

## Intelligente und kompetenzbasierte Personaleinsatzplanung in der Produktion

Maximilian MOTZ<sup>1</sup>, Janina MÖHLE<sup>2</sup>, Louis HIDDESEN<sup>2</sup>, Robert H. SCHMITT<sup>1,3</sup>,  
Peter NYHUIS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT,  
Steinbachstraße 17, D-52074 Aachen*

<sup>2</sup> *Institut für Fabrikanlagen und Logistik IFA,  
An der Universität 2, D-30823 Garbsen*

<sup>3</sup> *Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen,  
Campus-Boulevard 30, D-52074 Aachen*

**Kurzfassung:** Produzierende Unternehmen stehen vor der Herausforderung, ihr Personal immer flexibler einzusetzen, um dem Fachkräftemangel und Schwankungen von Personalbedarfen und -verfügbarkeit gerecht zu werden. Zuletzt verursachten insbesondere kurzfristige krankheitsbedingte Ausfälle sowie Lieferkettenprobleme hochdynamische Randbedingungen. Eine systematische Weiterbildung des Personals sowie eine hohe Reaktionsfähigkeit in der Personaleinsatzplanung sind daher entscheidend, um das geplante Produktionsprogramm sowohl kurz- als auch langfristig zu realisieren. Zur Bewältigung der beschriebenen Herausforderungen stellt dieser Beitrag ein Modell zur intelligenten, kompetenzbasierten Personaleinsatzplanung vor. Auf Basis von Kompetenzmatrizen und mathematischer Optimierungsmodelle unterstützt das System die komplexen Aufgaben der Personaleinsatzplanung auf dem Shopfloor. Darüber hinaus hilft das System, Qualifizierungsbedarfe zu identifizieren und Weiterbildungsmaßnahmen zu adressieren.

**Schlüsselwörter:** Personaleinsatzplanung, Personalentwicklung, Skill-Matrix, Personaleinsatzflexibilität

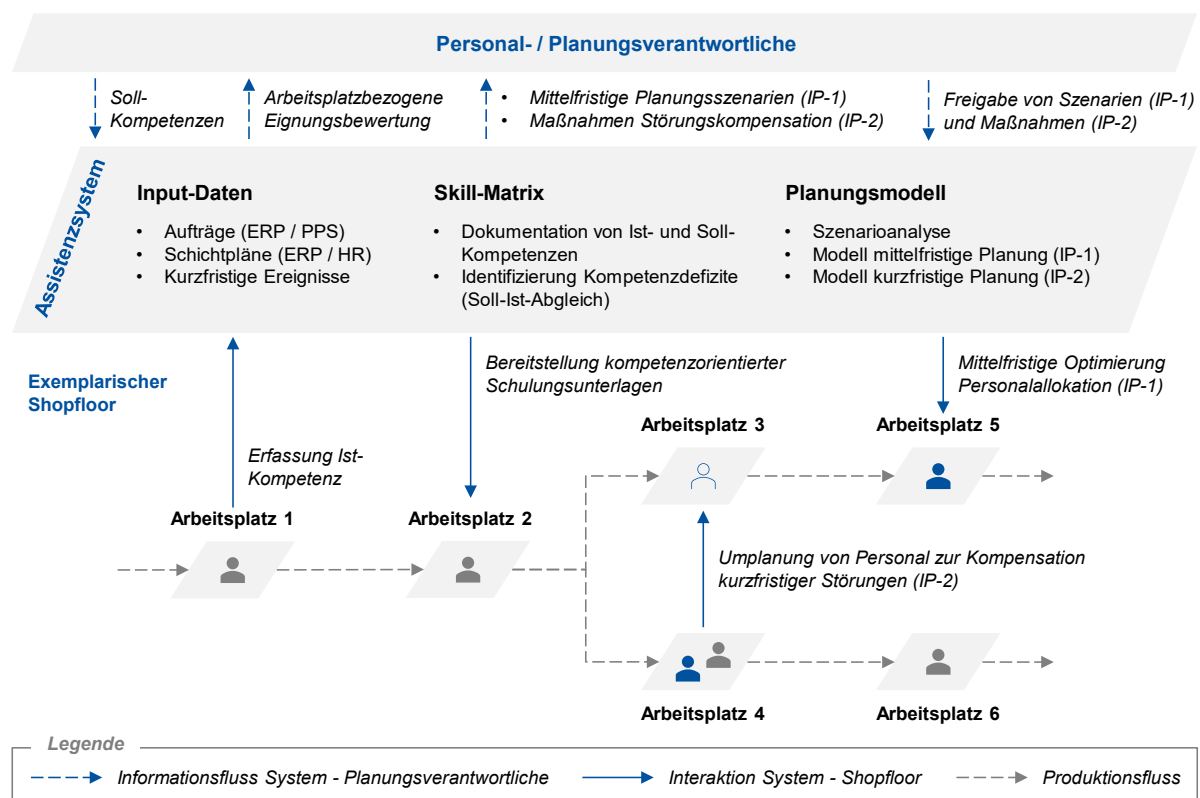
### 1. Ausgangssituation und Motivation

Personaleinsatzflexibilität stellt in Zeiten von Fachkräftemangel sowie schwankenden Personalbedarfen und -verfügbarkeiten einen Wettbewerbsvorteil für produzierende Unternehmen dar (Pimpertz 2021; Spath et al. 2013). Zudem tragen die Umstände, dass Betriebe immer flexibler auf Kundenanforderungen reagieren müssen sowie anhaltende Störungen in globalen Lieferketten zu einer Verschärfung der Situation bei (acatech 2016; Alhawari et al. 2021). Mitarbeitende sind gefordert, in komplexen Produktionsprozessen ein, sich fortwährend änderndes Aufgabenspektrum bei gleichbleibend hoher Produktqualität abzudecken (Spath et al. 2013). Um die notwendige Flexibilität zu erreichen, sind eine kompetenzorientierte Personaleinsatzplanung sowie gezielte Weiterbildungsmaßnahmen für das Personal erforderlich (Motz et al. 2021; acatech 2016). Zudem lassen sich durch eine breit angelegte Kompetenzentwicklung die Durchlaufzeiten langfristig senken, da sich zeigte, dass die Größen (Durchführungs-) Zeit und Kompetenz negativ korreliert sind (Denkena et al. 2016). Das Einplanen von Weiterbildungsmaßnahmen im laufenden Betrieb steht jedoch im Konflikt zu der kurzfristigen Effizienz des Produktionssystems. Kurzfristig notwendige Änderungen des Einsatzplans unter Berücksichtigung

geltender Regelungen, Kompetenzen und Präferenzen der Mitarbeitenden stellen die Verantwortlichen vor große Herausforderungen (Gärtner 2020). Zur Bewältigung der beschriebenen Herausforderungen und einem transparenten Umgang mit kurzfristigen Änderungen am Personaleinsatzplan wird im Folgenden ein Assistenzsystem zur intelligenten, reaktionsfähigen Personaleinsatzplanung vorgestellt. Angelehnt an bestehende Ansätze werden dabei zwei Hauptansätze zur Personaleinsatzplanung unterschieden: die kurzfristig angelegte, leistungsorientierte Einsatzplanung nach Auftragslage, bei der geringe Stückzahlverluste im Fokus stehen und die längerfristig angelegte personalentwicklungsorientierte Einsatzplanung (Denkena et al. 2013).

## 2. System zur intelligenten und kompetenzbasierten Personaleinsatzplanung

Ziel des Assistenzsystems ist es, die komplexen Aufgaben der Personaleinsatzplanung zu objektivieren und effizienter zu gestalten. Zu diesem Zweck bietet das System Personalverantwortlichen auf dem Shopfloor eine Entscheidungsunterstützung für kurz- und mittelfristige Planungsaufgaben. Darüber hinaus unterstützt das System die Identifikation und Umsetzung individueller Weiterbildungsmaßnahmen. Abbildung 1 zeigt das Konzept des Assistenzsystems und verdeutlicht die Interaktionen des Systems mit den Planungsverantwortlichen sowie dem Shopfloor.



**Abbildung 1:** Konzeptbild des Assistenzsystems

Die systemintegrierte Skill-Matrix dient als Werkzeug zur Erfassung des arbeitsplatzspezifischen Kompetenzdefizits von Mitarbeitenden. Dieses ist die Grundlage für die Berücksichtigung von Kompetenzen bei der Einsatzplanung sowie für das Ableiten von Weiterbildungsmaßnahmen. Das Planungsmodell unterstützt sowohl kurz- als auch

mittelfristige Planungsaufgaben durch Empfehlungen zur optimalen Personalallokation bzw. zur kurzfristigen Umplanung von Personal. In den folgenden Abschnitten werden die beiden Kernelemente, Skill-Matrix und das Planungsmodell, näher beschrieben.

## 2.1 Skill-Matrix

Als Skill-Matrix wird in diesem Beitrag die sich aus dem Abgleich von Ist- und Soll-Kompetenzmatrix ergebende Defizitmatrix bezeichnet. Ziel ist es, eine arbeitsplatzspezifische Bewertung der Eignung von Mitarbeitenden für Aufgaben in der Produktion abzuleiten. Für die Bewertung der Mitarbeitendenkompetenzen werden die drei Matrizen in folgende Dimensionen eingeteilt:

- *Basisqualifikationen (K.-o.-Kriterien)*: Notwendige Unterweisungen (z. B. Sicherheitsunterweisungen) für einen Arbeitsplatz
- *Arbeitsplatzspezifische Erfahrung*: Anzahl bisheriger Ausführungen und Zeitraum seit der letzten Ausführung
- *Transferkompetenz*: Übergreifende Kompetenzen mit Relevanz für diverse Produktionsaufgaben (z. B. handwerkliches Geschick)

Die relevanten Kompetenzen in den einzelnen Dimensionen sowie deren Soll-Ausprägungen  $K_{soll}$  können von Personalverantwortlichen auf dem Shopfloor (z. B. Teamleiter) individuell in der Soll-Kompetenzmatrix festgelegt werden. Die Ist-Kompetenz  $K_{ist}$  wird sich fortlaufend aktualisierend in der Ist-Kompetenzmatrix festgehalten.

Um manuelle Aufwände zu reduzieren, unterstützt das System eine teilautomatisierte Pflege der Skill-Matrix. Zu diesem Zweck überwacht das System die Skill-Entwicklung und leitet Vorschläge für die Skill-Einstufung ab, welche von Personalverantwortlichen geprüft und freigegeben werden können. Für jeden Planungslauf wird ein arbeitsplatzspezifischer Kompetenzabgleich durchgeführt, dessen Ergebnis, die Skill-Matrix, anhand der Soll-Ist-Differenz mögliche Kompetenzdefizite  $\Delta K$  und somit Weiterbildungsbedarfe der Mitarbeitenden aufzeigt.

## 2.2 Planungsmodell

Dem Planungsmodell des Assistenzsystems liegen zwei mathematische Optimierungsmodelle zugrunde. Diese bilden unterschiedliche Planungshorizonte ab, um sowohl kurz- als auch mittelfristige Planungsaufgaben zu unterstützen. Beide Modelle sind als ganzzahlige Optimierungsprobleme formuliert, sodass sie mit Hilfe von gängigen Solvern wie Gurobi oder CPLEX gelöst werden können. Die Optimierungsmodelle wurden für Produktionssysteme entwickelt, die durch eine oder mehrere getaktete Linien (z. B. Linienmontage) charakterisiert sind. Die Personaleinsatzplanung findet auf Arbeitsebene statt.

Das erste Optimierungsmodell (IP-1) unterstützt mittelfristige Planungsaufgaben mit einem Planungshorizont von mindestens einer Woche. Grundlage der Planung ist eine initiale Allokation von Produktionsaufträgen und Personal zu Schichten und Linien aus einer übergeordneten Planung. Darauf basierend ist es Ziel des Modells, Optimierungsmaßnahmen für den Personaleinsatzplan abzuleiten. Dabei liegen die folgenden Zielgrößen zugrunde:

- *Produktivität*: Reduktion von Stückzahlverlusten gegenüber dem geplanten Produktionsprogramm
- *Weiterbildungs- / Trainingsgrad*: Gezielte Zuweisung von Mitarbeitenden zu Arbeitsplätzen mit hohem Kompetenzdefizit zur Erzielung von Lerneffekten

- **Minimiere Schichttausche:** Reduktion der Anzahl an erforderlichem Schichtauschen von Mitarbeitenden

Eine wiederholte Ausführung von IP-1 mit variierenden Konfigurationen erlaubt die Simulation verschiedener Planungsszenarien, bspw. mit wechselnden Priorisierungen der Zielfunktionskomponenten. Darüber kann durch die Simulation von Szenarien mit reduzierter verfügbarer Personalkapazität eine Robustheitsbewertung durchgeführt werden. Im Folgenden ist die mathematische Formulierung von IP-1 aufgeführt:

### **Mengen & Konstanten**

$o \in O$	Produktionsaufträge
$v_o$	Soll-Stückzahl des Auftrags $o$
$w \in W$	Mitarbeitende auf dem Shopfloor
$l \in L$	Produktionslinien
$i \in I_l$	Arbeitsplatz an Linie $l$
$s \in S$	Schichten
$c \in C_l$	Diskrete Taktzeitstufe von Linie $l$
$r \in R$	Mögliche Funktionen / Rollen von Mitarbeitenden, z. B. Teamleiter
$b_{l,i,c,r}$	Personalbedarf nach Linie $l$ , Funktion $r$ , Arbeitsplatz $i$ und Taktzeitstufe $c$
$q_{w,i}$	Skill-Level von Mitarbeitendem $w$ für Arbeitsplatz $i$
$j_w$	Funktion / Rolle von Mitarbeitendem $w$
$m_{l,c}$	Maximale Kapazität pro Schicht von Linie $l$ für Taktzeit-Stufe $c$
$u_l$	Zuteilung von Aufträgen $o$ zu Linien $l$
$h_o$	Zuteilung von Aufträgen $o$ zu Schichten $s$
$\beta$	Deckungsbeitrag je Produkteinheit
$\alpha$	Monetäres Äquivalent für Weiterbildungs- / Trainingsmaßnahmen
$k_{w,s}$	Geplante Anwesenheit von Personal $w$ je Schicht $s$ (Schichtplan)
$M$	“Big M” ( $M = 10^6$ )

### **Entscheidungsvariablen**

$x_{w,l,i,s} \in \{0,1\}$	Zuteilung von Mitarbeitenden zu Arbeitsplätzen und Linien
$y_{l,s,c} \in \{0,1\}$	Auswahl der Taktzeitstufe je Linie und Schicht
$z_{o,l,s} \in \mathbb{N}$	Realisierte Stückzahl je Auftrag, Schicht und Linie

### **Zielfunktion (hierarchisch)**

1.  $\min \sum_{o \in O} (\beta \cdot (v_o - \sum_{l \in L, s \in S} z_{o,l,s}))$  Min. Stückzahlverluste
2.  $\min \sum_{w \in W, s \in S} (1 - \sum_{l \in L, i \in I_l} (x_{w,l,i,s} \cdot k_{w,s}))$  Min. Schichtwechsel
3.  $\min \sum_{w \in W, s \in S} (\alpha \cdot \sum_{l \in L, i \in I_l} (x_{w,l,i,s} \cdot q_{w,i}))$  Max. Weiterbildungsgrad

**Nebenbedingungen**

$$\sum_{c \in C_l} b_{l,i,c,r} \cdot y_{l,s,c} \leq \sum_{\{w \in W \mid j_w=r\}} x_{w,l,i,s}, \forall r \in R, s \in S, i \in I_l, l \in L \quad (1) \text{ Deckung Personalbedarf}$$

$$\sum_{o \in O} z_{o,l,s} \leq \sum_{c \in C_l} m_{l,c} \cdot y_{l,s,c}, \forall s \in S, l \in L \quad (2) \text{ Maximale Linienkapazität}$$

$$\sum_{c \in C_l} y_{l,s,c} = 1, \forall s \in S, l \in L \quad (3) \text{ Festlegung Taktzeitstufe}$$

$$\sum_{l \in L, i \in I_l} x_{w,l,i,s} \leq 1, \forall s \in S, w \in W \quad (4) \text{ Keine Mehrfachzuteilung}$$

$$1 < q_{w,i} + (1 - x_{w,l,i,s}) \cdot M, \forall s \in S, l \in L, i \in I_l, w \in W \quad (5) \text{ Erforderliches Skill-Level je Arbeitsplatz}$$

$$\sum_{l \in L, s \in S} z_{o,l,s} \leq v_o, \forall o \in O \quad (6) \text{ Keine Überproduktion}$$

$$\sum_{w \in W, l \in L, i \in I_l} x_{w,l,i,s} \leq \sum_w k_{w,s}, \forall s \in S \quad (7) \text{ Maximale Personalmenge je Schicht}$$

$$\sum_{s \in S} z_{o,l,s} = 0, \forall l \in L, \{o \in O \mid o \notin u_l\} \quad (8) \text{ Linienallokation Aufträge}$$

$$\sum_{l \in L} z_{o,l,s} = 0, \forall o \in O, \{s \in S \mid s \neq h_o\} \quad (9) \text{ Schichtallokation Aufträge}$$

Ziel des zweiten Optimierungsmodells (IP-2) ist die Unterstützung bei der Reaktion auf kurzfristige Störungen wie bspw. krankheitsbedingte Ausfälle. Für den Planungshorizont von einer Schicht empfiehlt das Modell Maßnahmen (z. B. Umplanung von Mitarbeitenden zwischen Arbeitsplätzen), um die negativen Auswirkungen von Störungen auf das Produktionsprogramm zu minimieren. Grundlage der Planung ist dabei der initiale Personaleinsatz- und Produktionsplan einer Schicht sowie Meldungen über kurzfristig aufgetretene Störungen. IP-2 liegen die folgenden Zielgrößen zugrunde:

- **Produktivität:** Minimierung von Stückzahlverlusten gegenüber dem geplanten Produktionsprogramm
- **Minimiere Linienwechsel:** Reduktion der Anzahl erforderlicher Linienwechsel von Mitarbeitenden gegenüber der ursprünglichen Zuteilung

Abgesehen vom verkürzten Planungshorizont ist die mathematische Formulierung von IP-2 weitestgehend analog zu IP-1. Da Weiterbildungsmaßnahmen bei kurzfristigen Störungen nicht im Fokus stehen, entfällt der entsprechende Zielfunktionsterm von IP-1. Darüber hinaus wird der dritte Zielfunktionsterm angepasst, um anstelle von Schichtwechseln die Anzahl erforderlicher Linienwechsel bei der Umplanung zu minimieren.

**4. Diskussion**

Das in diesem Beitrag vorgestellte Assistenzsystem zur intelligenten, kompetenzbasierten Personaleinsatzplanung adressiert die gestiegenen Anforderungen in Bezug auf Reaktionsfähigkeit im Personaleinsatz sowie die Berücksichtigung einer nachhaltigen Personalentwicklung und Einsatzflexibilität durch bedarfsgerechte Qualifizierungsmaßnahmen. Zentrale Elemente des Systems bilden die Skill-Matrix als Werkzeug zur Bewertung von arbeitsplatzbezogenen Kompetenzdefiziten sowie ein Planungsmodell, welches

neben der mittelfristigen Planung auch die komplexen Planungsaufgaben der kurzfristigen, schichtweisen Personaleinsatzplanung unterstützt.

Potenzial für Weiterentwicklungen besteht in der verstärkten Einbindung der Produktionsmitarbeitenden. Beispielsweise würde es die Einbindung einer Schichtbörse Mitarbeitenden erlauben, ihre individuellen Einsatzpläne bedürfnisgerecht abzustimmen. Gleichzeitig gilt es die Übertragbarkeit auf andere Produktionsformen zu untersuchen, da das System primär für Anwendungsfälle in der getakteten Linienmontage entwickelt wurde.

## 5. Literatur

- acatech. (16. November 2016). *acatech.de*. Von *acatech.de*: <https://www.acatech.de/publikation/kompetenzen-fuer-industrie-4-0-qualifizierungsbedarfe-und-loesungsansaeetze/> abgerufen 17.12.2022
- Alhawari O, Bhutta K, Muzzafar A (2021). Supply chain emerging aspects and future directions in the age of COVID-19: A systematic review. *Uncertain Supply Chain Management* 9 (2), 429–446.
- Denkena B, Dittrich MA, Winter F (2016). Nutzung von Betriebsdaten zur Produktionsplanung – Untersuchung des Mitarbeiterinflusses auf das Erreichen von Produktionszielgrößen. *wt Werkstattstechnik online* 106 3, 141–145.
- Denkena B, Nyhuis P, Charlin F, Meyer G, Winter F (2013). Kompetenzorientierte Produktionsplanung – Simulationsbasierte Produktionsplanung unter Berücksichtigung von Mitarbeiterkompetenzen. *wt Werkstattstechnik online* 103 H. 3, 216–220.
- Gärtner C (2020). Digitale Tools für smarte Personalarbeit. In *Smart HRM*. Wiesbaden: Springer Gabler. doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-658-29431-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-658-29431-1_4)
- Motz M, Möhle J, Lossie K, Ast J, Rochow NE, Schmitt RH, Nyhuis P (2021). Smarte Einsatzplanung und Schulung zur Qualitätssteigerung - Kompetenzgerechte Personaleinsatzplanung und arbeitsgebundene Schulung als Schlüssel zur Qualitätssteigerung in komplexen Produktionsprozessen. *Assistenzsysteme Industrie 4.0 ZWF Jahrg. 116* 12, 945–950.
- Pimpertz J (2021). *Krankenstand unter Corona: Eine Interpretation*. Köln: IW-Kurzbericht, No 15/2021, Institut der deutschen Wirtschaft (IW).
- Spath D, Ganschar O, Gerlach S, Hämmerle M, Krause T, Schlund S (2013). *Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.

**Förderhinweis:** Das IGF-Vorhaben (21842 N) der Forschungsvereinigung Forschungsgemeinschaft Qualität e.V. (FQS), August-Schanz-Straße 21A, 60433 Frankfurt am Main wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



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)