

## **Akustische Untersuchung von Motorrad- und Fahrradhelmen im Windkanal**

Aydin ÜNLÜ, Daniela HAGEDORN, Mahmod HUSEN, Karsten KLUTH

*Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Ergonomie, Universität Siegen,  
Paul-Bonatz-Straße 9-11, D-57068 Siegen*

**Kurzfassung:** Diese Studie analysiert die Akustik von Motorrad- und Fahrradhelmen im Windkanal mit dem Schwerpunkt auf verschiedene Fahrbedingungen und Helmmodelle sowie Körperhaltungen der fahrenden Person. Einer Literaturstudie zur Schallbelastung von Zweiradfahrern folgen die Ergebnisse der Laborstudie im Windkanal, welche einen Einblick in die vielfältigen Auswirkungen diverser Faktoren auf die Helmakustik und der auf das Gehör einwirkenden Schalldruckpegel geben. Unterschiede in der Helmgestaltung sowie der eingenommenen Körperhaltungen auf dem Fahrzeug zeigen signifikante akustische Auswirkungen. Zudem wird deutlich, dass die akustische Belastung nicht nur auf dem Motorrad, sondern auch auf dem Fahrrad von Bedeutung sein kann. Windabweiser an Fahrradhelmen fördern eine Reduzierung der Schalleinwirkung.

**Schlüsselwörter:** Motorradhelm, Fahrradhelm, Strömungsakustik, Windkanal, Schalldruckpegel, Gehörgefährdung

### **1. Einleitung**

Zweiradfahrer sind beim Fahren permanent Windgeräuschen ausgesetzt, welche je nach Fahrgeschwindigkeit zu hohen Gehörbelastungen führen können. Bekanntermaßen sind es die Motorradfahrer, wenn sie über Jahre langandauernde Fahrten unternehmen, die einem erhöhten Risiko für Gehörschäden ausgesetzt sind. Deshalb leiden berufsbedingte Vielfahrer, wie z. B. Polizisten, nicht selten an einem herabgesetzten Hörvermögen (Hüttenbrink 1982). Schon ab einer Geschwindigkeit von etwa 70 km/h werden die Motorengeräusche vom Windgeräusch des umströmten Helms verdeckt (Schueler et al. 2007). Setzt man die berufliche Grenze für den Tages-Lärmexpositionspegel von 85 dB(A) an, ab dem eine Tragepflicht für Gehörschutzmittel besteht, dann kann das nur bei Fahrten bis max. 60 km/h eingehalten werden. Bei Autobahnfahrten mit weit über 100 dB(A) ist laut Maue (1990) bereits nach ca. 15 Minuten eine gehörfährdende Tagesdosis erreicht. Die Geräuschbelastung kann dann zu einer Vertäubung führen und zudem auch die Leistungsfähigkeit und das Konzentrationsvermögen im Straßenverkehr herabsetzen (Brown & Gordon 2011).

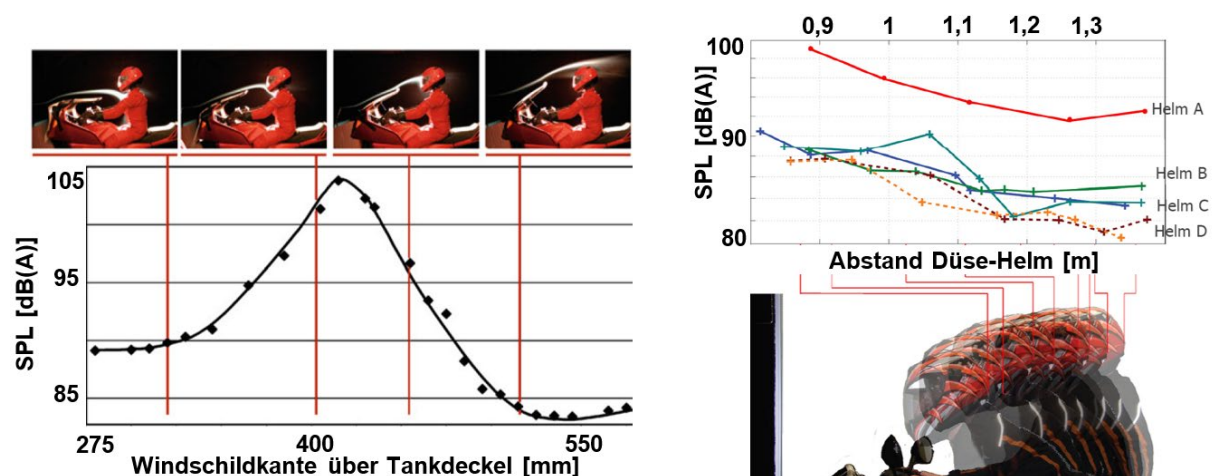
Bei Fahrradfahrern, welche Geschwindigkeiten von über 40 km/h fahren können und im sportlichen Wettkampf noch deutlich darüber hinaus, sind die Ohren durch den Fahrradhelm meist nicht abgedeckt. Der Fahrtwind kann sich dabei an den Ohrmuscheln, am Helmriemen und Helmschale oder an Brillenbügeln aufgrund von geräuschintensiven turbulenten Luftverwirbelungen negativ auf das Gehör auswirken. Die Entstehung derartiger Luftverwirbelungen kann mithilfe von Windabweisern am

Stirnband, an Unterziehhäuben sowie an Hals- und Ohrabdeckungen reduziert werden. Auch die Befestigung eines dick gefütterten Stoffes am vorderen Helmriemen, bekannt als Airstreamz, kann die Geräusche am Ohr verringern (Raimund 2022). Bisher liegen jedoch keine Studien oder Messungen zu diesem Ansatz vor.

Eine Studie von McCombe et al. (1995) untersuchte 18 Motorradfahrer nach einer einstündigen Fahrt mit etwa 130 km/h hinsichtlich einer temporären Hörminderung. Der größte Hörverlust von durchschnittlich 10,3 dB(A) trat bei 1 kHz auf. Ebenfalls untersucht wurde an 246 Motorradfahrern eine mögliche permanente Hörminderung, wobei ein Hörverlust bei 0,5 und 1 kHz jeweils um 3,7 dB(A) festgestellt wurde. Die Schallbelastung der Ohren beim Motorradfahren entsteht durch die Anströmung von Oberflächen, Druckfluktuationen und Turbulenzen an Abrisskanten. Diese gelangen über eine Körperschallanregung und durch Helmöffnungen zum Gehörgang. Nur ein geringer Teil des Luftschalls wird als Grenzschichtlärm abgestrahlt (Janke & Reitebuch 2023). Laut Holt et al. (2011) tritt eine permanente Hörminderung in unterschiedlichen Frequenzbereichen je nach Motorradhelm auf. Dabei wurden zur Vertäubung in einer Laborstudie weißes Rauschen als Prüfgeräusch eingesetzt, welches einer Motorradfahrt mit 110 km/h gleichgesetzt wurde. Die resultierende Hörschwellenverschiebung wurde durch Audiometrie gemessen.

## 2. Literaturstudie zur Schallbelastung von Zweiradfahrern

Die Innenakustik von Motorradhelmen beinhaltet eine komplexe Verflechtung zahlreicher Einflussgrößen, die nicht isoliert betrachtet werden können, sondern in enger Wechselwirkung stehen. Technische Einflussgrößen der Helme, wie z. B. Kinn- und Kopfspoiler, strukturierte Oberflächen, Belüftungskanäle und Ohrpolster, sowie der Motorradtyp samt Ausstattung (z. B. Windschild) spielen eine entscheidende Rolle. Die Helmakustik wird jedoch auch durch individuelle Einflussgrößen des Fahrers wie die Helmpassform, Kleidung (z. B. Kragen, Halstuch), die Körpergröße, Sitzposition, Kopf- und Körperhaltung sowie Kopfform, Halsdicke und -länge beeinflusst. In Abbildung 1 wird für fünf Versuchspersonen beispielhaft nach Rothhämel (2010) der Schalldruckpegel am Gehör je nach Körperhaltung und nach Janke & Reitebuch (2023) mit Bezug zur Windschildhöhe bei 100 km/h mit Motorradhelmen dargestellt.



**Abbildung 1:** Schalldruckpegelmessung im Gehörgang. Links: Einfluss der Windschildhöhe (Janke & Reitebuch 2023). Rechts: Einfluss der Körperhaltung (Rothhämel 2010)

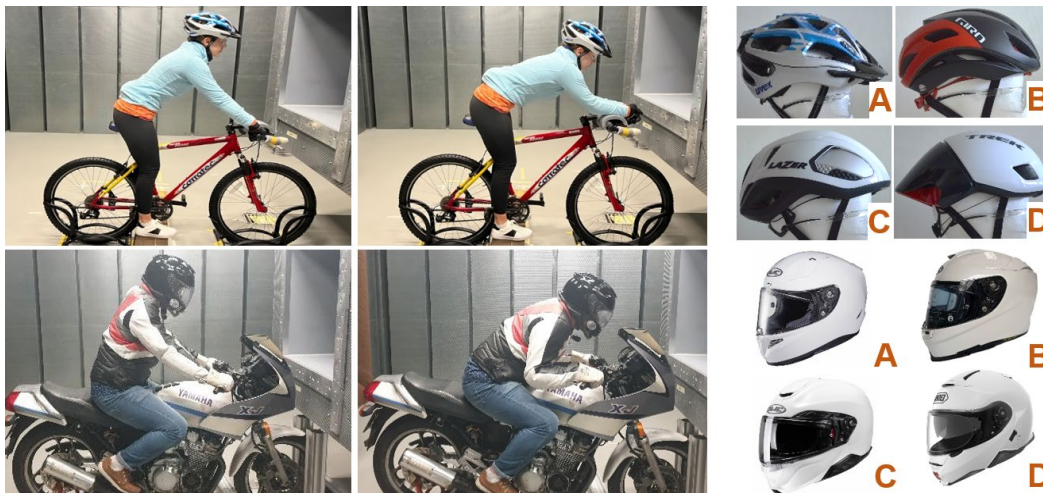
Bereits Hüttenbrink (1982) hat den Schalldruckpegel am Gehör auf einem BMW-Testgelände vermessen und betont, dass die Messungen von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden, darunter die Körpergröße, die Kopfposition, der Motorradhelm, die Motorradverkleidung und das Motorengeräusch. Tabary et al. (2021) geben einen Überblick über 16 weitere Studien zur Lärmuntersuchung von Motorradhelmen und unterstreichen die Erforschung von Einflussgrößen sowie aktuelle Arbeiten im Bereich des aktiven Lärmschutzes. Schueler et al. (2007) untersuchten 12 Motorradhelme im Windkanal und im Straßenverkehr, stellten dabei Abweichungen zwischen den Testmethoden fest und wiesen darauf hin, dass Passform und Umgebung die Schalldruckpegel beeinflussen können. Bienert et al. (2018) vergleichen ebenfalls Testmethoden zur Akustikanalyse von Motorradhelmen und bevorzugten Straßenmessungen aufgrund von Einfachheit und Realitätsnähe.

Einige Studien gehen über die reine Schalldruckpegelmessung hinaus und berücksichtigen zusätzliche Aspekte wie Helmkomfort und Vitalparameter (Scappaticci et al. 2021). Dabei wurden sowohl ein Akustikmesskopf als auch Versuchspersonen in Straßenmessungen bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten und in Windkanalmessungen bei unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten eingesetzt.

In Bezug auf die akustischen Eigenschaften von Fahrradhelmen wurden weder spezifischen Untersuchungen im Windkanal noch auf der Straße gefunden. Wissenschaftliche Arbeiten, wie die von Godo et al. (2010), fokussieren sich eher auf die Auswirkung von Windgeschwindigkeit und Kopfwinkel auf die Kühlung sowie auf Untersuchungen zur numerischen Strömungsmechanik von kommerziellen Fahrrädern. Die Studie von Isvan (2015) konzentriert sich auf die Aeroakustik im Zusammenhang mit dem Einfluss von Seitenwind auf Radfahrer. Dabei werden Messungen des Luftwiderstands durchgeführt, um die Auswirkungen von Seitenwind zu analysieren.

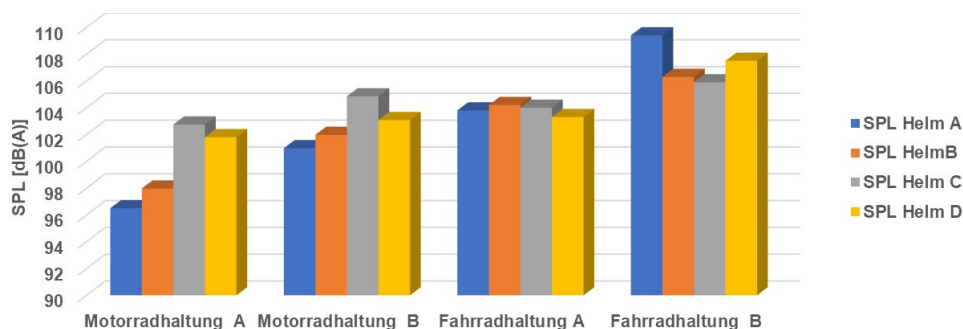
### **3. Messergebnisse zur Helmakustik**

Die Literaturstudie zur Schallbelastung von Motorradhelmen hat gezeigt, dass im Windkanal Helminnengeräusche simuliert und Einflussgrößen mit geringen Abweichungen identifiziert werden können. Diese Testmethode wurde bisher nicht auf Fahrradhelme übertragen. Um vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, wurden Motorrad- und Fahrradhelme mit derselben Testmethode und demselben Equipment untersucht. Für aussagekräftige Ergebnisse beteiligten sich 12 Versuchspersonen an einer Fahrradstudie und 4 Versuchspersonen an der Motorradstudie. Um eine realistische Durchführung sicherzustellen, wurden ein Motorrad und ein Fahrrad im Windkanal aufgestellt und durch eine Tragekonstruktion fixiert. Der Windkanal ermöglichte die Simulation von Fahrten auf dem Fahrrad mit Geschwindigkeiten von 25 km/h bis 75 km/h sowie auf dem Motorrad mit 80 km/h bis 150 km/h. Dabei wurden die erzeugten Geräusche im Gehörgang der Versuchspersonen mithilfe des Schallpegelmessgeräts SV102 der Firma Svantek aufgezeichnet. Die Versuchspersonen nahmen in beiden Versuchsreihen sowohl eine aufrechte als auch eine dem Windkanal zugeneigte Körperhaltung ein (siehe Abbildung 2). Insgesamt wurden jeweils vier Fahrrad- und Motorradhelme untersucht. Nach Abschluss der Versuche bewerteten die Versuchspersonen ihr persönliches Empfinden der Windgeräusche. Die Aufzeichnungen des Schallpegelmessgeräts wurden mithilfe der Akustiksoftware ArtemiS-Suite analysiert und bearbeitet.



**Abbildung 2:** Versuchsaufbau im Windkanal zur Schalldruckpegelmessung von jeweils vier Helmen und zwei Körperhaltungen zur Fahrradstudie (oben) und zur Motorradstudie (unten)

Die Ergebnisse der Schalldruckmessungen bei simulierten Fahrten mit Höchstgeschwindigkeit (Motorrad 150 km/h; Fahrrad 75 km/h) sind für die jeweiligen Helme in Abbildung 3 dargestellt. Bei den Motorradhelmen steigt der Schalldruckpegel im Gehörgang abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit von 80 km/h bis 150 km/h bei allen Motorradhelmen durchschnittlich von 76 dB(A) auf bis zu 104,9 dB(A) an. Für die Höchstgeschwindigkeit beträgt die Differenz je nach Motorradhelm im Durchschnitt 3,9 dB(A) für eine gebeugte Haltung und 6,3 dB(A) bei normaler Haltung. Die maximale Differenz bezogen auf die Körperhaltung beträgt 4,5 dB(A) und tritt bei Motorradhelm A auf. Als lautester Helm bei Höchstgeschwindigkeit wurde Motorradhelm C bei einer gebeugten Haltung mit 104,9 dB(A) gemessen, während der leiseste Motorradhelm A bei normaler Haltung 96,5 dB(A) erreichte.



**Abbildung 3:** Schalldruckpegelmessung im Gehörgang bei Höchstgeschwindigkeit im Windkanal mit Fokus auf die normale Sitzhaltung A und die gebeugte Sitzhaltung B

Bei den Fahrradhelmen liegt, im Vergleich zu den Motorradhelmen, der Schalldruckpegel im Gehörgang mit zunehmender Strömungsgeschwindigkeit etwas höher zwischen 77,3 dB(A) bis 109,4 dB(A). Für die Höchstgeschwindigkeit beträgt die Differenz je nach Helmmodell im Durchschnitt 0,9 dB(A) bei normaler Haltung und 3,5 dB(A) für eine gebeugte Haltung. Die maximale Differenz bezogen auf die Körperhaltung beträgt 5,6 dB(A) und tritt bei Fahrradhelm A auf. Der lauteste Helm bei Höchstgeschwindigkeit war im Durchschnitt Fahrradhelm A bei einer gebeugten Haltung mit 109,4 dB(A), während der leiseste Fahrradhelm D bei normaler Haltung 103,3 dB(A) erreichte.

#### 4. Diskussion

Die gemessenen Motorradhelminnengeräusche bestätigen die Erkenntnisse aus vorangegangenen wissenschaftlichen Arbeiten in Bezug auf die Anwendbarkeit der Testmethodik im Windkanal zur Analyse von Einflussgrößen. Zusätzlich durchgeführte Straßenmessungen bei 150 km/h für Motorradhelm A und B ergaben Schalldruckpegel von 103,8 dB(A) bzw. 102,7 dB(A) und zeigen eine vertretbare Abweichung von maximal 7 % im Vergleich zu den Windkanalmessungen.

Die Fahrradhelmmessungen belegen, dass trotz geringerer Fahrgeschwindigkeiten hohe Schalldruckpegel im Gehörgang auftreten. Bei Messungen mit 25 km/h im Windkanal zeigen alle Helme Geräuschpegel um die 80 dB(A). Alle Fahrradhelme weisen bei gebeugter Haltung höhere Schalldruckpegel auf. Ohne das Tragen eines Fahrradhelms sind bei Höchstgeschwindigkeit geringere Pegeldifferenzen von 1,6 dB(A) bis 5,8 dB(A) für beide Haltungen feststellbar. Die Pegelerhöhung durch die Fahrradhelme könnte möglicherweise auf zusätzliche Turbulenzen zurückzuführen sein. Wie im Motorradversuch gezeigt, spielt die Geschwindigkeit eine bedeutende Rolle, da mit zunehmender Geschwindigkeit auch beim Fahrradfahren der auf das Ohr wirkende Schalldruck ansteigt.

Zusätzlich zu den Fahrradhelmmessungen wurden zur Geräuschreduktion zwei Windabweiser nach Raimund (2022) sowie der Einfluss einer Fahrradbrille getestet. Es handelt sich dabei um eine selbst genähte Variante aus flauschiger Struktur sowie um EarShields aus Polyamid, die ohrennah am Helmriemen befestigt wurden. Bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 50 km/h wurde eine Reduzierung der Windgeräusche bei der selbst gebauten Variante von bis zu 13,2 dB(A) und bei den EarShields von bis zu 8,9 dB(A) festgestellt. Die Fahrradbrille hatte keinen merklichen Einfluss auf die Lautstärke der Windgeräusche, da die Werte maximal um 2 dB(A) abwichen.

Auch bei den Fahrradhelmen verspürten viele Versuchspersonen vorübergehend eine Vertäubung. Wie bereits in der Arbeit von Brown & Gordon (2011) diskutiert wurde, wäre es interessant zu untersuchen, inwieweit die Konzentration nachlässt. Dieses könnte langfristig dazu beitragen, die Unfallzahlen im Straßenverkehr zu reduzieren. Auch Analysen zu Schwellenverschiebungen (TTS/PTS), wie sie in der Arbeit von McCombe et al. (1995) durchgeführt wurden, könnten für Fahrradhelme relevant sein.

Für weitere Untersuchungen können zusätzliche Einflussgrößen von Motorrad- und Fahrradhelmen im Windkanal analysiert werden. Beispielsweise gibt es für Motorradhelme eine Entwicklungsvorgabe nach ECE 22.06, die zwar nicht explizit auf akustische Standards eingeht, aber Richtlinien zur Dichtigkeit und den verwendeten Materialien enthält (Herder 2022). Diese können direkte Auswirkungen auf die Schallentstehung und -isolierung haben und sollten deshalb weiter untersucht werden. Hierzu zeigen Studien, wie die von Lavrentjev & Rämmal (2020), dass neuartige akustische Materialien, darunter retikulierter Naturlederschäum, im Innenbereich des Motorradhelms zu einer Schallpegel-Reduzierung führen können. Auch aerodynamische Helmformen können, wie Simulationen von Abid et al. (2021) zeigen, den Luftwiderstand, den Druck und Turbulenzen positiv beeinflussen und die Geräuschbelastung für die Ohren senken. Es ist ebenfalls von Bedeutung, Empfindungsgrößen wie Pfeifen oder Klappen, die bei Fahrrad- und Motorradhelmen auftreten können, im Windkanal weiter zu analysieren. Dies würde dazu beitragen, Qualitätsanforderungen zur Helmgestaltung zu liefern und Zusammenhänge zu psychoakustischen Größen zu finden (Rothhämel 2010).

## 6. Literatur

- Abid HM, Eida NR, Hafis AH (2021) Design optimization for motorcycle helmet. *Journal of Tianjin University Science and Technology*. Vol: 54 Issue: 12.
- Raimund B (2022) Gehörschutz beim Radfahren – Was hilft gegen Windgeräusche. <https://www.fahrrad-abenteuer-reisen.de/gehoerschutz-beim-radfahren-was-hilft-gegen-windgeraeusche/> (letzter Zugriff 05.01.2024).
- Bienert J, Krehl K, Yerramada M (2018) Akustische Bewertung von Motorradhelmen. *Fortschritte der Akustik-DAGA*: 785-788.
- Brown CH, Gordon MS (2011). Motorcycle Helmet Noise and Active Noise Reduction. *The Open Acoustics Journal*: 14–24.
- Godo M, Corson D, Legensky S (2010) A comparative aerodynamic study of commercial bicycle wheels using CFD. 48th AIAA aerospace sciences meeting including the new horizons forum and aerospace exposition:1431.
- Herder K (2022) Motorradhelme im Test. <https://www.motorradonline.de/bekleidung/motorradhelme-test-klapphelme-vergleich/> (letzter Zugriff 05.01.2024).
- Holt N, Walker I, Kennedy J, Carley, M (2011) Motorcycle helmets and the frequency dependence of temporary hearing threshold shift. AIP Publishing.
- Hüttenbrink, KB (1982) Noise-measurement under motor-cyclist's helmets. *Archives of oto-rhino-laryngology* 235:574-576.
- Isvan, O (2015) Wind speed, wind yaw and the aerodynamic drag acting on a bicycle and rider. *Journal of Science and Cycling* 4.1: 42-50.
- Janke G, Reitebuch S (2023) Schutzhelme. *Hucho-Aerodynamik des Automobils: Strömungsmechanik, Fahrdynamik, Thermomanagement, Akustik, Entwicklungswerkzeuge*. Wiesbaden: Springer Fachmedien: 969-1006.
- Lavrentjev J, Rämmal H (2020). Acoustic Study on Motorcycle Helmets with Application of Novel Porous Material. *Society of Automotive Engineers of Japan in Japan*:2688-3627.
- Maue J (1990) Lärmbelastung für Motorradfahrer-Messergebnisse und Schutzmaßnahmen. *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 37.1.
- McCombe AW, Binnington J, Davis A, Spencer H (1995) Hearing loss and motorcyclists. *The Journal of Laryngology & Otology*:599-604.
- Rothhämel J (2010) Bestimmung der Lärmbelastung von Motorradfahrern, Berlin: DAGA.
- Scappaticci L, Risitano G, Santonocito D, D'Andrea D, Milone D (2021) An approach to the definition of the aerodynamic comfort of motorcycle helmets. *Vehicles*, 3(3):545-556.
- Schueler F, Adolph T, Steinmann K, Ionescu I (2007) Anforderungen an Helme für Motorradfahrer zur Motorradsicherheit, Universitätsklinikum Heidelberg: Institut für Rechtsmedizin und Verkehrsmedizin – Technologische Biomechanik und Unfallforschung.
- Tabary M, Ahmadi S, Amirzade-Iranaq MH, Shojaei M, Asl MS, Ghodsi Z (2021). The effectiveness of different types of motorcycle helmets–A scoping review. *Accident Analysis & Prevention* 154.





Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

## Arbeitswissenschaft in-the-loop

**Mensch-Technologie-Integration  
und ihre Auswirkung auf Mensch,  
Arbeit und Arbeitsgestaltung**

70. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement IAT  
Universität Stuttgart

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für  
Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

06. – 08. März 2024

---

## GfA-Press

---

**Bericht zum 70. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 06. – 08. März 2024**

**Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart**

**In Zusammenarbeit mit: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Sankt Augustin: GfA-Press, 2024

ISBN 978-3-936804-34-8

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**

© 2024 fröse multimedia, Frank Fröse,

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