

## **Digitale Assistenzsysteme als Lernmedium - Optimierung eines digitalen Assistenzsystems für den Fertigkeitserwerb in der manuellen Montage**

Carmen ARINGER-WALCH<sup>1</sup>, Laura VETTER<sup>1</sup>, Fabian DILLINGER<sup>2</sup>

*<sup>1</sup> Lehrstuhl für Ergonomie, TU München  
Boltzmannstr. 15, D-85748 Garching*

*<sup>2</sup> Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, TU München  
Boltzmannstr. 15, D-85748 Garching*

**Kurzfassung:** In der vorliegenden Studie wurde überprüft, inwiefern ein Montageassistenzsystem als Lernmedium eingesetzt werden kann. Hierfür wurde ein hinsichtlich der Lernförderlichkeit optimiertes Interface für ein digitales Montageassistenzsystem konzipiert, prototypisch umgesetzt und im Vergleich zum ursprünglichen Interface ohne Lernoptimierung in einer Nutzer:innenstudie mit 40 Berufsschüler:innen evaluiert. Die Ergebnisse zeigen, dass Studienteilnehmer:innen, die mit dem hinsichtlich der Lernförderlichkeit optimierten Interface interagierten, einen objektiv höheren Lernerfolg im Bereich der Fertigkeiten erzielten, als Personen, die die Studie mit dem herkömmlichen Interface durchführten.

**Schlüsselwörter:** Digitale Assistenzsysteme, (berufliches) Lernen, Montage, Lernförderlichkeit

### **1. Einleitung und Forschungslücke: Die Relevanz von Assistenzsystemen als Lernmedium und deren (didaktische) Gestaltung**

Vor dem Hintergrund von kleineren Stückzahlen und individuelleren Produkten im Zuge einer Entwicklung zu Industrie 4.0 erscheint es erstrebenswert und notwendig, vermehrt während des Arbeitsprozesses zu lernen. Assistenzsystemen als Lernmedium wird in diesem Kontext großes Potential zugeschrieben. Einige Autoren gehen davon aus, dass bei allen Assistenzsystemen „Lernsequenzen integriert und somit die Lernförderlichkeit von Arbeitssystemen und Formen der Arbeitsorganisation verbessert werden [können].“ (Apt et al. 2018, S.21). Es wird zudem Potential für eine Qualifikation und Unterstützung direkt am Arbeitsplatz durch digitale Lerntechnologien gesehen (Plattform Industrie 4.0, 2015). Auch die Gestaltungsgrundsätze der EN ISO 9241-110 legen als ein Kriterium der Dialoggestaltung die Lernförderlichkeit fest. Trotz des identifizierten Potentials von Assistenzsystemen hinsichtlich des Lernens fehlen bislang systematische Studien speziell zum Lernen mit Assistenzsystemen und deren lernförderlicher, didaktischer Gestaltung. Diese Forschungslücke greift die folgende Studie auf und überprüft, inwiefern sich ein kontextsensitives, digitales Montageassistenzsystem erfolgreich als Lernmedium einsetzen lässt. Hierfür wurde das Interface eines bereits marktreifen und in Unternehmen eingesetzten Montageassistenzsystems gegen ein für die Studie entwickeltes und hinsichtlich der Lernförderlichkeit optimiertes Interface evaluiert. Dabei wurde die User Experience und der objektiv gemessene und subjektiv wahrgenommene Lernerfolg zwischen den beiden Interfaces verglichen und Hinweise für eine lernförderliche Gestaltung solcher

Systeme abgeleitet. Die weiteren Ausführungen konzentrieren sich auf den objektiven Lernerfolg. Die dabei zugrundeliegende Forschungshypothese lautet:

*„Mit dem lernoptimierten digitalen Assistenzsystem ist der objektiv in einer Lernerfolgskontrolle gemessene Lernerfolg (Wissen und Fertigkeiten) größer als mit dem digitalen Assistenzsystem ohne Lernoptimierung.“*

Um das Interface lernförderlich zu gestalten, wurden Erfolgsfaktoren des Lernens recherchiert und aufgrund der Anwendbarkeit im Kontext digitaler Assistenzsysteme ausgewählt. Die identifizierten Faktoren werden in dem folgenden Abschnitt überblicksartig dargestellt.

## 2. Theoretischer Hintergrund: Einflussfaktoren auf das Lernen

Im Rahmen einer Literaturrecherche wurden 18 Einflussfaktoren auf das Lernen erhoben und hinsichtlich ihrer Umsetzungsmöglichkeiten und Relevanz für das vorliegende Thema, der Gestaltung des Interfaces eines Montageassistenzsystems, bewertet. Die folgenden Einflussfaktoren wurden letztlich als relevant für die Studie identifiziert:

**Tabelle 1:** Einflussfaktoren auf das Lernen, die in der Studie Berücksichtigung fanden

<b>Einflussfaktor</b>	<b>Autoren:innen (Auswahl)</b>	<b>Erklärung</b>
Feedback	Hattie & Timperley (2007)	Rückmeldung zum Handeln des Lernenden in geeigneter Frequenz, Art und Weise hat Einfluss auf den Lernerfolg
Emotion	Um et al. (2012)	Emotional Design des Lernmaterials (bspw. Farbgebung) fördert Verständnis und Transfer von Informationen
Motivation	Deci & Ryan (1993)	Lernumwelten, die Bedürfnisse wie Autonomie und Kompetenzerleben berücksichtigen, unterstützen die Entwicklung einer auf Selbstbestimmung basierenden intrinsischen Motivation
Verarbeitungstiefe	Krapp & Weidenmann (2006)	Die Anzahl von Wiederholungen und damit die Verarbeitungstiefe hat Einfluss auf die Behaltensleistung
Wiederholung	Forster et al. (2019)	Erst nach mehrmaliger Wiederholung bildet sich bei der Interaktion mit Multimedia ein mentales Modell
Kognitive Belastung	Brünken, Seufert & Zander (2005)	Zentrale Elemente sollten grafisch hervorgehoben werden und zusammengehörige Informationen räumlich nah präsentiert werden
Advance Organizer	Wahl (2013)	Eine im Vorhinein gegebene Hilfe zur Vorstrukturierung der nachfolgenden Inhalte beeinflusst den Lernerfolg

## 3. Entwicklungsprozess des Prototypen

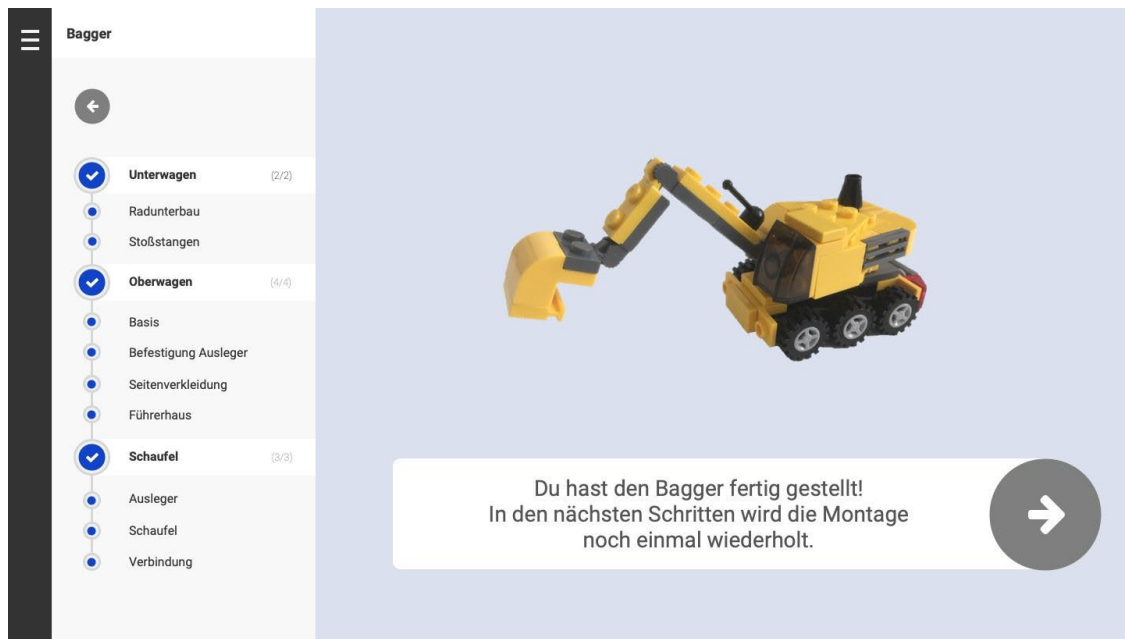
Für die Entwicklung des didaktisch optimierten Prototyps erfolgte in einem ersten Schritt die Analyse des bestehenden Interfaces vor dem Hintergrund der folgenden

Fragen: 1) Welche lernförderlichen Elemente wurden in dem bestehenden System bereits umgesetzt (bspw. Feedback)? 2) An welchen Stellen besteht noch Potential zur Optimierung (bspw. software-ergonomische Grundsätze)? In einem zweiten Schritt wurden fünf Experten:inneninterviews mit Berufsschullehrer:innen und Mitarbeiter:innen aus Firmen geführt, die Montageassistenzsysteme herstellen und vertreiben. Im Fokus stand u.a. die Frage, welche Lernansätze umgesetzt werden sollten und wie das ideale, digitale Assistenzsystem der Zukunft bezüglich des Lernens gestaltet sein sollte. Ergänzt durch die Ergebnisse der Literaturrecherche (s. Abschnitt 2) wurden neun Requirements für den Prototypen festgelegt (darunter bspw. ergonomische Aspekte), wobei speziell für das Lernen die folgenden vier formuliert und umgesetzt wurden:

**Tabelle 2:** Requirements bezüglich des Lernens, die in dem Interface umgesetzt wurden

Requirement	Beschreibung	Beispiel
Feedback	Bei einem erfolgreichen oder falschen Montageschritt erhalten die Nutzer:innen Rückmeldung über ein Smiley (positiv) oder ein "Achtung" Zeichen (negativ).	
Emotion und Motivation	Es wurde eine direkte Ansprache ("Du") verwendet und nochmals ein Smiley als Rückmeldung/Feedback nach der korrekten Montage einer gesamten Baugruppe umgesetzt.	
Wiederholung	Jeder Montageschritt wurde auf eine dreimalige Wiederholung ausgelegt, wobei die Unterstützung durch das Assistenzsystem sukzessive bei jedem Schritt reduziert wurde. Nach jeder montierten Sinneinheit (bspw. Radunterbau und Stoßstangen als Untergruppe der Baugruppe Unterwagen) werden die Nutzer:innen ermutigt, den Montageschritt mental zu wiederholen und anschließend eigenständig weiter zu klicken.	<i>"Du hast den Unterwagen fertig gestellt! Überlege Dir kurz, welche Montageschritte für den Unterwagen nötig waren und klicke dann auf weiter!"</i>
Verbale Zusammenfassung und Übersicht der Lerninhalte	Um den Nutzer:innen die Struktur der Montageschritte zugänglicher zu machen, wurde eine ausführliche Gliederung mit Oberbegriffen einer Seite des Interfaces eingefügt (bspw. Oberbegriff Schaufel mit den Montagebereichen Ausleger – Schaufel – Verbindung). Außerdem wurde eine zusammenfassende Übersicht über die Montageaufgabe zu Beginn der gesamten Montageaufgabe eingefügt und zudem jeweils vor und nach jeder Sinneinheit.	<i>Struktur Schaufel</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ausleger</li> <li>○ Schaufel</li> <li>○ Verbindung</li> </ul>

Der Prototyp wurde in einem ersten Schritt als Paper Prototype umgesetzt und mit zwei Expertinnen evaluiert. Im Anschluss erfolgte die Umsetzung als High Fidelity Prototype mit Hilfe der Software Axure RP 9 (s. Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Beispiel zur Montageanweisung eines Baggers aus dem Axure Prototyp.

## 4. Methodik und Durchführung der Nutzer:innenstudie

### 4.1 Versuchsdesign

Die Studie basiert auf einem Between-Subjects-Design mit insgesamt 40 Personen, verteilt auf zwei Gruppen. Auf diese Weise wurde das ursprüngliche Interface des Montageassistenzsystems mit dem selbst entwickelten, hinsichtlich der Lernförderlichkeit optimierten System verglichen. Die Studie unterteilte sich in eine Haupterhebung und eine Nacherhebung mit einem Pausenintervall von drei Wochen. In der Hauptuntersuchung erhielten die Probanden nach einer Einführung und Eingewöhnung mit dem jeweiligen Assistenzsystem je nach Gruppe eine vergleichbare Montageaufgabe (Lego-LKW oder Lego-Bagger). Im Anschluss wurde mithilfe von Fragebögen u.a. der subjektive wahrgenommene Lernerfolg erfasst. Die Gesamtzeit des Versuchs pro Person betrug ca. 40 Minuten. In der Nacherhebung hatten die Probanden kein Assistenzsystem zur Verfügung. In dieser Untersuchung wurde in einem ersten Schritt Wissen zur Hauptuntersuchung aktiviert, im Anschluss wurden Wissensfragen zum Bauteil gestellt (bspw. welche Komponenten hatte das Bauteil?), im dritten Schritt sollten die Probanden im Rahmen einer Ergänzungsaufgabe das rudimentär vorhandene Montageteil um 20 Teile in sieben Teilaufgaben ergänzen (objektiver Lernerfolg), zum Abschluss sollten die Probanden wiederum ihren subjektiven Lernerfolg, ergänzt um die subjektive Sicherheit über einen Fragebogen einschätzen. Die Nacherhebung dauerte ca. 15 Minuten pro Person.

### 4.2 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen insgesamt 40 Berufsschüler:innen teil (32 männlich, 8 weiblich). Die Probanden waren zwischen 18 und 23 Jahre alt, acht von ihnen absolvierten eine Ausbildung zum Industriemechaniker, 32 befanden sich in einer Ausbildung zum Mechatroniker. Als höchsten Schulabschluss gaben 21 Personen

einen Realschulabschluss an, 15 (Fach-)Abitur und eine Person einen Mittelschulabschluss. Von den 40 Personen verfügte die Hälfte über keine Erfahrungen mit Assistenzsystemen. Sieben Personen verfügten über keinerlei Montageerfahrung im Vorfeld der Untersuchung. Die Teilnahme an der Studie war freiwillig. Die Probanden wurden zufallsbasiert entweder der Gruppe mit dem bereits marktreifen Assistenzsystem oder dem lernoptimierten Assistenzsystem zugeteilt. An der Nachuntersuchung drei Wochen später konnten aufgrund der Coronapandemie noch 31 Personen teilnehmen.

## 5. Ergebnisse und Interpretation zum objektiven Lernerfolg

An der Nacherhebung nahmen 18 Personen teil, die im ersten Versuchsteil mit dem marktreifen Assistenzsystem (A) gearbeitet hatten, 13 Personen hatten drei Wochen zuvor mit dem hinsichtlich der Lernförderlichkeit optimierten System (L) gearbeitet. Der objektive Lernerfolg wurde dabei für die beiden Bereiche Wissen und Fertigkeiten erhoben. Für den Bereich **Wissen** wurden die drei Bereiche: Räder, Baugruppen und Reihenfolge der Baugruppen abgefragt. Die Anzahl der Räder konnten in der Gruppe A 62% der Probanden korrekt wiedergeben, in der Gruppe L waren es 65%. Die Baugruppen konnten in Gruppe A 85% der Probanden korrekt wiedergeben, in der lernoptimierten Gruppe (L) 88%. Die Reihenfolge der Montage der Baugruppen wussten in Gruppe A 77% der Probanden, in Gruppe L 100%. Der Unterschiedstest ergab keinen signifikanten Unterschied in der Anzahl der richtigen Antworten in den beiden Gruppen. Für den Bereich der **Fertigkeiten** wurden in der Gruppe (A) im Durchschnitt 45% der gestellten sieben Montageaufgaben falsch gelöst, 30% wurden teilweise richtig und 15% der Aufgaben komplett richtig gelöst. In der lernoptimierten Gruppe L wurden 2% der Aufgaben falsch, 32% teils richtig und 67% komplett richtig gelöst. Der Mann-Whitney U-Test ergab einen hoch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich der korrekten Ausführung der Montageaufgabe in der Nacherhebung ( $U = 73.36$ ,  $p < .001^{***}$ ,  $d = 3.16$ ).

Zu der aufgestellten Hypothese, dass mit dem hinsichtlich der Lernförderlichkeit optimierten Assistenzsystem der objektiv in der Lernerfolgskontrolle gemessene Lernerfolg größer ist als mit dem System ohne Lernoptimierung, kann keine allgemeine Aussage getroffen werden. Für den Bereich der Fertigkeiten wird die Hypothese angenommen, während dies für den Bereich des Wissens nicht möglich ist. Es hat sich gezeigt, dass die getroffenen Maßnahmen bezüglich der Lernoptimierung insbesondere den Bereich der Fertigkeiten unterstützt haben, bspw. durch Feedback, Wiederholung und verbale Beschreibung sowie die übersichtliche Darstellung der Inhalte. Anscheinend können diese Maßnahmen das bessere Erlernen von Fertigkeiten zielführend unterstützen. Die fehlenden Unterschiede im Bereich Wissen könnten darauf zurückgeführt werden, dass die verwendeten Maßnahmen im lernoptimierten Interface nicht konkret auf die Vermittlung von deklarativem Wissen ausgelegt waren, weshalb die Unterschiede diesbezüglich weniger deutlich sind. In weiteren Auswertungen zeigte sich zudem, dass die Gruppe, die mit dem lernoptimierten System gearbeitet hatte, sich bei der Ausführung der Montage in der Nacherhebung sicherer fühlte und auch weniger Versuche benötigte, als die Gruppe, die ohne das lernoptimierte System gearbeitet hatte. Dies könnte dafür sprechen, dass mit dem lernoptimierten Assistenzsystem ein stabileres mentales Modell von dem Montageteil aufgebaut werden konnte.

## 6. Diskussion

Die Studie konnte zeigen, dass die Hoffnungen in das Potential digitaler Assistenzsystemen durchaus berechtigt sind. Die Ergebnisse zeigen Unterschiede bezüglich des Lernerfolgs zwischen den beiden eingesetzten Systemen, wobei Probanden, die mit dem hinsichtlich der Lernförderlichkeit optimierten System arbeiten konnten, deutlich bessere Ergebnisse im Bereich der Fertigkeiten und tendenziell bessere Ergebnisse im Bereich Wissen erzielten. Allerdings sind Assistenzsysteme nicht per se lernförderlich; sie müssen hierfür aus unserer Sicht gezielt ausgerichtet werden, was einen erheblichen Aufwand und die Einbeziehung von Expert:innen auf diesem Gebiet erfordert. Die in dieser Studie verwendeten Ansätze aus der allgemeinen Pädagogik und zur Messung von Lernerfolg könnten für weitere Untersuchungen sicherlich eine geeignete Ausgangslage bieten, sind aber nur eine Auswahl der Theorien und Messverfahren in diesem Feld. Weiterhin muss erwähnt werden, dass die Übertragung der Ergebnisse in die Praxis Einschränkungen unterliegt: Lernen ist auch in der betrieblichen Praxis kein einmaliger Prozess und häufig werden im Schichtbetrieb größere Stückzahlen gebaut und damit mehr (lernförderliche) Wiederholungen ausgeführt als in dieser Studie, sodass der Unterschied der Fertigkeiten in der Praxis möglicherweise geringer ausfallen würde. Zudem wurde in dieser Studie lediglich der Bau einer Baugruppe/eines Produkts gefordert, sodass die Studie nur einen sehr kleinen Teil der betrieblichen Wirklichkeit darstellt. In der betrieblichen Praxis gängige Unterstützung, bspw. durch Kolleginnen und Kollegen konnte in der Studie ebenfalls nicht berücksichtigt werden. Zuletzt wird darauf hingewiesen, dass der Vergleich eines marktreifen und vollständig implementierten Systems mit einem Prototyp problematisch ist und die Bewertung der Nutzer:innen verzerren kann. Nichtsdestotrotz konnte die Studie zeigen, dass Assistenzsysteme bei einer entsprechenden Gestaltung den Lernprozess unterstützen können. Weitere Studien sollten untersuchen, inwiefern das Gelernte sich bspw. positiv auf die Montage ähnlicher Bauteile auswirkt und welche konkreten Aspekte des hinsichtlich der Lernförderlichkeit optimierten Interfaces tatsächlich den Lernprozess unterstützen.

## 7. Literatur

- Apt W, Bovenschulte M, Priesack K, Weiß C, Hartmann, EA (2018) Forschungsbericht 502: Einsatz von digitalen Assistenzsystemen im Betrieb. Berlin: Bundesministerium für Arbeit und Soziales.
- Brünken R, Seufert T, Zander S (2005) Förderung der Kohärenzbildung beim Lernen mit multiplen Repräsentationen. In: Zeitschrift für pädagogische Psychologie, 19 (1/2):61-75.
- Deci EL, Ryan RM (1993) Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. In: Zeitschrift für Pädagogik, 39(2):223-238.
- Forster Y, Hergeth S, Naujoks F, Krems J, Keinath A (2019) User Education In Automated Driving. Owner's Manual and Interactive Tutorial Support Mental Model Formation and Human-Automation Interaction. In: Information (Switzerland), 10(4):143.
- Hattie J, Timperley H (2007) The Power of Feedback. In: Review of Educational Research, 77(1):81-112.
- Krapp A, Weidenmann B (2006) Pädagogische Psychologie (5. überarbeitete Auflage). Weinheim: Beltz Verlag.
- Plattform Industrie 4.0 (2015) Umsetzungsstrategie Industrie 4.0. Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. BITKOM e.V., VDMA e.V., ZVEI e.V. (Hrsg). Abgerufen am 09. Januar, 2022. <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/150410-Umsetzungsstrategie-0.pdf>.
- Um ER, Plass JL, Hayward EO, Homer BD (2012) Emotional Design in Multimedia Learning. Journal of Educational Psychology, 104(2):485-498.
- Wahl D (2013) Lernumgebungen erfolgreich gestalten. Vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln. (3. Auflage mit Methodensammlung). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## Technologie und Bildung in hybriden Arbeitswelten

68. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und  
Fabrikautomatisierung IFF, Magdeburg

02. – 04. März 2022

---

## GfA-Press

---

**Bericht zum 68. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 02. – 04. März 2022**

**Otto-von Guericke-Universität Magdeburg;  
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Sankt Augustin: GfA-Press, 2022  
ISBN 978-3-936804-31-7

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**

© 2022 fröse multimedia, Frank Fröse

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