

Evaluierung eines Assistenzsystems für Handwerker im digitalen Wandel

Simon GEIER¹, Maximilian KÖNIG², Claudia MEITINGER¹

*¹Hochschule Augsburg, Fakultät für Elektrotechnik
An der Hochschule 1, D-86161 Augsburg*

*²Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV
Am Technologiezentrum 10, D-86159 Augsburg*

Kurzfassung: Die Chancen und Auswirkungen durch Digitalisierung sind in einigen Branchen, wie zum Beispiel dem Handwerk, bisher wenig bis gar nicht erforscht. Dieser Beitrag stellt ein digitales Assistenzsystem vor, welches Handwerker bei Instandhaltungsaufgaben unterstützt und so eine schnellere und effizientere Auftragsbearbeitung ermöglicht. Die prototypische Implementierung des Systems wurde an eine Heizungsanlage im Labor angebunden. Basierend auf dem Anlagenzustand werden Anweisungen an eine Augmented Reality-Datenbrille geschickt, welche den Handwerker mit Hologrammen direkt an den relevanten Stellen der Anlage unterstützt. Eine erste Evaluierung mit Nutzern ergab eine gute Gebrauchstauglichkeit. Zudem standen die Testpersonen einem künftigen Einsatz in Handwerksbetrieben positiv gegenüber.

Schlüsselwörter: Assistenzsystem, Digitalisierung, Handwerk, Instandhaltung, Augmented Reality, Datenbrille

1. Einführung

Im Anwendungsbereich des Handwerks ist gerade die menschliche Flexibilität und die Anpassungsfähigkeit an situative Gegebenheiten sehr wichtig, da vielfältige Instandhaltungsaufgaben und manuelle Tätigkeiten oft den Arbeitsalltag prägen. Digitale Assistenzsysteme können die Effizienz der Aufgabendurchführung erhöhen und helfen, Fehler zu vermeiden (Günthner et al. 2014). Eine Unterstützung kann bei der Aufgabenwahrnehmung, der Entscheidungsfindung und der Aufgabenausführung erfolgen (Bengler et al. 2017).

Im Bereich der Instandhaltung wurden Assistenzsysteme unter Nutzung von Augmented Reality (AR) Technologien bereits häufiger prototypisch umgesetzt (Palmarini et al. 2018). Basierend auf einer Meta-Studie identifizieren Palmarini et al. notwendige Forschungsaktivitäten auf diesem Gebiet, um den Reifegrad weiter zu erhöhen. So nennen sie die Verbesserung von AR-Hardware, von Trackingmethoden zur räumlichen Objekterkennung und der Nutzerinteraktion mit dem AR-Interface. Bei letzterem Aspekt muss unter anderem die Art und Weise der Informationspräsentation gegenüber dem Nutzer betrachtet werden.

Ziel des Projekts „Handwerk Digital“, das vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie gefördert wird, ist es, digitale Wertschöpfungsketten und -prozesse u. a. im Dienstleistungssektor des Handwerks zu analysieren und darauf aufbauend Prototypen beispielsweise für Assistenzsysteme zu entwickeln, welche unmittelbar für Handwerker gewinnbringend nutzbar gemacht

werden können. Komplexe Instandhaltungsaufgaben sollen zur Fehlerprävention kognitiv unterstützt werden (Handwerkskammer Schwaben 2019).

Das folgende Kapitel 2 beschreibt den betrachteten Anwendungsfall, bevor in Kapitel 3 das Konzept und die prototypische Implementierung eines Assistenzsystems für die Instandhaltung dargestellt werden. Kapitel 4 erläutert schließlich die Methodik und Ergebnisse der Evaluierung des Assistenzsystems zusammen mit Handwerkern.

2. Anwendungsfall

Der betrachtete Anwendungsfall beschäftigt sich mit der Instandsetzung einer Heizungsanlage mit Ölbrenner als Teilgebiet der Instandhaltung (DIN 31051:2019-06).

Es wird unterschieden zwischen einem Standardanwendungsfall, welcher mithilfe des Assistenzsystems behoben werden kann, und einem optionalen Anwendungsfall, der dann zum Tragen kommt, wenn ein Fehler auftritt, der vom Assistenzsystem nicht behandelt werden kann. In diesem Fall wird eine Verbindung zu einem entfernten, menschlichen Support ermöglicht. Der Ablauf des Standardanwendungsfalls wird in Abbildung 1 durch eine durchgezogene Linie dargestellt, während die gestrichelte Linie den optionalen Anwendungsfall beschreibt.

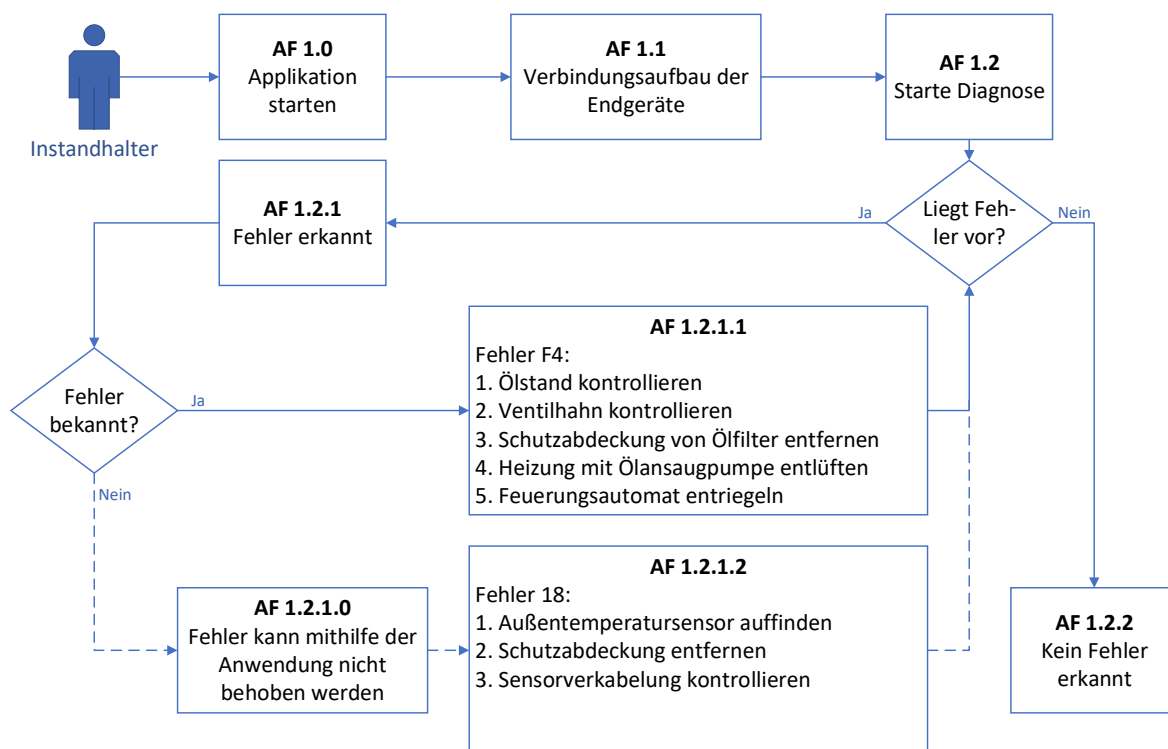


Abbildung 1: Übersicht über den Anwendungsfall zur Instandsetzung der Heizungsanlage

Beide Anwendungsfälle beginnen mit dem Starten der Endgeräte (AR-Datenbrille, mobiler Computer, Heizungsanlage), dem Verbindungsaufbau dieser Endgeräte untereinander und einer Fehlerdiagnose der Heizungsanlage, wobei diese Schritte für den Anwender weitestgehend transparent ablaufen. Beim Standardanwendungsfall wird ein Fehler im Feuerungsautomaten aufgrund mangelnder Ölzufuhr diagnostiziert (Fehler F4), während beim optionalen Anwendungsfall stattdessen ein defekter Außentemperatursensor vorliegt (Fehler 18).

Die Behebung des Fehlers im Standardanwendungsfall kann schrittweise erfolgen. Fehlerursache ist hier Luft in der Ölzufuhr der Heizungsanlage. Für eine erfolgreiche Instandsetzung muss der Handwerker als Instandhalter den Ölstand der Anlage kontrollieren, um ein erneutes Ansaugen von Luft in die Ölzufuhr auszuschließen. Die Ölzufuhr darf dabei nicht durch einen Ventilhahn verriegelt sein. Die Entlüftung der Anlage kann über einen ÖlfILTER erfolgen, welcher mit einer Schutzabdeckung versehen ist. Nach optischer Kontrolle der Entlüftung durch den Instandhalter kann der Fehler an der Steuerkonsole der Heizungsanlage quittiert werden, wodurch der Feuerungsautomat wieder die geforderte Funktion aufnehmen kann.

Die Behebung des Fehlers im optionalen Anwendungsfall erfolgt mittels einer videobasierten Fernunterstützung, bei welcher mit einem menschlichen Experten interagiert wird. Dieser kann in das Sichtfeld des Instandhalters verschiedene holographische Inhalte (z. B. Pfeile) einfügen, welche an vom Experten definierten Stellen im Raum des Instandhalters verortet werden.

3. Konzept und prototypische Implementierung

Ziel des Assistenzsystems ist es, den Instandhalter so bei der Durchführung der einzelnen Schritte zu unterstützen, dass auch ein unerfahrener Instandhalter, der die spezifische Heizungsanlage nicht kennt, diese entstören kann.

3.1 Interaktionskonzept

Für jeden einzelnen Schritt der Instandhaltung muss der Instandhalter (a) wissen, dass dieser Schritt nun durchzuführen ist (= Aufgabe), (b) sich örtlich an dem Teil der Heizungsanlage befinden, an dem die Aufgabe durchgeführt werden kann, und (c) die Aufgabe tatsächlich durchführen.

Um die Aufmerksamkeit des Instandhalters unabhängig von seinem visuellen Fokus auf die aktuelle Aufgabe zu lenken, wird die Aufgabe sowie deren Zielsetzung dem Instandhalter auditiv präsentiert; zusätzlich steht eine visuelle, textuelle Beschreibung an einem fixen Ort im Raum zur Verfügung. Die Führung zum entsprechenden Teil der Heizungsanlage erfolgt mittels visueller Hologramme (Pfeile am Boden), da der Instandhalter bei der Fortbewegung im Raum ohnehin auf den Boden sehen muss. Diese Führungsinformation passt sich an die aktuelle Position des Instandhalters im Raum an. Instruktionen zur Durchführung der Aufgabe werden nach Möglichkeit auf dem Weg zur entsprechenden Position bereits auditiv mitgeteilt. Zudem werden sie visuell so platziert, dass die notwendigen Blickbewegungen beim Durchführen an der Anlage minimiert werden, aber trotzdem die Sicht auf die Anlagenteile frei bleibt. Die Darstellungsform erfolgt immer textuell; je nach Aufgabe stehen zusätzlich Bild- oder Videoanleitungen zur Verfügung. Darüber hinaus werden Hologramme genutzt, um auf wichtige Anlagenteile (z. B. Ventile) hinzuweisen.

3.2 Systemübersicht

An die Heizungsanlage ist ein mobiler Computer angeschlossen, welcher zustandsabbildende Variablen der Anlage abfragt, die Assistenzfunktionen implementiert und mit der AR-Datenbrille (Microsoft HoloLens) kommuniziert. Sowohl der mobile Computer als auch die AR-Datenbrille befinden sich in einem gemeinsamen lokalen Netzwerk, in welches auch weitere Endgeräte eingebunden werden könnten.

Über dieses Netzwerk wird zudem ein Internetzugang ermöglicht, welcher zur Umsetzung der Fernunterstützung benötigt wird. Diese wird mit Microsoft Dynamics 365 Remote Assist realisiert.

3.3 Prototypische Implementierung

Das beschriebene System wurde prototypisch implementiert. So zeigt Abbildung 2 die Heizungsanlage und verschiedene Hologramme, die den Instandhalter bei der Durchführung von Schritt 2 (Ventilhahn kontrollieren) unterstützen.

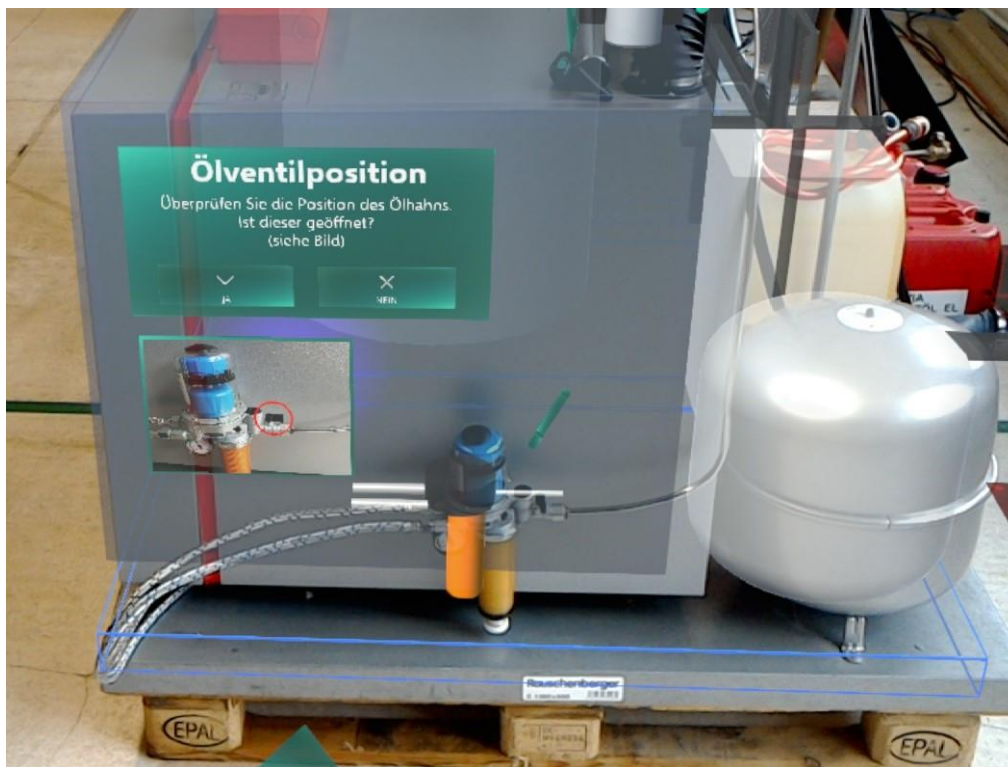


Abbildung 2: Prototypische Implementierung einer Bildanleitung auf der AR-Datenbrille

Dem Instandhalter wird die Aufgabe in Kurzform präsentiert („Ölventilposition“). Neben einer textuellen Aufgabenbeschreibung wird eine Anleitung, in diesem Fall zur Überprüfung der Position des Ölventils, mithilfe eines Bildes dargestellt. In der Mitte ist zudem ein Pfeil zur Hervorhebung des Ventils sichtbar.

Die Interaktion mit den Dialoghologrammen kann entweder gestengesteuert oder durch Verweilen mit dem Blick auf dem zugehörigen Element (vergleiche ‚Ja‘ und ‚Nein‘ in Abbildung 2) realisiert werden. Bei Bestätigung des Dialoghologramms wird zum nächsten Schritt weitergegangen, wobei bis zur Beendigung des Anwendungsfalls durch Aufhebung des Fehlerzustands an der Anlage erneut eine Aufgabe, eine Führung sowie Instruktionen für den nächsten Schritt ausgegeben werden. Die Aufhebung des Fehlerzustands an der Anlage wird durch den mobilen Computer erfasst.

4. Evaluierung

Das System wurde mit 8 Testpersonen im Rahmen von Workshops evaluiert. Ziel war der Austausch zwischen Nutzern und Entwicklern (vgl. Maguire 2001), der im

Hinblick auf das übergeordnete Ziel des Projekts „Handwerk Digital“ vor allem die produktive Nutzbarkeit betrachtete. Die Teilnehmer waren zwischen 30 und 50 Jahre alt. Alle waren im Bereich Sanitär-Heizung-Klima (SHK) tätig; sechs der Teilnehmer waren Meister, zwei Ingenieure.

Die Hälfte der Teilnehmer hatte noch keine Erfahrungen mit Augmented Reality. Drei Personen gaben an, schon einmal mit AR in Berührung gekommen zu sein, während eine Person mit AR bereits sehr vertraut war. Eine AR-Datenbrille, wie die verwendete Microsoft HoloLens, hatten von den 8 Testpersonen lediglich 2 Teilnehmer schon einmal bedient.

Alle Testpersonen führten sowohl eine Instandsetzung des Standardanwendungsfalls mit dem Assistenzsystem als auch des optionalen Anwendungsfalls mit der Fernunterstützung durch.

Das Feedback der Teilnehmer wurde mit Fragebögen erhoben. Der erste Fragebogen erfasste die Wertung der System Usability Scale (Brooke 1996), der zweite die persönliche Einschätzung des Systems im Hinblick auf einen praktischen Einsatz mittels offener Fragen.

Es wurde erwartet, dass

- die Gebrauchstauglichkeit (DIN EN ISO 9241-11:2018-11) der Fernunterstützung als Kauflösung über der Gebrauchstauglichkeit des prototypisch realisierten Assistenzsystems liegt,
- die Einführung der Fernunterstützung im Betrieb als schneller realisierbar eingeschätzt wird,
- beide Varianten gegenüber einer klassischen Anleitung bevorzugt werden und
- der Einsatz beider Varianten beim Kunden vor Ort als positiv bewertet wird.

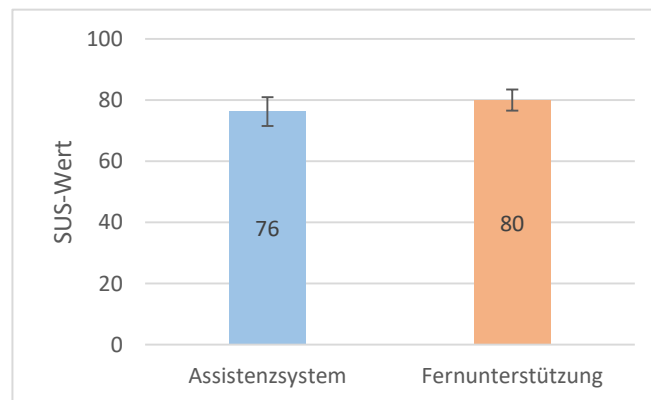


Abbildung 3: Mittelwertvergleich der berechneten Wertung der System Usability Scale für Assistenzsystem und Fernunterstützung mit Standardfehler des arithmetischen Mittels

Abbildung 3 zeigt den SUS-Wert für die beiden betrachteten Varianten, welcher wie erwartet für die Fernunterstützung etwas höher liegt als für das Assistenzsystem.

Eine Einführung der Systeme im Betrieb wird für beide Varianten als realistisch eingeschätzt (Assistenzsystem: 6/8, Fernunterstützung: 7/8), wobei vorausgesetzt wird, dass das notwendige Wissen zur Instandhaltung aller denkbaren Anlagen bereits im Assistenzsystem verfügbar ist und nicht selbst eingepflegt werden muss.

Alle Teilnehmer gaben an, dass sie das Assistenzsystem gegenüber einer papiergebundenen Anleitung sowie eine videobasierte Fernunterstützung gegenüber einem assistierenden Telefonanruf bevorzugen würden.

Schließlich steht eine Mehrheit der Teilnehmer (Assistenzsystem: 6/8, Fernunterstützung: 7/8) einem Einsatz beim Kunden positiv gegenüber. Testpersonen, die diese Verwendung ablehnten, begründeten dies mit einem unvorteilhaften Aussehen der AR-Datenbrille oder unzureichender digitaler Infrastruktur für die Fernunterstützung.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Im vorgestellten Projekt wurde ein Assistenzsystem zur Unterstützung in der Instandhaltung einer Heizungsanlage implementiert und evaluiert. Die Evaluation der beiden Assistenzstufen (Schritt-für-Schritt-Assistenz mit AR-Datenbrille sowie Fernunterstützung) mit späteren Nutzern ergab eine gute Gebrauchstauglichkeit beider Varianten. Alle Teilnehmer würden sowohl den vorgestellten Prototypen als auch die Fernunterstützung gegenüber klassischen Varianten der Anleitung bevorzugen. Die Gruppe der Testpersonen bestätigte die erwarteten Vorteile digitaler Technologien im Dienstleistungsbereich des Handwerks und zeigte, dass die Akzeptanz dieser Technologien gegeben ist.

Für den produktiven Einsatz solcher Assistenzsysteme sind weitere Schritte nötig. Zum einen müssen die kognitiven Fähigkeiten des Assistenzsystems so erweitert werden, dass auch in solchen Situationen sinnvoll unterstützt werden kann, für welche keine feste Abfolge von Assistenzschritten vorprogrammiert wurde. Zum anderen bedarf es verschiedener Wege zur Bereitstellung des anlagenspezifischen Wissens für die Assistenzfunktion sowie holographischer Inhalte. Hier ist einerseits eine Bereitstellung durch Hersteller oder andere Dienstleister erwünscht, andererseits ist das Hinzufügen neuen Wissens durch die Nutzer denkbar, wenn in einer Situation neue Lösungsstrategien gefunden wurden. Schließlich wird eine Weiterentwicklung des Assistenzsystems hin zu einem Tutorsystem als sinnvoll erachtet, sodass der Mensch nicht nur schrittweise vorgegebene Instruktionen ausführt, sondern gleichzeitig Zusammenhänge und Abläufe erlernt, um künftig auch ohne technisches System seine Aufgaben durchführen zu können.

6. Literatur

- Bengler K, Lock C, Teubner S, Reinhart G (2017) Der Mensch in der Produktion von Morgen – Grundlegende Konzepte und Modelle. In: Reinhart G (Hrsg) Handbuch Industrie 4.0. München: Carl Hanser, 54-60.
- Brooke J (1996) SUS-A quick and dirty usability scale. Usability evaluation in industry 189, 194:4-7.
- DIN, Deutsches Institut für Normung (2018) Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte (ISO 9241-11:2018). DIN EN ISO 9241-11:2018-11.
- DIN, Deutsches Institut für Normung (2019) Grundlagen der Instandhaltung. DIN 31051:2019-06.
- Günthner W, Klenk E, Tenerowicz-Wirth P (2014) Adaptive Logistiksysteme als Wegbereiter der Industrie 4.0. In: Bauernhansl T (Hrsg) Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 297-341.
- Handwerkskammer Schwaben (2019) Das Projekt Handwerk Digital. Zugegriffen Dez 12, 2019. <https://handwerk-digital.org/projekt-handwerk-digital>
- Maguire M (2001) Methods to support human-centred design. Int J Human-Computer Studies 55:587-634.
- Palmarini R, Erkoyuncu JA, Roy R, Torabmostaedi H (2018) A Systematic Review of Augmented Reality applications in Maintenance. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 49:215-228



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Digitale Arbeit, digitaler Wandel, digitaler Mensch?

66. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

TU Berlin
Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme

HU Berlin
Professur Ingenieurpsychologie

16. – 18. März 2020, Berlin

GfA-Press

Bericht zum 66. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 16. – 18. März 2020

**TU Berlin, Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme
HU Berlin, Professur Ingenieurpsychologie**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2020
ISBN 978-3-936804-27-0

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

© 2020 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de