

## **Integration der Mensch-Roboter-Kollaboration unter Beachtung technischer und personeller Rahmenbedingungen**

Marc-André WEBER<sup>1</sup>, Nora Johanna SCHÜTH<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institut für Supply Chain und Operations Management, Fachhochschule Kiel  
Sokratesplatz 2, D-24149 Kiel*

<sup>2</sup>*ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V.  
Uerdinger Straße 56, D-40474 Düsseldorf*

**Kurzfassung:** Die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) wird der digitalen Transformation von Industrieprozessen (auch als Industrie 4.0 bezeichnet) zugeordnet und gilt als moderne Möglichkeit zur Gestaltung von Arbeit in industriellen Produktionsumgebungen unter Beachtung wirtschaftlicher und ergonomischer Zielstellungen. Interessierte Unternehmen, die MRK integrieren wollen, stehen vor der Herausforderung, die Einsatzfelder und -möglichkeiten von MRK in ihren bestehenden Prozessen zu bestimmen. Im vorliegenden Beitrag wird ein praxisorientiertes strukturiertes, mehrstufiges Vorgehen zur Auswahl von Arbeitsplätzen für eine MRK-Integration vorgestellt. Dieses Vorgehensmodell beinhaltet personelle Aspekte (bspw. den Qualifizierungsbedarf), als auch technische Rahmenbedingungen, die sich aus den Prozessbedingungen ergeben.

**Schlüsselwörter:** Mensch-Roboter-Kollaboration, Maschinen-Interaktion, Vorgehensmodell, Qualifizierung

### **1. Mensch-Roboter-Kollaboration in der betrieblichen Praxis**

Als neue Möglichkeit zur modernen Gestaltung von Arbeit in industriellen Produktionsumgebungen gilt der Einsatz der Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK), durch den Betriebe eine Steigerung ihrer Produktivität und ergonomische Verbesserungen an Arbeitsplätzen erwarten. Hierbei gilt es als erfolgsentscheidend für ein Unternehmen, neben der Produktivität die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten in einer sich wandelnden Arbeitswelt zu erhalten (vgl. z. B. Decker & Decker 2014), wozu MRK einen Beitrag leisten kann. Der Einsatz von Robotik in Produktionsumgebungen hängt davon ab, welche Güter in welchen Mengen produziert werden (Weber & Stowasser 2017). Abhängig von diesen Größen ist zwischen unterschiedlichen Arten von Robotern zu unterscheiden: Konventionelle Roboter finden meist dort Anwendung, wo große Stückzahlen produziert werden, wohingegen kollaborierende Systeme die Arbeit der Beschäftigten unterstützen, die einen hohen Anteil an manuellen Tätigkeiten beinhaltet (Matthias & Ding 2013). Die Voraussetzungen für sichere und produktive Arbeitsbedingungen, für die Beschäftigte gut qualifiziert sind, müssen von der Geschäftsführung in enger Kooperation mit ihren Führungskräften und Prozessgestaltern geschaffen werden (Schüth 2018).

## 2. Stufenbasiertes Vorgehensmodell zur Implementierung

Mit dem nachfolgenden stufenbasierten Vorgehensmodell zur MRK-Implementierung soll Unternehmen eine Priorisierung der zu prüfenden Faktoren und somit ein sukzessiver Prüfansatz ermöglicht werden. In Abbildung 1 sind die zu durchlaufenden sechs Schritte aufgezeigt.

Im ersten Schritt ist zu prüfen, ob eine kollaborative (d. h. simultane) Zusammenarbeit von Mensch und Roboter umsetzbar ist. Ausgangspunkt für die Prüfung ist die Arbeitsorganisation mit der Arbeitsaufgabe. Es empfiehlt sich, eine ausführliche Analyse der Arbeits- und Prozessschritte vorzunehmen.

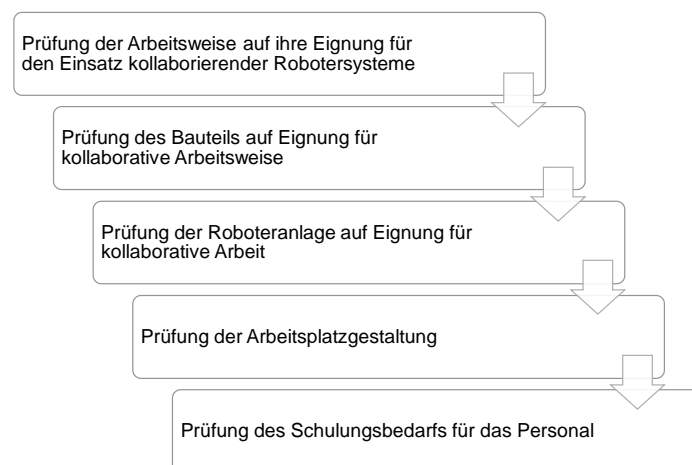
Fällt diese erste Prüfung positiv aus, wird im zweiten Schritt die Bauteileignung betrachtet. Bspw. sind scharfe, heiße oder biegeschlaffe Bauteile ungeeignet für MRK. Auch sollte berücksichtigt werden, ob die Bauteile im Rahmen der Materialwirtschaft sortiert und griffgünstig bereitgestellt werden.

Fällt diese zweite Prüfung positiv aus, wird im dritten Schritt die Roboteranlage hinsichtlich ihrer technischen Eignung sowie der Erfüllung normativer Anforderungen analysiert. Insbesondere die ISO/TS 15066 gilt es zu beachten.

Fällt diese dritte Prüfung positiv aus, wird im vierten Schritt die Begutachtung des Arbeitsplatzes vorgenommen, welcher mit dem Roboter ausgestattet werden soll. Dieser Kontext eines konkret betrachteten Arbeitsplatzes ist für eine CE-Kennzeichnung der Roboteranlage relevant.

Fällt diese vierte Prüfung positiv aus, wird im fünften Schritt kritisch hinterfragt, ob das Personal, welches mit dem kollaborativen Roboter arbeiten soll, hierfür ausreichend qualifiziert ist und in welcher Form zusätzlicher Schulungsbedarf besteht (siehe Abschnitt 3).

Fällt diese fünfte Prüfung positiv aus, wird im sechsten und letzten Schritt ermittelt, ob voraussichtlich ein wirtschaftlicher Einsatz – unter Beachtung der Kosten aus Anpassungen in den vorherigen Prüfschritten – zu erwarten ist. Hierbei finden gängige Methoden der Investitionsrechnung Anwendung.



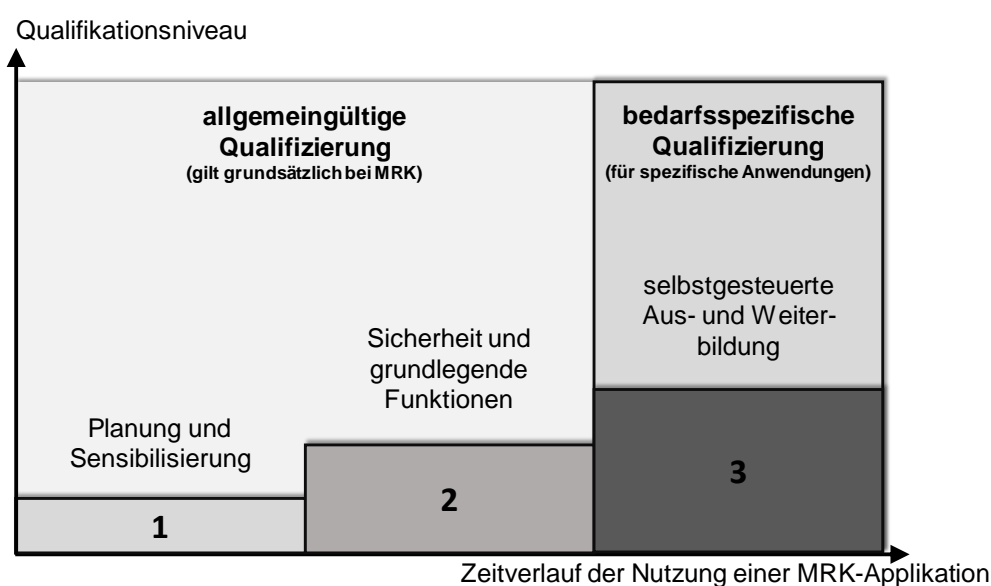
**Abbildung 1:** Vorgehensmodell zur Prüfung auf MRK-Eignung (basierend auf Rosen und Weber 2019, erweitert nach Weber und Stowasser 2018)

## 3. Qualifizierung und Akzeptanz der Beschäftigten

Als Vorbereitung auf technische Schulungen für die sichere und funktionsgerechte Arbeit mit kollaborierenden Robotern im Unternehmen ist es empfehlenswert, die

Beschäftigten zunächst in einer Sensibilisierungsphase auf deren Einführung vorzubereiten. Dies dient einerseits der Akzeptanzsteigerung und andererseits der Möglichkeit, hilfreiche Informationen für die Systemimplementierung gewinnen zu können.

In Abbildung 2 werden für die Qualifizierung Stufen dargestellt, die zwei Arten der Qualifizierung unterscheiden: einerseits allgemeingültige und andererseits die bedarfsspezifische Qualifizierung. Die erste Stufe der „Planung und Sensibilisierung“ bereitet die Beschäftigten auf Schulungsmaßnahmen vor, die zweite Stufe auf technische „Sicherheit und grundlegende Funktionen“ des Systems. Beide Stufen betreffen die allgemeingültige Qualifizierung. Die dritte Stufe für die bedarfsspezifische Qualifizierung beinhaltet eine „selbstgesteuerte Aus- und Weiterbildung“ und soll Beschäftigte dazu befähigen, im Arbeitsprozess erweiterte Funktionen mit dem kollaborierenden System zu erlernen.



**Abbildung 2:** Stufen der Qualifizierung für die MRK-Anwendung (Eigene Darstellung in Anlehnung an Weber et al., 2018)

### 3.1 Planung der Technologieeinführung und Sensibilisierung von Beschäftigten

Ein wichtiger Faktor, den es bei der Einführung neuer Systeme zu berücksichtigen gilt, ist die Akzeptanz der Belegschaft (Cernavin & Lemme 2018), die auch unter motivationalen Gesichtspunkten Bedeutung für den Lernerfolg in Schulungsmaßnahmen hat. Grundstein hierfür ist eine frühzeitige Information über den geplanten Einsatz von MRK. Empfehlenswert ist zunächst die Kommunikation der Arbeitsbereiche, die durch kollaborierende Systeme ergänzt werden sollen, einschließlich der Arbeitsschritte, die durch MRK ersetzt werden können, und der Rollen der Beschäftigten im zukünftigen Arbeitsprozess. Welche spezifischen Qualifizierungsmaßnahmen für die geplanten Anwendungen anvisiert werden, sollte ebenfalls Teil der Information an die betroffenen Beschäftigten sein.

Befürchtungen und Vorbehalte seitens der Beschäftigten – etwa, dass ihr Arbeitsplatz durch den Einsatz von Robotik langfristig vollständig ersetzt werden könnte – können nicht nur den Lernerfolg beeinträchtigen, sondern ursächlich für ernstzunehmende Widerstände sein. Der Begegnung von Ungewissheit mit Information und

Aufklärung kann gerade bei Veränderungen in der Zusammenarbeit eine hohe Bedeutung beigemessen werden. Darüber hinaus ist zudem die aktive Beteiligung der Belegschaft bereits am Implementierungsprozess eine gute Grundlage für die Gestaltung einer erfolgsversprechenden Lernumgebung, da sie die Akzeptanz der Beschäftigten erhöht.

Als mögliche Elemente der Sensibilisierungsphase können Informationsveranstaltungen oder gemeinsame Workshops in Frage kommen, die einerseits aufkommende Ängste und die Bedeutung neuer Rollenverteilungen thematisieren und andererseits den Beschäftigten Möglichkeiten für die Mitgestaltung neuer MRK-Arbeitsprozesse bieten.

Damit die in den Workshops erarbeiteten Ergebnisse und Überlegungen adäquat bei der Gestaltung der neuen Arbeitsprozesse berücksichtigt werden können, ist es erforderlich, ausreichend Zeit – in etwa sechs Monate – für die Sensibilisierungsphase einzuplanen. Neben der Moderation (z. B. durch Vorarbeitende und/oder Produktionsleitende) umfasst der Personenkreis idealerweise nur diejenigen Beschäftigten, die an den jeweiligen Arbeitsplätzen tätig sein werden oder diese einrichten. Falls sinnvoll, können Beschäftigte aus den vor- bzw. nachgelagerten Arbeitsschritten mit hinzugezogen werden.

Folgende Fragestellungen sind nach Weber et al. (2018) denkbar, um sinnvolle Einsatzgebiete, gerade auch auf Basis der Erfahrungen von Beschäftigten, zu ermitteln:

- Welche Arbeitsschritte sind für Mitarbeiter mühsam oder körperlich stark fordernd? (Hierdurch lassen sich potenzielle Einsatzgebiete kollaborierender Roboter ausfindig machen)
- Bei der Erledigung welcher Aufgaben könnte der Einsatz von kollaborierenden Robotern sinnvoll sein? (Hierdurch lassen sich potenzielle Produktivitätssteigerungen ermitteln)

Im Anschluss daran bietet sich die Befragung von Beschäftigten nach konkreten Hinweisen zur Roboterprogrammierung an. Diese Vorschläge, z. B. zu erwünschten oder unerwünschten Bewegungen der Maschine sollten bei der Programmierung Berücksichtigung erfahren.

Eine Aufklärung darüber, dass die Entscheidungs- und Handlungshoheit stets beim Menschen und nicht beim Roboter liegt, sollte ebenso Bestandteil der Sensibilisierungsphase sein wie der Hinweis, dass der Roboter jederzeit ausgeschaltet werden kann. Grundsätzlich gibt das Wissen über die letztliche Entscheidungsgewalt ein erhöhtes Sicherheitsgefühl (Schüth & Weber 2019b).

Neben den genannten Aspekten haben auch sicherheitstechnische Aspekte eine hohe Bedeutung: Eine langsame Beschleunigung beweglicher Roboterteile und deren vorhersehbare Bewegungen, geringe Drehmomente, geringe Größe und Gewicht der Maschine tragen bspw. zur Akzeptanz durch die Beschäftigten bei. Ist das System bedienerfreundlich gestaltet und sind seine Funktionen intuitiv, kann dies Ängste vor einer hohen Komplexität reduzieren.

Ist die Sensibilisierungsphase abgeschlossen, muss nach Betriebssicherheitsverordnung für die neu einzurichtenden Arbeitsplätze eine Gefährdungs- wie auch eine ganzheitliche Risikobeurteilung durchgeführt werden.

Im Anschluss an diese erste Stufe „Planungs- und Sensibilisierungsphase“ kann die Belegschaft am eingerichteten Roboterarbeitsplatz für den sicheren und korrekten Umgang mit einem solchen System qualifiziert werden.

### 3.2 Vermittlung des sicherheitsgerechten Umgangs und grundlegender Funktionen

Unter Berücksichtigung der zuvor beurteilten Gefährdungen und Risiken werden die Beschäftigten bezüglich der Sicherheitsvorschriften im Umgang mit einem MRK-System unterwiesen. Hierbei wird die korrekte und sichere Bedienung eines kollaborierenden Roboters für jede ihrer Funktionen durch Schulungspersonal (z. B. vom Hersteller oder der Fachkraft für Arbeitssicherheit des betreibenden Betriebs) vermittelt. Dies gilt nicht nur für Funktionen, die planmäßig in einem Arbeitsprozess verwendet werden, sondern auch für außerplanmäßige, aber vorhersehbare Situationen. Dies können laut Wellbrock (2017) zum Beispiel sein:

- manuelles Eingreifen in den Arbeitsbereich (bewusst und unbewusst, reflexartig),
- Hineinbeugen in den Arbeitsbereich, Herüberbeugen,
- Eingreifen bei Störungen,
- Aufheben herabfallender Teile,
- Anstoßen der Roboterarme an den Körper sowie
- Anstoßen des Werkzeugs und des Werkstücks an den Körper.

Es empfiehlt sich, die Beschäftigten für denkbare außerplanmäßige Geschehnisse zu sensibilisieren und das dann erforderliche Verhalten mit ihnen zu üben. Nach Schüth & Weber (2019b) kann in sogenannten „Wenn-Dann-Szenarien“ trainiert werden, was im Eintretensfall zu tun ist. Nachfolgend sind hierzu Beispiele mit Aufgabenstellungen und möglichen Lösungen gegeben:

- *Ihnen ist ein Bauteil heruntergefallen. Es befindet sich nun in einem Bereich, in den Sie eigentlich nicht hineingreifen dürfen. Zwischen zwei Bewegungszyklen des Roboters könnten Sie es jedoch schnell packen. Was tun Sie?* (In Bereiche, in die nicht hereingegriffen werden darf, sollen Beschäftigte auch dann nicht im laufenden Betrieb hineingreifen, wenn sich vermeintlich eine Gelegenheit dazu ergibt. Die Anlage muss dazu in jedem Fall erst angehalten werden)
- *Es ist zu einem schmerzhaften Kontakt zwischen Ihnen und dem Roboter gekommen. Welcher Not-Aus-Knopf befindet sich in nächster Nähe und ist am schnellsten zu erreichen?* (Die Beschäftigten im MRK-System müssen stets den kürzesten Weg zum nächsten Not-Aus-Knopf kennen. Ihn aus verschiedenen Positionen schnell zu erreichen sollte so lang geübt werden, bis die Beschäftigten ihn automatisch und zielsicher treffen)

### 3.3 Selbstgesteuerte Aus- und Weiterbildung

Je nach Funktionsweise des MRK-Systems können – sofern sinnvoll – weitere Interaktionen in der dritten Qualifizierungsstufe erlernt werden. Eine Besonderheit ist, dass in dieser Phase die Beschäftigten, nach vorheriger Einweisung durch entsprechend geschultes Personal, direkt im Arbeitsprozess lernen, die Maschine intuitiv umprogrammieren können, um ihr bspw. neue Bewegungen für die Fertigung anderer Varianten beizubringen.

Digitalisierte Lernmaterialien können dabei positiv auf den Lerneffekt wirken, die den Anwender interaktiv durch die jeweiligen Arbeitsschritte führen und rechtzeitig auf mögliche Sicherheitsrisiken (auditiv und visuell) hinweisen. Begleitet werden können die Lernenden auch durch bereits für weiterführende Funktionen des MRK-Systems qualifizierte Kolleginnen und Kollegen. Vorteil aller auf dem Prinzip des

Learning-by-doing beruhenden Methoden ist die Möglichkeit, den Lerntransfer im Arbeitsprozess unmittelbar überprüfen und bei Bedarf korrigierend eingreifen zu können. Ein handlungsorientiertes Lernen zeichnet sich zudem durch einen hohen Behaltenseffekt aus (Schüth & Weber 2019a).

#### 4. Schlussfolgerungen und Ausblick

Ein sicherer und produktiver Einsatz von MRK kann nur dann gewährleistet werden, wenn Hersteller, betreibendes Unternehmen und der anwendende Beschäftigte ihren jeweiligen Beitrag dazu leisten (Weber et al. 2018). Die auf Herstellerseite vorgesehenen konstruktiven Merkmale der Roboter, welche Gefahrenreduktion mittels Robotergeometrie und der intelligenten Sensorik grundlegend ermöglichen, gilt es auf Betreiberseite zielführend zu nutzen und in Qualifizierungen zu vermitteln.

Neben den Anforderungen an die Sicherheit von Maschinen und Arbeitsumgebung liegt es im Verantwortungsbereich des betreibenden Unternehmens, die Robotersysteme an geeigneten Arbeitsplätzen einzusetzen und die Beschäftigten ausreichend für den Einsatz zu sensibilisieren und zu qualifizieren (vgl. dazu auch Schüth & Weber 2019b).

#### 5. Literatur

- Cernavin O, Lemme G (2018). Technologische Dimensionen der 4.0 Prozesse. O. Cernavin, W. Schröter, & S. Stowasser (Hrsg.), Prävention 4.0 – Analysen und Handlungsempfehlungen für eine gesunde und produktive Arbeit 4.0. Wiesbaden: Springer.
- Decker F, Decker A (2014) Gesundheit im Betrieb: Vitale Mitarbeiter – leistungsstarke Organisationen. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Matthias B, Ding H (2013) Die Zukunft der Mensch-Roboter Kollaboration in der industriellen Montage. Internationales Forum Mechatronik, 1-13.
- Rosen PH, Weber MA (2019): Einführung von Mensch-Roboter-Zusammenarbeit in industrielle Produktionsprozesse. Betriebspraxis & Arbeitsforschung 237:32–35.
- Weber MA, Stowasser S (2017) Sicherheit in der Mensch-Roboter-Kollaboration. Festag, Sebastian (Hrsg.) Sicherheit in einer vernetzten Welt: Entwicklung, Anwendungen und Ausblick. XXXII. Sicherheitswissenschaftliches Symposium 17. Mai 2017, AUVA, Wiener Hofburg. Köln: VdS Schadenverhütung GmbH Verlag (2017), 143-156.
- Weber MA, Stowasser S (2018): Sicherheit an kollaborierenden Robotern. Haufe Arbeitsschutz Office Professional Online (HI10985713).
- Weber MA, Schüth NJ, Stowasser S (2018) Qualifizierungsbedarfe für die Mensch-Roboter-Kollaboration. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 113:619-622.
- Wellbrock, E (2017) Mensch-Roboter-Kollaboration in der industriellen Anwendung – Beispiele und Erfahrungen aus der Montagetechnik, Abgerufen am 18.12.2019, [https://www.baua.de/DE/Angebote/Veranstaltungen/Dokumentationen/Neue-Technologien/pdf/Mensch-Roboter-Zusammenarbeit-2017-9-Folien.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.baua.de/DE/Angebote/Veranstaltungen/Dokumentationen/Neue-Technologien/pdf/Mensch-Roboter-Zusammenarbeit-2017-9-Folien.pdf?__blob=publicationFile&v=2)
- Schüth, NJ (2018) Anforderungen an Führungskräfte in der Arbeitswelt 4.0 – Kompetenzen von Führungskräften und ihre Entwicklung für eine gesunde und produktive Führung. Masterthesis (unveröffentlicht). Universität Koblenz-Landau.
- Schüth NJ, Weber MA (2019a). Qualifizierung von Beschäftigten im Rahmen der Mensch-Roboter-Kollaboration. GfA (Hrsg.), Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten. Bericht zum 65. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft vom 27. Februar – 1. März 2019, GfA-Press, Dortmund, Beitrag B.9.3.
- Schüth NJ, Weber MA (2019b) Qualifizierung von Personal zur sicherheitsgerechten Nutzung kollaborierender Robotersysteme. Ganzheitliche Gewährleistung einer sicheren Mensch-Roboter-Kollaboration. Haufe Arbeitsschutz Office Professional Online.



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