der Befragten (bis zu 96,8 %) hervorgehoben und wirken zudem derart intensiv, dass Firmen bereits Kompensationsstrategien verfolgen.



**Abbildung 1:** Exemplarische Auswahl belastender Tätigkeiten mit Darstellung kritischer Winkelbereiche im SHK-Handwerk

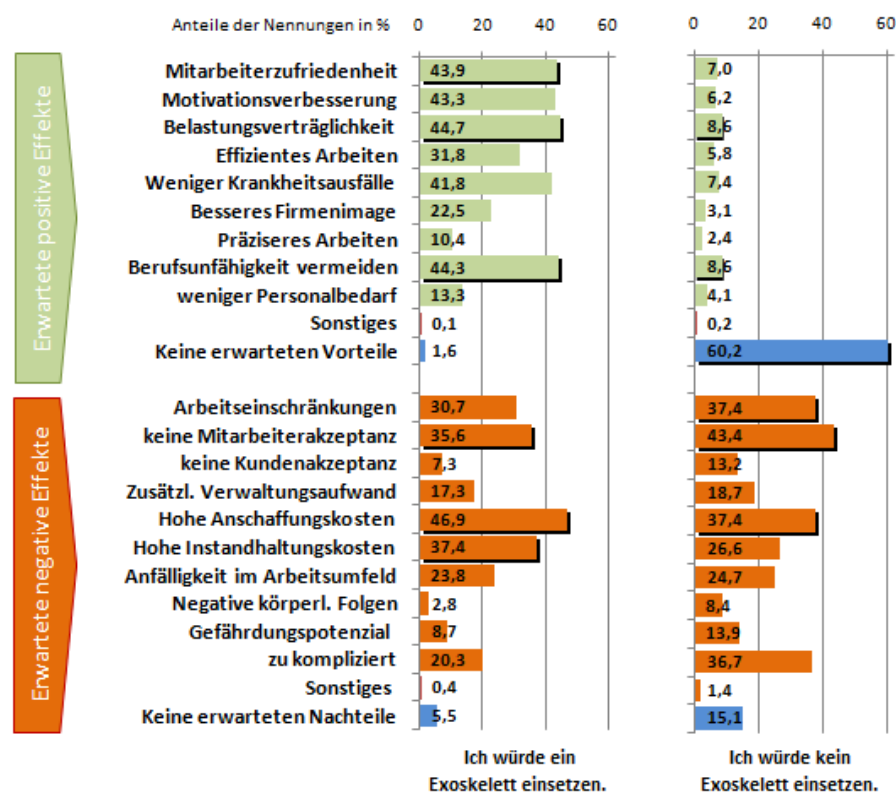
Aktuell wird dabei praktiziert, mehr Personal einzusetzen (61,4 %), Arbeitskräfte nach Belastungsverträglichkeit gezielt einzusetzen (66,8 %) sowie zusätzliche Hebehilfen vor Ort bereit zu stellen (70,2 %). Insbesondere die beiden erstgenannten Maßnahmen sind jedoch aus arbeitswissenschaftlicher und -wirtschaftlicher Sicht häufig nicht zielführend. Hier zeigt sich großes Potenzial in der Einführung von Exoskeletten. Die meisten marktverfügbaren Exoskelette konzentrieren sich zurzeit auf die beiden in der Umfrage erstgenannten Problemfelder (1) Arbeiten in und über Kopfhöhe mit Unterstützung der Schulter- und Nackenmuskulatur sowie (2) Hebe- und Tragevorgänge mit Unterstützung der unteren Rückenmuskulatur (Theurel & Desbrosses 2019). Für das SHK-Handwerk liegen allerdings bislang keine Erfahrungen zum Umgang mit Exoskeletten vor. Es fehlt an einem, den Bedarfen des Arbeitsumfeldes und der Mitarbeiter\*innenstruktur angepassten Orientierungsrahmen, der eine Entscheidungsfindung für passende Systeme erlaubt.

### 3.2 Meinungsbild zu Exoskeletten im Handwerk

Ungefähr Dreiviertel der befragten Unternehmen (76,3 %) stehen dem Einsatz von Exoskeletten offen gegenüber. Diese potenziellen Anwender sehen erwartungsgemäß häufig positive Wirkeffekte durch die Nutzung von Exoskeletten bei der Badsanierung. Insbesondere werden eine bessere Belastungsverträglichkeit der Arbeit, die Vermeidung von Berufsunfähigkeit und Erkrankungen, eine höhere Zufriedenheit sowie eine Motivationsverbesserung bei den Mitarbeiter\*innen erwartet. Die aktuelle Studienlage zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Exoskeletten kann diese Hoffnungen aber

noch nicht hinreichend untermauern. Während kurzfristige muskuloskelettale Entlastungen durch Exoskelette recht gut belegt sind, liegen noch zu wenige evidenzbasierte Forschungsergebnisse zu den längerfristigen Einflüssen zur Reduktion muskuloskelettaler Beschwerden vor (Steinhilber et al. 2020). Zur Bewertung des gesundheitlichen Benefits durch den Einsatz von Exoskeletten müssen diese umfassend analysiert und der gesundheitsförderliche Mehrwert untersucht werden (Alabdulkarim & Nussbaum 2019).

Mit 23,7 % gaben ca. 1/4 der befragten Unternehmen an, die Verwendung von Exoskeletten im Tagesbetrieb von vornherein nicht in Erwägung zu ziehen. So gestehen die Befragten mit ablehnender Haltung einer Nutzung auch nur in geringem Umfang Vorteile zu. Ein markanter Anteil wählt die explizite Option (vgl. Abb. 2).



**Abbildung 2:** Antwortsets geteilt nach potenziellen Nutzern (links) und Ablehnern (rechts)

Erstaunlicherweise erwarten beide Gruppen auch Nachteile. Der größte Nachteil für die potenziellen Exoskelett-Anwender sind die vermuteten hohen Anschaffungskosten, während die andere Gruppe vornehmlich Akzeptanzprobleme bei den Mitarbeiter\*innen befürchten. Hier müssen Mechanismen der Akzeptanzsteigerung ansetzen, um Vorurteile abzubauen und eine Affinität gegenüber körpergetragener Hilfsmittel zu generieren. Gleichmaßen werden Einschränkungen bei der Arbeit erwartet. Auch die Wartungskosten sowie eine mögliche, komplizierte Bedienung werden mit Skepsis gesehen. Je nach technologischem Aufwand bewegen sich die Anschaffungskosten aktueller Exoskelette im vier - bis fünfstelligen Bereich. Dazu kommt, dass es gerade für das SHK-Handwerk bislang keine Handreichung gibt, die die verfügbaren exoskelettalen Systeme auf ihre Eignung für die spezifischen Arbeitskontexte einordnet. Hieraus entsteht eine zusätzliche Unsicherheit über die Risiken einer Anschaffung. Die Tatsache, dass ein Großteil der Befragten trotz der vermuteten Nachteile eine Verwendung von Exoskeletten in Erwägung zieht, zeigt zudem deren hohe Erwartungshaltung und den wahrgenommenen Bedarfsdruck in den SHK-Betrieben.

Gerechtfertigt scheinen zudem die prognostizierten Nachteile, wie die Ergebnisse einer Studie mit zwei passiven Exoskeletten an Arbeitsplätzen in der Automobilindustrie zeigen (Hensel & Keil 2018). Demnach stehen den subjektiv empfundenen muskulären Entlastungen oft Komforteinschränkungen durch unpassende Schnittstellen etc. entgegen. Daraus leitete sich eine geringe Nutzungsintention ab. Der verbesserungswürdige Komfort wird oft als Hauptkritikpunkt an Exoskeletten hervorgehoben (de Vries & de Looze 2019). Hier besteht aktuell noch weitreichender Verbesserungsbedarf.

Darüber hinaus lassen die Umfrageergebnisse den Rückschluss zu, dass die Befragten die Unterstützungsleistung von Exoskeletten höher einschätzen als sie real zur Verfügung gestellt werden kann. Aktuell verfügbare Systeme für den betrieblichen Kontext erlauben keine vollumfängliche Lastableitung, sondern geben eine Unterstützungsleistung durch Lastumverteilung innerhalb der Körperstrukturen (de Vries & de Looze 2019), was die zu bewegende Last minimiert, aber nicht vollständig übernimmt. Eine exponentiell gesteigerte Kraft wird durch die marktverfügbaren Exoskelette nicht erzeugt (ebenda). Aus dieser körperimmanenten Umverteilung können ggf. neue Belastungspunkte resultieren (Theurel & Desbrosses 2019, Weston et al. 2018). Diese physische Belastungsverlagerungen sowie arbeitsorganisatorische und psychologische Nutzungsaspekte sind aus ergonomischer und arbeitswissenschaftlicher Perspektive besonders herausfordernd. Zudem ist das Ausmaß der Unterstützung nicht zuletzt durch sicherheitsrelevante Anforderungen beschränkt, da ein Nutzer das Exoskelett zu jedem Zeitpunkt mittels der eigenen Körperkraft übersteuern können muss.

#### **4. Konzepte der Akzeptanzsteigerung**

Die herausgestellte Diskrepanz zwischen den Erwartungen und den realen Möglichkeiten dieser Technologie ist sichtbar. Enttäuschungen oder negative Einstellungen und Erwartungshaltungen können so möglicherweise entstehen, die sich in einer Ablehnung äußern könnten (vgl. Hoppe 2009). Diese Ablehnung kann wiederum durch den Mangel an konkreten Erfahrungen positive Erfahrungen verhindern und sich somit selbst verfestigen. Im „Technology Acceptance Model“ (Davies et al. 1989) werden weitere unterstützende Variablen genannt. Dies ist die „Nützlichkeit“ (Usefulness), wobei der Nutzen der Technologie für den Anwender deutlich und klar erkennbar sein muss. Ein weiterer Faktor ist die „Benutzungsfreundlichkeit“ (Ease of Use). Das Produkt muss folglich einfach und ohne großen (Lern-)Aufwand nutzbar sein. Im Einsatzbereich Handwerk bedeutet dies, dass die entlastende Wirkung des Exoskeletts bei der Tätigkeitsausführung unmittelbar deutlich werden sowie der wahrgenommene Aufwand für Transport, Anlegen und Tragen gering sein sollte. Ähnliche theoretische Konzepte legen z.B. HA & STOEL (2009) vor, welche sogar eine positive Anregung (Excitement) durch die Benutzung als bedeutsamen Faktor sehen. Erkenntnisse von AJZEN (1991) weisen auf die Bedeutung einer positiven Einstellung hinsichtlich der Nutzungshäufigkeit hin. Dies stellt ein bedeutsames Anfangshemmnis dar, welches durch positive Erfahrungen mit dem System abgebaut werden kann. Weiterhin dürfen mit der Anwendung keine Sicherheitsrisiken verbunden sein, nur so kann sich Vertrauen in das Unterstützungssystem einstellen (Zhou 2012).

## 5. Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass der vermutete Mangel an Akzeptanz bei den Anwender\*innen derzeit einen bedeutsamen Hinderungsgrund darstellt. Zudem werden mit aktuell verfügbaren Systemen nur geringe Anwendungsvorteile bei den Ablehnern des Exoskeletts gesehen. Es ist davon auszugehen, dass die Akzeptanz durch testweisen Zugang zu Exoskeletten und Kommunikation der Vorteile gesteigert werden kann. Hersteller müssen dafür sorgen, dass der Nutzen sofort erkennbar und die Benutzerfreundlichkeit hoch ist, um geweckten Erwartungen gerecht zu werden. In Summe müssen physische Beanspruchungen durch die Anwendung soweit reduziert werden, dass eine bereits bestehende Akzeptanz erhalten bleibt. Durch eine verbreitete Nutzung von Exoskeletten sind Skaleneffekte zu erwarten, welche die Anschaffungskosten reduzieren und damit diesen Hemmnisgrund mindern sollten. Daher werden künftig im Projekt HWG 4.0 verstärkt Nutzungserfahrungen vermittelt. Über interaktive Webinare und Präsenzveranstaltungen mit Handwerksbetrieben sollen realistische Entlastungspotenziale kommuniziert werden.

## 6. Literatur

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50(2), 179-211.
- Alabdulkarim, S., & Nussbaum, M. A. (2019). Influences of different exoskeleton designs and tool mass on physical demands and performance in a simulated overhead drilling task. *Applied Ergonomics*, 74, 55–66. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.08.004>
- Alabdulkarim, S., Nussbaum, M. A., Rashedi, E., Kim, S., Agnew, M., & Gardner, R. (2017). Impact of task design on task performance and injury risk: Case study of a simulated drilling task. *Ergonomics*, 60(6), 851–866. <https://doi.org/10.1080/00140139.2016.1217354>
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin BAuA (2020). Volkswirtschaftliche Kosten durch Arbeitsunfähigkeit 2018.
- Davis, F. D.; Bagozzi, R. P.; Warshaw, P. R. (1989), User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models, *Management Science*, 35: 982–1003, doi:10.1287/mnsc.35.8.982
- Ha, S., & Stoel, L. (2009). Consumer e-shopping acceptance: Antecedents in a technology acceptance model. *Journal of Business Research*, 62(5), 565-571.
- Hensel, R., & Keil, M. (2018). Subjektive Evaluation industrieller Exoskelette im Rahmen von Feldstudien an ausgewählten Arbeitsplätzen. *Zeitschrift Für Arbeitswissenschaft*, 72(4), 252–263.
- Hsu, C. L., & Lin, J. C. C. (2016). An empirical examination of consumer adoption of Internet of Things services: Network externalities and concern for information privacy perspectives. *Computers in Human Behavior*, 62, 516-527.
- de Looze, M. P., Bosch, T., Krause, F., Stadler, K. S., & O'Sullivan, L. W. (2016). Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical work load. *Ergonomics*, 59(5), 671–681. <https://doi.org/10.1080/00140139.2015.1081988>
- Rukina, N. N., Kuznetsov, A. N., Borzikov, V. V., Komkova, O. V., & Belova, A. N. (2016). Surface Electromyography: Its Role and Potential in the Development of Exoskeleton. *SOVREMENNYE TEHNOLOGII V MEDICINE*, 8(2), 109–117. <https://doi.org/10.17691/stm2016.8.2.15>
- Steinhilber, B., Luger, T., Schwenkreis, P., Middeldorf, S., Bork, H., Mann, B., Heinrich, K. (2020). Einsatz von Exoskeletten im beruflichen Kontext zur Primär, Sekundär-, und Tertiärprävention von arbeitsassoziierten muskuloskelettalen Beschwerden.
- Theurel, J., & Desbrosses, K. (2019). Occupational Exoskeletons: Overview of Their Benefits and Limitations in Preventing Work-Related Musculoskeletal Disorders. *IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 24(8), 1–17.
- de Vries, A., & de Looze, M. (2019). The Effect of Arm Support Exoskeletons in Realistic Work Activities: A Review Study. *Journal of Ergonomics*, 9(4), 1–9.
- Zhou, T. (2012). Examining location-based services usage from the perspectives of unified theory of acceptance and use of technology and privacy risk. *Journal of Electronic Commerce Research*, 13(2), 135.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## Arbeit HUMAINE gestalten

67. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie (WiPs)  
Ruhr-Universität Bochum

Institut für Arbeitswissenschaft (IAW)  
Ruhr-Universität Bochum

3. - 5. März 2021

---

## GfA-Press

---

**Bericht zum 67. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 3. - 5. März 2021**

**Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie, Ruhr-Universität Bochum  
Institut für Arbeitswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Dortmund: GfA-Press, 2021  
ISBN 978-3-936804-29-4

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**

© 2021 fröse multimedia, Frank Fröse

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