

## **Zur Passung von Arbeitsanforderungen und digitalen Assistenztechnologien in handwerklichen und industriellen Montageprozessen**

Helge FREDRICH<sup>1</sup>, Michael DICK<sup>1</sup>, Tina HAASE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg,  
Fakultät für Humanwissenschaften, Professur für Betriebspädagogik  
Zschokkestraße 32, D-39104 Magdeburg*

<sup>2</sup> *Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF Magdeburg  
Sandtorstraße 22, D-39106 Magdeburg*

**Kurzfassung:** Die steigende Komplexität von Montageprozessen und kürzere Lebenszyklen von Produkten machen eine ständige Aneignung neuer Informationen erforderlich. Digitale Assistenzsysteme können die Informationsaneignung situativ (eingebunden in den Arbeitsprozess) und adaptiv (bezogen auf das Lernverhalten der Beschäftigten) unterstützen. Dafür bedarf es neben der technologischen und mediendidaktischen Gestaltung auch einer Untersuchung der Lernförderlichkeit solcher Systeme. Das Projekt nutzt hierfür einen Design-Based-Research Ansatz, wonach Kriterien aus den Dimensionen (1) Individuelle Expansion, (2) Immanente Motivation und (3) Soziale Integration operationalisiert und experimentell evaluiert werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen fließen in die Designrichtlinien für die Prototypengestaltung ein und werden auf die jeweiligen Anwendungsfälle adaptiert.

**Schlüsselwörter:** Assistenzsystem, VR/AR, Lernförderlichkeit, MTO-Analyse, Didaktische Gestaltung, Montageprozess

### **1. Entwicklung digitaler Assistenztechnologien im Projekt „LeARn4Assembly“**

Das vom BMBF geförderte Projekt „LeARn4Assembly“ beschäftigt sich mit der Unterstützung von Montageprozessen durch die Konzeption und Implementierung lernförderlich gestalteter *digitaler kognitiver Assistenzsysteme* auf der Basis von Technologien der Virtuellen und Erweiterten Realität (VR/AR). Erfahrungen der Projektpartner aus Vorläufer-Projekten zeigen, dass eine direkte Ableitung von Funktionen und Inhalten eines Assistenzsystems aus der Arbeitsaufgabe allein zu kurz greift. Dies liegt zum einen an den verschiedenen Herausforderungen in unterschiedlichen Branchen und Organisationsformen. So stellt zum Beispiel die Integration neuer Systeme in der Automobilfertigung ganz andere Anforderungen an die Abstimmungsprozesse innerhalb der Organisation als bei einem mittelständischen familiengeführten Unternehmen oder gar bei einem kleinen Handwerksbetrieb. Andererseits begegnen wir unterschiedlichen Qualifikationsniveaus der Mitarbeitenden vom Quereinsteiger aus anderen Berufen über Zuwanderer\*innen mit Sprachbarrieren bis zum\*r ausgebildeten Facharbeiter\*in.

Soziotechnische Arbeitssysteme sind durch das Zusammenwirken von Mensch und Betriebsmitteln zur Erfüllung einer Arbeitsaufgabe gekennzeichnet (vgl. Deuse et. al. 2015, S. 148). Das Ineinandergreifen der verschiedenen Ebenen eines Arbeitssystems legt nahe, diese Abhängigkeiten auch bei der Gestaltung eines Assistenzsystems zu berücksichtigen. Arbeitsaufgabe, Arbeitsperson und die Umgebungseinflüsse wurden

als relevante Einflussfaktoren auf die wirksame Gestaltung von Assistenzsystemen identifiziert. Das Forschungsprojekt variiert diese Merkmale bewusst um über verschiedene Anwendungsfälle hinweg verallgemeinerbare Erkenntnisse zur Konzeption und Implementierung digitaler kognitiver Assistenzsysteme zu generieren. Nachfolgend werden die Anwendungsszenarien des Projektes mit unterschiedlichen Aufgabenmerkmalen und unterschiedlichen organisationalen Rahmenbedingungen vorgestellt.

### *1.1 Fallbeispiel: Nachbereitung in der Mechatronik-Aufbereitung*

Das Beispiel der Mechatronik-Aufbereitung für Direktschaltgetriebe ist bei einem deutschen Automobilhersteller verortet. Die Mechatronik besteht aus vielen, teilweise sehr kleinen Bauteilen und muss für die Aufbereitung ausgelesen, demontiert, gereinigt, wieder montiert und geprüft werden. Insbesondere die Demontage und die Montage erfolgen stark arbeitsteilig und erfordern feinmotorische Fähigkeiten, Präzision und Sauberkeit. Die Mitarbeitenden sind an verschiedenen Stationen eingesetzt und nur für wenige ausgewählte Prozessschritte zuständig. Diese Prozessschritte sind standardisiert, zeitlich getaktet sowie durch verschiedene Assistenzsysteme, wie zum Beispiel Intelligente Werkzeuge oder Desktopbasierte Anzeigen unterstützt.

Die Belegschaft verfügt zumeist über eine technische Ausbildung. Eine Besonderheit der Abteilung ist der vermehrte Einsatz von leistungsgeminderten Mitarbeitenden. Die einzelnen Arbeitsplätze sind dazu ergonomisch angepasst. Die Einarbeitung an den Montage- und Demontearbeitsplätzen erfolgt bislang durch erfahrene Mitarbeitende der Abteilung mit Unterstützung einer digitalen Lernplattform. Da eine sehr geringe Fluktuation in der Belegschaft herrscht, wird der Einarbeitungsvorgang nur selten durchgeführt.

Vor dem Hintergrund des sozio-technischen Systemansatzes wurde zur integrierten Betrachtung der Teilsysteme Mensch, Technik und Organisation (MTO) eine MTO-Analyse durchgeführt. Sie sollte Hinweise darauf geben, wo und wie die verschiedenen Aspekte der Mitarbeiterqualifikation, der technischen Funktionalität, der Arbeitsprozesse und Organisation gemeinsam optimiert werden können (vgl. Ulich 2013, S.6). Im Ergebnis wurde der Prüf- und Nacharbeitsplatz für den Einsatz eines lernförderlichen Assistenzsystems ausgewählt, da dieser durch die Anwendung eines hohen Maßes an Erfahrungswissen gekennzeichnet ist und somit eine Weiterqualifikation der Mitarbeitenden nicht nur zulässt, sondern auch erfordert.

### *1.2 Fallbeispiel: Anlernvorgang an einer Gewinderollanlage*

Im Fokus des zweiten Anwendungsfalles steht der Anlernvorgang an einer Gewinderollanlage in einem mittelständischen, auf Auftragsfertigung spezialisierten Unternehmens der metallverarbeitenden Industrie. Die Anlage ist bereits älter, nicht automatisiert, erlaubt es aber jede beliebige Variante und Sonderanfertigung in kleinen und großen Losgrößen anzufertigen und damit ein Maximum an Kundenwünschen zu erfüllen.

Die Anlage besitzt eine hydraulische Steuerung und ist nicht automatisiert. Durch die oft geringe Losgröße und hohe Variantenvielfalt der Aufträge kann es zu mehreren Umrüstvorgängen am Tag kommen. Der Umrüstvorgang muss von den Mitarbeitenden manuell vorgenommen werden. Dabei werden verschiedene Einstellparameter an der Maschine verändert, unterschiedliche Gewinderollen als Bearbeitungswerkzeug eingesetzt und verschiedene Hilfsmittel verwendet. Der recht einfache Arbeitsprozess

des Gewinderollens, der im Wesentlichen aus dem Einlegen und Führen der Rohlinge und der Steuerung der Maschine mittels eines Fußschalters besteht, steht einer komplexen Phase des Ein- und Umrüstens gegenüber. Dieser Vorgang ist durch eine Vielzahl manueller Prozessschritte, bei denen vorwiegend feinmotorische Fähigkeiten und verschiedene sensorische Prüfungen erforderlich sind, gekennzeichnet.

Die an diesem Arbeitsplatz eingesetzten Mitarbeitenden sind zumeist angelernte Hilfskräfte, die zum Teil stärkere Sprachbarrieren aufweisen. Die Einarbeitung erfolgt derzeit durch erfahrende Mitarbeiter der Abteilung, die hierfür von ihren eigentlichen Arbeitsaufgaben abgezogen werden. Ziel des Unternehmens ist es, den Anlernvorgang an der Anlage durch den Einsatz eines Lern- und Assistenzsystems zu unterstützen sowie die Mitarbeitenden zu einer eigenständigen Umrüstung und Bedienung zu befähigen.

### *1.3 Fallbeispiel: Einführung einer standardisierten Arbeitspraxis bei Fügeprozessen*

Das dritte Anwendungsbeispiel stammt aus der Produktion von Pneumatik-Zylindern. Deren Montage erfolgt produkt- oder auftragsabhängig. Dies kann manuell, teil- oder vollautomatisiert geschehen. Die Arbeitsprozesse sind neben der Montage auch durch Prüfungen, Fehlerbehebungen und einfache Wartungen am Arbeitsplatz gekennzeichnet. Seitens der Produktion gelten die folgenden Anforderungen:

- Beherrschung der hohen Variantenvielfalt der Produkte,
- Gewährleistung einer hohen Qualität durch geringe Fehlerquoten,
- kurze Durchlaufzeiten sowie
- ein flexibler Personaleinsatz.

Ziel des Unternehmens ist neben der Verbesserung der Produktionsprozesse hinsichtlich Qualität und Wirtschaftlichkeit auch die Entwicklung und Erprobung innovativer Lern- und Assistenzsysteme auf VR- und AR-Basis. Die Belegschaft in der Montage ist hinsichtlich des Qualifikationsniveaus sowie der Altersstruktur sehr heterogen. Mit der Einarbeitung neuen Personals zur Unterstützung komplexer Montagetätigkeiten soll auch das grundlegende Verständnis für technisch-technologische Zusammenhänge gefördert werden.

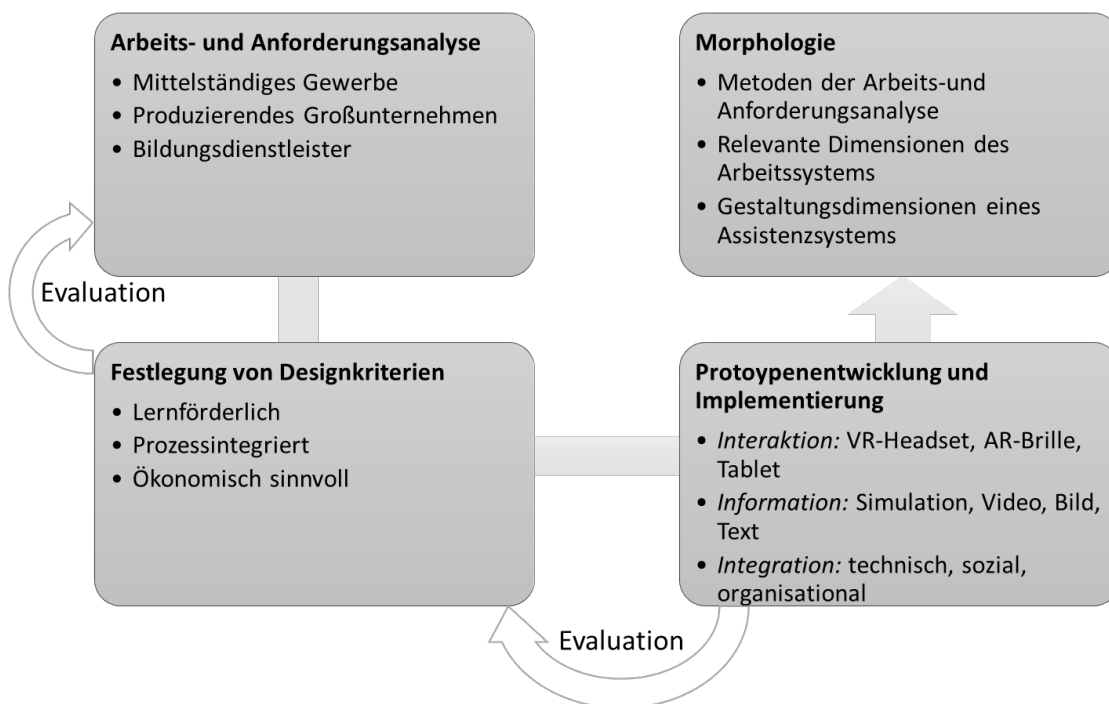
## **2. Zirkuläres Vorgehensmodell im Projekt**

In der sozio-technischen Systembetrachtung zeigen sich die zuvor beschriebenen Anwendungsfälle in den Teilsystemen Mensch, Technik, Organisation sehr heterogen. Die Mitarbeitenden sind teils angelernte Hilfskräfte und andererseits technisch gebildete Fachkräfte. Die Arbeitsaufgaben variieren von kleinteiligen standardisierten Operationen bis zu komplexen und erfahrungsgeliteten Handlungen. Die beteiligten Organisationen divergieren von klein- und mittelständischen Unternehmen zu Großunternehmen. Dabei wird deutlich, dass die Montage unterschiedlich stark zergliedert und automatisiert erfolgt, was eine kontextsensitive und nutzeradaptive Gestaltung der Assistenzlösungen erfordert.

Das Forschungsprojekt „LeARn4Assembly“ hat sich daher unter anderem zur Aufgabe gemacht, ein Vorgehensmodell zu entwickeln, das die Unternehmen bei der passgenauen Gestaltung der Assistenzlösung unterstützt.

Die Grundlage dieses Vorgehensmodells bildet neben einer explorativen Arbeits- und Anforderungsanalyse ein Design-Based Research-Ansatz (vgl. Reinmann 2005,

S. 52), der die unterschiedlichen Gestaltungskriterien für die zu entwickelnden Assistenzsysteme zirkulär aushandelt (s. Abb. 1). Die Ergebnisse dieser Forschung werden innerhalb des Projektes mit den Partnern diskutiert und theoriegestützt in einer Morphologie festgeschrieben. Die Schritte werden im nächsten Absatz beschrieben.



**Abbildung 1:** Zirkuläres Vorgehensmodell

## 2.1 Arbeits- und Anforderungsanalyse

Die Arbeits- und Anforderungsanalysen wurden in verschiedenen Unternehmen an unterschiedlichen Arbeitsplätzen mit einer heterogenen Belegschaft durchgeführt. Nach dem MTO-Ansatz wurden hierbei die (1) Arbeitsaufgabe mit den Dimensionen Aufgabeninhalt, Grad der Flexibilität, Art der Anforderung sowie Aufgabenmerkmale untersucht. Im (2) Mensch-Subsystem wurden Kompetenzniveau, Altersstruktur und persönliche Motive ausgewertet. Weiterhin wurden die (3) Umwelteinflüsse wie z.B. Umgebungslautstärke und -licht sowie die (4) organisationalen Rahmenbedingungen betrachtet. Die Ergebnisse dieser Analysen münden in ein Kriterien-Modell (Abb. 2), das als Grundlage für die mediendidaktische Ausgestaltung und für die Prototypenentwicklung im Projekt zur Zeit Anwendung findet.

Die Arbeits- und Anforderungsanalyse zur Entwicklung von digitalen Assistenzsystemen sowie die Reflexion der verwendeten empirischen Methoden wurde an anderer Stelle ausführlich dargestellt (Radde 2020).

## 2.2 Festlegung von Designkriterien

Eine Vielzahl von digitalen Assistenzsystemen, die in den letzten Jahren für die Unterstützung von Montageprozessen entwickelt wurden, fokussierten sich primär auf die Vorgabe richtiger Handlungsabfolgen. Beispiele hierfür sind Pick-By-Light Systeme oder Desktop-Anzeigen in der Automobilindustrie. Diese Art der gelenkten und alternativlosen Vorgabe richtiger Teiloperationen ohne Hintergrundinformationen und ohne die Möglichkeit der Exploration führt eher zu einer Einschränkung von Lernprozessen

und zu De-Qualifizierung (vgl. Frieling et al. 2006). Daher werden im Projekt Gestaltungskriterien (s. Abb. 2) formuliert, die zu einer Lernförderlichkeit des Assistenzsystems und damit zu Entwicklungsprozessen bei den Beschäftigten beitragen sollen (Haase et. al. 2020). Sie folgen Kriterien einer lern- und kompetenzförderlichen Gestaltung der Arbeit (vgl. Franke/ Kleinschmitt 1987; Dehnbostel 1994; Franke 1999) und ergänzen diese um die Dimension der systemimmanenten Motivationsanreize.

Lernförderliche Gestaltung von Assistenzsystemen		
<b>Individuelle Expansion</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ermöglicht Wissenszuwachs</li><li>• Stellt fachliche Informationen bereit</li><li>• Ist in den Arbeitsprozess eingebettet</li><li>• Bietet einen Explorations- und Experimentiermodus</li></ul>	<b>Immanente Motivation</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Weckt Neugier</li><li>• Hält Nutzungstätigkeit aufrecht</li><li>• Gibt Individuelles Feedback</li><li>• Beinhaltet Belohnungsmechanismen</li></ul>	<b>Soziale Integration</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Betont Bedeutung der Aufgabe</li><li>• Erhöht den Status der Tätigkeit</li><li>• Schafft Interdependenz</li><li>• Stiftet Austausch</li></ul>

**Abbildung 2:** Gestaltungsdimensionen für lernförderliche Assistenzsysteme

Die formulierten Kriterien sollen über die bloße Anpassung an eine vorgegebene Abfolge von Montageschritten hinaus ein subjektives Bildungspotenzial abdecken. Dieses kann z.B. darin bestehen, bestehendes Wissen zu vertiefen und zu erweitern und damit individuelle Ziele zu verbinden, oder sich in einen kollegialen Zusammenhang zu stellen und an der Weiterentwicklung der Arbeitsprozesse mitzuwirken. Den eigenen Beitrag an der Gesamtleistung sichtbar zu machen stiftet Sinn und Identität (Wehner et. al. 1996). Das Assistenzsystem kann zum Symbol und Artefakt einer „community of practice“ (Wenger 1998) werden. Mechanismen, die Neugier entfachen und die Beschäftigung mit dem Lerngegenstand aufrechterhalten, können diese Prozesse unterstützen. So werden alle Dimensionen des MTO-Ansatzes, Subjekt, Gemeinschaft und Werkzeug, berücksichtigt.

Die Operationalisierung dieser Kriterien zur Gestaltung digitaler Assistenzsysteme erfolgt derzeit im Projekt entlang der diversen Anwendungsszenarien. Darauf aufbauend soll die Wirksamkeit dieser Gestaltungskriterien in situ und in Laborexperimenten evaluiert werden.

### 2.3 Prototypenentwicklung und Implementierung

Die aus der Arbeits- und Anforderungsanalyse abgeleiteten Kriterien werden zusammen mit den lernförderlichen Kriterien aus den zuvor dargestellten Gestaltungsdimensionen in einem hermeneutischen Diskurs reflektiert. Beteiligt sind neben den betrieblichen Akteuren auch die Technologiepartner, die die Soft- und Hardware entwickeln. Das Projekt befindet sich derzeit in der Phase der Prototypenentwicklung, die durch die Pandemie-bedingten Kontaktsperrern und Reisebeschränkungen erschwert werden.

### 3. Reflexion

Betrachtet man die Arbeitsaufgabe im Montageprozess isoliert, um Ansatzpunkte für eine digitale Assistenz des Prozesses zu gewinnen, z.B. über Fehlerraten oder Taktgeschwindigkeit, läuft man Gefahr den Menschen einseitig an die Anforderungen des Produktionsprozesses anzupassen. Arbeitswissenschaftliche Gestaltungskriterien postulieren darüber hinaus die Persönlichkeitsförderlichkeit oder die soziale Anlage einer Arbeitsaufgabe. Diese können nur in einer wechselseitigen interdisziplinären Bezugnahme gewonnen werden. Die betrieblichen Akteure sehen sich einem effizienten Ressourceneinsatz verpflichtet, die Entwickler der Assistenzsysteme möchten neue technische Möglichkeiten realisieren und deren Funktion empirisch begründen, und die arbeitswissenschaftliche Begleitforschung sieht sich den Entfaltungsmöglichkeiten der Subjekte im Arbeitsprozess verpflichtet. Jede Perspektive für sich legt zunächst einfach anmutende Lösungen im Sinne einer Optimierung nahe, die Herausforderung und Innovation liegt allerdings darin, die drei nicht auf Anhieb kompatiblen Rationalitäten produktiv zu verbinden.

### 4. Literatur

- Dehnbostel P: Lernen im Prozess der Arbeit. Münster u. a.2007
- Deuse J, Busch F, Weisner K, Steffen M (2015) Gestaltung sozio-technischer Arbeitssysteme für Industrie 4.0 in: Hirsch-Kreinsen H, Ittermann P, Niehaus J (Hrsg.) Digitalisierung industrieller Arbeit:148 - 165.
- Franke G: Erfahrung und Kompetenzentwicklung. In: Dehnbostel P. et. al. (Hrsg.): Erfahrungslernen in der beruflichen Bildung – Beiträge zu einem kontroversen Konzept. Neusäß 1999, S. 54–70
- Franke G; Kleinschmitt M: Der Lernort Arbeitsplatz. Berlin, Köln 1987
- Haase T, Keller A, Radde J, Berndt D, Fredrich H, Dick M (2020) Integrierte Lern- und Assistenzsysteme - Vorschlag für eine Systematik zur Technologieauswahl und -gestaltung In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaften (Hrsg.): Frühjahrskongress 2020, Berlin Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch? Dortmund: GfA-Press.
- Reinmann G (2005) Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr- Lernforschung In: Unterrichtswissenschaft 33 1: 52-69
- Radde J (2020) Arbeits- und Anforderungsanalyse als Grundlage für die Einführung technologiebasierter Lern- und Assistenzsysteme - Vorschlag für eine Systematik zur zielgerichteten methodischen Gestaltung, Masterarbeit, Otto-von-Guericke-Universität
- Ulich E (2013) Arbeitssysteme als Soziotechnische Systeme - eine Erinnerung. Journal Psychologie des Alltagshandelns 6/1: 4-12.
- Wehner T, Clases, C, Endres, E (1996) Situiertes Lernen und kooperatives Handeln in Praxismgemeinschaften. In: Endres E & Wehner T(Hrsg.), Zwischenbetriebliche Kooperation. Die Gestaltung von Lieferbeziehungen (S. 71–85). Beltz, Psychologie Verlags Union.
- Wenger E (1998). Communities of Practice. Learning, Meaning, and Identity. Cambridge University Press.

**Förderhinweis:** Das Vorhaben (LeARn4Assembly; FKZ 01PV18007B) wird im Rahmen des Programms „Digitale Medien in der beruflichen Bildung“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## Arbeit HUMAINE gestalten

67. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie (WiPs)  
Ruhr-Universität Bochum

Institut für Arbeitswissenschaft (IAW)  
Ruhr-Universität Bochum

3. - 5. März 2021

---

## GfA-Press

---

**Bericht zum 67. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 3. - 5. März 2021**

**Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie, Ruhr-Universität Bochum  
Institut für Arbeitswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Dortmund: GfA-Press, 2021  
ISBN 978-3-936804-29-4

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

**Schriftleitung: Matthias Jäger**

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.

**Screen design und Umsetzung**

© 2021 fröse multimedia, Frank Fröse

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