

Einer für alle? Empirische Untersuchungen zu relevanten Parametern eines adaptiven Handgriffs

Paula LASSMANN, Thomas MAIER

*Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design
Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design
Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 9, D-70569 Stuttgart*

Kurzfassung: Herkömmliche Handgriffe stellen einen Kompromiss für verschiedene Nutzer in Bezug auf die Gebrauchstauglichkeit dar. Ein nicht formvariabler Handgriff ist nur für ein bestimmtes Bedienszenario sowie einige wenige Nutzer optimal. Im Rahmen des Vorhabens soll in empirischen Studien das Potenzial eines adaptiven Handgriffs herausgearbeitet werden. Eine zentrale Fragestellung ist hierbei, welche Parameter adaptiv gestaltet werden müssen, um ein „Design für Alle“ zu gewährleisten. Ziel ist es, die Gebrauchstauglichkeit zu erhöhen. Dabei sollen in Probandenstudien folgende Parameter variiert werden: Aufbau (inklusive Anstellwinkel), Form und Oberfläche des Griffs und das Bedienszenario. Des Weiteren sollen Personen, die unterschiedliche Nutzermerkmale aufweisen, an der Studie teilnehmen. Als Messparameter dienen subjektive Fragebögen, Maximalkraft sowie die Flächenpressung.

Schlüsselwörter: Handgriff, Adaptivität, Gebrauchstauglichkeit, Design für Alle, Universal Design

1. Problemstellung

Ein optimaler Handgriff passt sich der individuellen Handform sowie dem jeweiligen Anwendungsgebiet und dem Bedienszenario an, um somit eine komfortable Bedienung und gute Kraftübertragung zu gewährleisten. Die Forschung im Bereich der optimalen Griffoberfläche strebt eine anthropomorphe Gegenform an (Schmid & Maier 2017). Diese stellt das Pendant zu körpereigenen Formen dar und ermöglicht somit eine Maximierung der Kontaktfläche bei einer Minimierung der Flächenpressung. Die Vorteile sind eine gute Kraftübertragung bei geringer Druckstellenbildung. Ein nicht adaptiver Griff in anthropomorpher Gegenform würde jedoch nur Anwendung für einen bestimmten Nutzer in einem bestimmten Nutzungsszenario finden, da ansonsten ungewünschte Zwangshaltungen entstehen. Aus diesem Grund kann eine optimale Form nur durch einen adaptiven Griff sichergestellt werden, der sich an jeden Nutzer und jede Nutzerin, das Anwendungsgebiet und das Bedienszenario individuell anpasst. Die Anwendungsgebiete können sich im Bereich der Abstützung (bspw. Rollator), der Feinmotorik (bspw. handgeführte Operationsgeräte in der Chirurgie) oder Grobmotorik (bspw. handgeführte Elektrowerkzeuge) bewegen. Dabei können verschiedene Bedienszenarien (Bsp. Bohrmaschine – Arbeiten an horizontaler Wand vs. Arbeiten über Kopf) auftreten. Durch einen situativ adaptiven Griff kann auch hier die

Mensch-Maschine-Interaktion verbessert werden. Jedoch existiert ein Desiderat hinsichtlich Gestaltungsempfehlungen für ein optimales Design eines Handgriffs, das mithilfe dieser Forschungsarbeit geschlossen werden soll.

2. Stand der Forschung

Die ersten Überlegungen zum ergonomischen Design eines Handgriffs machte sich bereits Emil Fein bei der Entwicklung von handgeführten Bohrmaschinen vor über hundert Jahren (Schmid & Maier, 2017). Somit ist die ergonomische Gestaltung von Handgriffen ein bekanntes Thema des Technischen Designs und bereits seit 1976 in Bearbeitung am Institut. Die Grundlagen für die Gestaltung von einfachen Handgriffen basieren auf den Lehrbüchern von Schmidke (1989), Bullinger (1994) sowie der Norm DIN EN 894-3:2010-01. Dabei ist zu beachten, dass einige Quellen Maße für einen Handgriff vorgeben, der nicht adaptiv und somit nicht optimal ist. Aus diesem Grund werden für einen optimalen Griff die Handmaße vom 5. Perzentil Frau bis zum 95. Perzentil Mann herangezogen (DIN 33402-2:2005-12; Lange et al., 2005).

Auf Basis einer am Institut verfassten Patentschrift einer „Vorrichtung zur adaptierbaren Handbedienung eines Geräts und Verfahren zum Betrieb der Vorrichtung“ (Janny, 2016) wurde ein universitätsinternes Projekt zum Aufbau eines Demonstrators eines adaptiven Handgriffs gefördert. Im Rahmen dieser Förderung wurden mehrere Lösungskonzepte eines Rollatorhandgriffs generiert. Dabei entstand ein Demonstrator, der auf Granulatbasis funktioniert. Dieser ist längen-, durchmesser- und formveränderlich (Laßmann et al., 2019). Die Abmessungen dieses Griffs sind auf der oben genannten Grundlagenliteratur fundiert. Im Verlauf des Designprozesses kristallisierte sich heraus, dass noch weitere systematische Untersuchungen hinsichtlich der Abmessungen des Griffs sowie eine bessere Anpassbarkeit vonnöten sind, vor allem, wenn die Übertragbarkeit auf andere Anwendungsszenarien gegeben sein sollte.

In diesem Kontext soll weitere Literatur gesichtet werden. Es existieren präzise Untersuchungen zu Handgriffen in einem bestimmten Nutzungskontext. Dabei konzentriert sich die Forschung hauptsächlich auf handgeführte Werkzeuge (Designrichtlinie: Mital, 1991; Kong et al., 2008; Kong & Lowe, 2005; Lewis & Narayan, 1993; Popp et al., 2016). Seo und Armstrong (2008) untersuchten die maximal mögliche Kraftaufbringung und die Größe der Kontaktfläche abhängig von der Handgröße und den Durchmessern zylindrischer Griffe mittels einer Probandenstudie. Schlussendlich definierten sie eine Formel zur Berechnung des besten Durchmesser abhängig von der Handgröße: Sie legen einen mittleren optimalen Durchmesser auf 40 mm fest (Übereinstimmung mit Bullinger, 1994), während Sancho-Bru und Kollegen (2003) einen Wert von 33 mm mithilfe eines biomechanisches Modells angeben.

Ein weiterer Ansatz ist die Konstruktion individueller Produkte mittels digitaler Menschmodelle (Garneau & Parkinson, 2008; Harih & Dolšak, 2013). Zur Variation des Anstellwinkels eines Griffs relativ zum Nutzer konnten nur wenige Forschungsarbeiten gefunden werden. In einer Studie wurde der Winkel der Arbeitsoberfläche variiert (You et al., 2005), in anderen die Orientierung des Griffs (Lin et al., 2012; Seo et al., 2010). Jung und Kollegen (2019) zeigten, dass sich das von der Hand umschlossene Volumen beim Umfassungsgriff verringert, sobald das Handgelenk abknickt. Dieser Faktor des Anstellwinkels könnte ein zentrales Element zur Einhaltung der Komfortwinkel des Hand-Arm-Systems sein. Der Nutzen dieser Variation ist noch nicht wissenschaftlich nachgewiesen und wird somit als Fragestellung in diese Arbeit integriert. Im Rahmen dieser Recherche stellte sich heraus, dass sich die Literatur uneinig in den Grundlagen

des Handgriffdesigns ist, weswegen weitere Forschung im Bereich notwendig wird. Die genannte Literatur wird als Basis für das folgende Vorhaben verwendet.

3. Theoretischer Hintergrund

Im Sinne des „Designs für Alle“ (EDAD Design für Alle – Deutschland e.V.) sollten Handgriffe optimal an die Anthropometrie des Bedieners und das Bedienszenario angepasst sein, um die durch das Anwendungs- und Nutzungsszenario generierten Kräfte und Momente mit einer möglichst geringen Flächenpressung und somit einem hohen Bedienkomfort zu betätigen. Dabei stellt sich die Frage, welche Parameter adaptiv gestaltet werden müssen, um ein „Design für Alle“ zu gewährleisten und damit die Effizienz, Effektivität und Zufriedenheit, also die Gebrauchstauglichkeit bzw. den Bedienkomfort aller Nutzer in allen Bedienszenarien zu erhöhen (DIN EN ISO 9241-11:2018-11). Zur Lösung dieses Zielkonflikts kann ein adaptives Griffdesign dienen, welches durch eine Variabilität der Gestaltmerkmale Aufbau (inklusive Anstellwinkel), Form und Oberfläche (vgl. Gestaltparameter eines adaptiv-rotationssymmetrischen Stellteils: Janny, 2018) eine kontinuierliche Anpassungsfähigkeit an den Nutzer und das vorherrschende Bedienszenario ermöglicht. Dafür muss festgelegt werden, welche Parameter zu der Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit beitragen und wie diese im Rahmen von empirischen Studien untersucht werden können.

4. Zielsetzung und Forschungsfragen

Im Rahmen der Promotion soll durch Probandenstudien das Potenzial eines adaptiven Handgriffs herausgearbeitet werden. Dabei lässt sich die zentrale Hypothese der Arbeit wie folgt formulieren:

- Die Nutzermerkmale des Bedieners und das Bedienszenario beeinflussen die gebrauchstaugliche Ausführung der Aufgabe in Abhängigkeit vom Aufbau, der Form und der Oberfläche des Handgriffs.

Des Weiteren ergeben sich für die Untersuchung folgende Forschungsfragen:

- Mit welchen abhängigen Variablen kann die Gebrauchstauglichkeit eines Handgriffs bestimmt werden?
- Lassen sich auf Basis von Nutzerstudien Gestaltparameter für einen adaptiven Handgriff ableiten?
- Kann eine optimale Mensch-Maschine-Interaktion im Sinne des „Designs für Alle“ mit minimaler Beanspruchung für den Nutzer durch einen adaptiven Handgriff realisiert werden?

5. Forschungsdesign und Methodik

Für das Vorhaben ist eine Studie mit einem „Within-Subject-Design“ mit 30 Probanden einer breiten Nutzergruppe geplant. Berücksichtigt werden sollen dabei die Nutzermerkmale (bspw. Alter, Geschlecht, Krankheiten wie bspw. Arthrose, ...) beschrieben in Luczak (1993). Des Weiteren soll der Aufbau (Anstellwinkel, Durchmesser, ...), die Form (Wölbung, Textur, ...) und die Oberfläche (Nachgiebigkeit, Kanten, ...) des Griffs sowie das Bedienszenario variiert werden (bspw. Abstützen mit vollem Körpergewicht, Benutzung für Grob- oder Feinmotorik). Als Konstrukt für die Erhebung der

Effizienz, Effektivität und Zufriedenheit können verschiedene Messmethoden verwendet werden. Für das Versuchsdesign bilden mehrere Studien, die abhängige Variablen zur Gütebewertung von Handgriffen heranzogen, die Grundlage.

Faktoren, um den Komfort von handgeführten Geräten zu bestimmen, lassen sich laut eines Reviews in drei Gruppen einteilen: Funktionalität, physische Interaktion und Erscheinung (Kuijt-Evers et al., 2004), wobei die Ästhetik wenig Einfluss auf den Bedienkomfort haben sollte. Die Funktionalität beinhaltet beispielsweise die Aufgabenerfüllung (Effektivität). Hierbei soll die mögliche Maximalkraft, die bei der Nutzung aufgebracht werden kann, gemessen werden (bei einer grobmotorischen Aufgabe) sowie die Präzision bei feinmotorischer Tätigkeit. In diesem Zusammenhang kann die Studie von Karlovic (2019) als Vorbild dienen.

Für die Erhebung der physischen Interaktion (Effizienz und Zufriedenheit) sollten folgende Parameter Berücksichtigung finden: Haltung und Muskeln, Reizung und Schmerz von Hand und Fingern sowie Reizung der Handoberfläche (Kuijt-Evers et al., 2004). Die Bewertung von Haltung und Muskeln kann über eine Messung der Muskelaktivität (Elektromyographie: EMG) erfolgen (Bertolaccini et al., 2017; Grant et al., 1992; Kilbom et al., 1993; Sala et al., 1998; You et al., 2005). Zur Messung der Druckverteilung an der Handinnenfläche kann ein Sensor der Firma Tekscan - analog zu den Studien von Sala und Kollegen (1998) sowie Kong und Lowe (2005) verwendet werden. Als Vorbild für die Interpretation der Belastung der Handregionen kann die Studie von Fransson-Hall und Kilbom (1993) herangezogen werden. Des Weiteren soll eine subjektive Komfortbewertung mittels sogenannten Body und Hand Maps (Bonfim et al., 2017; Corlett & Bishop, 1976; Kuijt-Evers, 2007) durchgeführt werden. Bei diesem Verfahren werden Körper und Hand zweidimensional abgebildet. Die Abbildungen werden in verschiedene Regionen unterteilt, deren Komfort bzw. Diskomfort anhand einer Skala bewertet werden kann. Zu diesem Zweck kann die Borg-CR10-Skala mit einer Bewertung zwischen 0 (kein Diskomfort) und 10 (extremer Diskomfort, Maximum) eingesetzt werden (Chao et al., 2000; Kuijt-Evers, 2007; You et al., 2005). Die möglichen abhängigen und unabhängigen Variablen sind in Abbildung 1 dargestellt.

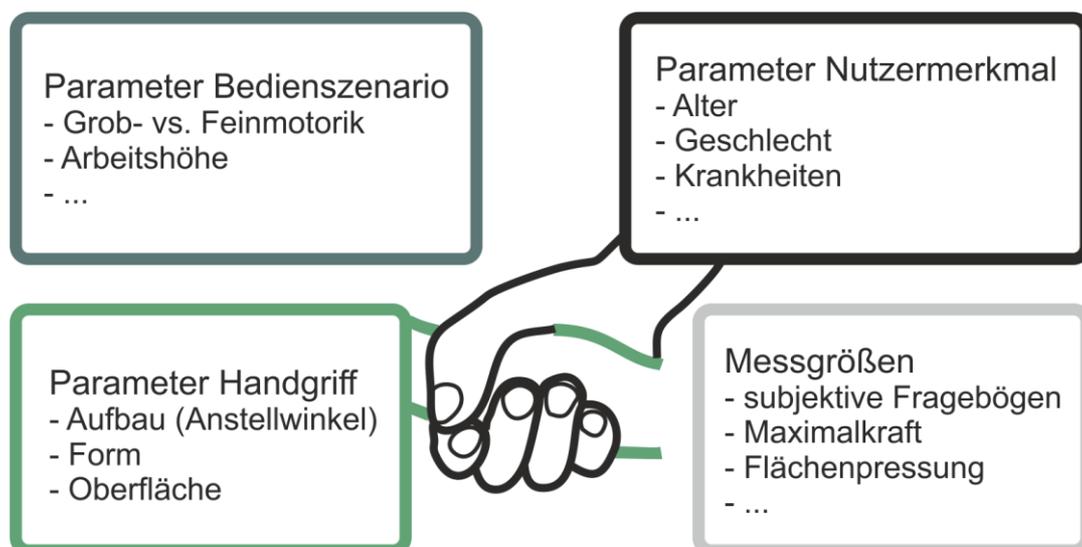


Abbildung 1: Darstellung der möglichen Variablen des Versuchsdesigns. Dabei sind die Parameter Handgriff, Bedienszenario und Nutzermerkmal als unabhängige Variablen zu sehen, während die Messgrößen die abhängigen Variablen darstellen.

6. Fazit

Auf Basis der genannten Literatur soll eine Vorstudie durchgeführt werden, um eine eigene Bewertung zur Güte der Messungen und der Machbarkeit des Forschungsvorhabens durchführen zu können. Dabei sollen folgende Parameter variiert werden: Aufbau (inklusive Anstellwinkel), Form und Oberfläche des Griffs und das Bedienszenario. Subjektive Fragebögen, Maximalkraftmessungen sowie die Flächenpressung dienen als abhängige Variablen. Anschließend können die Ergebnisse für die Planung und Durchführung der Hauptstudie verwendet werden.

Feedback zum Vorhaben kann an folgende E-Mail-Adresse gerichtet werden:
paula.lassmann@iktd.uni-stuttgart.de

7. Literatur

- Bertolaccini, G. d. S., Vasquez, M. M., Bianchi, A. C., Sandes, F. E., Paschoarelli, L. C. & Medola, F. (2017). Handle diameter and the influence on the ergonomics of crutches. *Proceedings of the 19th International Conference on Engineering and Product Design Education: Building Community: Design Education for a Sustainable Future, E and PDE 2017*, 631–636.
- Bonfim, G., Silva, D., Neves, E., Plácido, J., Mantova, A., Medola, F. & Paschoarelli, L. (2017). Palmar Pressure and Perception of Discomfort in the Use of Axillary Crutches. *Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Ergonomics Modeling, Usability et Special Populations*, 486, 437–449.
- Bullinger, H.-J. (Hg.). (1994). *Ergonomie: Produkt-und Arbeitsplatzgestaltung*. Teubner.
- Chao, A., Kumar, A. J., Emery, C. T.N.D., Nagarajarao, K. & You, H. (2000). An Ergonomic Evaluation of Cleco Pliers. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 44 (28), 441–442.
- Corlett, E. N. & Bishop, R. P. (1976). A technique for assessing postural discomfort. *Ergonomics*, 19 (2), 175–182.
- DIN 33402-2:2005-12 (2005). *Ergonomie - Körpermaße des Menschen - Teil 2: Werte*. Berlin. Beuth Verlag GmbH.
- DIN EN 894-3:2010-01 (2010). *Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 3: Stellteile*. Berlin. Beuth Verlag GmbH.
- DIN EN ISO 9241-11:2018-11 (2018). *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte*. Berlin. Beuth Verlag GmbH.
- EDAD Design für Alle – Deutschland e.V. *EDAD: Design für Alle – Deutschland*. Zugriff am 10. Januar 2020, verfügbar unter <https://www.design-fuer-alle.de/>
- Fransson-Hall, C. & Kilbom, Å. (1993). Sensitivity of the hand to surface pressure. *Applied Ergonomics*, 24 (3), 181–189.
- Garneau, C. J. & Parkinson, M. B. (2008). Optimal Product Sizing through Digital Human Models. In *SAE Technical Paper Series, SAE Technical Paper Series*. SAE International 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA, United States.
- Grant, K. A., Habes, D. J. & Steward, L. L. (1992). An analysis of handle designs for reducing manual effort: The influence of grip diameter. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 10 (3), 199–206.
- Harih, G. & Dolšak, B. (2013). Tool-handle design based on a digital human hand model. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 43 (4), 288–295.
- Janny, B. (2016). Vorrichtung zur adaptierbaren Handbedienung eines Geräts und Verfahren zum Betrieb der Vorrichtung. *Offenlegungsschrift* (DE102016101121A1).
- Janny, B. (2018). *Entwicklung von gestaltvariablen Bedienelementen zur Überwindung von Nutzungsbarrieren am Beispiel alternsgerechter Drehstellteile* [Dissertation] Nr. 686, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design. Universität Stuttgart.
- Jung, H., Mun, S., Lee, W. & You, H. (2019). Measurement of the Internal Shape of Power Grip in Wrist Ulnar/Radial Deviation. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 63 (1), 1149–1153.
- Karlović, K. (2019). *Untersuchung der Gebrauchstauglichkeit der Mensch-Maschine-Schnittstelle interaktionsbasierter, adaptiv physischer Assistenzsysteme* [Dissertation] Nr. 688, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design. Universität Stuttgart.

- Kilbom, A., Mäkäräinen, M., Sperling, L., Kadefors, R. & Liedberg, L. (1993). Tool design, user characteristics and performance: a case study on plate-shears. *Applied Ergonomics* 1993 (24 (3)), 221–230.
- Kong, Y.-K. & Lowe, B. D. (2005). Optimal cylindrical handle diameter for grip force tasks. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35 (6), 495–507.
- Kong, Y.-K., Lowe, B. D., Lee, S.-J. & Krieg, E. F. (2008). Evaluation of handle shapes for screwdriving. *Applied Ergonomics*, 39 (2), 191–198.
- Kuijt-Evers, L. F. M., Groenesteijn, L., Looze, M. P. de & Vink, P. (2004). Identifying factors of comfort in using hand tools. *Applied Ergonomics*, 35 (5), 453–458.
- Kuijt-Evers, L. F. M. (2007). *Comfort in using hand tools: Theory, design and evaluation*. TNO Kwaliteit van leven.
- Lange, W., Kirchner, J.-H. & Windel, A. (2005). *Kleine ergonomische Datensammlung* (10., überarb. Aufl.). TÜV-Verl.
- Laßmann, P., Kießling, J., Mayer, S., Janny, B. & Maier, T. (2019). aHa – Der adaptive Handgriff der Zukunft. In R. H. Stelzer & J. Krzywinski (Hg.), *Technisches Design: Bd. 11. Entwerfen Entwickeln Erleben in Produktentwicklung und Design 2019: Band 1* (107-123). TUDpress.
- Lewis, W. G. & Narayan, C. V. (1993). Design and sizing of ergonomic handles for hand tools. *Applied Ergonomics*, 1993 (24), Artikel 5, 351–356.
- Lin, J.-H., McGorry, R. W. & Chang, C.-C. (2012). Effects of handle orientation and between-handle distance on bi-manual isometric push strength. *Applied Ergonomics*, 43 (4), 664–670.
- Luczak, H. & Frädrieh, J. (1993). *Arbeitswissenschaft. Springer-Lehrbuch*. Springer.
- Mital, A. (1991). Hand Tools: Injuries, Illnesses, Design, and Usage. In A. Mital & W. Karwowski (Hg.), *Advances in Human Factors/Ergonomics : Workspace, Equipment and Tool Design* (Bd. 15, S. 219–256). Elsevier.
- Popp, W. L., Lamercy, O., Müller, C. & Gassert, R. (2016). Effect of handle design on movement dynamics and muscle co-activation in a wrist flexion task. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2016 (56), 170–180.
- Sala, D. A., Leva, L. M., Kummer, F. J. & Grant, A. D. (1998). Crutch handle design: Effect on palmar loads during ambulation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 79 (11), 1473–1476.
- Sancho-Bru, J. L., Giurintano, D.J., Pérez-González, A. & Vergara, M. (2003). Optimum Tool Handle Diameter for a Cylinder Grip. *Journal of Hand Therapy*, 16 (4), 337–342.
- Schmid, M. & Maier, T. (2017). *Technisches Interface Design*. Springer Berlin Heidelberg.
- Schmidtke, H. (Hg.). (1989). *Handbuch der Ergonomie*. Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung.
- Seo, N. J. & Armstrong, T. J. (2008). Investigation of grip force, normal force, contact area, hand size, and handle size for cylindrical handles. *Human factors*, 50 (5), 734–744.
- Seo, N. J., Armstrong, T. J. & Young, J. G. (2010). Effects of handle orientation, gloves, handle friction and elbow posture on maximum horizontal pull and push forces. *Ergonomics*, 53 (1), 92–101.
- You, H., Kumar, A., Young, R., Veluswamy, P. & Malzahn, D. E. (2005). An ergonomic evaluation of manual Cleco plier designs: effects of rubber grip, spring recoil, and worksurface angle. *Applied Ergonomics*, 36 (5), 575–583.



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