

Integration altersbedingter Veränderung der Beweglichkeit zur altersgerechten Arbeitsprozessgestaltung in digitalen Menschmodellen

Michael SPITZHORN

*Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement
Technische Universität Chemnitz, D-09107 Chemnitz*

Kurzfassung: Mit zunehmendem Alter reduziert sich die Beweglichkeit, dies kann sich negativ auf die Arbeitsausübung auswirken. Mittels digitaler Menschmodelle (DMM) kann bereits in der Planung des Arbeitsprozesses die menschliche Leistungsfähigkeit berücksichtigt werden. Altersbedingte Veränderungen der Beweglichkeit sind jedoch aktuell nur rudimentär in DMM abbildbar.

Ziel des Promotionsvorhabens ist die Entwicklung eines Konzepts zur Integration von altersabhängigen Veränderungen der Beweglichkeit in DMM. Hierbei wird sich auf die Darstellung der Oberen Extremitäten konzentriert. Auf Basis einer Metaanalyse werden altersbedingte Veränderungen der Beweglichkeit in Abhängigkeit weiterer Faktoren wie Geschlecht, Lateralität etc. systematisch aufgearbeitet. Daraus wird unter Bezugnahme der Voraussetzungen von DMM ein Konzept zur Integration entwickelt. Damit können aufwendige korrektive Maßnahmen vermieden, der Einsatz von teuren physischen Mockups reduziert und ein Einsatz älterer Mitarbeiter langfristig gewährleistet werden.

Schlüsselwörter: Altersgerechte Arbeitsgestaltung, Beweglichkeit, Digitale Menschmodelle, Metaanalyse, Range of Motion (ROM)

1. Ausgangslage und Motivation

Deutschland hat mit einem durchschnittlichen Alter von 45,6 Jahren den höchsten Altersdurchschnitt in Europa (Statista 2014). Bis 2030 wird die Gesamterwerbszahl in Deutschland um 2,9 Mio. auf 40,8 Mio. sinken, wobei der Anteil älterer Arbeitnehmer ab 55 Jahren um 3 Millionen steigen wird (BMAS 2013). Das führt einerseits zu einer Verknappung des Arbeitspotentials und einer stärkeren Bedeutsamkeit älterer Arbeitnehmer. Mit dem Alter verändern sich die Fähigkeiten einer Person. Ältere Arbeitnehmer verfügen über ein hohes Erfahrungswissen und soziale Kompetenz, gleichzeitig nehmen mit zunehmendem Alter aber auch die körperliche Leistungsfähigkeit wie die Beweglichkeit ab (Adenauer 2002; Bubb et al. 2015).

Die Beweglichkeit ergibt sich aus der Interaktion von über 100 Gelenken im menschlichen Körper. Die Gelenkbeweglichkeit (Range of Motion = ROM) ist u.a. von den beteiligten Muskeln, der Körperhaltung bzw. -position und ob die Beweglichkeit aktiv oder passiv ausgeführt wird, abhängig. Wesentlich nimmt auch die Population Einfluss. So sind Frauen allgemein beweglicher als Männer, ein übermäßiger Fettanteil kann zu einer Einschränkung führen, Training in Abhängigkeit der Art wirkt sich positiv oder negativ aus, gleiches gilt für den ausgeübten Beruf (Norkin & White, 2003; De Araujo 2004). Zudem ist die Gelenkbeweglichkeit

funktionsabhängig und verfügt über eine hohe interpersonelle Variabilität (Kaminsky 2014). Je nach Gelenkbereich sind unterschiedliche Einschränkungen mit zunehmendem Alter nachweisbar (Chung & Wang 2009; Hussain et al. 2014).

Mittels digitaler Menschmodelle (DMM) können Arbeitsprozesse unter Einbeziehung der menschlichen Leistungsfähigkeit bereits im Planungsprozess simuliert und mittels Methoden wie der Erreichbarkeitsanalyse, EAWS oder MTM auf ergonomische und wirtschaftliche Schwachstellen untersucht und umgestaltet werden (Bullinger-Hoffmann & Mühlstedt 2016). Altersbedingte Veränderungen werden nur rudimentär berücksichtigt (Alexander & Paul 2016). So können zwar mittels Motion Capturing Bewegungen von Älteren in DMM aufgenommen und die entsprechenden Gelenkwinkel ausgegeben werden, eine Planung ist damit nicht realisierbar. Das DMM ‚SAMMIE‘ bietet die Möglichkeit altersabhängige Veränderungen der Beweglichkeit anhand 100 aufgenommener Personen mit deren Daten zu Gelenkbeweglichkeit (18 ROM), Anthropometrie, Handkraft sowie Aussagen zu deren Erfahrungsniveau und täglicher Aktivität für Untersuchungen zu nutzen (Marshall et al. 2010). Die Datenbank deckt eine breite Anzahl an verschiedenen Leistungsfähigkeitsfaktoren ab, hat aber den Nachteil, dass keine repräsentativen Gruppen vorhanden sind, sondern aus 100 Individualsätzen das passende jeweils herauszusuchen ist. Einen anderen Ansatz stellt die manuelle Anpassung von Gelenkwinkeln in DMM, wie dem ‚Human Builder‘, dar. Um diesen Ansatz zweckmäßig einsetzen zu können, muss der Nutzer über die entsprechenden repräsentativen bzw. individuellen Bewegungsdaten verfügen und diese auch interpretieren können. Damit ist der Ansatz nicht allgemein für eine altersorientierte Planung einsetzbar. Andere Menschmodelle, wie ‚Editor menschlicher Arbeit‘ (‚ema‘), verfügen aktuell über keine Integration der altersabhängigen Veränderung der Beweglichkeit oder anderer Faktoren der Leistungsfähigkeit und bietet damit keine adäquaten Möglichkeiten altersabhängige Veränderungen in der Planung zu berücksichtigen.

Ziel des Promotionsvorhabens ist die Entwicklung eines Konzepts zur Integration von altersabhängigen Veränderungen der Beweglichkeit in DMM. Hierbei wird sich auf die Darstellung der Oberen Extremitäten konzentriert, da diese wesentlichen Einfluss auf die Arbeitsprozessgestaltung nehmen. Auf Basis einer Metaanalyse werden altersbedingte Veränderungen der Beweglichkeit in Abhängigkeit weiterer Faktoren wie Geschlecht, Lateralität etc. systematisch aufgearbeitet.

2. Methodik

Mittels einer Metaanalyse lässt sich eine „systematische und umfassende (möglichst vollständige) Zusammenfassung vorliegender Forschungsergebnisse und die quantitative Analyse der Befundvariabilität“ erzielen (Rustenbach 2003, S.8). Dabei führt eine metaanalytische Befundintegration gegenüber der Primärforschung zu einer „erhöhten Präzision, Reliabilität, Validität und Teststärke“ (Rustenbach 2003, S.8).

Die Anwendung einer Metaanalyse ist für die Beantwortung der Forschungsfragen notwendig, da die Primärstudienresultate eine hohe Heterogenität in der Befundlage aufweisen (Doriot & Wang 2004; Chung & Wang 2009; Macedo & Magee 2009). Die Durchführung einer Metaanalyse beinhaltet nach Rustenbach (2003) die folgenden sechs Phasen (vgl. Abbildung 1).

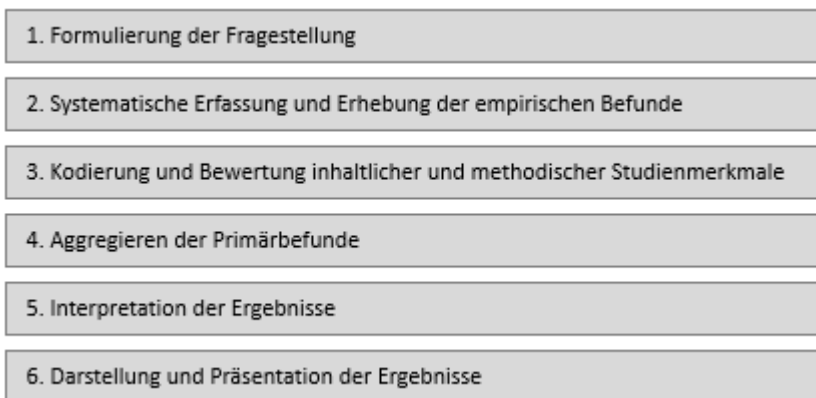


Abbildung 1: 6 Phasen der Durchführung einer Meta-Analyse

3. Ergebnisse

Nachfolgend werden die einzelnen Schritte der Metaanalyse und deren Ergebnisse dargestellt.

Zu Beginn ist die Fragestellung systematisch und theoriegeleitet zu erstellen, um daraus überprüfbar Hypothesen ableiten zu können. Untersuchungsgegenstand ist die altersbedingte Veränderung der Beweglichkeit (ROM) der Gelenke der Oberen Extremitäten (Schulter, Ellenbogen, Handgelenk). Hierzu wird untersucht, welche Unterschiede zwischen verschiedenen Altersgruppen AK20 (20-30 J.), AK40 (31-50 J.) und AK60 (51-70 J.) bestehen (Forschungsfrage 1) und welchen Einfluss weitere Faktoren wie Geschlecht oder Nationalität auf die Ausprägung nehmen (Forschungsfrage 2). Wie eine Vielzahl von Studien belegen, sind altersspezifische und geschlechtsspezifische Effekte in der Gelenkbeweglichkeit feststellbar. Es wird die Hypothese aufgestellt, dass zwischen den Altersklassen alters- und geschlechtsspezifische Unterschiede unter Moderation weiterer Variablen zu vermuten sind. Die Einteilung der Altersgruppen (AK20, AK40, AK60) kann Spitzhahn & Bullinger (2016) entnommen werden.

Um die Repräsentativität der Stichprobe der Metaanalyse zu gewährleisten, ist ein umfassender strukturierter Literature Review durchzuführen. Dieser wird in Anlehnung an Creswell (2009) und Brocke et al. (2009) vollzogen und besteht aus Festlegung der Suchstrategie, Abgrenzung des Suchfeldes, Auswahl und Kategorisierung sowie Finalisierung der Datengrundlage. Nach LBI (2007) sind mehrere elektronische Datenbanken zur Erhöhung der Sensitivität der Suche zu überprüfen und eine systematische manuelle Literatursuche durchzuführen. Es wurde in den Datenbanken PubMed, Medline, Scopus, CENTRAL, CINAHL, Web of Science, OVID und Science direct recherchiert. Damit werden die wichtigsten Datenbanken aus den Bereichen Medizin, Physiotherapie und Ergonomie abgedeckt (ZaeFQ 2001; LBI 2007; Cochrane Deutschland 2016). Zur Identifikation geeigneter Suchbegriffe, so genannter Deskriptoren, wurde entsprechende Fachliteratur genutzt (Kapandji 2016; Norikin & White 2003) und eine erste Recherche in den o.g. Datenbanken durchgeführt. Die identifizierten Deskriptoren wurden im Anschluss ZaeFQ (2001) folgend mit Kollegen aus dem Bereich der Arbeits- und Sportwissenschaft auf deren Vollständigkeit überprüft und final festgelegt. In der Suchstrategie wurden als Ausschlusskriterien Begriffe zu Krankheiten, Ganganalyse, Training sowie Zellen verwendet und mit der Suchanfrage mit einer NOT-

Verknüpfung verknüpft. Insgesamt wurden drei separate Suchstrategien angewendet. Eine zeitliche Eingrenzung wurde nicht vorgenommen, um keine wesentliche Literatur zu vernachlässigen. Suchanfrage 1 befasst sich mit einer allgemeinen Suche zu ROM & Alter (Nr.1), Abfrage 2 (Nr. 2) befasst sich mit ROM & Metaanalyse und Abfrage 3 besteht aus gelenkspezifischen Abfragen wie Schulter & Alter, Ellenbogen & Alter, Handgelenk & Alter (Beispiel zu Schulter in Nr.3). Die Abfragen wurden ausschließlich in englischer Sprache gestellt und sind nachfolgend aufgelistet:

- **Nr. 1:** (((("range of motion" OR mobility OR joints OR "Joint mobility" OR "joint flexibility" OR flexibility OR ROM))) AND (("age factors" OR elderly OR ageing OR aging OR age* OR "age-related" OR "age group")) NOT ((cells OR injuries OR disease OR gait OR walk* OR diabetes OR training OR osteoarthritis)))
- **Nr.2:** (("range of motion" OR mobility OR joint* OR "Joint mobility" OR "joint flexibility" OR flexibility OR ROM) AND ("age factors" OR elderly OR ageing OR aging OR age* OR "age-related" OR "age group") AND ("meta-analysis" OR review* OR "meta-studies" OR "coherent analysis" OR "systematic review" OR "narrative review" OR "meta-syntheses")) NOT (cells or injuries OR disease OR gait OR walk* OR diabetes OR training OR osteoarthritis OR syndrome OR Dysfunction OR Pain OR Disability OR arthroplasty OR fracture OR replacement OR disease)
- **Nr.3:** shoulder OR "shoulder joint*" OR "glenohumeral joint" OR gleno* OR "articulatio humeri" OR "articulatio glenohumeralis" OR "shoulder motion*" OR "shoulder girdle") AND ("age factors" OR elderly OR ageing OR aging OR age* OR "age-related" OR "age group") AND NOT (cells or injuries OR disease OR gait OR walk* OR diabetes OR training OR osteoarthritis)

Nach ZaeFQ (2001) wurden die Studien nach Ein- und Ausschlusskriterien selektiert, die sich aus der speziellen Fragestellung ableiten. So werden in die Metastudie nur Primärstudien einbezogen, die gesunde Probanden untersuchen, sodass Personen mit Erkrankungen, die sich auf die Beweglichkeit auswirken können, ausgeschlossen sind. Damit wird gewährleistet, dass nur altersbedingte und nicht auf pathologische Veränderungen basierte ROM eingeschlossen sind. In den Studien müssen die ROM in Grad (°) angegeben sein und die dazu gehörigen statistischen Größen wie Mittelwert, Standardabweichung (SD) und Stichprobengröße berichtet werden. In der Studie sind zudem mind. zwei Altersgruppen (Alter > 18 Jahre) miteinander zu vergleichen. Ausgeschlossen von der Metaanalyse sind somit Studien, die nur eine separate Altersgruppe beinhalten, die krankheitsbedingte Veränderungen der ROM mit zunehmendem Alter behandeln oder die altersbedingte Veränderungen der Beweglichkeit auf Basis von Tiermessungen vornehmen. Studien, die altersbedingte Veränderungen der Beweglichkeit nicht in Grad, sondern nur in Metermaßen wie cm angeben, werden aufgrund des starken Einflusses der anthropometrischen Beschaffenheit ebenso nicht in der Metaanalyse berücksichtigt.

Die identifizierte Literatur ist danach systematisch aufzubereiten, um wesentliche Einflussgrößen auf die Gelenkbeweglichkeit zu erfassen und eine Bewertung der Studien- und Berichtsqualität vornehmen zu können. Die Bewertung der Studienqualität wird genutzt, um deren Einfluss auf die Effekte zwischen den Altersgruppen zu untersuchen. So könnte ggf. eine schlecht durchgeführte Studie wesentlichen Einfluss auf die Befunde der Metastudie nehmen. Ein Ausschluss wird

nur bei wesentlichen Verstößen gegen Grundsätze der Forschungsqualität vorgenommen, um die Repräsentativität der Gesamtstudienzahl nachteilig zu beeinflussen. Gleichzeitig muss aber auch gewährleistet werden, dass nur Studien Einschluss finden, die auf Basis von qualitativ angemessenen Versuchen durchgeführt worden sind. Zur Kodierung und Bewertung sind die Studien hinsichtlich Forschungsziel, Forschungsdesign, Probandenauswahl, Probandencharakteristik (Geschlecht, Beruf, Rasse, Nationalität, Altersgruppe, Seitigkeit, dominante / nicht dominante Hand), eingesetzter Messmethode (Messqualität, Messverfahren, Messdurchführung), Auswertungsmethode und -güte, Berücksichtigung von Störvariablen bei Versuchsplanung und -auswertung, Ergebnisdarstellung und -diskussion systematisch auszuarbeiten. Im Anschluss erfolgt eine Qualitätsbewertung nach Kmet et al. (2004). Diese ist nach Dreier et al. (2010) für die Bewertung von Beobachtungsstudien geeignet und erfüllt im hohen Maße die Anforderungen an die interne Validität. Zudem wird diese Methode häufig im Kontext von Studienbewertungen genutzt und zitiert (Anzahl Zitierungen = 313, Stand:13.12.2016). Um eine objektive Anwendung zu gewährleisten, wurden 14 Items der Bewertungsmethodik in Orientierung an den dazugehörigen Leitfadens operationalisiert. Aufgrund der mehrheitlich vorliegenden Studiencharakteristika einer Beobachtungsstudie können jedoch nur 11 von 14 Fragen des Bewertungsinstrumentes beantwortet werden. Im Ergebnis liefert die Bewertung nach Kmet et al. (2004) eine Kennzahl von 0 bis 100%.

Nach dem der Bewertungs- und Kodierungsprozess abgeschlossen und die Qualität der Primärstudien bestimmt worden ist, können die Effekte auf Basis des Cohens-D mittels des Statistikprogramms SPSS (Version 24) bestimmt werden. Die Ergebnisse der Metaanalyse sind anschließend bzgl. der o.g. Fragestellungen unter Beachtung der Primärstudienresultate zu interpretieren, kritisch zu diskutieren und in geeigneter Form darzustellen.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Altersbedingte Veränderungen der Beweglichkeit können sich wesentlich auf die Ausführung einer Arbeitstätigkeit auswirken und sind deshalb bei der Arbeitsplanung zu berücksichtigen. Hierzu sind altersabhängige Veränderungen der Beweglichkeit in DMM zu integrieren, um eine adäquate altersgerechte Arbeitsplatzgestaltung zu ermöglichen.

Mit dem Promotionsvorhaben wird eine nach Gütekriterien verlässliche Datengrundlage für die Integration von altersbedingten Veränderungen der Beweglichkeit geschaffen und Ansätze aufgezeigt, wie eine Integration zur altersgerechten Arbeitsgestaltung vorgenommen werden könnte. Der wesentliche Neuheitsgrad besteht in der systematischen Aufbereitung von Primärdaten unter Beachtung wissenschaftlicher Gütekriterien, so dass repräsentative Daten gebildet werden können und die altersbedingte Beweglichkeit nach verschiedenen Einflussgrößen wie Geschlecht und deren kombinierten Auswirkungen auf die Gestaltung der Arbeitstätigkeit untersucht werden kann. Das entwickelte Konzept zur Integration altersbedingter Veränderungen der Beweglichkeit kann DMM-Herstellern bei der Integration in deren Systeme behilflich sein (Spitzhirm & Bullinger 2017).

5. Literatur

- Adenauer S (2002) Die Potentiale älterer Mitarbeiter im Betrieb erkennen und nutzen. *Angewandte Arbeitswissenschaft. Zeitschrift für die Unternehmenspraxis.* 172, 1-11.
- Alexander T & Paul G (2016) Digitale Menschmodelle: Potenziale und Herausforderungen mit Hinblick auf die zukünftige Entwicklung der Ergonomie. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.) *Arbeiten in komplexen Systemen - Digital, vernetzt, human?!*, 62. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: GfA-Press. S. 1-7.
- BMAS [Bundesministerium für Arbeit und Soziales] (2013) *Arbeitsmarktprognose 2030. Eine strategische Vorausschau auf die Entwicklung von Angebot und Nachfrage in Deutschland.*
- Bullinger-Hoffmann AC & Mühlstedt J (2016) *Homo Sapiens Digitalis- Virtuelle Ergonomie und digitale Menschmodelle.* Wiesbaden: Springer-Verlag GmbH.
- Bubb H, Bengler K, Grünen RE, Vollrath M (2015) *Automobilergonomie.* Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN 978-3-8348-1890-4.
- Chung MJ & Wang MJJ (2009) The effect of age and gender on joint range of motion of worker population in Taiwan. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 39, pp.596-600.
- Cochrane Deutschland (2016) *Leitlinien für Forschungsberichte (Reporting Guidelines).* Online unter: <http://www.cochrane.de/de/Leitlinien-Forschungsberichte>
- Croswell JW (2009) *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches.* SAGE Publications
- De Araujo (2004) *Flexitest - an innovative flexibility assessment method.* Champaign. Human Kinetics.
- Doriot N.; Wang, X. (2004) 30-maximum range of motion of the upper limb principal joints. *Ergonomics.* Vol. 49, No. 3, S.269-281.
- Dreier M, Borutta B, Stahmeyer J, Krauth C & Walter U (2010) Vergleich von Bewertungsinstrumenten für die Studienqualität von Primär- und Sekundärstudien zur Verwendung für HTA-Berichte im deutschsprachigen Raum. Hrsg.: Deutschen Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI), *Schriftenreihe Health Technology Assessment*, Bd. 102
- Hussain A, Case K, Marshall R, Summerskill S (2014) Joint mobility and inclusive design challenges. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol 53, pp.67-79.
- Kaminsky LA (2014) *ACSM's Health-Related Physical Fitness Assessment Manual.* (4. Auflage), Baltimore: American College of Sports Medicine.
- Kapandji AI (2016) *Funktionelle Anatomie der Gelenke. Schematisierte und kommentierte Zeichnungen zur menschlichen Biomechanik.* Ludwigsburg: Druckhaus Götz GmbH.
- Kmet LM, Lee RC, Cook LS (2004) Standard quality assessment criteria for evaluating primary research papers from a variety of fields (Brief record). 22. Edmonton, Alberta Heritage Foundation for Medical Research (AHFMR).
- LBI (Ludwig Boltzmann Institut) (2007) HTA-Projektbericht Nr. 006 - Internes Manual Abläufe und Methoden Teil 2. Online unter: http://hta.lbg.ac.at/uploads/tableTool/UIICmsPage/gallery/InternesManual_2.Aufl..pdf.
- Macedo LG & Magee DJ (2009) Effects of age on passive range of motion of selected peripheral joints in healthy adult females. *Physiotherapy Theory and Practice*, 25:2, 145-164, DOI: 10.1080/09593980802686870.
- Marshall, R, Case K, Porter M, Summerskill S, Gyi D, Davis P & Sims R (2010) HADRIAN: a virtual approach to design for all. *Journal of Engineering Design*, 21 (2-3), 253-273.
- Norkin CC & White DJ (2003) *Measurement of Joint Motion. A Guide to Goniometry.* (3. Auflage). New Delphi. Jaypee Brothers Medical Publishers Ltd.
- Rustenbach SJ (2003) *Metaanalyse – eine anwendungsorientierte Einführung.* Hrsg.: Pawlik K, Bern: Verlag Hans Huber.
- Spitzhirm M, Kaiser A, Bullinger AC (2016) Virtual Aging - Nutzerbefragung zu Anforderungen und Bedarf zur Integration altersspezifischer Veränderungen des Menschen in digitale Menschmodelle. *Tagungsband ininteract conference*, 22.06. – 24.06.2016, 238-252.
- Spitzhirm M & Bullinger AC (2017) Integration von Altersfaktoren in digitale Menschmodelle zur altersgerechten Arbeitsprozessgestaltung. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg) *Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels*, 63. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. GfA-Press, Dortmund (in Press).
- ZaeFQ (2001) 5. Systematische Evidenz-Recherche. Das Leitlinien-Manual von AWMF und ÄZQ. Online unter: <http://www.leitlinien.de/leitlinienmethodik/mdb/edocs/pdf/leitlinien-manual/kapitel5.pdf>.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft

63. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FHNW Brugg-Windisch, Schweiz

15. – 17. Februar 2017

GfA Press

Bericht zum 63. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 15. – 17. Februar 2017

FHNW Brugg-Windisch, Schweiz

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2017

ISBN 978-3-936804-22-5

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.

USB-Print: Dr. Philipp Baumann, Olten

Screen design und Umsetzung

© 2017 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de