

EDITORIAL

**Digital human modelling – Quo vadis, Homo Sapiens Digitalis?**

L. Fritzsche · K. Bengler · M. Spitzhirm 395

**ZfA special issue “Digital Human Modeling”—an opening message from the IEA Technical Committee Digital Human Modeling and Simulation**

G. Paul · IEA Technical Committee Digital Human Modeling and Simulation 398

WISSENSCHAFTLICHE BEITRÄGE

**Lean Ergonomics—are relevant synergies of digital human models and digital twins defining a new emerging subdiscipline?**

S. Brunner · V. Knott · K. Bengler 401

**Simulation of work environment factors for human-oriented and efficient workplaces**

M. Spitzhirm · M. Liedtke · G. Grün · C. Matheis 416

**Biomechanical assessment of the design and efficiency of occupational exoskeletons with the AnyBody Modeling System**

S. Auer · M. Tröster · J. Schiebl · K. Iversen · D. S. Chander · M. Damsgaard · S. Dendorfer 440

**Human-centred design of robotic systems and exoskeletons using digital human models within the research project SOPHIA**

S. Niehaus · A. Ajoudani · M. Bianchi · G. Durandau · L. Fritzsche · C. Gaertner · M. I. Refai · M. Sartori · H. Wang · S. Wischniewski 450

**Considering individual abilities and age-related changes in digital production planning—human-centered design of industrial work tasks with ema software**

M. Spitzhirm · S. Ullmann · L. Fritzsche 459

**Ergonomic simulation in automated vehicles using RAMSIS**

H.-J. Wirsching · M. Fleischer 478

**Hybrid work systems—platform-based work planning—designing productive and human-centered work processes**

M. Spitzhirm · M. Benter · C. Heindl · N. Scheder · G. Reisinger · F. Strohmeier · W. Behrendt 489

**Digital ergonomics and digital work planning in university education: experiences from Germany and Austria**

S. Schlund · C. Kamusella · V. Knott · T. Löffler · L. Engel · C. Fischer · P. Rupprecht · K. Bengler · A. Bullinger-Hoffmann · A. Kaiser · A. Kögel 510

MITTEILUNGEN

**Aus dem GfA-Vorstand 525**

**Kurz berichtet 527**

Indexed in EBSCO Discovery Service, Google Scholar, Institute of Scientific and Technical Information of China, Naver, OCLC WorldCat Discovery Service, ProQuest-ExLibris Primo, ProQuest-ExLibris Summon, WTI Frankfurt eG

# ZfA ZEITSCHRIFT FÜR ARBEITSWISSENSCHAFT

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA) e.V.





# Digital human modelling – Quo vadis, Homo Sapiens Digitalis?

L. Fritzsche<sup>1</sup> · K. Bengler<sup>2</sup> · M. Spitzhörn

Accepted: 21 November 2022

© The Author(s), under exclusive licence to Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2022

This issue of *ZfA* is dedicated to the topic of digital human modelling with focus on the wide variety of applications in the field of prospective ergonomics of products and production. The topics of this issue are highly related to the contents of GfA's Fall Conference 2022 organized by imk Industrial Intelligence GmbH and Federal Institute for Occupational Safety and Health (BAuA) in Leipzig.

“The evolution of digital human models” was the title of a remarkable dinner speech by Prof. Heiner Bubb, one of the pioneers in the field of Digital Human Modeling (DHM). His speech illustrated that, in Germany, this development of ergonomics research and DHM dates back into the mid-1970s. According to Bubb, the idea was inspired by the first physical human representations like the “Kieler Puppe”, a two-dimensional paper-model of the human body shape with moveable extremities based on anthropometric measurements that was created by Hans Wilhelm Jürgens. This template was mainly used for the ergonomic design of busses and passenger cars in the range of a 5th percentile female and 95th percentile male model, motivated by industry needs to find “one-size-fits-all” solutions. In the beginning of the 1980s the development of computer models began, facilitated by an exchange of ideas with American researchers, pioneers like Don B. Chaffin.

Today, almost 50 years later, DHMs are state-of-the-art technologies in the ergonomic design process of many products, as well as production planning and digital factory planning. Over time, many software tools have been developed and introduced to the market. Sofia Scataglini and Gunther Paul (2019) provide an excellent and very comprehensive overview in their book “DHM and Postur-

ography”. However, the increasing need for digitization in almost all fields of applied science, like ergonomics, has led to many new developments and advancements of established models during the last several years. This was facilitated by exponentially increasing computer power and changed work requirements during COVID-19 pandemic, for industrial practitioners as well as for researchers and lecturers at universities.

Accordingly, the 2022 Fall Conference of the German Ergonomics Society (GfA) in Leipzig asked “Quo vadis, Homo Sapiens Digitalis?” (inspired by the title of an excellent textbook by Angelika C. Bullinger-Hoffmann and Jens Mühlstedt (2016)). The conference was compiled to provide an overview about current and future developments in the field of DHM, showing presentations and exhibitions of various DHMs and related technologies, such as Virtual Reality and Motion Capturing solutions.

One very important aspect of the conference was to include the perspective of the human being who is working in the digitalized world (with tools like DHMs) and the implications for work safety and well-being. Hence, the keynote address of Isabel Rothe, president of the German Federal Institute for Occupational Safety and Health (BAuA) was dedicated to the question if digitalization in general should be considered rather as a chance or a risk for work safety and ergonomics. In the presented data, there are some indications that mobile (i.e., digital) office work can have both: beneficial effects like increased flexibility and better work-life balance as well as negative effects like social isolation and reduced physical activity. Moreover, many emerging digital instruments, such as sensorized protective clothing and wearable assistive devices, have the potential to greatly improve work safety and the inclusion of people with restricted physical or mental abilities. Additionally, the introduction of artificial intelligence may make such devices, other work equipment, and software tools like DHMs smarter and more adjustable to individual needs. However, the increasing digitalization of work will require appropriate regulations on the legislative level as well as balanced agreements between employer and employees to

---

✉ L. Fritzsche  
lars.fritzsche@imk-ic.com

<sup>1</sup> imk Industrial Intelligence GmbH, 09128 Chemnitz, Germany

<sup>2</sup> Technical University of Munich, School of Engineering and Design, Chair of Ergonomics, Boltzmannstraße 15, 85747 Garching, Germany

avoid negative outcomes and facilitate positive effects. This was also underlined in a later presentation by Lars Adolph, who clearly showed current limitations and challenges of intelligent systems with regard to work safety: humans usually expect a certain system behavior that may have been learned and trained over years. If tools and equipment suddenly adapt and slightly change their behavior every day, it may become hard to control by end-users and the responsible safety experts. Hence, European and National regulations are currently developed, dedicated to the use of AI-systems in the working world.

Another focal point of the conference was the application of DHMs in various domains: Klaus Bengler showed advancements of the RAMSIS model for designing autonomous driving passenger cars; Nele Russwinkel presented cognitive models for understanding pilot and system behavior in large airplanes; Peter Kuhlmann demonstrated the idea of “MTM-Motion” as a standard interface to process and assess human motion data generated with various digital tools (Virtual Reality, 3D Simulation, Motion Capturing); Angelika Bullinger-Hoffman gave an overview about projects in the framework of her research cluster “Hybrid Societies” at Technical University of Chemnitz; Simon Auer and Mark Tröster presented the application of the biomechanical DHM “AnyBody Modeling System” for assessing the design and efficiency of exoskeletons; and Sascha Ullmann illustrated the use of “ema Work Designer” in production planning for creating suitable work stations for people with physical restrictions. In addition, a special session was dedicated to EU-project SOPHIA with several partners presenting their latest developments in the design of human-robot-interaction applications for industry use ([www.project-sophia.eu](http://www.project-sophia.eu)).

This issue of ZfA and the related GfA conference shows the potential of current DHMs as powerful tools in research and application, ranging from the evaluation of exoskeletons to the combined simulation of work environment factors; it shows that cooperation in the field of ergonomics across specialized areas and disciplines is needed to significantly advance DHM simulation technologies.

Starting point of this issue is an opening *message from the IEA Technical Committee Digital Human Modeling and Simulation*, which gives an overview of important developments in the field of DHMs in recent years. The article “*Lean Ergonomics*” raises the question “Are relevant synergies of DHMs and digital twins defining a new emerging subdiscipline?” and addresses, that a combination of lean management methods, digital twin and digital ergonomics could generate additional economic and ergonomic potentials. The fact that the consideration of the work environment is also essential for a human-centered design of workplaces and processes is the topic of the article “Simulation of work environment factors for human-oriented and

efficient workplaces”. Using different simulation tools of digital ergonomics, it is shown how ergonomic design of the work environment can be holistically evaluated and designed by using the example of physical stress, lighting, acoustics and thermal environment. Auxiliary tools, such as exoskeletons and robots, can support people and reduce work-related stress. The question arises: What is the added value of such tools? “*Biomechanical assessment of the design and efficiency of occupational exoskeletons with the AnyBody Modeling System*” highlights the possibilities of musculoskeletal models for assessing the design and efficiency of occupational exoskeletons. Several practical use cases are described along with distinct descriptions of common implications for musculoskeletal and exoskeleton modeling. “*Human-centered design of robotic systems and exoskeletons using digital human models within the research project SOPHIA*” describes how DHMs can facilitate planning and simulating work processes and shows to which extent the goal of creating personalized human models to optimize the ergonomics of employees that work with robotic systems or exoskeletons has already been achieved. “*Considering individual abilities and age-related changes in digital production planning-human-centered design of industrial work tasks with ema software*” describes an inclusion approach by considering age factors and performance restrictions in DHMs and planning tools using the example of ema Work Designer. The developed methods and workflows for ability-appropriate workplace design are shown by use cases from industry. New trends in the automotive industry such as automated driving also requires new concepts in DHMs. “*Ergonomic Simulation in automated vehicles using RAMSIS*” shows how the RAMSIS model is applied to evaluate vehicle designs for automated driving concepts by simulate the occupant behavior capabilities. Another important aspect for future work planning could be the ability of planners to remotely cooperate when they assess and design future digitally enhanced workplaces. Hybrid Work Systems offers a concept for a digital platform to ergonomics experts and workplace designers where they can collaboratively develop economically and ergonomically suitable workplaces. Such an approach requires an extension and combination of existing digital methods, like the combination of human simulation and motion capture for time and ergonomic evaluation.

In conclusion, this issue of ZfA shows various possibilities of digital product and process design as well as the digitalization of human characteristics. Even if the discipline of DHM is almost 50 years old now, many exciting and important developments await us in the upcoming years.

---

## References

- Bullinger-Hoffmann AC, Mühlstedt J (2016) Homo Sapiens Digitalis – Virtuelle Ergonomie und digitale Menschmodelle. Springer Vieweg, Wiesbaden, Heidelberg
- Scataglini S, Paul G (2019) DHM and posturography. Academic Press, London <https://doi.org/10.1016/C2018-0-00529-0>



## Aus dem GfA-Vorstand

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2022

### 61. CREE-Council-Meeting am 29.05.2020 (hybrides Meeting)



Anlässlich des Meetings wurden die Bewerber

- Herr Denis Dammköhler zum ersten Mal,
- Herr Thorsten Kübler zum ersten Mal,
- Frau Sandra Groos zum ersten Mal zertifiziert,
- Herr Thilo Gamber zum ersten Mal und
- Herr Marc Snell ebenfalls zum ersten Mal

rezertifiziert.

Im Rahmen des **62. CREE-Council-Meetings in Neapel am 25–26.11.2022 (Video-Meeting)** wurden

- Frau Prof. Dr. Yvonne Ferreira zum ersten Mal und
- Frau Martina Lettner zum ersten Mal zertifiziert,
- Herr Dr. Thomas Alexander zum zweiten Mal und
- Herr Prof. Dr.-Ing. Karsten Kluth ebenfalls zum fünften Mal

rezertifiziert.

Die GfA gratuliert herzlich den (re-)zertifizierten Euro-Ergonom/-innen und danken insbesondere Herrn Professor Dr. Karsten Kluth, Universität Siegen, für seine langjährige Unterstützung.



Weiterführende Informationen finden Sie unter [http://www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de/ausbildung-qualifizierung-kontakte\\_euro-ergonom-cree-gfa.htm](http://www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de/ausbildung-qualifizierung-kontakte_euro-ergonom-cree-gfa.htm).



GfA-Mitglieder profitieren über ihre Mitgliedschaft durch eine erheblich geringere Zertifizierungsgebühr.

### 5. Qualifizierungsworkshop von GfA-NEXT

**Eye Tracking – Blickbewegungsmessung  
Technologien, Standards und Methoden zur  
Verbesserung der Datenqualität**

- **Workshopleitung:** Prof. Dr. Klaus Bengler, Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München, [bengler@tum.de](mailto:bengler@tum.de), +49 89 289-15400



- **Termin:** 22.03.2023 von 12:00 Uhr bis 17:00 Uhr  
23.03.2023 von 09:00 Uhr bis ca. 15:00 Uhr
- **Ort:** Technische Universität München  
TUM School of Engineering and Design, Boltzmann-  
str. 15, 85747 Garching, Raum MW3314–MW3316

**Inhalt:**

- Grundlagen der Blickbewegungsmessung und Anwendungsfelder
- Technische Grundlagen verschiedener Eyetrackingsysteme – Möglichkeit zum Ausprobieren
- Kalibrierungsmethoden vor, während und nach der Erhebung
- Einschlägige ISO-Standards
- Beliebte Artefakte und Erfahrungsaustausch

**Teilnahmebedingungen:**

- GfA-Mitglied und/oder Mitarbeiterin oder Mitarbeiter von korporativen Mitgliedern (der Nachweis der Antragstellung gegenüber der GfA genügt als Berechtigung zur Teilnahme).
- Jungwissenschaftler/in
- Die Teilnahme ist kostenlos.

**Hinweise:**

Als Unterkunft steht das Hotel *Courtyard by Marriott Munich Garching* ortsnah zur Verfügung.

Die zum Zeitpunkt der Durchführung geltenden Corona-Schutzmaßnahmen und Hygienevorschriften werden kurz vor der Veranstaltung bekannt gegeben.

Bei zu geringer Anmeldezahl oder Verhinderung durch geltende Corona-Maßnahmen (Veranstaltung findet nur in Präsenz statt) behält der Veranstalter sich vor, die Veranstaltung abzusagen oder zu verschieben. Entsprechend empfehlen wir jegliche Buchungen stornierbar vorzunehmen.

Anmeldungen bitte bis zum **31.01.2023** per Mail an [n.grabbe@tum.de](mailto:n.grabbe@tum.de) (Betreff: GfA Workshop).

(Info: Die Reisekosten können für junge GfA-Mitglieder unter bestimmten Voraussetzungen gefördert werden. Mehr Informationen erhalten Sie auf der GfA-Website unter GfA-Next.)

Nutzen Sie die Gelegenheit, diese und weitere Qualifizierungsmöglichkeiten für Jungwissenschaftler/-innen im Rahmen einer Mitgliedschaft in der GfA [http://www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de/wir-ueber-uns\\_mitgliedschaft-gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft-gfa.htm](http://www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de/wir-ueber-uns_mitgliedschaft-gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft-gfa.htm) kostenlos wahrzunehmen!





## Kurz berichtet

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2022



## Buchbesprechung

*Arbeit in globalen Lieferketten – Eine Herausforderung für die Arbeitswissenschaft. Band 53: Mensch, Technik, Organisation.* Klaus J. Zink mit Beiträgen von Atakli, I. Heilmann J. Jentsch M. und Saage-Maaß, M.: Schriftenreihe Band 53: Mensch, Technik, Organisation, herausgegeben von Eberhard Ulich. Institut für Arbeitsforschung und Organisationsberatung. vdf. Hochschulverlag AG an der ETH Zürich. 2022.188 Seiten.

Durch das im Jahre 2023 wirksam werdende Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten zur Vermeidung von Menschenrechtsverletzungen in Lieferketten (**Sorgfaltspflichtengesetz**) müssen sich Betriebe in Deutschland mit den Produktionsbedingungen ihrer Zulieferer auseinandersetzen und prüfen, ob Menschenrechtsverletzungen erkennbar sind und somit Geschäftsbedingungen mit den Zulieferern in Frage zu stellen sind. Menschenrechtsverletzungen sind z. B. Kinderarbeit oder „Arbeit, die Ihrer Natur nach oder aufgrund der Umstände, unter denen sie verrichtet wird, voraussichtlich für die Gesundheit, die Sicherheit oder die Sittlichkeit von Kindern schädlich ist“ – § 2,2d.

Unter Menschenrechtsverletzungen versteht man in diesem Gesetz darüber hinaus offensichtlich ungenügende Sicherheitsstandards, das Fehlen von Schutzmaßnahmen,

übermäßige körperliche und geistige Ermüdung, ungenügende Ausbildung und Unterweisung etc. § 2/5.

Das Gesetz macht deutlich, dass die Unternehmen mit mehr als 3000 Mitarbeiterinnen im Jahr 2023 und 1000 Mitarbeiterinnen im Jahr 2024 die Arbeitsbedingungen Ihrer Zulieferer auch unter arbeitswissenschaftlichen Aspekten und Kriterien zu bewerten haben.

D.h., die Bewertung der Zulieferbetriebe hat nicht nur unter ökonomischen Aspekten zu erfolgen, sondern auch unter ethischen, moralischen und arbeitswissenschaftlichen.

Auf diese Weise wird der arbeitswissenschaftliche Blick vom Einzelbetrieb auf die gesamte Prozesskette ausgeweitet. Von der Rohstoffgewinnung bis zur Verteilung des Endproduktes (möglichst auch unter Betrachtung der Wiederaufbereitung des anfallenden Mülls).

Klaus Zink hat mit seinem Buch „Arbeit in globalen Lieferketten“ eindringlich darauf hingewiesen, dass die Arbeitswissenschaft ihren Fokus von der Einzelbetriebsbetrachtung auf die gesamte Prozess- und Lieferkette ausweiten muss um damit einen wesentlichen Beitrag zur Vermeidung von Menschenrechtsverletzungen in der Arbeitswelt zu leisten. Die Arbeitswissenschaft ist aufgefordert im nationalen wie internationalen Bereich einen Beitrag zu leisten Menschenrechtsverletzungen zu verhindern.

Klaus Zink belässt es nicht nur bei Appellen, sondern macht konkrete Vorschläge wie die Arbeitswissenschaft national und international wirksam werden kann. Einzelne Fallbeispiele fördern die Hoffnung, dass arbeitswissenschaftlich fundiertes Handeln einen Beitrag zur Verbesserung der Menschenrechtslage leisten kann.

Im ersten Kapitel „Relevanz des Themas: Arbeitsbedingungen in traditionellen Tätigkeitsfeldern“ beschreibt M. Jentsch in drastischen Formulierungen die verschiedenen Formen menschenunwürdiger Beschäftigung in verschiedenen Prozess- und Lieferketten. Besonders erschreckend ist der hohe Anteil von Kinderarbeit in der Lebensmittelproduktion, die Ausbeutung in der Textilindustrie und die geringen Arbeitsschutzstandards in der Textilbe- und Verarbeitung.

Im Rahmen des digitalen Wandels der Arbeitswelt stehen Crowd Work Plattformen, Home Office, Outsourcing, Internationalisierung etc. im Fokus der Betrachtung.

Die damit verbundenen Auswirkungen werden im zweiten Kapitel abgehandelt und im dritten Kapitel finden die veränderten gesellschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen eine ausführliche Berücksichtigung. An konkreten Fallbeispielen (Textilfabrikbrand in Karatschi mit vielen Toten) wird gezeigt, dass zunehmend die Frage gestellt wird welche Konsequenzen menschenunwürdige Arbeitsbedingungen für die Auftraggeber haben, bzw. haben können.

In einem Exkurs skizziert Atakil die europäische Arbeitsschutzstrategie in Verbindung mit globalen Lieferketten und Heilmann beschreibt in einem anschließenden Exkurs den Beitrag der Arbeitswissenschaft in einer sich veränderten Arbeitswelt. Aus beiden Exkursen wird deutlich, dass die Arbeitswissenschaft den Fokus von der einzelbetrieblichen Betrachtung auf den gesamten Produktentstehungsprozess erweitern muss. Hierbei sind häufig nationale Grenzen mit unterschiedlichen Rechtssystemen zu berücksichtigen.

Im vierten Kapitel werden einerseits die internationalen Aktivitäten arbeitswissenschaftlich ausgerichteter Forschungsgesellschaften (International Ergonomics Association-IEA) dargestellt und ihr Einfluss auf das Internationale Arbeitsamt ILO und andere UN-Aktivitäten behandelt, andererseits aber auch verdeutlicht, dass viele Aktivitäten außerhalb der engeren arbeitswissenschaftlichen Disziplin ablaufen. Erkennbar wird in diesen Ausführungen, dass die verschiedenen arbeitswissenschaftlichen Fachgesellschaften (z.B. GfA) deutlich mehr machen müssen um international präsent zu sein. Klaus Zink ist hier ein kompetenter Mahner, der innerhalb der GfA und IEA einen

wichtigen Beitrag geleistet hat die Arbeitswissenschaft zu „internationalisieren“.

Im fünften Kapitel wird der mögliche Beitrag der Arbeitswissenschaft in globalen Lieferketten ausführlich abgehandelt, mit dem Ziel nachhaltige Prozesse in der Produktion und Logistik zu implementieren. Arbeitswissenschaftliche Inhalte in der Aus- und Weiterbildung von Ökonomen, Ingenieuren, Logistikern, Betriebsräten, Arbeitsrechtlern etc. können einen Beitrag dazu leisten Arbeitsstätten im In- und Ausland umfassend zu bewerten. In Verbindung damit wird dem Gesetz zur Beachtung der unternehmerischen Sorgfaltspflichten in Lieferketten entsprochen.

Zusammenfassend wird im Schlusskapitel die Bedeutung des neuen Lieferkettengesetzes im In- und Ausland hervorgehoben und betont, dass die Arbeitswissenschaft durch Forschung und Lehre einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung und Bewertung der Lieferketten leisten kann. Dazu ist es allerdings erforderlich, dass die Arbeitswissenschaft mit neuen Zielgruppen (z.B. Beschaffungsabteilungen) konfrontiert wird und sich mit Wertschöpfungsketten und Produktlebenszyklen methodisch und inhaltlich auseinandersetzt.

Es ist zu hoffen, dass der Reader „Arbeit in globalen Prozessketten“ einen breiten Leserkreis findet und Diskussionsprozesse innerhalb der Arbeitswissenschaft auslöst. Gleichzeitig verweist es eindringlich auf das im Jahre 2023 in Kraft tretende Sorgfaltspflichtengesetz. Der Leser ist aufgefordert das Gesetz zur Kenntnis zu nehmen und daraus einschlägige Forschungsfragen zu generieren, die für die Lehre und betriebliche Praxis von Bedeutung sind.

Ekkehart Frieling





# Nachhaltig Arbeiten und Lernen

Analyse und Gestaltung lernförderlicher und nachhaltiger Arbeitssysteme  
und Arbeits- und Lernprozesse



Auf dem Campus Maschinenbau  
Garbsen (CMG) / Hannover

Ausrichter: Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis, Institut für Fabrikanlagen und Logistik | Prof. Dr. Matthias Becker, Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik  
Veranstalterin: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., Frau Simone John, Alte Heerstraße 111, 53757 Sankt Augustin

Leibniz Universität Hannover – Fakultät für Maschinenbau



GfA-Herbstkonferenz 2022  
Terminankündigung

Save the Date

**22. – 23.09.2022**

Region Chemnitz / Leipzig



**Quo vadis, Homo Sapiens Digitalis?**

Der Mensch in der digitalisierten Arbeitswelt



# SpringerLink

Wissen zählt. Nutzen Sie SpringerLink.

- Schneller Zugriff auf die Ergebnisse weltweiter Spitzenforschung
- Eine der umfassendsten Online-Datenbanken für STM-Content
- Die intelligenteste Plattform für die Forschung, die wir jemals entwickelt haben
- Alles aus einer Hand – von Springer – dem international führenden Wissenschaftsverlag

Immer und  
überall

Besuchen Sie: [link.springer.com](http://link.springer.com)





# SpringerOpen

Open Access publizieren – in Zeitschriften  
und Büchern aller Fachbereiche

- Alle Publikationen sind online kostenlos für jeden sofort frei zugänglich
- Hohe Qualitätsstandards in Bezug auf Peer Review, Produktion und Autoren-Services
- Das Copyright bleibt bei den Autoren
- Einfache Auffindbarkeit und hohe Sichtbarkeit von Forschungsergebnissen

Open  
Access



# ZfA – Zeitschrift für Arbeitswissenschaft

Organ der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA) e.V.

## Editor-in-Chief

**Oliver Sträter**  
Universität Kassel  
Fachbereich 15  
Institut für Arbeitswissenschaft und  
Prozessmanagement  
Fachgebiet Arbeits- und Organisations-  
psychologie  
Heinrich-Plett-Str. 40  
D-34132 Kassel

## Editor-in-Chief Emeritus

**Kurt Landau**  
**Christopher Schlick †**

## Redaktionsleiterin

**Yvonne Ferreira**, FOM, Institut für  
Wirtschaftspsychologie, Frankfurt

## Herausgeber

**Klaus Bengler**, Garching  
**Johannes Brombach**, München  
**Ralph Bruder**, Darmstadt  
**Angelika C. Bullinger-Hoffmann**,  
Chemnitz  
**Barbara Deml**, Karlsruhe  
**Rolf Ellegast**, Sankt Augustin  
**Ekkehart Frieling**, Kassel  
**Kai Heinrich**, Sankt Augustin  
**Annette Hoppe**, Cottbus  
**Matthias Jäger**, Dortmund  
**Karsten Kluth**, Siegen  
**Peter Kuhlmann**, Wien  
**Marino Menozzi**, Zürich  
**Gerhard Rinkenauer**, Dortmund  
**Christoph Schiefer**, Sankt Augustin  
**Martin Schmauder**, Dresden  
**Ludger Schmidt**, Kassel  
**Martin Schütte**, Berlin  
**Manfred Schweres**, Hannover  
**Patricia Stock**, Dortmund  
**Sascha Stowasser**, Düsseldorf  
**Britta Weber**, Sankt Augustin  
**Klaus J. Zink**, Kaiserslautern

## Fachlektoren

**Christoph Berg**, Hamburg  
**Regina Brauchler**, Grosselfingen  
**Lenka Duranova**, Frankfurt  
**Axel Haunschild**, Hannover  
**Rolf Helbig**, Groß-Zimmern  
**Kurt Landau**, Millstatt  
**Stephan Letzel**, Mainz  
**Helmut Nold**, Mainz  
**Lutz Packebusch**, Krefeld  
**Hans-Dieter Schat**, Frankfurt  
**Helmut Strasser**, Siegen

## Zielsetzungen

Die *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* ist die zentrale deutschsprachige arbeitswissenschaftliche Zeitschrift. Die Schwerpunkte liegen auf ergonomischen, technischen, organisatorischen sowie sozialen Bedingung von Arbeit und Arbeitsprozessen.

## Copyright Information

### For Authors

As soon as an article is accepted for publication, authors will be requested to assign copyright of the article (or to grant exclusive publication and dissemination rights) to the publisher (respective the owner if other than Springer Nature). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

More information about copyright regulations for this journal is available at [www.springer.com/41449](http://www.springer.com/41449)

### For Readers

While the advice and information in this journal is believed to be true and accurate at the date of its publication, neither the authors, the editors, nor the publisher can accept any legal responsibility for any errors or omissions that may have been made. The publisher makes no warranty, express or implied, with respect to the material contained herein.

All articles published in this journal are protected by copyright, which covers the exclusive rights to reproduce and distribute the article (e.g., as offprints), as well as all translation rights. No material published in this journal may be reproduced photographically or stored on microfilm, in electronic data bases, on video disks, etc., without first obtaining written permission from the publisher (respective the copyright owner if other than Springer Nature). The use of general descriptive names, trade names, trademarks, etc., in this publication, even if not specifically identified, does not imply that these names are not protected by the relevant laws and regulations.

Springer Nature has partnered with Copyright Clearance Center's RightsLink service to offer a variety of options for reusing Springer Nature content. For permission to reuse our content please locate the material that you wish to use on [link.springer.com](http://link.springer.com) or on [springerimages.com](http://springerimages.com) and click on the permissions link or go to [copyright.com](http://copyright.com) and enter the title of the publication that you wish to use. For

assistance in placing a permission request, Copyright Clearance Center can be contacted directly via phone: +1-855-239-3415, fax: +1-978-646-8600 or e-mail: [info@copyright.com](mailto:info@copyright.com).

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2022

V.i.S.d.P.: Oliver Sträter

Webseite der Zeitschrift  
[www.springer.com/41449](http://www.springer.com/41449)

Elektronische Ausgabe:  
[link.springer.com/journal/41449](http://link.springer.com/journal/41449)  
Hinsichtlich der aktuellen Version eines Beitrags prüfen Sie bitte immer die Online-Version der Publikation.

## Bezugsmöglichkeiten

Die *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* erscheint viermal jährlich. Band 76 (4 Hefte) wird 2022 erscheinen.

ISSN: 0340-2444 (Print)  
ISSN: 2366-4681 (Online)

Auskünfte zum Bezug der Zeitschrift erteilt der Kundenservice:  
Springer Nature Customer Service Center GmbH  
Tiergartenstr. 15, 69121 Heidelberg,  
Deutschland  
Tel.: +49-6221-345-4303  
[customerservice@springernature.com](mailto:customerservice@springernature.com)

## Disclaimer

Springer Nature publishes advertisements in this journal in reliance upon the responsibility of the advertiser to comply with all legal requirements relating to the marketing and sale of products or services advertised. Springer Nature and the editors are not responsible for claims made in the advertisements published in the journal.

The appearance of advertisements in Springer Nature publications does not constitute endorsement, implied or intended, of the product advertised or the claims made for it by the advertiser.

## Verlagsstandort

Springer-Verlag GmbH, DE,  
Heidelberger Platz 3,  
14197 Berlin, Germany