

Auswirkungen der Nutzung von Exoskeletten auf die zeitliche Bewertung manueller Arbeitsabläufe mit dem MTM-Prozessbausteinsystem

Ralph HENSEL¹, Mathias KEIL¹, Bastian SIELAFF²,
Norman HOFMANN², Tobias A. MAYER³, Christian MAIWALD³

¹ AUDI AG, *Industrial Engineering Tools/ Standardization, 85045 Ingolstadt*

² *Institut für Mechatronik*

Reichenhainer Straße 88, 09126 Chemnitz

³ *Technische Universität Chemnitz,*

*Professur für Forschungsmethoden und Analyseverfahren in der Biomechanik
Thüringer Weg 11, 09126 Chemnitz*

Kurzfassung: Um die Arbeitsbelastungen der Mitarbeiter in Fertigung und Logistik zu reduzieren, versuchen Industrieunternehmen vermehrt das Potenzial von Exoskeletten als ergonomische Assistenzsysteme zu erschließen. Für den Betriebspraktiker im Industrial Engineering stellt sich die Frage nach der zeitlichen Bewertung von Arbeitsprozessen beim Einsatz von Exoskeletten etwa mit dem MTM-Prozessbausteinsystem, um die prozesssichere Nutzung innerhalb der Taktzeit sicherzustellen. Am Beispiel eines passiven Exoskelettes zur Unterstützung der oberen Extremitäten wurden dessen Auswirkungen auf die Ausführungsdauer von Arbeitsbewegungen untersucht. Hierfür wurden repräsentative Tätigkeiten industrieller Arbeitsplätze in einem Laborszenario aufgebaut und das Bewegungsverhalten entsprechend der MTM-Einflussgrößen hinsichtlich Präzision, Kontrollaufwand und Ausführungsgeschwindigkeit mittels Motion-Capturing analysiert.

Schlüsselwörter: Ergonomie, Exoskelette, MTM-Prozessbausteinsystem

1. Einleitung

Mit der Implementierung von Exoskeletten als ergonomische Assistenzsysteme erhoffen sich Industrieunternehmen die Arbeitsbelastungen der Mitarbeiter in spezifischen, stark belasteten Körperregionen zu reduzieren oder auch Mitarbeiter mit Leistungseinschränkungen gezielt zu unterstützen. Dem evidenzbasierten Einsatz von Exoskeletten in der industriellen Praxis steht aktuell eine Vielzahl offener Fragestellungen entgegen. Trotz der Vielzahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen, die in Labor- und Feldstudien die Wirkung industrieller Exoskelette untersuchen, fehlen noch immer belastbare Erkenntnisse zur biomechanischen Wirksamkeit der Systeme, zu Nebenwirkungen aufgrund von Lastumverteilung und daraus möglicherweise resultierenden negativen Langfristfolgen (Steinhilber et al. 2018).

Doch auch die spezifischen Rahmenbedingungen für den Einsatz von Exoskeletten sowie die Anforderungen der betrieblichen Praxis sind bislang nur unzureichend geklärt. Für den Betriebspraktiker im Industrial Engineering stellt sich vor allem auch die Frage nach der zeitlichen Bewertung von Arbeitsprozessen beim Einsatz von Exoskeletten. Dies ist sowohl für die Durchführung von Feldstudien als auch für deren Implementierung als ergonomisches Hilfsmittel von Bedeutung, um die prozesssichere Nutzung innerhalb der Taktzeit sicherzustellen.

Studienergebnisse lassen eher einen negativen Einfluss von Exoskeletten auf die Ausführungsdauer von Arbeitsbewegungen vermuten (Hensel et al. 2018; Kim et al. 2018). Dies lässt sich mit deren Einfluss auf das menschliche Bewegungsverhalten begründen, da Exoskelette als körpergetragene Assistenzsysteme mechanisch auf den Körper einwirken, um aktiv mittels Aktorik oder passiv mithilfe von Federstrukturen einen Teil der Belastung aufzunehmen und umzuleiten. Kim et al. (2018) konnten beispielsweise nachweisen, dass die Nutzer für das Absenken der Arme aus elevierter Haltung aktiv gegen die Unterstützungskraft des Überkopf-Exoskelettes EksoVest arbeiten mussten, um den Federmechanismus für die Belastungsunterstützung vorzuspannen. Maurice et al. (2019) haben mittels Motion-Capturing einen Einfluss des Überkopf-Exoskelettes Ottobock Paexo Shoulder auf das Bewegungsmuster des Hand-Arm-Systems nachgewiesen, ohne jedoch detailliert den Effekt auf die Ausführungsdauer der Armbewegungen zu untersuchen.

Diese Forschungslücke soll der vorliegende Beitrag ansatzweise schließen, indem mit dem Ziel der Hypothesenbildung zunächst mögliche bewegungsinduzierte Effekte diskutiert werden, die bei der Nutzung von Exoskeletten je nach unterstützter Körperregion auftreten können. Anschließend werden die Ergebnisse einer Motion-Capturing-Analyse vorgestellt, in der diese Effekte anhand eines Exoskelettes zur Unterstützung der oberen Extremitäten bei Überkopftätigkeiten untersucht wurden.

2. Methodik

2.1 Bewegungsinduzierte Effekte auf die Ausführungsdauer von Arbeitsbewegungen

Für die zeitliche Planung von Arbeitsprozessen bedient sich das Industrial Engineering vor allem in der Automobilindustrie der Verfahren des MTM-Prozessbausteinsystems (z.B. MTM-1, MTM-UAS). Ein MTM-Prozessbaustein ist stets inhaltlich und zeitlich beschrieben; er verfügt in Abhängigkeit von der Ausprägung bestimmter Zeiteinflussgrößen über einen standardisierten Normzeitwert. Prozessbausteine des in der Automobilindustrie eingesetzten Universellen Analysiersystems (MTM-UAS) sind etwa das „Aufnehmen und Platzieren“ für das Hinlangen, Greifen, Bewegen, Fügen und Loslassen von Objekten oder das „Hilfsmittel handhaben“. Wichtige Zeiteinflussgrößen sind *Bewegungslänge* in Abhängigkeit von der Bewegungsbahn, *Kontrollaufwand*, das heißt die zur Bewegungsausführung notwendige muskuläre Koordination etwa aufgrund von Präzisionsanforderungen sowie *Kraftaufwand* (Bokranz & Landau 2012).

Den Untersuchungen von Maurice et al. (2019) zufolge können zum Beispiel Überkopf-Exoskelette das Hand-Arm-System auf veränderte Trajektorien zwingen. Eine veränderte Bewegungsbahn kann eine größere Bewegungslänge und damit auch eine größere Ausführungsdauer bedingen. Überdies zeigen die Ergebnisse von Kim et al. (2018), dass der Kraftaufwand zur Überwindung des Widerstandes beim Spannen der Federstrukturen passiver Exoskelette eine Zeitverzögerung in der Bewegungsausführung mit sich bringt. Hierbei ist fraglich, ob sich diese mit den existierenden MTM-Prozessbausteinen abbilden lässt. Ferner lässt sich vermuten, dass die zur Bewegungssteuerung notwendige neuro-muskuläre Kontrolle steigt und damit ebenso eine zeitwirksame Verzögerung mit sich bringt, um insbesondere zum Ende der Bewegung die erforderliche Präzision trotz der einwirkenden die Kraft des Exoskeletts zu erreichen. Tabelle 1 fasst mögliche bewegungsinduzierte Effekte auf die MTM-UAS-Prozessbausteine zusammen, die bei der Nutzung passiver Exoskelette je nach unterstützter Körperregion auftreten können.

Tabelle 1: *Bewegungsinduzierte Effekte passiver Exoskelette auf die MTM-Prozessbausteine*

durch Exoskelett unterstützte Körperregion	mutmaßlicher Effekt durch das Exoskelett	Bewegungsinduzierte Effekte auf MTM-UAS-Prozessbausteine	ursächlich betroffene MTM-UAS-Prozessbausteine
Finger (z.B. Daumenorthese)	Sensitivitätseinschränkung	Kontrollaufwand (Tastsinn) beim Greifen, Nachgreifen, Fügen	- Aufnehmen und Platzieren (A.) - Platzieren (P.)
	Bewegungseinschränkung (z.B. Opposition, Reposition)	Bewegungslänge bei Fingerbewegungen, Kraftaufwand (Verzögerung)	- Betätigen (B.); Bewegungszyklen (Z.)
Hand bzw. Handgelenk (z.B. Handgelenksorthese)	Bewegungseinschränkung (z.B. Flexion/ Extension, Pronation/Supination, Ulnarabduktion)	Bewegungslänge bei Handbewegungen, Kraftaufwand (Verzögerung)	- Aufnehmen und Platzieren (A.) - Platzieren (P.) - Betätigen (B.); Bewegungszyklen (Z.)
Hand-Arm-System (z.B. Überkopf-Exoskelett)	Gegenkraft bei Adduktion und Retroversion des Armes	Kraftaufwand (Verzögerung bei Bewegungskontrolle)	- Aufnehmen und Platzieren (A.) - Platzieren (P.) - Hilfsmittel handhaben (H.)
	Koordinationsaufwand zur Bewegungskontrolle durch Kraftunterstützung	Kontrollaufwand (muskuläre Kontrolle zum Ende der Bewegung, Präzision)	- Betätigen (B.); Bewegungszyklen (Z.)
	veränderte Trajektorien der Gliedmaßen	Bewegungslänge (veränderte Bewegungsbahn)	
Hals/Nacken (z.B. Nackenstütze)	Bewegungseinschränkung (z.B. Rotation der Halswirbelsäule)	Einschränkung und Verzögerung beim Blickverschieben (Kopfdrehung)	- Visuelle Kontrolle (VA)
unterer Rücken und Hüfte (z.B. Rückenunterstützung)	Bewegungseinschränkung (z.B. Rotation, Lateralflexion)	Einschränkung bei Körperhilfe und Körperdrehung	- Aufnehmen und Platzieren (A.) - Platzieren (P.) - Hilfsmittel handhaben (H.) - Gehen (KA)
	Gegenkraft Rumpfflexion (und Unterstützung der Rumpfextension)	Kraftaufwand bei Rumpfflexion (Verzögerung der Bewegung)	- Bücken, Beugen, Knien (KB) - Setzen/Aufrichten (KC)
	eingeschränkte Hüftflexion in Schwungphase beim Gehen	verkürzte Schrittlänge (höhere Schrittfrequenz)	- Gehen (KA)
Beine (inkl. Knie, Sprunggelenk) (z.B. Beinunterstützung)	Bewegungseinschränkung bei Knieflexion (z.B. beim Bücken) sowie in Schwungphase	Verzögerung beim Bücken verkürzte Schrittlänge (höhere Schrittfrequenz)	- Gehen (KA) - Bücken, Beugen, Knien (KB) - Betätigen (B.)
	Bewegungseinschränkung bei Hüftflexion (z.B. in terminaler Schwungphase)	verkürzte Schrittlänge (höhere Schrittfrequenz) Verzögerung bei Fußbetätigungen	- Gehen (KA) - Betätigen (B.)
	Bewegungseinschränkung Sprunggelenk (plantar und dorsal, z.B. bei Fersenauftritt und Abdruck beim Gehen)	Verzögerung bei Fußbetätigungen verkürzte Schrittlänge	- Betätigen (B.) - Gehen (KA)
	Behinderung bei Drehung um Körperachse	kleinerer Rotationswinkel bzw. größere Schrittlänge (Fußabstand)	- Gehen (KA)

2.2 Motion-Capturing-Studie mit einem Überkopf-Exoskelett

Am Beispiel des passiven Exoskelettes *Skelex 360* zur Unterstützung der oberen Extremitäten bei Überkopfarbeit wurde der Einfluss der postulierten bewegungsinduzierten Effekte auf die Ausführungsdauer von Arbeitsbewegungen untersucht. Ausgehend von den aus den vorgestellten wissenschaftlichen Studien abgeleiteten Effekten wurden folgende fünf Alternativhypothesen formuliert:

- 1.) Die Dauer der statischen Modellaufgabe „Kabel verlegen“ steigt aufgrund der Durchführung mit gegenüber der Durchführung ohne Exoskelett.
- 2.) Die Dauer der dynamischen Modellaufgabe „Stopfen setzen“ steigt aufgrund der Durchführung mit gegenüber der Durchführung ohne Exoskelett.
- 3.) Das Exoskelett beeinflusst die Bewegungsgenauigkeit (Präzision) bei der Ausführung der statischen Modellaufgabe „Verstreichen“.
- 4.) Das Exoskelett beeinflusst die Bewegungsgenauigkeit (Präzision) bei der Ausführung der dynamischen Modellaufgabe „Verschrauben“.
- 5.) Die zeitliche Varianz der Bewegung verändert sich aufgrund der Verwendung des Exoskeletts bei der dynamischen Modellaufgabe „Stopfen setzen“.

Zur Untersuchung der bewegungsinduzierten Effekte auf die MTM-Prozessbausteine wurden repräsentative Tätigkeiten industrieller Arbeitsplätze in einem Laborszenario modellhaft abgebildet. Dieses umfasst Arbeitsinhalte typischer Überkopftätigkeiten aus der Automobilindustrie, das heißt sowohl dynamische als auch statische Arbeitsaufgaben aus Lackiererei (Stopfensetzen, Nahtverstreichen) und Montage (Verschrauben CW-Unterboden, Verlegen Bremsleitung).

Die Digitalisierung der menschlichen Bewegungen erfolgte mit dem optischen Motion-Capture-System ART und dem biomechanischen Menschmodell *alaska/Dynamicus* (Hermsdorf et al. 2017) des Instituts für Mechatronik, wobei zur Rekonstruktion der Mensch-Umwelt-Interaktion neben den Probanden auch relevante Arbeitsobjekte und Werkzeuge getrackt wurden. Aus der Bewegungsrekonstruktion wurden folgende biomechanische Kenngrößen ermittelt und zur Hypothesenüberprüfung mit Methoden der deskriptiven, explorativen und inferenziellen Statistik ausgewertet: Gelenkwinkel, Bewegungsgeschwindigkeiten, Positionen im Raum.

An der Studie nahmen 20 männliche Probanden teil, mit einem Durchschnittsalter von 25,1 (SD=2,1) Jahren, einer Körpergröße von durchschnittlich 180,6 (SD=5,3) cm und einem Körpergewicht von durchschnittlich 77,9 (SD=10,6) kg.

3. Ergebnisse

Für das *Kabelverlegen* in sieben Kabelklemmen mit einzelnen Platzierbewegungen (MTM-UAS: PB2) benötigen die Probanden ohne Exoskelett durchschnittlich 13,9 (SD=2,78) s und mit Exoskelett 14,9 (SD=2,27) s. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant ($p=0,02$; $\alpha=0,05$), die Effektstärke von $d=0,39$ entspricht einem kleinen Effekt. Damit kann die Nullhypothese verworfen und die *Alternativhypothese 1* angenommen werden. Ursächlich begründen lässt sich dies mit einer niedrigeren Handgeschwindigkeit bei Verwendung des Exoskeletts ($\bar{v}=0,20$ m/s; SD=0,03) gegenüber der Ausführung ohne Exoskelett ($\bar{v}=0,22$ m/s; SD=0,04).

Für das dynamische *Stopfensetzen* (Platzieren zehn einzelner Stopfen; MTM-UAS: PB3) benötigen die Probanden ohne Exoskelett durchschnittlich 1,59 (SD=0,33) s und mit Exoskelett 1,79 (SD=0,41) s pro Stopfen. Dieser Unterschied hat einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Dauer der Arbeitstätigkeit ($p<0,01$; $\alpha=0,05$), die Effektstärke von $d=0,52$ entspricht einem mittleren Effekt. Damit kann die *Alternativhypothese 2* ebenfalls angenommen werden.

Bei der statischen Aufgabe des *Nahtverstreichens* (mit zwei Streichbewegungen; Bewegungszyklen ZB1) offenbart die Abweichung von Ist- und Soll-Linie, dass die Bewegungsgenauigkeit für kurze (5,9 cm) und mittlere (9,9 cm) Nahtlängen bei Ausführung ohne Exoskelett etwas höher ist, wogegen sie bei langen (19,9 cm) Nahtlängen mit Exoskelett höher ist (Tabelle 2). Der Signifikanztest weist für kurze ($p=0,14$;

$\alpha=0,05$) und mittlere Nahtlängen ($p=0,71$; $\alpha=0,05$) keinen signifikanten Unterschied zwischen den Versuchsbedingungen auf. Bei langen Nahtlängen gibt es bei $\alpha=0,05$ mit $p=0,02$ einen signifikanten Unterschied. Die Mittelwertdifferenz von 0,5 mm ist kleiner als $\pm 1,5$ mm (MTM-Genauigkeitsbereich für enges Platzieren entsprechend der Qualitätsvorgaben zum Korrosionsschutz bei Audi) und somit praktisch nicht relevant. Die *Alternativhypothese 3* kann daher nicht angenommen werden, vielmehr ist davon auszugehen, dass das Überkopf-Exoskelett bei statischen Tätigkeiten keinen Einfluss auf die Bewegungsgenauigkeit hat; die Nullhypothese wird beibehalten.

Tabelle 2: Abweichung Ist-/Soll-Linie beim „Nahtverstreichen“

Abweichung Ist-/Soll-Linie	kurze Naht (5,9 cm)		mittlere Naht (9,9 cm)		lange Naht (19,9 cm)	
	mit Exo	ohne Exo	mit Exo	ohne Exo	mit Exo	ohne Exo
MW	11,5	11,2	10,8	10,7	10,6	11,1
SD	1,0	1,0	1,0	1,2	1,3	1,1

Im Fokus der dynamischen Aufgabe des *Verschraubens* stand die Untersuchung der Bewegungsgenauigkeit beim Einfügen der Schrauberspitze in die Schraubköpfe von sechs (bereits ins Gewinde eingefädelt) Schrauben (mit einer MTM-UAS-Platzierbewegung PC1 im Genauigkeitsbereich $\pm 1,5$ mm). Unter Verwendung des Exoskeletts liegen im Durchschnitt 28,3 (SD=7,1) % der Messwerte im erforderlichen Genauigkeitsbereich von $\pm 1,5$ mm, ohne Exoskelett sind es 29,8 (SD=6,8) %. Das lässt vermuten, dass ohne Exoskelett eine höhere Bewegungsgenauigkeit erzielt wird, was der Signifikanztest ($p=0,24$; $\alpha=0,05$) indes nicht bestätigt. Die *Alternativhypothese 4* kann daher nicht angenommen werden, vielmehr ist davon auszugehen, dass das Überkopf-Exoskelett auch bei dynamischen Tätigkeiten keinen Einfluss auf die Bewegungsgenauigkeit hat; die Nullhypothese wird beibehalten.

Am Beispiel des *Stopfensetzens* wurde die Bewegungsvarianz für Arbeitsbewegungen ohne Zusatzgewicht untersucht. Als Parameter der Variation wurde die Standardabweichung der Dauer des Platziervorgangs (PB2) der einzelnen Stopfen berechnet. Im Mittel beträgt diese mit Exoskelett 0,22 (SD=0,10) s und ohne Exoskelett 0,16 (SD=0,06) s. Ein zweiseitiger t-Test belegt, dass die Exoskelett-Nutzung einen statistisch signifikanten Einfluss auf die zeitliche Variation der Bewegung hat ($p=0,02$; $\alpha=0,05$). Die Effektstärke von $d=0,70$ entspricht einem mittleren Effekt. Die *Alternativhypothese 5* kann daher angenommen werden, unter Verwendung des Überkopf-Exoskeletts ist die zeitliche Variation der Bewegung größer, als ohne Exoskelett.

4. Diskussion

Wissenschaftliche Studien untersuchen sowohl unter Laborbedingungen als auch im praktischen Einsatzfeld die Wirksamkeit von Exoskeletten, das heißt die Entlastungswirkung und eine etwaige Lastumverteilung. Praxisorientierte Interventionsstudien widmen sich vor allem der Nutzerakzeptanz und untersuchen die Tauglichkeit von Exoskeletten für spezifische Applikationen. Praxisrelevante Fragestellungen zur zeitlichen Bewertung von Arbeitsprozessen beim Exoskelett-Einsatz sind nur unzureichend erforscht. Der im vorliegenden Beitrag vorgestellte Ansatz soll diese Forschungslücke schließen. Das Untersuchungsdesign zeichnet sich durch ausgesprochenen Praxisbezug bei hochstandardisierten Versuchsbedingungen aus; die Stichprobe ist äußerst homogen, aber ausreichend groß, um statistisch relevante Daten zu generieren.

Den Studienergebnissen zufolge hat das untersuchte Exoskelett bei statischen und dynamischen Tätigkeiten einen signifikanten Einfluss auf die Dauer der Bewegungsausführung. Überdies hängt die zeitliche Varianz der Bewegung von den äußeren Bedingungen ab. Ein Unternehmen, das die Durchführung von Tests oder die Implementierung eines passiven Überkopf-Exoskeletts plant, sollte den zeitlichen Mehraufwand berücksichtigen. Dieser kann zu höherer Arbeitsbelastung aufgrund intensiver Leistungshergabe führen, um die Taktzeitvorgabe zu erreichen, oder einen quantitativen Verlust an Arbeitsleistung bedingen. In beiden Fällen kann dies zur negativen Wahrnehmung von Effizienz und Effektivität des Exoskeletts und zu dessen Ablehnung durch die Nutzer führen. Im Gegensatz dazu wurde bezüglich der Bewegungsgenauigkeit, für statische und dynamische Tätigkeiten kein praktisch relevanter Einfluss durch das Exoskelett ermittelt. Dies lässt sich damit begründen, dass der Arm in elevierter Position ist, während die präzisen Bewegungen maßgeblich aus Hand- und Ellenbogengelenk ausgeführt und nicht vom Exoskelett beeinflusst werden. Für Unternehmen bedeutet dies, dass Exoskelette an Produktionsarbeitsplätzen eingesetzt werden können, ohne dass ein Genauigkeitsverlust der Arbeitsleistung zu erwarten ist.

Detaillierte Analysen der erhobenen Daten können helfen, Ursachen für Unterschiede in der Bewegungsausführung mit und ohne Exoskelett besser zu erklären. Insbesondere könnten Differenzen der Gelenkwinkelstellungen der oberen Extremitäten während der Bewegungsausführung genauer betrachtet werden. Veränderungen können auf angepasste Bewegungsmuster hindeuten, deren Langfristfolgen unbekannt sind. Außerdem wären biomechanische Auswirkungen des Exoskeletts auf die Gelenke zu untersuchen. Inkongruente Bewegungsachsen von Exoskelett und unterstütztem Gelenk könnten dazu führen, dass Scherkräfte induziert werden, die langfristig eine Fehlbelastung und arthritische Veränderungen im Gelenk bedingen könnten.

5. Literatur

- Bokranz R, Landau K (2012) Handbuch Industrial Engineering: Produktivitätsmanagement mit MTM. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Hensel R, Keil M, Mücke B, Weiler S (2018) Chancen und Risiken für den Einsatz von Exoskeletten in der betrieblichen Praxis. ASU Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed, 53: 654-661.
- Hermsdorf H, Hofmann N, Keil A (2017) Bewertung digital erfasster Bewegungen mit Dynamicus. In: AC Bullinger-Hoffmann, J Mühlstedt (Hrsg.) Homo Sapiens Digitalis - Virtuelle Ergonomie und digitale Menschmodelle. Berlin: Springer Vieweg, 329-336.
- Kim S, Nussbaum MA, Esfahani MIM, Alemi MM, Alabdulkarim S, Rashedi E (2018) Assessing the influence of a passive, upper extremity exoskeletal vest for tasks requiring arm elevation: Part I – expected effects on discomfort, shoulder muscle activity, and work task performance. Appl Ergon, 70: 315-322.
- Maurice P, Ivaldi S, Babic J, Camernik J, Gorjan D, Schirrmeister B, Bornmann J, Tagliapietra L, Latella C, Pucci D, Fritzsche L. (2019) Objective and Subjective Effects of a Passive Exoskeleton on Overhead Work. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng 28(1):152-164.
- Steinhilber B, Seibt R, Luger T (2018) Einsatz von Exoskeletten im beruflichen Kontext - Wirkung und Nebenwirkung. ASU Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed, 53: 662-664.



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