

## **Einfluss der Stoßwelle auf die Schutzwirkung eines Kapselgehörschützers beim Schuss mit einer Jagdwaffe**

Karsten KLUTH, Pascal JUNG, Nicolas SÄNGER

*Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Ergonomie, Universität Siegen  
Paul-Bonatz-Str. 9-11, D-57076 Siegen*

**Kurzfassung:** Zur Überprüfung des Einflusses der Stoßwelle beim Schuss auf den Kapselgehörschutz wurden Schießversuche mit einer Großkaliberbüchse durchgeführt. Um einen menschlichen Einfluss auf die Messwerte auszuschließen, wurde der untersuchte Gehörschutz von einem modifizierten Kunstkopf getragen. Für die Auswertung der Abhebebewegung zwischen Gehörschutz und Kunstkopf während der Schussabgabe wurde die Abhebebewegung von außen mit Hilfe einer Hochgeschwindigkeitskamera gefilmt. Die Einflüsse einer zusätzlich aufgesetzten Mündungsbremse und eines Schalldämpfers auf die Messergebnisse wurden ebenfalls analysiert. Die Auswertung zeigt, dass es zu einer temporären Abhebung der Gehörschutzkapsel bei der Schussabgabe sowohl bei blankem Rohr als auch mit aufgesetzter Mündungsbremse kommt, wohingegen bei aufgesetztem Schalldämpfer keine Spaltbildung zwischen Kunstkopf und Gehörschützer vorliegt.

**Schlüsselwörter:** Gehörschädigung, Impulsschallbelastung, Gehörschutz, Kapselgehörschutz, Schalldämmung

### **1. Einleitung**

Der Gehörschutz ist sowohl bei der Jagd als auch im Schießsport eines der wesentlichsten Elemente der persönlichen Schutzausrüstung. Hierbei ist die Bauform als Kapselgehörschutz besonders weit verbreitet. Bei der Auswahl eines geeigneten Modells werden häufig die in den Datenblättern angegebenen Dämmwerte betrachtet, um zu überprüfen, ob eine ausreichende Dämmleistung für den Anwendungsfall vorhanden ist. Die in den Datenblättern angegebenen Dämmwerte beziehen sich jedoch auf einen korrekt aufgesetzten Gehörschutz, welcher während der Schallbelastung nicht beeinflusst wird. Das steht in deutlichem Gegensatz zu der Anwendungssituation beim Abfeuern einer Schusswaffe, was eine stark dynamische Belastung von Schütze und Gehörschutz bedeutet.

Bei der Audiometrie des Gehörs von Jägern im Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Ergonomie an der Universität Siegen im Jahr 2018 wurde festgestellt, dass das der Waffe abgewandte Ohr häufiger eine Schädigung aufweist als das Ohr, welches beim Abfeuern der Waffe auf dem Gewehrschaft aufliegt. Aus diesen Erkenntnissen heraus wurde die Arbeitshypothese formuliert, dass die sich beim Abfeuern der Waffe an der Mündung bildende Stoßwelle die Gehörschutzkapsel auf der waffenabgewandten Seite erfasst und sich durch die Bewegung ein Spalt zwischen dem Kopf des Schützen und der Dichtlippe der Gehörschutzmuschel bildet. Dieser Fall würde aber eine deutliche Abweichung von der Vermessungssituation, unter welcher die Dämmwerte für die Datenblätter normgerecht ermittelt werden, darstellen.

Waffen in der Jagd und dem Schießsport unterliegen grundsätzlich unterschiedlichen Anforderungen sowohl, was die gesetzlichen Bestimmungen betrifft als auch die technischen Anforderungen, um ein effektives Waffensystem für den jeweiligen Anwendungsfall zur Verfügung zu haben. Im Schießsport werden bei Kurzwaffen eine Mindestlauflänge vom 7,62 cm (3 ") und bei Langwaffen 40 cm durch das Waffengesetz vorgeschrieben. Bei Kurzwaffen mit Zentralfeuerzündung darf der Geschossdurchmesser 6,3 mm nicht unterschreiten. Bei Langwaffen ist eine Hülsenlänge von 40 mm vorgeschrieben" (N. N. 2003). Aus technischer Sicht sind Sportschützen bestrebt, dass je nach Schießordnung festgelegte Maximalgewicht der Waffe so weit wie möglich auszunutzen, da eine schwere Waffe das unbewusste Zittern der Waffe durch den Schützen dämpfen kann und der Rückstoß und Hochschlag der Waffe geringer ausfällt, was längere Schussserien ermöglicht und ein besseres Präzisionspotential bietet. Zudem besitzt ein Lauf mit größerem Durchmesser eine höhere Wärmekapazität und eine höhere Steifigkeit (vgl. Albrecht 2007). Zum einen führt dies dazu, dass mehr Schüsse möglich sind, bevor durch das Hitzeblimmern die Sicht des Schützen beeinträchtigt wird, zum anderen erhöht sich die Anzahl der Schüsse, bevor der Lauf zu heiß wird und dadurch die Präzision abnimmt. Die praktischen Anforderungen an jagdliche Schusswaffen unterscheiden sich gravierend von denen sportlicher Waffen. Häufig ist es der Fall, dass nicht mehr als 1-2 Schüsse auf der Jagd abgegeben werden, wodurch keine schweren Läufe zur Wärmeaufnahme nötig sind. Zudem wird z. B. bei der Pirschjagd die Waffe oft über mehrere Kilometer getragen, wodurch die Jagdwaffe eher ein möglichst geringes Gewicht haben sollte.

Im Schießsport wird am häufigsten der Kapselgehörschutz verwendet, da dieser häufig für komfortabler als Gehörstopfen empfunden wird, eine gute Dämmleistung bietet und beim häufigen Auf- und Absetzen praktischer ist als die Stopfen. In den meisten Fällen kommen passive Kapselgehörschützer zum Einsatz, da mit ihnen die Verständigung untereinander und mit der Schießaufsicht immer noch möglich ist und somit ein hochpreisiger aktiver Gehörschutz nicht notwendig ist. Im jagdlichen Bereich stellt der Gehörschutz ein weitaus größeres Problem dar. In Jägerkreisen dominiert häufig noch die Ansicht, dass „ein einzelner Schuss“ auf der Jagd nicht so schlimm ist. Zudem wird die Meinung vertreten, es gehöre sich nicht auf dem Hochsitz „Mickymäuse“ zu tragen, mit der Begründung, dass man das Wild so nicht mehr hören könne. Jedoch war in den letzten zehn Jahren zu beobachten, dass sich insbesondere auf den Gesellschaftsjagden die aktiven Gehörschützer immer weiter durchgesetzt haben und von manchen ein teurer Gehörschutz ähnlich wie eine teure Waffe als eine Art Statussymbol empfunden wird, was in diesem Fall der Akzeptanz in der Jägerschaft Vorschub leistet. Zudem ist bekannt, dass durch die aktiven Gehörschützer namhafter Hersteller insbesondere auf Treibjagden bei günstigen Umgebungsbedingungen die Entfernung, auf welche die Geräusche des heranwechselnde Wildes wahrgenommen werden können, deutlich vergrößert wird, was für den Jäger einen signifikanten Vorteil darstellt. Ein Kapselgehörschützer sollte schon deshalb auch die notwendige Schutzwirkung bieten.

## **2. Ursachen von reduzierter Dämmleistung bei Kapselgehörschützern**

Es ist notwendig, dass der Gehörschutz beim Abfeuern einer Schusswaffe seine volle Dämmung besitzt, da sich bei einem Schussknall von ca. 165 dB(C) (vgl. N. N. 2015) und der Dämmung eines Kapselgehörschutzes von etwa 30 dB (vgl. N. N. 2009)

der Schalldruckpegel am Ohr immer noch sehr nah an der Schädigungsgrenze des Gehörs befindet. Eine Reduzierung der Dämmleistung kann somit eine Schädigung des Gehörs nach sich ziehen.

Als mögliche Ursache für eine reduzierte Dämmwirkung des Gehörschutzes auf der waffenabgewandten Seite sind folgende Einflüsse denkbar:

1. Falsche Benutzung des Kapselgehörschützers: Das wird als mögliche Ursache für die Gehörschäden auf der waffenabgewandten Seite der Schützen nicht näher betrachtet, da die Schäden bei einer größeren Anzahl von Probanden festgestellt wurden, was eine kollektive falsche Benutzung des Kapselgehörschützers unwahrscheinlich erscheinen lässt.
2. Der Rückstoß der Waffe wird auf den Körper des Schützen übertragen, wodurch sich der Kopf ruckartig bewegt und der Gehörschutz für eine gewisse Zeit während der Schallbelastung nicht mehr vollflächig aufliegt. Auch hierauf wird nicht weiter eingegangen, da sich der Rückstoß auf beide Gehörschutzkapseln auswirken müsste, was nicht zu der einseitigen Gehörschädigung der Schützen passt.
3. Der Gehörschutz wird durch die von der Mündung ausgehende Stoßwelle der expandierenden Verbrennungsgase erfasst. Dies könnte dazu führen, dass der Gehörschutz verschoben oder abgehoben wird und somit die Dämmleistung während des Schusses reduziert wird.

Da die Stoßwelle an der Waffenmündung ein Verdichtungsstoß ist (vgl. Erdos & Del Guidice 1975), besitzt diese aufgrund des sprunghaften Druckunterschieds die Möglichkeit, eine Kraft auf die von ihr erfassten Objekte auszuüben und diese zu bewegen. Somit ist es grundsätzlich auch denkbar, dass die Stoßwelle eine Bewegung des Gehörschutzes und damit eine Verringerung der Dämmleistung bewirken kann. Die Stoßwelle breitet sich mit zunehmendem Abstand näherungsweise kugelförmig aus und erreicht somit auch den Kopf des Schützen. Eine Stoßwelle kann darüber hinaus von Oberflächen reflektiert werden (vgl. Sadwin et al. 2017). Für die zu untersuchende Wirkung der Stoßwelle auf den Kapselgehörschutz kann das zum einen bedeuten, dass dieser je nach Versuchsumgebung (z. B. Schießtisch als Waffenaufgabe) von zwei statt nur einer Stoßwelle erfasst wird. Zum anderen könnte es bedeuten, dass die reflektierte Stoßwelle auf den Gehörschutz trifft, welcher in diesem Moment durch die Auswirkungen der primären Stoßwelle nicht seine volle Dämmleistung besitzt und so eine Schädigung des Gehörs bewirken kann.

### **3. Einflüsse der Mündungsaufsätze auf die Stoßwelle**

Waffenkomponenten wie Mündungsaufsätze, unterschiedliche Lauflängen und Kaliber können einen erheblichen Einfluss auf den Mündungsgasdruck und damit auf die Eigenschaften der Stoßwelle haben. Somit ist auch ein signifikanter Einfluss der einzelnen Komponenten auf die Versuchsergebnisse zu erwarten. Die verschiedenen Mündungsaufsätze können grundlegend in die Gruppen „blanke Mündung“, „Mündungsbremsen“ und „Schalldämpfer“ unterteilt werden.

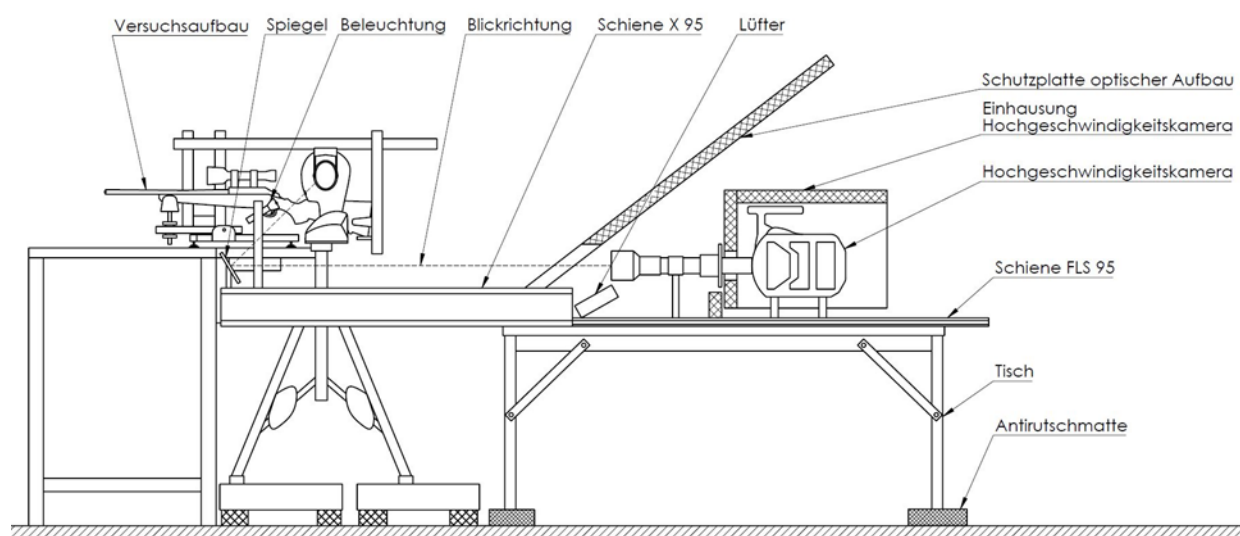
Die „blanke Mündung“ bezeichnet eine Waffenmündung ohne jegliche Aufsätze und ist bei Jagdwaffen am geläufigsten, da jagdlich Schalldämpfer erst seit kurzem erlaubt sind (vgl. N. N. 2020) und Mündungsbremsen im jagdlichen Gebrauch meist nicht notwendig sind. In diesem Fall bildet sich an der Mündung eine fast vollständig kugelförmige Stoßwelle aus (vgl. Erdos & Del Guidice 1975). Als Mündungsbremsen werden Aufsätze bezeichnet, welche durch ihre Geometrie, die meist aus Bohrungen oder Prallflächen besteht, durch das teilweise Umleiten der Gase nach hinten den

Rückstoß der Waffe reduzieren (vgl. Li & Zhang 2020). Der Schalldämpfer ist ein Mündungsaufsatz, welcher durch das Abbremsen der Verbrennungsgase die Schallbelastung des Schützen reduziert. Es war zu erwarten, dass der Einfluss der vermindert ausgeprägten Druckwelle auf einen Kapselgehörschutz durch diesen Mündungsaufsatz deutlich geringer ausfällt als bei den zuvor genannten Varianten.

Da alle Versuche mit nur einer Waffe ausgeführt wurden, konnten die weiteren möglichen Einflüsse auf die Stoßwelle – Lauflänge, Kaliber und Laborierung der Patrone – vernachlässigt werden. Für die Versuche wurde als Versuchswaffe die Büchse American Rifle Predator im Kaliber .308 Win des amerikanischen Herstellers Ruger gewählt. Als Mündungsaufsätze kamen neben der „blanken Mündung“ die Mündungsbremse C22 des Deutschen Herstellers Roedale sowie der Schalldämpfer Sonic 50 des dänischen Herstellers Nielsen zum Einsatz.

#### 4. Auswertung der Spaltbreite mittels Ultra High Speed-Aufnahmen

Um die Bildung eines Spaltes zwischen Kopf und Gehörschutzkapsel nachzuweisen, wurde ein Versuchsaufbau konstruiert (siehe Abb. 1), welcher es ermöglicht, den kritischen Bereich zwischen Kopf und Gehörschutz mit einer UHS-Kamera (Ultra High Speed) während der Schussabgabe zu betrachten. Dabei wurde der optische Aufbau vollständig von dem Aufbau des als Ersatz für den menschlichen Kopf verwendeten Kunstkopfes getrennt.



**Abbildung 1:** Versuchsaufbau für die Hochgeschwindigkeitsaufnahmen

##### 4.1 Mündungsbremse

Die Auswertung der Hochgeschwindigkeitsaufnahmen zeigt insbesondere bei aufgesetzter Mündungsbremse ein deutliches Abheben der Gehörschutzkapsel vom Kopf von durchschnittlich 0,11 mm. Hierbei ist besonders hervorzuheben, dass bei diesem Mündungsaufsatz mehrere Abhebevorgänge erkennbar sind, von denen der erste und zweite im Rahmen der Auswertung der Bilder im Durchschnitt fast den gleichen Abhebeweg erzeugen.

Da zwischen den Abhebevorgängen ein statischer Bereich zu erkennen ist, erscheint es plausibel, dass es sich hierbei um die Auswirkungen von zwei getrennten

Stoßwellen handelt, d.h. nicht um eine Rückfedervorgang, sondern um eine reflektierte Stoßwelle auf der Oberfläche des Schießtischs.

#### *4.2 Blanke Mündung*

Die Aufnahmen ohne Mündungsaufsatz zeigen einen deutlich geringeren Abhebeweg als die mit Mündungsbremse von durchschnittlich 0,03 mm. Der Abhebevorgang kann in diesen Fällen nur als einzelnes Bild mit erkennbarem Abhebeweg identifiziert werden. Somit kann nicht mit Sicherheit bestimmt werden, ob es sich bei dem ausgewerteten Abstand um die maximale Auslenkung oder lediglich eine Zwischenposition handelt. Dies untermauert die Annahme, dass die Stoßwelle, durch welche Schütze und Gehörschutz getroffen werden, deutlich schwächer ist als bei aufgesetzter Mündungsbremse.

#### *4.3 Schalldämpfer*

Da in den Schalldämpferaufnahmen keine Abhebebewegung erkennbar ist, kann daraus geschlossen werden, dass auch die möglicherweise noch vorhandene Stoßwelle im Vergleich zu den anderen Aufsätzen am schwächsten ausfällt. Das lässt darauf schließen, dass der Schalldämpfer in der Lage ist, neben dem Reduzieren des Spitzenschalldruckpegels, auch die Bildung einer Stoßwelle mit dem Potenzial die Gehörschutzkapsel abzuheben, effektiv zu verhindern.

#### *4.4 Rückstellverhalten des Gehörschutzschaumstoffes*

Aufgrund der kurzen Zeitspanne, in welcher sich die mögliche Abhebebewegung des Gehörschutzes abspielt, muss auch das Rückstellverhalten des Gehörschutzschaumstoffes zusätzlich betrachtet werden, da sich dieser möglicherweise nicht schnell genug ausdehnt, um einen entstandenen Spalt zwischen Gehörschutz und Kopf zu schließen, um so letztlich das Gehör zu schützen.

Mit dem bei Verwendung der Mündungsbremse entstandenen Spalt von 0,1 mm ergab sich eine Rückstellzeit des Schaumstoffs für eine Eindrucktiefe von 3 mm von 14,1 ms. Die ermittelten Rückstellgeschwindigkeiten weisen klar darauf hin, dass das Rückfedern des Gehörschutzes mit 1,5 ms fast zehn Mal schneller ist als die Zeit die der Schaumstoff benötigen würde, um den entstandenen Luftspalt zwischen Gehörschutz und Kopf durch Ausdehnen zu verschließen. Aus diesem Grund kann angenommen werden, dass das Gehörschutzpolster nicht in der Lage ist, den Schützen vor einem Spalt, der durch einen dynamischen Abhebevorgang infolge einer Stoßwelle entsteht, zu schützen.

### **5. Zusammenführung der Ergebnisse und Diskussion**

Es konnte nachgewiesen werden, dass die Stoßwelle, welche durch das Abfeuern einer Großkaliberbüchse entsteht, in der Lage ist, einen Kapselgehörschutz vom Kopf des Schützen abzuheben. Durch diese Bewegung der Gehörschutzkapsel während der Schallbelastung ist es äußerst fraglich, ob die in den Datenblättern des Gehörschutzes angegebenen Dämmwerte noch erreicht werden. Zudem deutet die Untersuchung des Gehörschutzpolsters darauf hin, dass das Rückstellverhalten des

Schaumstoffs nicht ausreicht, um den Schützen wirksam vor einer Spaltbildung zwischen Kopf und Gehörschutzkapsel zu schützen.

Eine weitere wichtige Erkenntnis ist, dass die Art des Mündungsaufsatzes eine wesentliche Rolle in Bezug auf die Gefährdung des Gehörs des Schützen spielt. Insbesondere Mündungsbremsen stellen somit eine Gefährdung für das Gehör dar. Zudem kann angenommen werden, dass darüber hinaus speziell das Gehör von Nachbarschützen ebenfalls von einer Waffe mit aufgesetzter Mündungsbremse gefährdet wird.

In Bezug auf die räumliche Beschaffenheit kann gesagt werden, dass die Auswertungen darauf hindeuten, dass die Beschaffenheit der Schießtischoberfläche maßgeblich für die Entstehung einer zweiten Stoßwelle ist, die während des Schusses eine zweite Abhebebewegung erzeugt. Somit sollte bei einer zukünftigen Beurteilung von Schießständen in Bezug auf den Schallschutz dieser Aspekt mit betrachtet werden.

Da der Versuchsaufbau es nicht ermöglichte, die unterschiedliche Schallbelastung des Gehörs des Schützen durch eine angehobene Gehörschutzkapsel zu beurteilen, kann an dieser Stelle nicht abschließend beurteilt werden, wie hoch die Schallbelastung und damit das Gefährdungspotential für den Schützen bei einer durch die Stoßwelle hervorgerufenen Spaltbildung zwischen Kopf und Gehörschutzkapsel ist.

Weiterhin ist zu betonen, dass es sich bei dem für den Versuch verwendeten Kaliber .308 Win um eine im Vergleich schwache Patrone handelt. Bei der Jagd fällt die Wahl der Jäger häufig auf leistungsfähige Kaliber, welche möglicherweise noch größere Abhebewege erzeugen würden. Zudem ist es im Schießsport häufig der Fall, dass Mündungsbremsen mit sehr leistungsstarken „Longrange“ Kalibern kombiniert werden, was sich somit in doppelter Hinsicht negativ auf die Schutzwirkung des Kapselgehörschutzes auswirken dürfte.

Für den Schutz des Gehörs bleibt nur die Empfehlung, speziell bei der Verwendung von Mündungsbremsen einen doppelten Gehörschutz aus Kapselgehörschutz und Gehörschutzstöpseln zu verwenden, um eine reduzierte Wirksamkeit des Kapselgehörschutzes zu kompensieren. Zudem sollte der Einsatz von Schalldämpfern durch den Gesetzgeber nicht behindert, sondern maßgeblich gefördert werden.

## 6. Literatur

- Albrecht, R. (2007) Präzisionsschießen, ein Leitfaden für alle Langwaffenschützen. Stuttgart: Motorbuchverlag.
- Erdoş JI, Del Guidice PD (1975) Calculations of Muzzle Blast Flow Fields. AIAA Journal 13, 8: 1048-1055. <https://doi.org/10.2514/3.60503>.
- Li P, Zhang X (2020) Numerical research on adverse effects of muzzle flow formed by muzzle brake considering secondary combustion Defence Technology (IF3.172), DOI: 10.1016/j.dt.2020.06.019.
- N. N. (2003) Allgemeine Waffengesetz-Verordnung (AWaffV) vom 11. Oktober 2002 (BGBl. I S. 3970, 4592, 2003 I S. 1957).
- N. N. (2009) Peltor: Technisches Datenblatt Peltor Optime II.
- N. N. (2015) Visier Special 78 Schalldämpfer. Nassau: VS Medien GmbH.
- N. N. (2020) ASP-Jagdverordnung NRW. Gesetz- und Verordnungsblatt (GV. NRW.) Ausgabe 2020 Nr. 7 vom 23.3.2020: 177-184.
- Sadwin LD, Swisdak MM, Gitterman Y, Lotan O (2017) Shock Wave Energy: Explosions in Air. Ground and Water, 30th International Symposium on Shock Waves 2: ISSW30 – Vol 2: 1307-131.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## Technologie und Bildung in hybriden Arbeitswelten

68. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und  
Fabrikautomatisierung IFF, Magdeburg

02. – 04. März 2022

---

## GfA-Press

---

**Bericht zum 68. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 02. – 04. März 2022**

**Otto-von Guericke-Universität Magdeburg;  
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Sankt Augustin: GfA-Press, 2022  
ISBN 978-3-936804-31-7

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Sankt Augustin**

**Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast**

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.

### **Geschäftsstelle der GfA**

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003

Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

[info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](mailto:info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de) · [www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](http://www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de)

### **Screen design und Umsetzung**

© 2022 fröse multimedia, Frank Fröse

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