

## **Körpersegmentbezogener Beanspruchungsvergleich bei Mitarbeitern der Gepäck- und Flugzeugabfertigung eines Großflughafens**

Lukas BIER, Spartak SARMAND, Verena STEIDEL, Jurij WAKULA

*Institut für Arbeitswissenschaft, TU Darmstadt  
Otto-Berndt-Straße 2, 64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Ziel der zugrundeliegenden Studie war die Belastungs- und Beanspruchungsanalyse an den Arbeitsplätzen von Gepäck- und Flugzeugabfertigern. Während der mehrtägigen Feldstudie wurde unter anderem die elektrischen Aktivitäten der Rücken-, Schulter-, Nacken- und Oberschenkelmuskulatur mit Hilfe der OEMG-Methode analysiert. Gegenstand der Untersuchung waren dabei die Tätigkeiten der Be- und Entladung in Gepäckhallen (manuell und mit Vakuum-Hebehilfen) sowie in den Frachträumen von manuell abgefertigten Flugzeugen. Die körpersegmentbezogene EMG-Analyse ergibt bezüglich der Beanspruchungshöhe der Muskelarbeit keine gravierenden Unterschiede zwischen der Abfertigung von Gepäck und Flugzeug. Die EA der Muskeln ist bei allen Ent- und Beladestationen sehr hoch. Der durchschnittliche EA-Wert beträgt bis zu 30% der MVC während der Gepäckentladung.

**Schlüsselwörter:** Großflughafen, Gepäckabfertigung, Vakuum-Hebehilfe, Belastungsbewertung

### **1. Einleitung**

Verladung und Sortierung von Fracht- und Gepäckstücken am Großflughafen sind auch in der heutigen Zeit nur beschränkt automatisierbar. Insbesondere in der Flugzeugabfertigung ist der Einsatz technischer Hilfsmittel stark eingeschränkt, sodass die manuelle Manipulation unabdingbar bleibt. Dies liegt z. B. an den verschiedenen Bauhöhen und Abmessungen der Flugzeugfrachträume. Im Bereich der Gepäckabfertigung gibt es hingegen zunehmend Möglichkeiten der technischen Unterstützung. Ein Beispiel in diesem Zusammenhang sind verschiedene Hebehilfesysteme zur Aufnahme der Gepäckstücke (Kohn 2011).

Um die Notwendigkeit technischer Unterstützungssysteme auch in schwer zugänglichen Arbeitsbereichen zu verdeutlichen, sollen im weiteren Verlauf zwei Arbeitsbereiche am Großflughafen verglichen werden, an denen einmal Hebehilfen eingesetzt werden und einmal nicht. Exemplarisch dienen zum Vergleich die Gepäckabfertigung im Transferbereich des Flughafens, an dem Arbeitspersonen am gleichen Arbeitsplatz mit und ohne Vakuum-Hebehilfe (Vakulex) untersucht wurden. Dem gegenüber stehen zwei Flugzeugtypen, bei denen die Handbeladung untersucht wurde, ohne dass eine Hebehilfe zum Einsatz kam.

Ferner dient die Auswahl als Beispiel für zwei unterschiedliche Entwicklungsstände der Beladungssysteme von Passagierflugzeugen, denn während die untersuchte Flugzeugabfertigung noch manuell und für jedes Gepäckstück einzeln geschieht, werden unter geschützteren Arbeitsbedingungen (Lärm, Wetter, Arbeitshöhe) in der

Transferzentrale Frachtcontainer (ULD) beladen, die wiederum halbautomatisiert in die Flugzeug-Laderäume verladen werden.

Die Untersuchungen im Rahmen des Projektes umfassten neben den hier thematisierten, körpersegmentbezogenen EMG-Messungen auch die Messung der Aktionskräfte, eine Bewegungsanalyse mittels Captiv-Motion-Capturing und eine subjektive Beanspruchungsanalyse (siehe auch Steidel et al. 2019)

## 2. Methodik

### 2.1 Erhebungsmethodik

Die objektiven Beanspruchungsdaten wurden an fünf ausgewählten Muskel (rechte Körperseite, Abbildung 1) mit Hilfe der Oberflächen-Elektromyographie (OEMG, Strasser et al. 1992) gemessen.

Für die EMG-Aufnahme wurde ein portables TeleMyo 2400 G2 Gerät von Noraxon verwendet (Abbildung 2; Konrad, 2005). Die myoelektrischen Signale werden mittels Oberflächenelektroden (Ambu Blue Sensor Elektroden) erfasst. Da das verwendete Noraxon EMG-Gerät nur eine begrenzte Anzahl der Muskelaktivitäten aufzeichnen kann, musste die Anzahl der im Versuch zu messenden Muskeln auf fünf eingeschränkt werden.

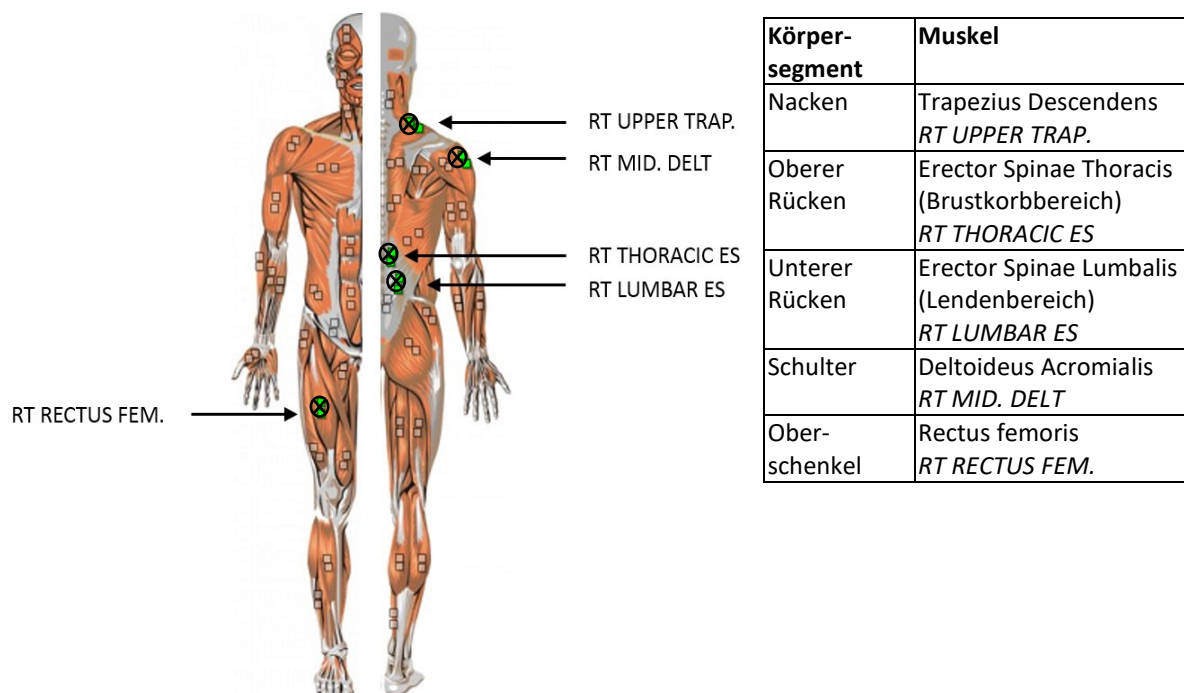


Abbildung 1: Muskelauswahl zur Beanspruchungsmessung



Abbildung 2: TeleMyo 2400 G2 Gerät von Noraxon )

Da das Signal sehr stark von den Ableitbedingungen abhängt, wird üblicherweise eine Normierung der EA auf Basis einer Referenzkontraktion durchgeführt. Dabei wird die Maximale Volontäre Kontraktion (MVC) des Muskels gemessen und als Referenz gesetzt.

Für diese normierte, isometrische muskuläre Beanspruchung wird im weiteren Verlauf eine Dauerleistungsgrenze von 15 % - 20 % angesetzt. In Strasser (1996) wurde diese Dauerleistungsgrenze zunächst jedoch nur für die oberen Extremitäten bestimmt. Da vergleichende Werte für die Rückenmuskulatur und die unteren Extremitäten jedoch fehlen, ist die Übertragung der Dauerleistungsgrenze auf diese Bereiche vertretbar.

Die Auswahl der zu messenden Muskeln bzw. Muskelpartien erfolgt aufgrund von Erkenntnissen bereits durchgeführter Feldstudien im Gepäck- und Flugzeugabfertigungsbereich. Eine bereits 1990 am IAD verfasste Studie von Rückert (1990) beschäftigt sich umfassend mit der ergonomischen Bewertung dieser Tätigkeiten. Die Datenerhebung befasst sich dabei ausschließlich mit der rechten Körperseite und wird in der Noraxon mit RT abgekürzt. Dies ist auf die Lateralität der Versuchspersonen zurückzuführen, die alle rechtshändig sind.

Die mittels Noraxon-System aufgezeichneten muskulären Beanspruchungsdaten wurden mit der Software Myo Research XP Master Edition in Version 1.08 bearbeitet. Die Werte aller Probanden wurden in eine Excel-Datei übertragen und ausgewertet. Daraus wurden Diagramme erstellt, in denen jeweils die dynamischen EA-Anteile, statischen EA-Anteile und mittleren EA-Werte in Anlehnung an die Fachliteratur (z.B. Wakula et al. 2016) dargestellt sind. Die Beanspruchung der einzelnen Muskeln wurden zuerst separat bei einzelnen Probanden analysiert. Anschließend erfolgte eine Analyse der Ergebnisse jedes einzelnen Muskels bezüglich aller analysierten Probanden.

## 2.2 Rahmenbedingungen und Probanden

Die Messungen für die Feldstudie am Flughafen erfolgten an 9 Tagen im Frühjahr 2018. Da die Feldstudie eine Belastungs- und Beanspruchungsanalyse umfasst (Steidel et al. 2019), ist es sinnvoll und wichtig Perioden mit möglichst hohen Belastungen und Spitzenbelastungen in die Messung einzubeziehen. Aus den Vorgesprächen wurde bereits bekannt, dass diese v.a. während der Frühschichten zu beobachten sind. Aus diesem Grund wurden die Messungen jeweils während der arbeitsintensiven Frühschichten durchgeführt. Die Messungen fanden von Montag bis Freitag statt.

Gegenstand der Untersuchung war zum einen die zentrale Umschlagstelle für Transfergepäck, welches am Untersuchungsort aus Gepäckcontainern auf ein Förderband zur weiteren Distribution entladen wird, zum anderen die manuelle Flugzeugentladung von Maschinen, die aufgrund der fehlenden Größe nicht mit Gepäckcontainer (ULD`s) ausgestattet werden können.

Die Entladung in der Transferzentrale wurde wie eingangs beschrieben von den Mitarbeitern in mehreren Messgängen jeweils mit und ohne Vakulex-Hebehilfe durchgeführt. Bei der Flugzeugabfertigung wurden sowohl Flugzeuge des Typ Airbus A319 als auch die deutlich kleineren Embreare-E-Jets untersucht.

Die untersuchten Arbeitspersonen aus der Flugzeugabfertigung und der Transferzentrale (Tabelle 1) waren nicht die gleichen Personen, da die beiden Arbeitsbereiche unterschiedliche Personalqualifikationen erfordern.

Tabelle 1: Probandenkollektiv für die zwei untersuchten Arbeitsbereiche

|                    |  | Flugzeugabfertigung | Gepäckabfertigung |
|--------------------|--|---------------------|-------------------|
| Probanden          |  | 8                   | 8                 |
| Alter              |  | 21 – 56 Jahre       | 24 – 52 Jahre     |
| Ø Alter            |  | 39 Jahre            | 41,5 Jahre        |
| Arbeitserfahrung   |  | 1 – 19 Jahre        | 2/12 – 26 Jahre   |
| Ø Arbeitserfahrung |  | 7,4 Jahre           | 11,6 Jahre        |
| Körpergröße        |  | 1,65 – 1,85m        | 1,69 – 1,81 m     |
| Lateralität        |  | nur Rechtshänder    | nur Rechtshänder  |

### 3. Ergebnisse

Die Darstellung der Messergebnisse der dynamische EA-Anteile für die fünf untersuchten Muskeln erfolgt in Abbildung 3. Im Nackenbereich liegen die Messergebnisse für alle Bereiche genau auf oder unterhalb der Dauerleistungsgrenze von 15 % des MVC. Erkennbar ist, dass im Transferbereich durch Nutzung der Hebehilfe die Beanspruchung der Nackenmuskulatur um fast 30 % gesenkt werden kann.

Das gleiche Bild zeichnet sich für die Beanspruchung der Schultermuskulatur ab, denn auch dort, kann die Hebehilfe im Transferbereich die Beanspruchung um 35 % verringern. Bei der Flugzeugabfertigung liegen die Beanspruchungen des Schultermuskels, wie auch des Muskels im Nackenbereich bei der Embreare-Maschine mit der niedrigeren Arbeitshöhe deutlich unterhalb der Werte in der höheren Airbus-Maschine. Diese Ergebnisse überraschen im ersten Moment, sind aber vor allem darauf zurückzuführen, dass das Gepäckstück im Laderaum der Embreare über den Boden geschoben wird und eine Verteilung horizontal im Laderaum stattfindet, während es in der Airbus-Maschine zum vertikalen Stapeln gehoben werden muss.

Bei Entladung der Embreare und bei der Entladung der Frachtcontainer in der Transferzentrale liegen die Messergebnisse, sowohl im unteren Rücken, als auch im oberen Rücken, teilweise deutlich über der Dauerleistungsgrenze. Es überrascht vor allem, dass die Hebehilfe im unteren Rücken nur zu einer geringen Entlastung beiträgt und dass die Werte im arbeitshöhenbeschränkten Airbus unterhalb der Werte der Transferzentrale liegen.

Die Beanspruchungen der Oberschenkelmuskulatur waren weitestgehend ähnlich, da nur zwischen der Handhabung der Gepäckstücke mit und ohne Vakulex-Hebehilfe ein rund 25 % Unterschied feststellbar ist.

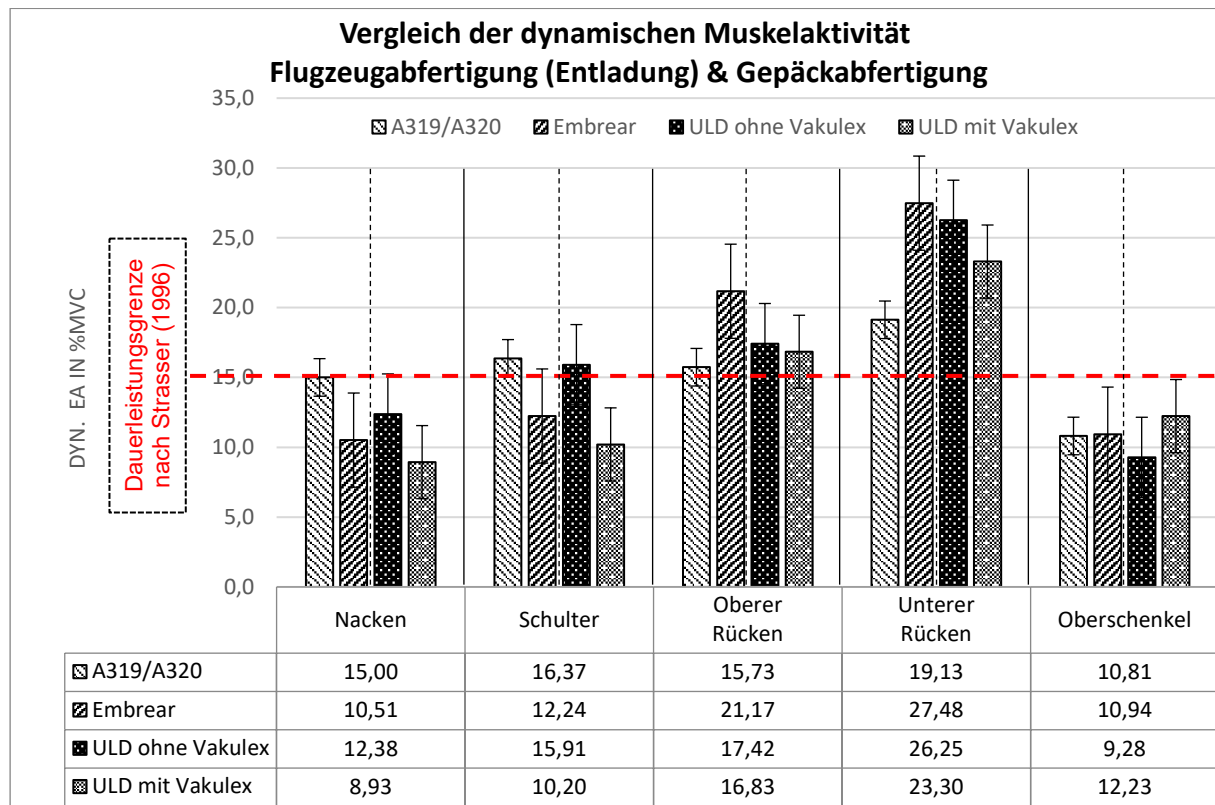


Abbildung 3: Dynamische Muskelaktivität in den untersuchten Arbeitsbereichen der Gepäck und Flugzeugabfertigung jeweils links die Arbeitsplätze der Flugzeugabfertigung und rechts der Gepäckabfertigung in der Transferzentrale

#### 4. Diskussion der Ergebnisse, Fazit und Ausblick

Zunächst ist sehr positiv anzumerken, dass die eingesetzte Hebehilfe insgesamt zu einer Entlastung der Muskulatur beiträgt, dies macht sich vor allem an den oberen Extremitäten bemerkbar. Der analysierte Muskel im Bereich des unteren Rückens ist hingegen weniger entlastet. Dies ist zum einen auf eine ungeübte und falsche Handhabung durch die Arbeitspersonen zurückzuführen und zum anderen auf die schwierige Zugänglichkeit der von oben verschlossenen Frachtcontainer. So muss das Gepäckstück zunächst manuell aus dem Frachtcontainer hervorgezogen werden, bevor es durch die an der Decke geführte Hebehilfe aufgenommen werden kann. Die falsche Handhabung macht sich wiederum dadurch bemerkbar, dass viele Probanden das Gepäckstück zusätzlich manuell mit einer Hand von unten angehoben haben, was eine starke Beugung des Körpers verursacht und eine nicht notwendige Maßnahme darstellt.

Die deutlich stärkere Beanspruchung des Muskels im Oberschenkel bei Anwendung der Vakulex, kann auf eine Verlagerung der Belastungen hinweisen. Es ist anzunehmen, dass Arbeitspersonen mehr Schritte tätigen müssen, da sie um die Hebehilfe herum arbeiten müssen.

Der Vergleich der Beanspruchungen zwischen Gepäckabfertigung und Flugzeugabfertigung überrascht und das liegt daran, dass zu erwarten wäre, dass die Beschränkung der Arbeitshöhe und die deswegen einzunehmende, kniend, gebeugte Körperhaltung zu hohen Beanspruchungen seitens der Flugzeugabfertigung führt.

Die ist aus den Ergebnissen jedoch zumindest für die untersuchten Rückenmuskeln nicht ersichtlich. Ein Grund für die hohen muskulären Beanspruchungen in der Transferzentrale kann jedoch an den höheren Gepäckgewichten liegen, da Frachtcontainer für Langstreckenflugzeuge vorbereitet werden, bei denen durchschnittlich mehr Gepäckgewicht von den Passagieren aufgegeben wird. Die manuelle Flugzeugabfertigung erfolgt hingegen ausschließlich bei den kleineren Kurzstreckenflugzeugen, bei denen die Passagiere weniger Gepäckgewicht mitführen.

Ein weiterer Grund kann auch darin gefunden werden, dass bei nur jeweils 8 Probanden je Arbeitsbereich der individuelle Trainingsgrad und die individuelle Fitness den Vergleich verzögern können. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit einer umfangreicheren Studie, die auch unter Laborbedingungen

Insgesamt lagen in allen Arbeitsbereichen vor allem im Körpersegment „Rücken“ die muskulären Beanspruchungen in einem hohen Bereich, was weitere ergonomische Maßnahmen erfordert. Denkbar und zu prüfen ist der Einsatz von Exoskeletten, welche unter bestimmten Voraussetzungen die körperlichen Belastungen bei der Handhabung von Lasten deutlich reduzieren können (Bosch et al. 2016; Looze et al. 2016).

## 5. Literaturverzeichnis

- Bosch, T.; van Eck, J.; Knitel, K.; Looze, M. de (2016): The effects of a passive exoskeleton on muscle activity, discomfort and endurance time in forward bending work. In: *Applied Ergonomics* 54, S. 212–217. DOI: 10.1016/j.apergo.2015.12.003.
- Kohn, Markus (Hg.) (2011): Technologieinnovation, Arbeitsorganisation, Qualifizierung, Prävention - Systematische Handlungskonzepte für Produktivität und Gesundheit (TAQP), Teilvorhaben Prävention in altersgemischten Belegschaften - Umsetzung, Akzeptanz und Transfer. Abschlusspublikation zum Projekt TAQP. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. Berlin: DGUV.
- Looze, Michiel P. de; Bosch, Tim; Krause, Frank; Stadler, Konrad S.; O'Sullivan, Leonard W. (2016): Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical work load. In: *Ergonomics* 59 (5), S. 671–681.
- Rückert, Anette (1990): Ergonomische Bewertung manueller Lastenhandhabungstätigkeiten in höhenbegrenzten Arbeitsräumen. Köln: Schmidt (Dokumentation Arbeitswissenschaft, 25).
- Steidel, Verena; Meissner, Felix; Bier, Lukas; Wakula, Jurij (2019): Vergleich der körperlichen Belastungen bei der manuellen und technisch unterstützten Gepäckabfertigung in den Gepäckhallen eines Großflughafens. In: 65. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, Dresden.
- Strasser, Helmut (Hg.) (1996): Beanspruchungsgerechte Planung und Gestaltung manueller Tätigkeiten. Elektromyographie im Dienst der menschengerechten Arbeitsgestaltung. Landsberg/Lech: ecomed-Verl.-Ges.
- Strasser, Helmut; Ernst, Josef; Müller, Karl-Werner (1992): Günstige Bewegungen für die ergonomische Arbeitsgestaltung. Elektromyographische Untersuchungen des Hand-Arm-Systems. 1. Aufl. Heidelberg: Haefner (Schriftenreihe Zentralblatt für Arbeitsmedizin, 11).
- Wakula, Jurij; Möglich, Dorothee; Bruder, Ralph (2016): „Normales“ vs. „seitliches Gehen“ bei simulierten einfachen Montagetätigkeiten – Analyse der muskulären Beanspruchungen in den Beinen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.) *Arbeit in komplexen Systemen. Digital, vernetzt, human?! Dortmund: GfA-Press.*



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## **Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten**

65. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft  
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme  
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit  
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

---

## **GfA-Press**

---

**Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019**

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,  
Technische Universität Dresden;  
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Dortmund: GfA-Press, 2019  
ISBN 978-3-936804-25-6

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 Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband 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**

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

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