

## Nachhaltig angelegte Berufs- und Arbeitsstrukturen in der M+E-Industrie

Matthias BECKER<sup>1</sup>, Georg SPÖTTL<sup>2</sup>, Lars WINDELBAND<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik, Universität Hannover,  
Appelstraße 9, D-30167 Hannover*

<sup>2</sup> *Zentrum für Technik, Arbeit und Berufsbildung, Universität Bremen,  
Universitätsallee 19, D-28359 Bremen*

<sup>3</sup> *Institut für Berufspädagogik und Allgemeine Pädagogik (IBAP),  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Hertzstr. 16, D-76187 Karlsruhe*

**Kurzfassung:** Arbeitsstrukturen und dafür benötigte Berufe verändern sich stets mit der Zeit und unter dem Einfluss technologischer und gesellschaftlicher Entwicklungen. Vor allem durch die Digitalisierung und die hierdurch beeinflusste Facharbeit werden vielfach disruptive Veränderungen prognostiziert. Durch die Vernetzung erfolgen Verantwortungsverschiebungen, durch die Virtualisierung sind verschiedene Formen der Entgrenzung von Arbeit wahrnehmbar und durch die Verschmelzung von Domänen werden von BerufsinhaberInnen neue Kompetenzzuschnitte verlangt. Nachhaltig angelegte Lösungen für die Ausbildung und Berufe in der Metall- und Elektroindustrie (M+E) müssen zu langfristig tragfähigen Strukturen führen. In der EVA-M+E-Studie ließen sich drei Ansätze identifizieren, die solche Strukturen absichern: Prozess- und Aufgabenbezug in generischen Handlungsfeldern, Berufsförmigkeit und Etablierung der Domäne Industriemechatronik.

**Schlüsselwörter:** Industriemechatronik, generische Handlungsfelder, Berufsstruktur, nachhaltige Arbeitsstrukturen

### 1. Fragestellung und Untersuchungsansatz

Zwei Erkenntnisse aus zurückliegenden Studien gelten mittlerweile als gesichert: In der industriellen Arbeitswelt wirkt die Digitalisierung evolutionär und nicht disruptiv und die bestehenden Berufsstrukturen genügen den Praxisanforderungen nicht mehr. Während die Arbeits- und Ausbildungspraxis sich mit den bestehenden Qualifikationsstrukturen „arrangiert“, steht die Frage im Raum, wie Unternehmen ihre Praxis nachhaltig anlegen und welche Qualifikations- und Berufsprofile sowie Ausbildungsmodelle langfristig benötigt werden?

Diese und weitere Fragen wurden im Forschungsprojekt zur Evaluation der Metall- und Elektroberufe sowie des Berufes MechatronikerIn (EVA M+E-Studie) zwischen 2019 und 2022 untersucht (Becker et al. 2022). Dabei kamen berufswissenschaftliche Forschungsinstrumente zum Einsatz (Becker/Spöttl 2015), mit denen die veränderten Aufgabenzuschnitte und Kompetenzanforderungen erschlossen wurden. Zudem wurde eine bundesweite schriftliche Befragung zur Ausbildungspraxis und zur Verwendung der im Jahr 2018 neu eingeführten Modernisierungen in der Ausbildung (AO 2018a, b, c) durchgeführt.

Arbeitsmarktpolitische Prognosen wie die QuBe-Projektionen des IAB und des BiBB oder die Untersuchungen von Brynjolfsson und McAfee (2014) sagen größere Verwerfungen in den Arbeits- und Berufsstrukturen voraus. Wie sich diese genau unter dem Einfluss der Digitalisierung gestalten und welche Herausforderungen die sich wandelnden Arbeitsaufgaben und -prozesse für die Arbeitskräfte mitbringen, bleibt in diesen Studien offen. Zur Beantwortung dieser Frage wurden berufswissenschaftliche Fallstudien und Arbeitsprozessanalysen in 15 sorgfältig ausgewählten Unternehmen der Metall- und Elektroindustrie durchgeführt und Expertengespräche mit VertreterInnen aus Wissenschaft, Unternehmen und Berufsbildung geführt.

## 2. Ergebnisse

Die analysierten Fälle zeigen auf, dass die Arbeitsanforderungen auch unter dem Einfluss der Digitalisierung und den Veränderungen in den Organisationsprozessen „generisch“ sind. Es zeichnen sich generische Handlungsfelder ab, in denen Facharbeit langfristig gefragt und gesichert ist. So sind etwa die Montage, die Fertigung oder die Instandhaltung sehr stabile Tätigkeitsbereiche, die sich aber zugleich durch die Diffusion der Digitalisierung technologisch stetig verändern. Die strukturelle Veränderung disziplinärer Anforderungsstrukturen in der Arbeitswelt wirkt dabei auf die Arbeits- und Berufsstrukturen.

### 2.1 Bedeutung generischer Handlungsfelder

In der M+E-Industrie erweisen sich bestimmte Handlungsfelder als zeitlich äußerst stabil und prägend für die Berufsarbeit. So werden industrielle Anlagen und Systeme geplant, aufgebaut, eingerichtet, in Betrieb genommen, betrieben und überwacht, um eine industrielle Produktion zu gewährleisten. Dies gilt heute wie vor 100 Jahren.

Gleichzeitig schreitet die technologische und arbeitsorganisatorische Entwicklung, insbesondere durch die Digitalisierung sehr schnell voran. „Industrie 4.0“ und die Vision einer cyber-physischen industriellen Produktion – gekennzeichnet durch Produktionseinheiten der Losgröße 1, eine Virtualisierung von Arbeitsprozessen und eine weitreichende Automatisierung u. a. durch den Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) – beeinflusst zentrale berufliche Aufgabenstellungen in diesen Handlungsfeldern, ohne dass diese selbst infrage gestellt werden. Es entstehen damit generische Handlungsfelder Industrie 4.0 (Abb. 1), da sich die Werkzeuge, die Organisation sowie die Methoden in der Facharbeit ändern.

#### Generische Handlungsfelder Industrie 4.0

Anlagenplanung – mittels Planungssoftware / Simulation / digitale Zwillinge  
 Anlagenaufbau – mit digitalen Planungswerkzeugen / digitale Fabrik / Virtual Reality / Augmented Reality  
 Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme – inkl. softwaregestützter Vernetzung  
 Anlagenüberwachung – mit Prozessvisualisierungs- und -steuerungssoftware  
 Prozessmanagement – Visualisierung / Monitoring / Koordinierung / Organisation  
 Datenmanagement – Umgang mit Betriebsdaten / Softwarezugang / Parametrieren / Programmieren  
 Instandhaltung – Asset Management / vorausschauend / Einsatz von Diagnosesystemen  
 Instandsetzung – auch softwaregestützt an vernetzten Anlagen  
 Störungssuche und -behebung mittels Ferndiagnose, softwaregestützt

**Abbildung 1:** Generische Handlungsfelder „Industrie 4.0“ (Quelle: Becker et al. 2022, S. 59)

Aus dem Beispiel der Krankonstruktion im Sondermaschinenbau (Fallstudie) wird die Fokussierung auf die generischen Handlungsfelder deutlich. Demnach wird immer noch geschweißt, allerdings inzwischen mit Hilfe von Schweißrobotern. Nun verschiebt sich die Anforderungsstruktur nicht hin zu reinen Programmierkenntnissen oder einer Kompetenz zur Beherrschung von Robotern. Es geht mehr denn je um die Optimierung des Kranbaus und des Schweißprozesses. Die dort tätigen Konstruktionsmechaniker müssen allerdings nun Softwarewerkzeuge und die Robotik nutzen, um ihre Schweißkompetenz und Konstruktionskompetenz mit der neuen Technologie umsetzen zu können. Dabei wird in den Unternehmen darauf geachtet, dass die Betriebsmittel, die Software und die Arbeitsorganisationsstrukturen durch das Personal gut genutzt werden können: *„Die Software muss so sein, dass Werker diese handhaben können; der Schweißprozess muss unterstützt werden, das Know-how für das Schweißen muss dort abgebildet sein“* (Meister, Fallstudie 06).

Ähnliche Untersuchungsergebnisse finden sich in den Bereichen der Instandhaltung, der Fertigung und der Aufgabenstellungen in der Produktion, einschließlich der Montage. Überall finden sich Softwareanwendungen, Vernetzungstechnologien, Automatisierungs- und Optimierungsansätze, ohne die das Generische der Arbeit nicht mehr beherrscht werden kann. Aber: Die systemischen Aufgabenstellungen in den generischen Handlungsfeldern fordern von den BerufsinhaberInnen Kompetenzen ab, deren Anwendung ein softwaregestütztes Denken der Produktions- und Arbeitsabläufe voraussetzt. *„Die Software muss von der Produktion her gedacht sein“* (ebd., S. 99). Prägende Technikstrukturen des Maschinenbaus, der Elektrotechnik und der Informationstechnik wachsen zu einer neuen Industriemechatronik zusammen, die die gesamte M+E-Industrie durchzieht.

## 2.2 Berufsförmigkeit der Facharbeit als Nachhaltigkeitsgarant

In den Unternehmen konnte beobachtet werden, dass der Trend zur Höherqualifizierung durch die Digitalisierung sich intensiviert. Es findet jedoch in den produktionsnahen Bereichen keine Akademisierung der Arbeit statt, im Gegenteil: Spätestens nach einer Einführungsphase beim Einsatz sehr komplexer Technologien werden Fachkräfte mit einer dualen Berufsausbildung an den neuen Arbeitsplätzen beschäftigt. Ein Experte für Produktionsautomatisierung konstatiert: *„Noch notwendige ehemalige White-Collar-Aufgaben werden nach der Digitalisierung nicht mehr von White-Collar-Personen bewältigt, sondern von Blue-Collar-Werkern. Diese werden die Aufgaben zu großen Teilen mit dem iPad oder anderen digitalen Instrumenten erledigen. Ergebnis dieses Prozesses ist, dass Office-Floor und Shopfloor zunehmend verschmelzen. Die lange Informationskette, wie sie in der vertikalen Fertigungspyramide dokumentiert ist, wird voraussichtlich nicht mehr nötig sein. Die Hierarchien in den Betrieben werden sich auflösen und die Pyramide durch ein flaches Netzwerk ersetzt werden. Erwartet werden davon massive Effizienzsteigerungen“* (Experte für Produktionsautomatisierung).

Um die beabsichtigten Effizienzsteigerungen zu erzielen, werden Personen mit einer dualen Berufsausbildung beschäftigt, die sich nicht an tradierten und gewachsenen Aufgabenzuschnitten hinsichtlich vertikaler Hierarchien oder alter Domänenzuschnitte (Metalltechnik/Elektrotechnik/Informationstechnik) orientieren. Ein Indikator ist dafür etwa in der M+E-Industrie die zunehmende Beschäftigung und Ausbildung von MechatronikerInnen (ebd., S. 33 ff.) oder gar FachinformatikerInnen in der Fachrichtung Digitale Vernetzung, die dann jedoch produktionsnah ausgebildet werden.

Die Untersuchungen von Nagel (2023 in diesem Band) zeigen, dass Automatisierungs- und Optimierungspotenziale nur dann im Sinne von Nachhaltigkeit gehoben werden, wenn die Produktionsarbeit „richtig gemacht wird“. Konsistenz, Suffizienz und Effizienz als Handlungsstrategien sind für die Zielerreichung einer CPS-basierten Produktion (CPS: Cyber-Physische-Produktion) anzuwenden und die notwendige Gründlichkeit und vor allem Transformation von Zielsetzungen in konkrete Arbeit erfordert eine umfassende berufliche Qualifizierung. Eine Hypothese eines verstärkten Einsatzes von akademisch ausgebildetem Personal bewahrheitet sich nicht (Elsholz et al. 2018, S. 54, 58 f.).

### *2.3 Bedeutung der Domäne Industriemechatronik*

Die Bedeutung generischer Handlungsfelder und Berufsförmigkeit sowie die damit verbundene, berufliche Handlungsfähigkeit ist eng an eine weitere Determinante für Nachhaltigkeit geknüpft: Die Fokussierung auf die Arbeit kennzeichnende Domänen anstatt über die Wissenschaft definierte Domänen wie Maschinenbau, Elektrotechnik oder Informatik. Mit Ausbildungs- und Berufsstrukturen, die auf ein jeweils abgegrenztes Berufsfeld Metalltechnik, Elektrotechnik oder Informationstechnik ausgerichtet sind, lassen sich keine langfristig beschäftigungsfähigen Arbeitsplätze mehr ausgestalten. Niemand kann sich mehr der Querschnittqualifikation „Digitalisierung“ entziehen. Digitalisierung ist ein Werkzeug in nahezu allen Produktions- und Dienstleistungsbereichen. Aber auch die Digitalisierung stößt schnell als alleinige Technologie an ihre Grenzen: Sie wird in elektrotechnische und maschinenbautechnische Anwendungen integriert und lässt sich in den „embedded systems“ nicht mehr separat als Aufgabenfeld bearbeiten. In der Vergangenheit wurde stets versucht, in den drei genannten Wissenschaftsgebieten komplementäre Anreicherungen in den Curricula und in der Ausbildungspraxis zu etablieren. In der EVA M+E-Studie ließ sich dazu feststellen, dass diese Vorgehensweise weder zu den heute erforderlichen Kompetenzen führt noch, dass diese praktikabel ist. Sie führt zu einer Überfrachtung der Ausbildung, die nicht zielführend und umsetzbar ist (Becker et al. 2022, S. 120 ff.).

Die technologische und arbeitsbezogene Konvergenz von Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik führt zu andersartigen Kernaufgaben in der M+E-Industrie, die sich durch den Begriff „Industriemechatronik“ kennzeichnen lässt. Industriemechatronik kann verstanden werden als die Zusammenführung verschiedener technologischer Einheiten und deren softwaretechnischer Vernetzung in Verbindung mit Inbetriebnahme von und Instandhaltung an solchen „mechatronischen“ Anlagen, Maschinen und Systemen. Kennzeichnend ist der Einsatz „mechatronisch“ und „softwaretechnisch“ geprägter Betriebsmittel, also die Arbeit mit und an:

- digitalisierten Einrichtungen,
- digitalisierten Werkzeugen,
- digitalisierten Methoden.

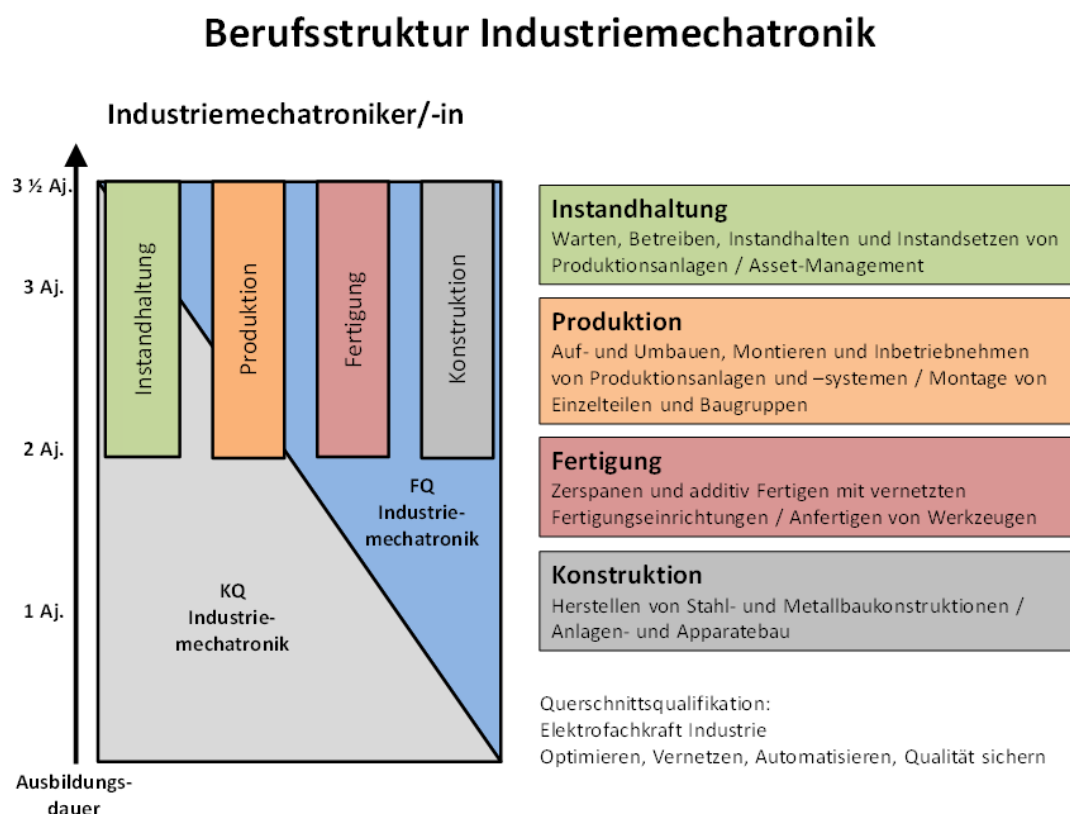
Gegenüber dem bekannten Mechatronik-Begriff und auch dem bereits existierenden Berufsprofil MechatronikerIn ist die Industriemechatronik nicht allein als Schnittmenge aus Elektrotechnik, Mechanik und Informatik zu verstehen, sondern von der Berufsarbeit her betrachtet als ineinander unlösbar durchdrungene Technologie und daraus resultierenden Verfahren, Prozessen und letztlich beruflichen Aufgaben.

### 3. Schlussfolgerungen: Nachhaltige Ausbildungs- und Berufsstrukturen in der M+E-Industrie

Die drei skizzierten Erkenntnisse führen zu Vorschlägen für nachhaltig angelegte Berufs- und Ausbildungsstrukturen. Zusammenfassend lassen sich diese zu einem Vorschlag einer Kernberufsstruktur unter dem Dach „Industriemechatronik“ verdichten.

Kernberufe sind an zentralen Arbeitsprozessen ausgerichtete Berufsprofile, die zu arbeitsmarktgängigen Qualifikationen führen und diesbezügliche Kernanforderungen in der Breite abdecken. Sie führen im Ausbildungsverlauf zu einer zunehmenden Erweiterung beruflicher Kompetenz und bereiten so berufliche Karrierewege der Höherqualifizierung systematisch vor.

Eine am Kernberufskonzept orientierte Ausbildung legt wesentliche, prozessbezogene Ausbildungsinhalte für alle Auszubildende fest und erlaubt zugleich eine Flexibilisierung und Spezialisierung im Ausbildungsverlauf, die zu einer Profilbildung beiträgt. Das Kernberufskonzept hält im Flexibilisierungsbereich prozessbezogene Zusammenhänge aufrecht und kann als Gegenmodell zur Modularisierung gesehen werden.



**Abbildung 2:** Vorschlag einer nachhaltigen Berufsstruktur für die M+E-Industrie

Im Zentrum dieses Konzeptes stehen damit Kernaufgaben, die bis zu einer gewissen Tiefe für alle M+E-Berufe relevant sind (Kernqualifikationen) und die spezifisch für die Handlungsbereiche des Erstellens von Konstruktionen, des Sicherstellens der Produktion, des Instandhaltens und des Fertigens als Fachqualifikationen vertieft

werden können (vgl. Abb. 2). Eine Auswahl solcher Kernaufgaben eines Kernberufes Industriemechaniker/-in ist:

1. Planen und Aufbauen von Anlagen unter Verwendung von Simulations- und Vernetzungswerkzeugen;
2. Einrichten, Inbetriebnehmen, Betreiben und Überwachen von Anlagen mit Human-Machine-Interfaces (HMI);
3. Fertigen, Montieren und Herstellen von Bauteilen, Werkzeugen und Systemen mit mechatronischen Fertigungs-, Produktions- und Montageeinrichtungen;
4. Managen der prozessbezogenen Daten durch Prozessvisualisierung und -steuerung zur Erhöhung der Prozesssicherheit;
5. Instandhalten technischer Systeme mit Verfahren der zustandsbasierten Instandhaltung (condition maintenance);
6. Instandsetzen technischer Systeme unter Einschluss von CPS und unter Berücksichtigung dessen Vernetzung;
7. Diagnostizieren und Beheben von Störungen an vernetzten Anlagen und Systemen.

Solche Aufgabenzuschnitte ließen sich in den Handlungsfeldern Instandhaltung, Produktion, Fertigung und Konstruktion eines Berufsprofils IndustriemechanikerIn in unterschiedlicher Tiefe nutzen und so die Berufsstruktur in der M+E-Industrie stabilisieren. Eine Gelingensbedingung dabei wäre allerdings, dass die Ausbildungspraxis den beschriebenen Charakter der Industriemechanik aufgreift und umsetzt.

#### 4. Literatur

- AO – Ausbildungsordnung (2018a) Bekanntmachung der Neufassung der Verordnung über die Berufsausbildung in den industriellen Metallberufen vom 28. Juni 2018. Bonn: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2018 Teil I Nr. 23, ausgegeben zu Bonn am 5. Juli 2018.
- AO (2018b) Bekanntmachung der Neufassung der Verordnung über die Berufsausbildung in den industriellen Elektroberufen. Bonn: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2018 Teil I Nr. 23, ausgegeben zu Bonn am 5. Juli 2018.
- AO (2018c) Bekanntmachung der Neufassung der Mechatroniker-Ausbildungsverordnung vom 28. Juni 2018. Bonn: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2018 Teil I Nr. 23, ausgegeben zu Bonn am 5. Juli 2018.
- Brynjolfsson E, McAfee A. (2014) The second Machine Age. Wie die nächste digitale Revolution unser aller Leben verändern wird [The second Machine Age. How the next digital revolution will change our lives]. Kulmbach.
- Becker M, Spöttl G (2015) Berufswissenschaftliche Forschung. Frankfurt am Main: Lang Verlag.
- Elsholz U, Jaich R, Neu A (2018) Folgen der Akademisierung der Arbeitswelt. Wechselwirkungen von Arbeits- und Betriebsorganisation, betrieblichen Qualifizierungsstrategien und Veränderungen im Bildungssystem. Hans-Böckler-Stiftung, Study Band 401.
- EVA M+E – Becker M, Flake R, Heuer Ch, Koneberg F, Meinhard D, Metzler Ch, Richter T, Seyda S, Spöttl G, Werner D, Windelband L (2022) Evaluation der modernisierten M+E-Berufe. Herausforderungen der digitalisierten Arbeitswelt und Umsetzung in der Berufsbildung. Studie im Auftrag von Gesamtmetall. Köln.
- Nagel S (2023) Nachhaltigkeitsorientierte Facharbeit in industriellen Metallberufen. Empirische Exploration, Kompetenzmodellierung und Perspektiven für eine BBNE. Dissertation, Leibniz Universität Hannover.





Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

## Nachhaltig Arbeiten und Lernen

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

69. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

01. – 03. März 2023

---

## GfA-Press

---

**Bericht zum 69. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 01. – 03. März 2023**

**Fakultät Maschinenbau, Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik (IBM) und  
Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), Leibniz Universität Hannover**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Sankt Augustin: GfA-Press, 2023  
ISBN 978-3-936804-32-4

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**

© 2023 fröse multimedia, Frank Fröse

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