

## **Partizipative Weiterentwicklung informatorischer Assistenzsysteme in der Montage bei der Weidmüller Interface GmbH & Co. KG**

Nina MAURITZ<sup>1</sup>, Alexander UNRAU<sup>2</sup>, Malte WATTENBERG<sup>1</sup>, Sascha ARMUTAT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Denkfabrik Digitalisierte Arbeitswelt, Hochschule Bielefeld, Interaktion 1, 33619 Bielefeld*

<sup>2</sup> *Weidmüller GmbH & Co. KG, Klingenbergstraße 26, 32758 Detmold*

**Kurzfassung:** Der Beitrag präsentiert und diskutiert die Ergebnisse einer Befragung von Mitarbeitenden, die informatorische Assistenzsysteme bei der manuellen Montage bei Weidmüller nutzen. Dabei zeigt sich, dass starre Vorgaben und kaum Eingriffsmöglichkeiten der Befragten sowie ein Überschuss an Informationen zu mangelnder Akzeptanz des Systems führen können. Im Anschluss legt der Beitrag die auf Basis der Befragung getätigte technische Anpassung des Systems dar.

**Schlüsselwörter:** Informatorische Assistenzsysteme, manuelle Montage, benutzerzentrierte Gestaltung, adaptive Assistenzsysteme

### **1. Einleitung und Zielsetzung**

Um der wachsenden Komplexität durch eine immer größere Variantenvielfalt in der manuellen Montage zu begegnen, setzt das Unternehmen Weidmüller Interface GmbH & Co. KG auf informatorische Assistenzsysteme, die die Mitarbeitenden in der Montage u. a. bei der Klemmleistenmontage unterstützen sollen. Es wird davon ausgegangen, dass durch die Verbesserung des Informationsmanagements am Arbeitsplatz einer Verringerung der Arbeitsproduktivität entgegengewirkt werden kann. Damit eng verbunden ist vor allem die Forderung, das Assistenzsystem so zu gestalten, dass Mitarbeitenden die richtigen Informationen in passender Menge und zum passenden Zeitpunkt in ihrem Sichtfeld bedarfsgerecht zur Verfügung gestellt werden. Eine gebrauchstaugliche Gestaltung des Assistenzsystems ist somit Voraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz und die Akzeptanz der Beschäftigten.

Im Rahmen des BMBF-geförderten Projektes Kompetenzzentrum Arbeitswelt.Plus bestand das Ziel im Leuchtturmprojekt bei der Weidmüller Interface GmbH und Co. KG darin, das bei Weidmüller in der manuellen Montage eingesetzte Assistenzsystem ELAM partizipativ weiterzuentwickeln. Dadurch sollte die Arbeitsproduktivität gesteigert und eine Grundlage für zukünftige adaptive Assistenzsysteme mit KI-Unterstützung geschaffen werden.

### **2. Einsatz des informatorischen Assistenzsystems ELAM bei der Weidmüller Interface GmbH und Co. KG**

Zur Bewältigung der wachsenden Komplexität werden informatorische Assistenzsysteme eingesetzt, um Unsicherheiten und mentale Belastungen bei den Mitarbeiten-

den zu reduzieren (Bornewasser & Hinrichsen 2020), die Arbeitsproduktivität zu steigern sowie Anlernzeiten bei neuen Mitarbeitenden bzw. Produkten zu verkürzen (Hinrichsen et al. 2018). Das Unternehmen Weidmüller setzt informatorische Assistenzsysteme in unterschiedlichen Bereichen und Produktlinien ein. Im vorliegenden Beitrag geht es um die Weiterentwicklung des Assistenzsystems ELAM bei Weidmüller.

Die Unternehmensgruppe Weidmüller verfügt über Produktionsstätten, Vertriebsgesellschaften und Vertretungen in mehr als 80 Ländern. Gemeinsam mit seinen Kunden gestaltet das Detmolder Familienunternehmen den digitalen Wandel – mit Produkten, Lösungen und Dienstleistungen für die Smart Industrial Connectivity sowie das Industrial Internet of Things. Im Geschäftsjahr 2022 erzielte Weidmüller einen Umsatz von mehr als einer Milliarde Euro mit weltweit rund 6.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern.

Die ELAM (**E**lektronische **L**inien-**A**nbindung von **M**ontageanlagen)-Plattform ist ein bildschirm- sowie projektionsbasiertes Werkerassistenzsystem, welches Montageinformationen, im Sinne einer Arbeitsanweisung, im richtigen Umfang und zur richtigen Zeit bereitstellt. Das System ermöglicht den Aufbau unterschiedlicher Hard- und Softwarechnittstellen, wodurch sich Peripherie, wie z. B. Prüf- und Messmittel, Sensorik, bildverarbeitende Einheiten, physische Assistenzsysteme sowie vorgelagerte Software, anbinden lässt.

Durch die steigende Variantenvielfalt und Individualisierung von Produkten sowie die steigende Bedeutung der Montage für Kosten, Qualität und Liefertermine, spielt der Einsatz von Montageassistenzsystemen eine große Rolle in der kundenspezifischen Fertigung bei Weidmüller.

Kundenindividuelle Klemmleisten, Gehäuse und Snap-In Steckverbinder bringen häufig einen individuellen Montageablauf mit sich, der die kognitive Belastung bei der Verarbeitung der Informationen durch den/die Werker/in erhöht. Durch den Einsatz von intelligenten und flexiblen Assistenzsystemen, wie dem ELAM, kann die Orientierung der Mitarbeitenden bei der Montage verbessert werden, in dem die kognitive Belastung durch die Darstellung von ausschließlich relevanten Informationen gesenkt wird.

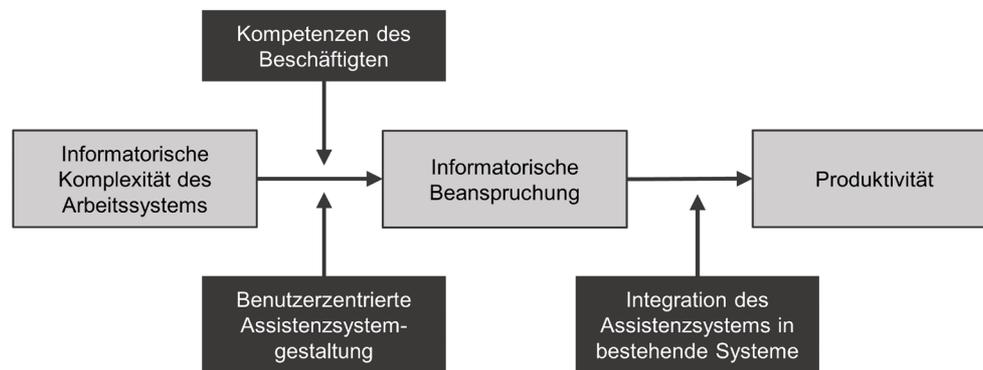
Zuletzt zeigt das ELAM-System auch bei komplexen Montagen wie Ladeboxen oder Markierkartendruckern Vorteile, indem es eine durchgängige Dokumentation der Montageinhalte ermöglicht und somit einen wesentlichen Beitrag zur Fehlervermeidung und Rückverfolgbarkeit von Produktionsabläufen leistet.

### **3. Partizipative Weiterentwicklung des informatorischen Assistenzsystems ELAM**

Um die bedarfsgerechte Bereitstellung von Montageinformationen bei Weidmüller weiterzuentwickeln und den Weg für ein KI-gestütztes adaptives Assistenzsystem zu ebnen, wurden die Mitarbeitenden, welche das Assistenzsystem ELAM nutzen, zum System befragt. Als theoretische Grundlage für die inhaltliche Ausgestaltung der Interviews eignete sich das Modell der informatorischen Gestaltung von manuellen Montagesystemen von Bornewasser et al. (2018), da es sowohl die benutzerzentrierte Gestaltung von Assistenzsystemen als auch die Kompetenzen der Beschäftigten berücksichtigt.

### 3.1 Modell der informatorischen Gestaltung von manuellen Montagssystemen

Das Modell in Abbildung 1 zeigt, dass eine hohe informatorische Komplexität zu einer erhöhten informatorischen Beanspruchung führt, was sich negativ auf die Arbeitsproduktivität auswirken kann. Diese Auswirkungen können durch moderierende Variablen, welche hier dunkelgrau dargestellt sind, abgeschwächt oder beseitigt werden. Dies kann erreicht werden, indem die Mitarbeitenden Kompetenzen im Umgang mit der arbeitssystemspezifischen Komplexität entwickeln, ein benutzerzentriertes Assistenzsystem den Einsatz mentaler Ressourcen reduziert und das Assistenzsystem in bestehende technische Systeme integriert wird, um zusätzliche Belastungen zu vermeiden.



**Abbildung 1:** Modell der informatorischen Gestaltung von manuellen Montagssystemen (eigene Darstellung in Anlehnung an Bornewasser et al. 2018)

Informatorische Assistenzsysteme können Sicherheit, Vertrauen, Leistung und Erfahrungsbildung fördern, wenn sie benutzerzentriert und kontextsensitiv gestaltet sind, individuell konfigurierbar sind und angemessene Interaktion sowie Informationsdarstellung ermöglichen (Wölfe 2014; Kölz et al. 2015). Dabei ist es wichtig, die Kompetenzen der Mitarbeitenden zu berücksichtigen. Wenn es trotz ausreichender Qualifizierung der Mitarbeitenden zu einer hohen mentalen Belastung kommt, erscheint die Unterstützung durch ein Assistenzsystem für die Mitarbeitenden als hilfreich und nützlich (Bornewasser et al. 2018). Die Benutzerzentrierung gelingt durch eine partizipative Weiterentwicklung des ELAM-Systems, welche mithilfe einer vorab durchgeführten Interviewstudie erfolgte.

### 3.2 Interviewstudie zur benutzerzentrierten Assistenzsystemgestaltung

Im Zeitraum von Juli – August 2021 wurden insgesamt neun Interviews mit, von ELAM unterstützten, Mitarbeitenden bei Weidmüller geführt. Dies betraf sechs Mitarbeitende an der Klemmleistenmontage, wo Tragschienen mit unterschiedlichen Reihenklammern und Baugruppen bestückt werden, sowie drei Werkerinnen an der Fertigungslinie Omnimate 4.0 Snap-In Steckverbinder, bei der ein durch den Kunden individuell konfigurierter Steckverbinder mithilfe des Systems zusammengebaut, mittels einer Bildverarbeitung geprüft, bedruckt und verpackt wird.

Der Interviewleitfaden bestand aus 14 Leit- und Vertiefungsfragen auf Basis der beiden Variablen Kompetenzen des Beschäftigten und benutzerzentrierter Assistenzsystemgestaltung des vorgestellten Modells nach Bornewasser et al. (2018).

Die transkribierten Interviews wurden inhaltsanalytisch nach Kuckartz & Rädiker (2022) ausgewertet. Dabei wurden die Aussagen der Teilnehmenden anhand der induktiv erstellten Kategorien Empfinden während der Nutzung, Bewertung des Systems und weitere wünschenswerte Funktionen strukturiert.

Das *Empfinden* während der Nutzung ist einerseits positiv, da das System einige Vorteile aufweist, bspw. dass alle für den Arbeitsprozess relevanten Informationen übersichtlich dargestellt werden. Die Bildschirme weisen eine passende Distanz zum Mitarbeitenden auf und die Schriftgröße und das Bildmaterial sind passend gewählt. So kann eine zusätzliche kognitive Anstrengung vermieden werden. Zu vermeiden sind jedoch auch unnötige Unterbrechungen des Arbeitsablaufs (Parasuraman 2011), die in den Interviews negativ bewertet werden. Fast alle Befragten empfinden das Quittieren nach jedem einzelnen Arbeitsschritt als Unterbrechung ihres Arbeitsprozesses: „Wenn man drin ist und ständig quittieren muss, obwohl man weiß, wie es geht, ist das nervig. Man will schnell sein, will weitermachen, das nervt.“ Das Zitat der interviewten Werkerin deutet auf ihre ausreichenden Kompetenzen hin, auch mit geringerer Unterstützung des Systems den Arbeitsprozess erfolgreich bewältigen zu können.

Die *Bewertung* des Systems weist auf eine mittlere Zufriedenheit hin. Vorteile sehen die Befragten in den hilfreichen Informationen, die übersichtlich dargestellt werden, den nachvollziehbaren Fehlermeldungen mit farblicher Markierung (rot bedeutet falsch, grün bedeutet richtig) und der Kameraprüfung. Außerdem wird die Einarbeitungszeit von ungelerten Mitarbeitenden deutlich reduziert. Jedoch ergeben sich durch die Arbeitsunterbrechungen und den damit einhergehenden Zeitaufwand auch Nachteile des Systems, was sich in deutlicher Unzufriedenheit äußert: „Wir arbeiten nach der Zeichnung und klicken das ELAM-System einfach durch“. Insbesondere bei sich wiederholender Montage eines identisch zusammengesetzten Produkts hält das System laut den Befragungsteilnehmenden eher auf, als dass es unterstützt. Denn „während der Grad der routinemäßigen Abspulung von mentalen Funktionen zunimmt“ (Bornewasser et al. 2018, S. 273) verliert die Montage an Komplexität und das Assistenzsystem an Funktionalität. Hier sind neben der Berücksichtigung der Kompetenzen auch die Anforderungen des Produkts hinsichtlich Komplexität, Informations- und Entscheidungsdichte zu beachten (Bornewasser et al. 2018). Die Ergebnisse der Interviews zeigen, dass die Bewertung des ELAM-Systems je nach Produktlinie variiert und bei komplexerer Konfiguration positiver ausfällt. Negativ bewertet wird auch die fehlende Eingriffsmöglichkeit der Mitarbeitenden, sodass kleine technische Fehler, wie bspw. ein Systemabsturz, nicht vom Mitarbeitenden selbst behoben werden können.

Die *wünschenswerten Funktionen* passen weitestgehend zu den oben genannten Schwächen hinsichtlich des Empfindens während der Nutzung und der Bewertung des Assistenzsystems. Fast alle Mitarbeitenden in der Montage wünschen sich, dass die Häufigkeit der Zwischenschritte und das mehrmalige Quittieren während der Montage reduziert wird. Insbesondere bei Aufträgen mit einer Stückzahl größer als fünf Stück wünschen sich die Befragten die Möglichkeit, bereits erlernte und routinierte Schritte überspringen zu können.

Die Ergebnisse weisen auf die Notwendigkeit einer partizipativen Vorgehensweise hin, in welcher die Mitarbeitenden, die mit dem System arbeiten, bereits frühzeitig an dem Einführungs- und Entwicklungsprozess beteiligt werden.

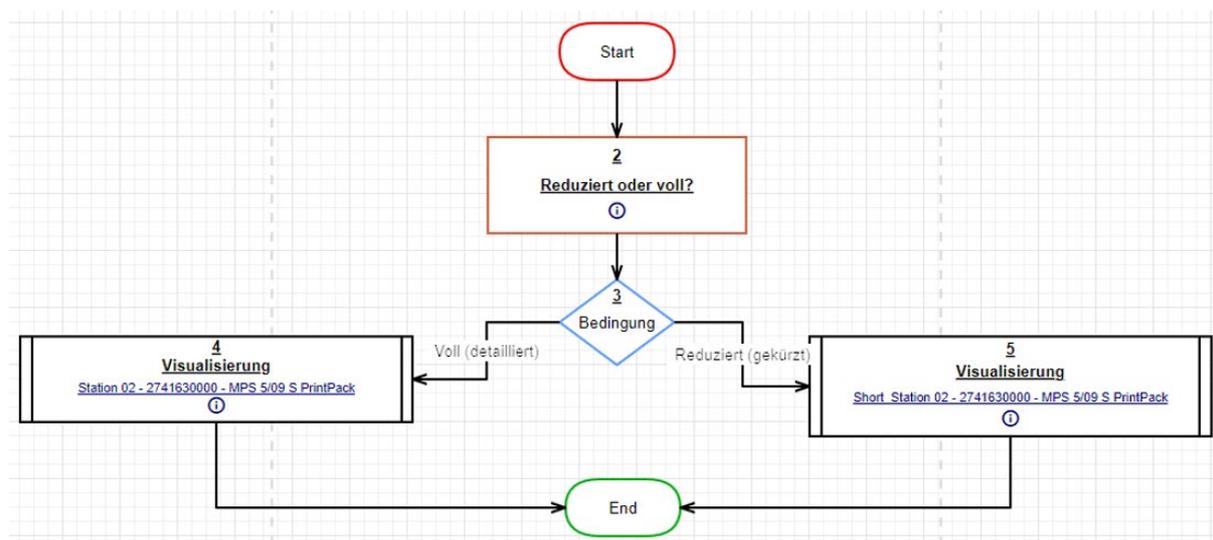
Das Assistenzsystem sollte so konfiguriert sein, dass die Anforderungen der Mitarbeitenden, insbesondere ihre Kompetenz, Berücksichtigung finden. Ein wichtiger

Schritt Richtung Adaptivität ist es, den Mitarbeitenden entsprechend ihrer Kompetenzen und aktuellen Beanspruchung erforderliche Informationen zu übermitteln.

### 3.3 Technische Überarbeitung des Assistenzsystems ELAM

Im Rahmen des Projektes wurde das ELAM-System um eine wichtige Funktion erweitert. Die Verwendung von Flowcharts erleichtert den Prozess bei der Erstellung von Montageanweisungen und Abläufen, in dem diese grafisch modelliert und somit sehr schnell erstellt und verknüpft werden können. Die Verwendung von Bedingungen ermöglicht das Umsetzen von unterschiedlichen Montageanweisungen mit angepasstem Inhalt (siehe Abbildung 2).

In einem ersten Ansatz wurde dem Nutzenden die Möglichkeit gegeben, zwischen zwei unterschiedlichen Detaillierungsgraden zu wählen. Hierbei wird durch besonders erfahrene Werkerinnen und Werker eine reduzierte Anleitung gewählt, die nur die wichtigsten Informationen sowie die verpflichtenden Prüf- und Messschritte beinhalten. Wohingegen Mitarbeitende mit einem noch geringen Übungsgrad eher die detaillierte Montageanweisung wählen.



**Abbildung 2:** Beispielhafte Ansicht der ELAM-Flowchartkonfiguration mit einer Bedingung (Eigene Darstellung).

Durch die Wahlfreiheit konnte Weidmüller die Akzeptanz des Systems erhöhen und auf die User Experience positiv einwirken. Dies ist ein wichtiger Schritt zur Steigerung der Wertschöpfung für Weidmüller.

## 4. Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse der Befragung bestätigen das Modell der informatorischen Gestaltung von manuellen Montagesystemen, indem die Berücksichtigung der individuellen Kompetenzen und die benutzerzentrierte Systemgestaltung als beeinflussende Variablen zur Steigerung der Arbeitsproduktivität beitragen. Der reale Informationsbedarf der Nutzenden sollte weiterhin je nach Übungsgrad und Komplexität des Produkts identifiziert und berücksichtigt werden. Weitere Interviews zu der dritten Variable

„Arbeitswissenschaft in-the-loop:

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

der Integration des Assistenzsystems in bestehende Systeme (siehe Abbildung 1) sowie der Evaluation der technischen Überarbeitung von ELAM (siehe 3.3) sind in Planung. Da die Mitarbeitenden in der Montage bei Weidmüller die Notwendigkeit einer auf ihren individuellen Erfahrungsstand gerichteten Montageanweisung erkannt haben, bietet der Einsatz von Machine Learning und KI mittel- und langfristige Möglichkeiten zur Umsetzung von dynamischen und adaptiven Assistenzsystemen. Das Auswerten und Einbeziehen von Prozessdaten ermöglicht es, benutzerzentrierte Systeme umzusetzen und somit noch stärker die individuellen Eigenschaften der Mitarbeitenden zu berücksichtigen. Einfache Gamificationelemente können die Stimmung und den Gemütszustand abfragen und so die Visualisierung entsprechend an die Nutzenden anpassen. Weitere Möglichkeiten ergeben sich durch die, bei der Konstruktion von Produkten im Zuge des produktionsgerechten Konstruierens, erzeugten Metadaten. Diese CAD-Daten können mittels KI für eine automatische Generierung von Montageablaufplänen genutzt werden. Dadurch wird der manuelle Aufwand bei der Erstellung von Arbeitsanweisungen signifikant reduziert und das selbstkonfigurierende System kann sich durch die Einbeziehung von Prozessdaten aus dem Fertigungsprozess selbst optimieren.

Der Bericht unterstreicht die Bedeutsamkeit, betroffene Mitarbeitende frühzeitig in den Gestaltungsprozess informatorischer Assistenzsysteme einzubinden. Insbesondere bei der geplanten Weiterentwicklung in Richtung KI-gestützter Systeme können so mögliche Ängste und Bedenken rechtzeitig erkannt und darauf eingegangen werden.

## 6. Literatur

- Bornewasser M, Bläsing D, Hinrichsen S (2018) Informatorische Assistenzsysteme in der manuellen Montage: Ein nützliches Werkzeug zur Reduktion mentaler Beanspruchung? *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 72:264-275. <https://doi.org/10.1007/s41449-018-0123-x>
- Bornewasser M, Hinrichsen M (2020) *Informatorische Assistenzsysteme in der variantenreichen Montage – Theorie und Praxis*. Berlin.
- Hinrichsen S, Riediger D, Unrau A (2018) Montageassistenzsysteme – Begriffe, Entwicklungstrends und Umsetzungsbeispiele. *Betriebspraxis Arbeitsforschung* 232:24-27.
- Kölz M, Bächler A, Kurtz P, Hörz T (2015) Entwicklung eines interaktiv, adaptiven Montageassistenzsystems. In: *Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.) Verantwortung für die Arbeit der Zukunft*. Dortmund:GfA-Press.
- Kuckartz U, Rädiker, S (2022) *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. 5. Aufl. Weinheim Basel: Beltz Juventa.
- Parasuraman R (2011) Neuroergonomics: brain, cognition, and performance at work. *Current Directions in Psychological Science* 20:181-186. <http://dx.doi.org/10.1177/0963721411409176>
- Wölflé M (2014) *Kontextsensitive Arbeitsassistenzsysteme zur Informationsbereitstellung in der Intralogistik*. München: TUM (Dissertation).



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)