

Implementierung altersabhängiger Leistungsfaktoren und individueller Leistungseinschränkungen in das ema-Menschmodell

Sascha ULLMANN, Lars FRITZSCHE

imk automotive GmbH
Amselgrund 30, D-09128 Chemnitz

Kurzfassung: Mit der Absicherung von Arbeitsprozessen hinsichtlich des wertschöpfenden Einsatzes älterer und leistungsgewandelter Mitarbeitern erlangen digitale Menschmodelle eine besondere Bedeutung. Die Abbildung dieser Mitarbeiter in digitale Menschmodelle und Planungstools für eine fähigkeitsgerechten Arbeitsgestaltung ist aktuell nicht hinreichend beachtet. Dieser Beitrag beschreibt die Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt „VirtualAging“ sowie die Vorgehensweise und Ergebnisse der Integration altersveränderlicher Faktoren und speziellen Einschränkungen in das digitale Menschmodell und Planungstool Editor menschlicher Arbeit (ema) zur fähigkeitsgerechten, digitalen Planung von Arbeitsprozessen und Arbeitsplätzen.

Schlüsselwörter: digitale Menschmodelle, digitale Prozessplanung, leistungsgewandelte Mitarbeiter, ältere Mitarbeiter, Produktionsergonomie, fähigkeitsgerechte Arbeitsgestaltung

1. Einleitung

Der steigende Anteil älterer und leistungsgewandelter Arbeitnehmer verändert besonders im produzierenden Gewerbe das unternehmerische Handeln nachhaltig. Die Sicherstellung der wertschöpfenden Beschäftigung bis zum Renteneintrittsalter ist eine zentrale Herausforderung zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit (Griffiths 1997). Ältere Menschen unterliegen verschiedenen Leistungsveränderungen, die biomechanische Parameter wie Beweglichkeit und Maximalkräfte sowie sensorische Funktionen (Sehen, Hören, etc.) beeinflussen. Zusätzlich erhöhen eine Vielzahl unterschiedlicher individueller Leistungseinschränkungen die Anforderungen an eine fähigkeitsgerechte Prozess- und Arbeitsplatzgestaltung, welche eine wertschöpfende Weiterbeschäftigung älterer und leistungsgewandelter Mitarbeiter sicherstellt.

Um Leistungsveränderungen bei der präventiven Gestaltung von Arbeitsprozessen und Produkten systematisch berücksichtigen zu können, sind diese frühzeitig in die Prozessplanung einzubeziehen. Im Rahmen der digitalen Fabrik sind insbesondere digitale Menschmodelle geeignet, valide Ergebnisse zur prospektiven Prozess- und Arbeitsplatzgestaltung zu liefern (Chaffin, 2008). Dabei entsprechen aktuelle digitale Menschmodelle dem „Norm-Menschen“, welcher größtenteils in den Parametern Körpergröße und Geschlecht variabel ist (Mühlstedt, 2012). Zur Schaffung eines Planungsinstrumentes zur simulativen Gestaltung demografiefester Arbeitsplätze sind digitale Menschmodelle um altersabhängige Parameter und individuelle Leistungseinschränkungen zu ergänzen. Hierzu wurde im Verbund mit weiteren Projektpartnern (Human Solutions GmbH, TU Chemnitz: Professur Arbeitswissenschaft und

Innovationsmanagement [AWI]) das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Projekt „VirtualAging“ initiiert.

Das Ziel des von Mai 2015 bis Oktober 2017 laufenden Projektes war die Erweiterung von Software-Funktionalitäten zur virtuellen Simulation altersbedingter Veränderungen der menschlichen Leistungsfähigkeit hinsichtlich biomechanischer (Beweglichkeit, Kraft) und sensorischer (Sehen) Parameter zur prospektiven Produkt- und Prozessgestaltung. Das Ergebnis ist die Überführung dieser Erkenntnisse in das digitale Menschmodell der 3D-Planungssoftware „Editor menschlicher Arbeit“ (ema) und in die Software RAMSIS (zur ergonomischen Produktgestaltung).

Ema ermöglicht auf Basis eigeninitiativer Bewegungen eine dynamische Simulation von manuellen Arbeitstätigkeiten u.a. zur zeitlichen und ergonomischen Analyse von geplanten Produktionsprozessen (Fritzsche et al. 2011). Mit Hilfe der Erkenntnisse aus „VirtualAging“ soll ema in der industrienahen Anwendung genutzt werden, um Arbeitsprozesse und Arbeitsplätze speziell für ältere und leistungsgewandelte Mitarbeiter digital einrichten zu können und diese ergonomisch zu bewerten.

2. Vorgehensweise

In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern wurden im ersten Schritt mögliche einzubeziehende Altersfaktoren erarbeitet und hinsichtlich deren Industrierelevanz und Umsetzbarkeit in Software-Systeme ausgewählt. Auf Basis von Literaturrecherchen und Dokumentenanalysen wurden insbesondere durch die TU Chemnitz/AWI altersveränderliche Faktoren der Anthropometrie, Biomechanik und Sensorik ermittelt. Darüber hinaus wurden spezielle Einschränkungen der Leistungsfähigkeit betrachtet und konzeptionell aufbereitet. Im anschließenden Prozess der Softwareintegration wurden Konzepte auf Basis des „EVA-Prinzips“ (Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe) für die ausgewählten Altersfaktoren erstellt und schrittweise implementiert. Hierzu wurden neben Benutzeroberflächen und internen Schnittstellen auch weiterführende Auswertungsmöglichkeiten im ema geschaffen. Diese sollen neben der aktuellen digitalen Planung, welche größtenteils auf Grundlage des „Norm-Menschen“ erfolgt, auch eine erweiterte Gestaltung hinsichtlich fähigkeitsgerechter Arbeitsplätze und Arbeitsprozesse unterstützen.

3. Ergebnisse und Umsetzung in ema

Auf Basis der o.g. Recherchen wurden ausgewählte altersveränderliche Faktoren der Anthropometrie, Biomechanik und Sensorik sowie die speziellen Leistungseinschränkungen in die Software ema integriert. Nachfolgend sind zu den einzelnen Teilgebieten die Ergebnisse des Forschungsprojektes beschrieben.

3.1 Anthropometrie

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde ein neues Menschmodell eingeführt, um zusätzliche anthropometrische Daten auf Basis einer Analyse von verfügbaren Normen (DIN 33402-2, Deutsches Institut für Normung, 2005.) und weiteren Quellen integrieren zu können. Insbesondere die altersveränderliche Korpulenz kann mit Hilfe eines anpassbaren Mesh (Körperhülle) verändert werden. Die Menschmodell-Bibliothek im ema wurde unter anderem um Altersklassen (20, 40, 60) und Korpulenz

(dünn, mittel, korpulent) in Kombination mit Geschlecht und Körperhöhenperzentil (5./50./95.) erweitert (siehe Abbildung 1).

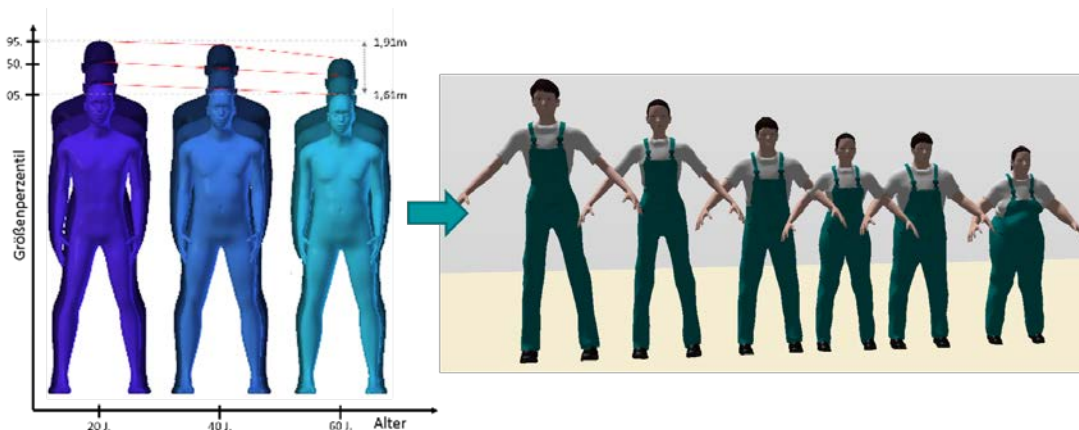


Abbildung 1: Erkenntnisse aus „Virtual Aging: Darstellung verschiedener Körperhöhenperzentile, Geschlecht, Alter und Korpulenz im ema-Menschmodell

3.2 Beweglichkeit

Auf Basis von Gelenkwinkeltabellen nach Kapandji und Rehart (2006) wurden neue Grenzen der Hauptgelenkwinkel definiert. Mittels einer umfassenden Meta-Analyse des Projektpartners AWI konnten Alterseinflüsse auf die Beweglichkeit für jedes relevante Gelenk und Freiheitsgrad nach Altersgruppen integriert werden (vgl. Beitrag von Spitzhirn in diesem GfA-Tagungsband). Insbesondere in der Simulation zeigen sich aufgrund der kinematischen Ketten der Gelenkstruktur Einschränkungen der Beweglichkeit, welche die Arbeitsausführung und letztendlich die Arbeitsgestaltung beeinflussen. Hierzu ist weitere Forschungsarbeit hinsichtlich alterstypischer Bewegungsmuster und Ausführungen von Bewegungen notwendig.

3.3 Kraft

In Bezug auf altersveränderliche Kraft sind die bestehenden Krafftabelle von Gesamtkörper-Maximalkräften um altersabhängige Krafftaktoren für die Altersgruppe 60 auf Basis des Montagespezifischen Krafftatlas (Wakula et. al. 2009) erweitert worden. Die bereits im ema implementierte Ergonomiebewertungsmethode EAWS (Ergonomic Assessment Worksheet, Schaub et. al. 2013) kann damit hinsichtlich altersrelevanter Maximalkräfte aktualisierte Bewertungen der Aktionskräfte ausgeben. Zusätzliche Warnhinweise zeigen dem Anwender ein Überschreiten altersbedingter Kraftgrenzen auf.

3.4 Sensorik

Zur Abbildung von altersveränderlichen Funktionen der Sehfähigkeit (Farbsehen, Gesichtsfeld/Umblickfeld, Sehschärfe, Akkomodation) wurde im ersten Schritt ein zweites Sichtfeld („Ego-Perspektive“) in ema integriert. Die Abbildung 2 zeigt das angedachte Konzept zur Umsetzung der Erkenntnisse zum altersabhängigen Sehen. Im Sinne einer fähigkeitsgerechten Arbeitsgestaltung sind anschließend Sichtanalysen und Machbarkeitsstudien (z.B. Einsehbarkeit Bauraum bei einem Montageprozess; Erkennbarkeit von Zeichengrößen auf Displays) möglich.

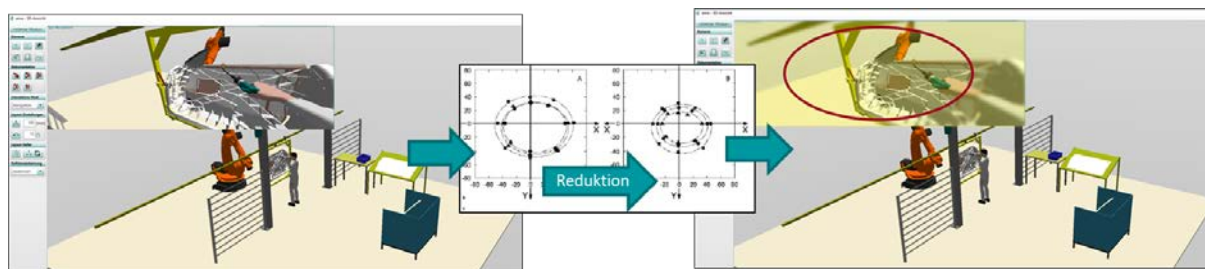


Abbildung 2: Neues Sichtfeld mit Berücksichtigung von Altersfaktoren der Sehfähigkeit (Konzept)

3.5 Spezielle Einschränkungen

Die Integration von speziellen Leistungseinschränkungen bedingt im ersten Schritt die Entwicklung und Erstellung eines Kriterienkatalogs. Mittels Dokumentenanalyse und Vergleich bestehender Klassifizierungssysteme von Leistungseinschränkungen (z.B. IMBA-Verfahren, Mozdzanowski & Glatz, 2013) wurden zunächst allgemeine Faktoren der Leistungsfähigkeit ausgewählt und auf Basis von Normen, Richtlinien und Risikobeurteilungsverfahren Grenzwerte für die einzelnen Einschränkungen definiert (z.B. ein Bücken entspricht einem Rumpfbeugewinkel von mehr als 60°) (Ullmann & Fritzsche, 2017). Der daraus entstandene Kriterienkatalog beinhaltet 51 positiv formulierte physische und psychische Fähigkeiten unter anderem mit Kriterien der Körperhaltung/Beweglichkeit, Aktionskräften und Lastenhandhabungen jeweils in Abhängigkeit von Intensität und Dauer der Tätigkeit.

Im industriellen Umfeld wird bei der Betrachtung von Leistungseinschränkungen intensiv mit Mitarbeiterprofilen und Arbeitsplatzanforderungsprofilen gearbeitet (Tillig, 2013). Im ema können gemäß dieser Industrieprozesse nun Mitarbeiterprofile importiert oder manuell in neu geschaffene Benutzeroberflächen eingegeben werden sowie Arbeitsplatzanforderungsprofile ausgegeben werden (Abbildung 3).

Mitarbeiter-Fähigkeitsprofil							
Werk			Analyst				
Personal-Nr./Kennung			Datum				
Kategorie	Fähigkeit	Zeitanteil pro Tag/Arbeitstag (h)					
		nie	gelegentlich bis 10%	häufig 10-50%	überwiegend 50-90%	ständig 90-100%	
Grundkörperhaltung	Stehen/Gehen im Vorwärt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Stehen (Bewegungsraum < 2m ²)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Stauraum/Arbeiten im Stauraum	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Wartende Körperhaltung (Stehen/Gehen/Sitzen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Körperhaltung/Beweglichkeit	Bewegung Kopf/HWS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Arbeiten über Kopf	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Arbeiten über Schulterniveau	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Arme in Vorhalte/körperferne Anhaltung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Beweglichkeit Ellenbogen/Handgelenk	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Rumpf	Beugen 20° - 60°	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
		Bücken > 60°	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
		Seitliche Neigung/Verdrehung > 10°	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Untere Extremitäten	Knieen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
		Hocken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
		Steigen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Liegen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Abbildung 3: Ausschnitt aus Kriterienkatalog und Benutzeroberfläche zur Eingabe Mitarbeiterprofil

4. Workflow zur fähigkeitsgerechten Arbeitsgestaltung

Mit der Integration von Altersfaktoren ist der erste Schritt zur Unterstützung einer fähigkeitsgerechten digitalen Arbeitsgestaltung erfolgt. Insbesondere in der prospektiven Planung von neuen Arbeitsprozessen sind neue Workflows und Auswertemöglichkeiten in ema erforderlich. Abbildung 4 zeigt den zweistufigen Workflow im „EVA-

Schema“ mit den neu integrierten Funktionalitäten. Im ersten Schritt werden die Arbeitsplätze nach Standardvorgaben an Arbeitsprozess und Mitarbeiterpopulation (Norm-Mensch) gestaltet. Die Simulation erzeugt eine Ergonomiebewertung u.a. auf Grundlage des EAWS sowie eine Zeitbewertung nach MTM-UAS. Neu ist die Anzeige des Arbeitsplatzanforderungsprofils auf Basis des Kriterienkatalogs von Mitarbeiterfähigkeiten bzw. speziellen Einschränkungen.

Im zweiten Schritt kann anschließend eine bestimmte Mitarbeiterpopulation oder Altersklasse analysiert werden. Hierzu ist das Menschmodell über einen neu geschaffenen Konfigurator zu definieren (z.B. Altersklasse und/oder spezielle Einschränkungen). Auf Basis der Eingaben wird die Simulation automatisch ausgeführt oder aufgrund von Einschränkungen in der Tätigkeitsausführung der Mitarbeiterpopulation abgebrochen oder alternativ durchgeführt (z.B. zur Vermeidung einer Rumpfbeugung wird ein anderer Laufweg benutzt). Die Änderungen in der Menschmodell-Konfiguration und ggf. in der angepassten Simulation können in der Ausgabe zu Abweichungen in der zeitlichen und ergonomischen Bewertung führen.

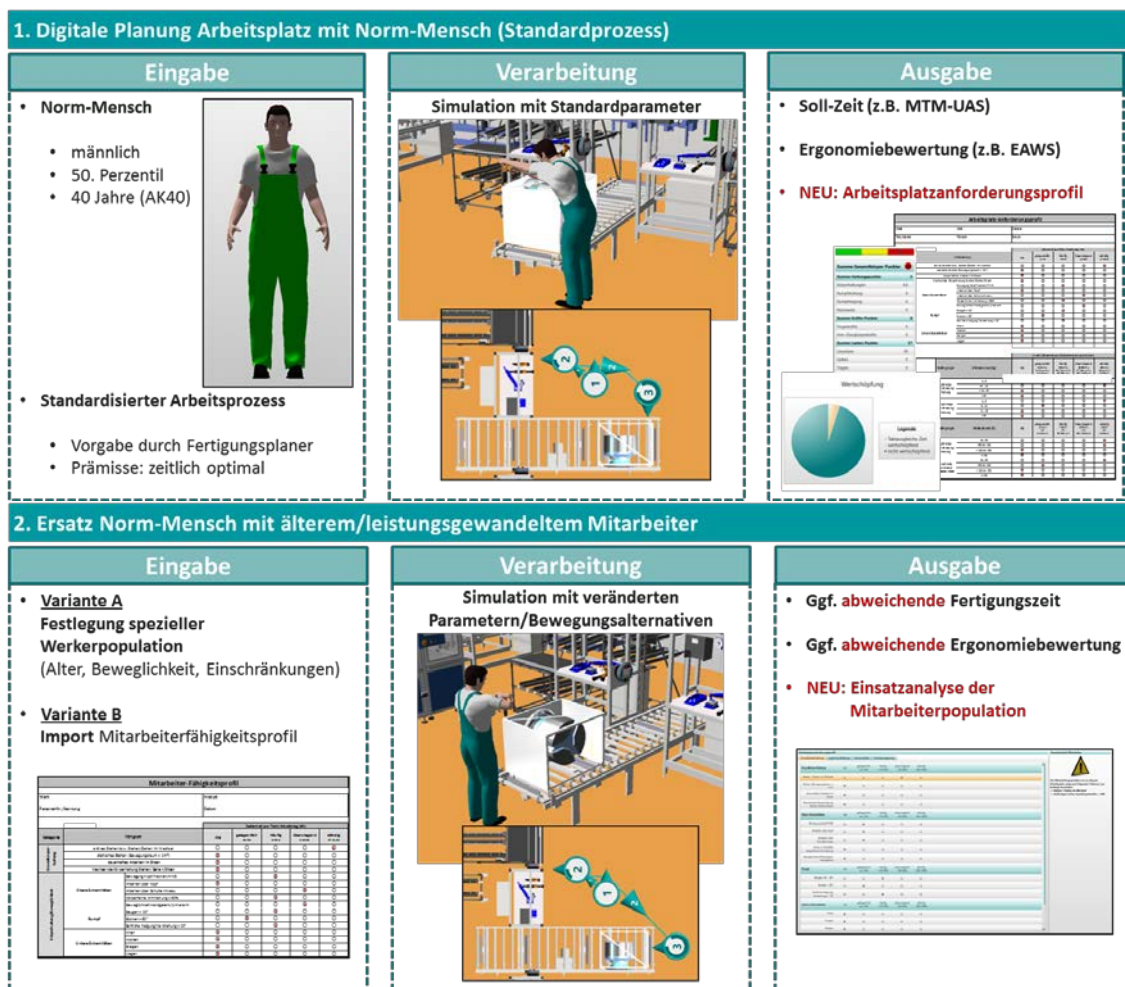


Abbildung 4: Workflow zur digitalen Planung fähigkeitgerechter Arbeitsprozesse

Auf Basis des eingegebenen/importierten Mitarbeiterprofils und dem automatisch generierten Arbeitsplatzanforderungsprofils wird nun zusätzlich eine Einsatzanalyse der Mitarbeiterpopulation ausgegeben, zur Unterstützung des Anwenders bei der fähigkeitgerechten Arbeitsgestaltung (vgl. Abbildung 5, oberer Teil).

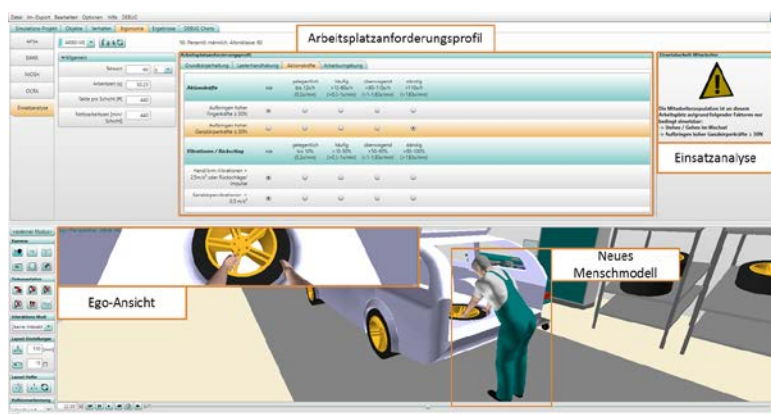


Abbildung 5: Neue Funktionalitäten ema im Überblick

5. Diskussion

Die Erkenntnisse aus den Dokumentanalysen und Literaturrecherchen im Rahmen des Forschungsprojektes wurden prototypenhaft in ema umgesetzt. Neben weiteren Anpassungen und Testing ist auch die Anwendung und Usability der neuen Funktionen zu evaluieren. Hierzu sind Anwenderworkshops mit Kunden u.a. aus der Automobilindustrie geplant. Das erste Release mit den neuen Softwarefunktionalitäten ist in der zweiten Jahreshälfte 2018 geplant. Weiterer Forschungsbedarf besteht insbesondere in allgemeinen Bewegungsmustern sowie in der Bewegungsvarianz in Abhängigkeit von Alter und Leistungseinschränkungen zum Beispiel zur Kompensation von nicht (mehr) ausführbaren Bewegungen.

6. Literaturverzeichnis

- Chaffin, DB (2008) Digital Human Modeling for Workspace Design. Reviews of Human Factors and Ergonomics, Volume 4: 41, 41-74.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2005) DIN33402-2: Ergonomie - Körpermaße des Menschen - Teil 2: Werte. Berlin: Beuth.
- Fritzsche L, Jendrusch R, Leidholdt W, Bauer S, Jäckel T, Pirger A (2011) Introducing ema (Editor for Manual Work Activities) - A New Tool for Enhancing Accuracy and Efficiency of Human Simulations in Digital Production Planning. In: Duffy V (Ed) Digital Human Modeling, HCII 2011, LNCS 6777. Berlin: Springer, 272-281.
- Griffiths A (1997) Ageing, health and productivity: A challenge for the new millennium. Work & Stress. Vol. 11, No. 3: 197-214.
- Kapandji AI, Rehart S (2016) Funktionelle Anatomie der Gelenke: schematisierte und kommentierte Zeichnungen zur menschlichen Biomechanik. Stuttgart, New York: Georg Thieme.
- Mozdzanowski M, Glatz A (2013) Das Profilvergleichssystem IMBA als Instrument im betrieblichen Eingliederungsmanagement. Bewegungstherapie & Gesundheitssport 29(2): 55-61.
- Mühlstedt, J (2012) Entwicklung eines Modells dynamisch-muskulärer Arbeitsbeanspruchungen auf Basis digitaler Menschmodelle. Münster: Monsenstein und Vannerdat. S. 41-43
- Schaub K, Caragnano G, Britzke B, Bruder R (2013) The European assembly worksheet In: Theoretical Issues in Ergonomics Science 14/6: 616-639.
- Tillig, W (2013) Das Betriebliche Eingliederungsmanagement in der betrieblichen Praxis – das Profilvergleichsverfahren PVV In AOK-Bundesverband (Hrsg) iga-Report 24. Berlin. S. 48-51.
- Ullmann S, Fritzsche L (2017) Arbeitsgestaltung für leistungsgewandelte Mitarbeiter mit digitalen Planungstools In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels - kreativ, innovativ, sinnhaft. Dortmund: GfA-Press.
- Wakula J, Berg K, Schaub KH, Bruder R, Glitsch U, Ellegast R (2009) Der Montagespezifische Kraftatlas In: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (Hrsg) BGIA-Report 3/2009.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(F)T
Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung

64. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FOM Hochschule für
Oekonomie & Management gGmbH

21. – 23. Februar 2018

GfA Press

Bericht zum 64. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 21. – 23. Februar 2018

FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2018

ISBN 978-3-936804-24-9

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.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

USB-Print:

Prof. Dr. Thomas Heupel, FOM Prorektor Forschung, thomas.heupel@fom.de

Screen design und Umsetzung

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de