Ein-/Ausstieg in einen PKW – Besteht Unterstützungsbedarf bei älteren Menschen?

Andreas MÜLLER[1], Ilka ZÖLLER[1], Henrik GÄRTNER[1], Daniel SCHLÖGEL[1], Gerrit DE GRAAG[2], Bettina ABENDROTH[1]

[1] Institut für Arbeitswissenschaft (IAD), TU Darmstadt
Otto-Berndt-Straße 2, D-64287 Darmstadt
[2] Hyundai Motor Europe Technical Center GmbH, Hyundai Platz, D-65428 Rüsselsheim.

Kurzfassung: Im Alter vermehrt auftretende körperliche Beschwerden und Bewegungseinschränkungen erschweren den Ein-/Ausstieg in den PKW. Das Ziel der vorgestellten Probandenstudie ist es, die mit dem Ein-/Ausstieg verbundene Beanspruchung zu analysieren und mithilfe einer optimal positionierten Einstiegshilfe zu minimieren. Hierzu wird zunächst die Ein-/Ausstiegsstrategie sowie die wirkende Beanspruchung ohne Einstiegshilfe näher analysiert. Anschließend wird die Einstiegshilfe in drei Positionen im Hinblick auf ihre beanspruchungsreduzierende Wirkung evaluiert.

Schlüsselwörter: Einstieg-/Ausstiegsverhalten, positionsoptimierter Haltegriff, Beanspruchungsmessung, Demographischer Wandel

1. Motivation

Der demographische Wandel zeigt sich auch bei der Nutzung von Fahrzeugen. Das durchschnittliche Alter von (Bei-)Fahrer erhöht sich. Bei Neuwagenkäufern liegt das Durchschnittsalter derzeit bei 53 Jahren (horizont.net 2015). Zugleich gehen Automobilhersteller den stetig steigenden Kundenansprüchen nach mehr Komfort, Sicherheit und Platzangebot nach, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Fahrzeuge werden breiter gestaltet; das 85. Perzentil der Fahrzeugbreite ohne Spiegel liegt bei 1,84m (Schuster et al. 2011). Besonders das Aussteigen in engen Parklücken (Mindestbreite: 2,3m, § 4 Abs. 1 GaStellV) gestaltet sich beschwerlich für ältere Menschen. In vielen Fahrzeugen findet man einen Haltegriff am Fahrzeughimmel, mit dem Hauptzweck, Seitenhalt für den Beifahrer zu bieten. Dieser ist jedoch relativ weit hinten am Fahrzeughimmel montiert und bietet somit keine optimale Kraftübertragung für den Ein-/Ausstieg.

Ziel dieses Beitrags ist es, zunächst die Ein-/Ausstiegsstrategie auf der Beifahrerseite sowie die dabei beanspruchten Muskelgruppen von älteren Menschen zu analysieren, um sich einen Überblick über den Bedarf nach einer Einstiegshilfe zu verschaffen. In einem weiteren Schritt wird die beanspruchungsoptimale Griffposition identifiziert.

2. Methodik

Die Versuchsreihe mit 28 Probanden (17m / 11w, $\bar{x}$ = 70,8 Jahre, σ = 4,3 Jahre) fand auf dem Testgelände der TU Darmstadt in Griesheim statt. Der Versuch

Licence: CC BY 4.0 / Creative Commons Attribution 4.0 International
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

gliederte sich in zwei Abschnitte. Zunächst stiegen die Probanden bei zwei unterschiedlichen Türöffnungswinkeln (Abbildung 1) in das Versuchsfahrzeug (Hyundai Hatchback) ein und aus. Bei dieser Baseline-Messung stand keine Einstiegshilfe zur Verfügung.

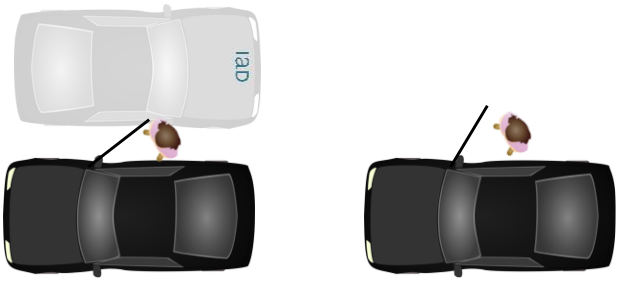

***Abbildung 1**: Versuchsaufbau: Türwinkel eng, Abstand zum zweiten Fahrzeug 510 mm (links), Türwinkel weit (rechts)*

Im zweiten Abschnitt wurde ein serienüblicher „A-Säulen"-Haltegriff aus dem Nutzfahrzeug-Bereich (Abbildung 2, links) an einer fest definierten Position am Dachhimmel montiert. Bei weitem Türöffnungswinkel wurden die Probanden gebeten, erneut in das Fahrzeug ein- und auszusteigen und dabei die Einstiegshilfe zu nutzen. Im Anschluss daran erhielten die Probanden die Gelegenheit, die Griffposition zweimal nach eigenem Wunsch frei zu positionieren und diese Neupositionierung wiederum durch Ein-/Ausstiegen zu bewerten. Tabelle 1 zeigt schematisch den Versuchsplan.

***Tabelle 1:** Versuchsreihenfolge mit und ohne Haltegriff sowie unterschiedlichen Türöffnungswinkeln*

Türöffnungs-winkel	Ohne Griff	Mit Haltegriff		
	Baseline	Position "fix"	Position "frei 1"	Position "frei 2"
eng	1)	-	-	-
weit	2)	3)	4)	5)

Um die jeweiligen Griffpositionen beschreiben und miteinander vergleichen zu können, wurde eine Positionierungsschiene mit Messskala am Dachhimmel angebracht. Diese Skala wurde in drei gleichgroße Sektoren unterteilt (Abbildung 2, rechts). Griffposition „fix" entspricht der am weitesten hinten angebrachten Position und liegt in Sektor 1. Die beiden frei einstellbaren Griffpositionen wurden anhand der Skala einem der drei Sektoren zugeordnet.

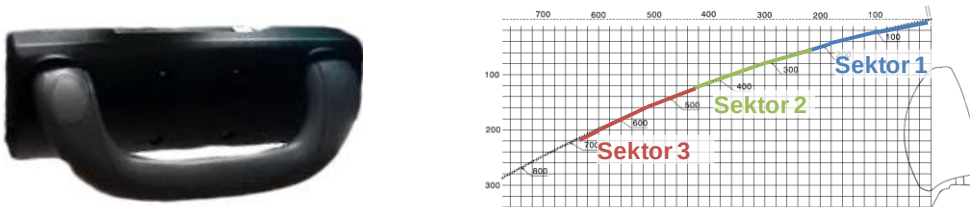

***Abbildung 2**: Verwendeter „A-Säulen-Haltegriff" (links); Einteilung der Positionierungsschiene zwischen A- und B-Säule in drei Sektoren (quer zur Fahrzeugfahrrichtung) (rechts)*

Für die ergonomische Analyse des Ein- und Ausstiegs wurden neben personenbezogenen Daten und anthropometrischen Maßen die Beweglichkeit der Probanden mit einem Bewegungstest sowie die körperlichen Beschwerden durch

einen Fragebogen erhoben. Zudem wurde das subjektive Empfinden der Probanden beim Ein-/Ausstieg mit einem Haltegriff in verschiedenen Positionen erhoben. Hierzu bekamen die Probanden auf einer 5-stufigen Skala verschiedene Items (u.a. „Dieser Haltegriff unterstützt beim Einstieg“) gestellt.

Zur Analyse der muskulären Beanspruchung beim Ein-/Ausstiegvorgang wurde die Aktivität des linken Armbeugers (Biceps brachii) und des rechten vierköpfigen Beinstreckers (Quadriceps femoris – vastus lateralis) bei unterschiedlichen Griffpositionen mittels EMG-Messungen untersucht. Damit eine Vergleichbarkeit der Muskelaktivitäten zwischen den Probanden gewährleistet war, wurden diese mittels der maximalen willkürlichen Kontraktion (MVC) normiert. Die MVC-Referenzmessung wurde über ein Zeitfenster von 500ms um die Maximalkraft gemittelt. Für die Dokumentation der Ein-/Ausstiegsstrategie während der Baseline-Erhebung sowie zur Synchronisation und Datenextraktion der kontinuierlich erhobenen EMG-Daten wurden drei hochauflösende Farbkameras in und um das Fahrzeug positioniert. Bei der geringen Personenanzahl wurde von statistischen Tests abgesehen.

3. Ergebnisse

Probandenkollektiv:

Das untersuchte Probandenkollektiv erwies sich als sehr fahraktiv, da über 90% der Teilnehmer bei der Befragung angaben, noch regelmäßig selbst zu fahren. Überraschenderweise nutzten nur ca. 10% den serienmäßig vorhandenen Haltegriff am Dachhimmel beim Einstieg (15% beim Ausstieg). Als Hauptbegründung für die Nichtnutzung wurde angegeben, dass kein Bedarf an einer entsprechenden Unterstützung besteht. Es zeigte sich, dass die Probanden im Schulter-Arm-Bereich über eine nahezu uneingeschränkte Beweglichkeit verfügten, während im unteren Wirbelsäule-Bereich immerhin 35% Bewegungseinschränkungen aufwiesen. Einige Probanden klagten über starke körperliche Beschwerden; insbesondere in den Bereichen unterer Rücken, Hüfte und Knie. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass die bisherige Positionierung des serienmäßig eingebauten Haltegriffs zur Unterstützung unterer Körperregionen beim Ein-/Ausstieg ungünstig ist. Dennoch scheint es Bedarf nach einer entsprechenden Einstiegs-/Ausstiegshilfe zu geben. Dies wird durch die Aussage bekräftigt, dass immerhin 21% der Probanden angeben, Hilfsmittel wie das Lenkrad oder den Türgriff bei ihrem eigenen Fahrzeug zu benutzen.

Ein-/Ausstiegsstrategie:

Im Rahmen der Baseline-Messungen wurde die Ein-/Ausstiegsstrategie der Probanden bei engem und weitem Türöffnungswinkel untersucht. Dabei stand kein Haltegriff zur Verfügung. Beim Einstieg unterschieden sich die Strategien zwischen beiden Öffnungswinkeln. Bei enger Parklücke stiegen Probanden zunächst mit dem Arm ein, bevor Beine und schließlich Hüfte folgten. Stand hingegen ausreichend Platz zur Verfügung, hoben die Probanden zunächst ihre Beine in das Fahrzeug, bevor Hüfte und Arme folgten. Beim Ausstieg unterschieden sich die Strategien zwischen beiden Öffnungswinkeln nicht. Die überwiegende Mehrheit der Probanden stieg zunächst mit dem Bein aus, bevor Arme und Hüfte folgten. Der Ausstieg wurde von den Probanden insgesamt als beanspruchender eingestuft. Erklären lässt sich dies durch die erste Bewegungsausführung der Probanden, bei dem sie ihr Bein über die Türschwelle hoben. Genau bei einer solchen Bewegung von Bein/Fuß in

Richtung Schulter weisen ältere Menschen Bewegungseinschränkungen auf. Dies deckt sich mit den Angaben zu Beschwerden im unteren Rücken, Hüfte und Knie. Ein hilfreicher Haltegriff muss demnach so positioniert sein, dass er die Probanden bei dieser Bewegungsausführung unterstützt und ihnen eine alternative Ausstiegsstrategie (Abfolge: Arm, Bein, Hüfte) ermöglicht, um das Anziehen des Beins/Fuß zu verhindern.

Optimale Griffposition – subjektives Empfinden:

Obere Ausführungen legen die Hypothese nahe, dass ein weiter vorne (Richtung Fahrzeugfront) positionierter Haltegriff in der A-Säule einem weiter hinten (Richtung B-Säule) positionierten Haltegriff gegenüber bevorzugt wird. Um diese Hypothese zu beantworten, bewerteten die Probanden den Ein-/Ausstieg mit einem Haltegriff, der in seiner Positionierung am Dachhimmel variiert wurde. Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse einzelner Items des Fragebogens als Boxplots, getrennt nach den drei Sektoren.

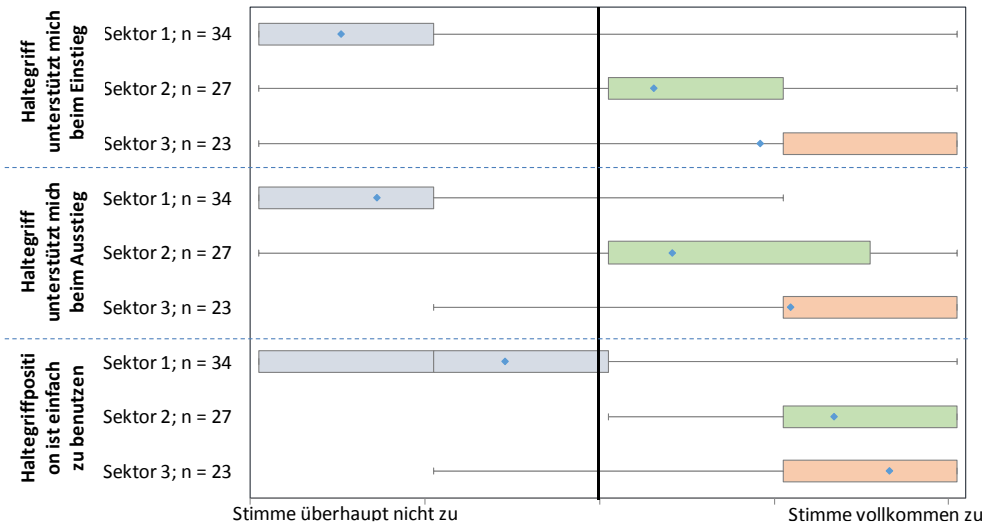

***Abbildung 3**: Boxplot-Darstellung des subjektiven Empfindens abhängig von der gewählten Griffposition*

Auf einen ersten Blick zeigt sich, dass bei allen drei hier ausgewerteten Fragen ein Haltegriff in hinterer Position (Sektor 1) deutlich schlechter abschneidet als eine weiter vorne positionierte Einstiegshilfe. Die von den Probanden empfundene Unterstützung beim Einstieg wird in Sektor 1 auf einer 5 stufigen Skala mit dem Skalenwert $\bar{x}$ = 1,5 (σ = 0,9) und somit als überhaupt nicht unterstützend eingestuft. Demgegenüber schneidet ein Haltegriff in Sektor 2 mit $\bar{x}$ = 3,3 (σ = 1,2) deutlich besser und ein Haltegriff in Sektor 3 mit $\bar{x}$ = 3,9 (σ = 1,2) am besten ab. Noch interessanter erweist sich das Ergebnis zur empfundenen Unterstützung beim Ausstieg. Auch hier zeigt sich eine deutliche Abstufung zwischen den Sektoren. Ein Haltegriff in Sektor 1 wird als nicht unterstützend empfunden ($\bar{x}$ = 1,7; σ = 1,0), während Haltegriffe in Sektor 2 ($\bar{x}$ = 3,4; σ = 1,3) und Sektor 3 ($\bar{x}$ = 4,0; σ = 0,8) als durchaus unterstützend eingestuft werden. Auch hier bestätigt sich demnach die aufgestellte Hypothese. Schließlich wurden die Probanden nach der Benutzerfreundlichkeit gefragt. Ein Haltegriff in Sektor 1 schneidet wiederum schlecht ab ($\bar{x}$ = 2,4; σ = 1,5), während Sektor 2 ($\bar{x}$ = 4,3; σ = 0,8) und Sektor 3 ($\bar{x}$ = 4,6; σ = 0,7) als leicht nutzbar beurteilt werden.

Fasst man die Ergebnisse der subjektiven Einstufungen zusammen, bestätigt sich die Hypothese, dass ein weiter vorne positionierter Haltegriff gegenüber einem weiter hinten positionierten Griff bevorzugt wird. In einem zweiten Schritt werden objektive Daten herangezogen, um zu prüfen, ob sich das subjektive Empfinden auch in der Muskelaktivität der Probanden widerspiegelt und ein weiter vorne positionierter Griff zu einer Reduktion der Muskelaktivität insbesondere im unteren Körperbereich führt.

Optimale Griffposition – EMG Daten:

Die deskriptive Untersuchung der mittleren relativen Muskelaktivität aller Probanden im linken Armbeuger (siehe Abbildung 4) zeigt, dass beim Ausstieg stets eine höhere Muskelaktivität auftritt als beim Einstieg. Bei der Baseline-Messung ohne Haltegriff zeigt sich zudem die insgesamt niedrigste Muskelaktivität im linken Armbeuger (Einstieg: $\bar{x}$ = 12,5; σ = 5,8; Ausstieg: $\bar{x}$ = 20,5; σ = 10,9). Bei Nutzung eines Haltegriffs zeigt sich, wie zu erwarten war, ein Anstieg der Muskelaktivität. Während beim Einstieg die Unterschiede zwischen den Faktoren eher gering ausfallen (Sektor 1: $\bar{x}$ = 26,8; σ = 14,43; Sektor 2: $\bar{x}$ = 24,2; σ = 9,8; Sektor 3: $\bar{x}$ = 21,9; σ = 13,5), zeichnet sich beim Ausstieg ein deutlicher Einfluss der Griffposition ab. Vor allem in Sektor 2 ($\bar{x}$ = 35,7; σ = 18,2) und Sektor 3 ($\bar{x}$ = 28,9; σ = 16,4) zeigt sich eine deutlich höhere Muskelaktivität als in Sektor 1 ($\bar{x}$ = 26,8; σ = 14,3).

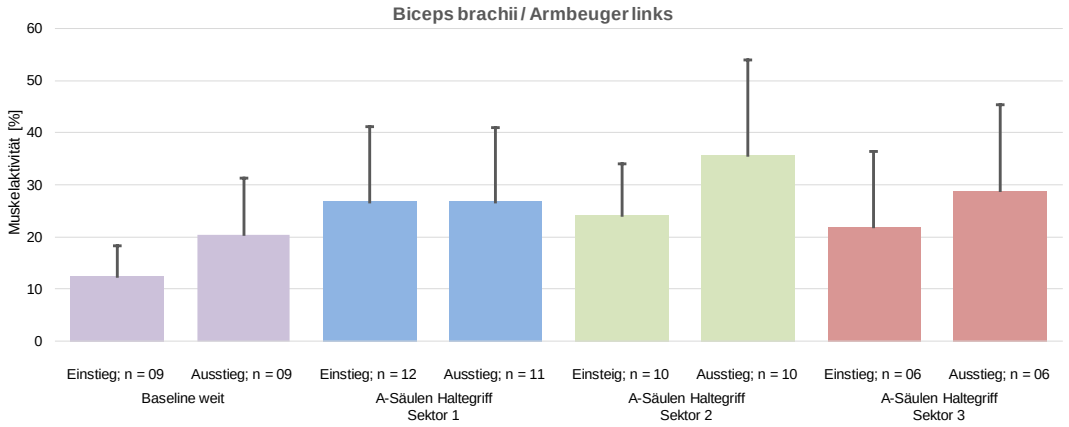

***Abbildung 4**: Grafische Darstellung der gemittelten Muskelaktivitäten mit Standardabweichung für den Muskel „Biceps brachii“*

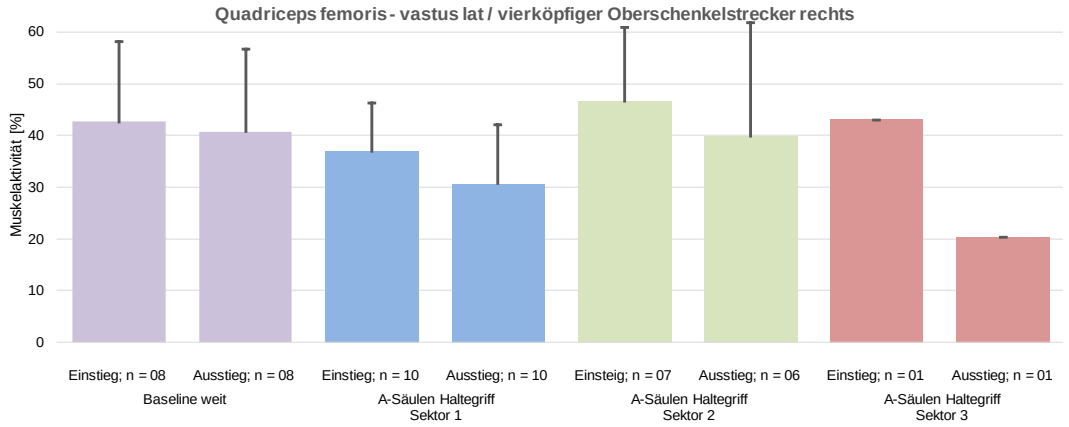

***Abbildung 5**: Grafische Darstellung der gemittelten Muskelaktivitäten mit Standardabweichung für den Muskel „Quadriceps femoris- vastus lat“*

Der Einstieg in das Fahrzeug führt im rechten Oberschenkelstrecker zu einer höheren Muskelaktivität als beim Ausstieg (siehe Abbildung 5). Bei der Baseline-

Messung ohne Haltegriff gestaltet sich der Unterschied zwischen Ein- und Ausstieg eher gering (Einstieg: $\bar{x} = 42{,}7$; $\sigma = 15{,}5$; Ausstieg: $\bar{x} = 40{,}8$; $\sigma = 15{,}9$). Wird ein Haltegriff verwendet, reduziert sich die Kraft im rechten Oberschenkel beim Ausstieg deutlicher gegenüber dem Einstieg. Dabei entlastet ein Haltegriff in Sektor 3 den Muskel sichtbar mehr als eine entsprechende Unterstützungshilfe in Sektor 1 (Sektor 1 Einstieg: $\bar{x} = 37{,}0$; $\sigma = 9{,}3$; Sektor 1 Ausstieg: $\bar{x} = 30{,}7$; $\sigma = 11{,}3$; Sektor 2 Einstieg: $\bar{x} = 46{,}6$; $\sigma = 14{,}3$; Sektor 2 Ausstieg: $\bar{x} = 39{,}8$; $\sigma = 22{,}0$; Sektor 3 Einstieg: $\bar{x} = 43{,}0$; Sektor 3 Ausstieg: $\bar{x} = 20{,}3$). Die Ergebnisse von Sektor 3 sind jedoch unter der Einschränkung zu betrachten, dass nur ein plausibler Datensatz ausgewertet werden konnte.

4. Diskussion

Die Ergebnisse aus den Fragebogenauswertung zeigen, dass der serienmäßig verbaute Dachgriff, trotz körperlicher Beschwerden und Bewegungseinschränkungen in den unteren Extremitäten, von den Probanden im eigenen Fahrzeug selten für Ein-/Ausstieg benutzt wird. Bei der Bewertung verschiedener Positionen des Haltegriffs zeigt sich ein eindeutiges Bild; die Probanden favorisieren einen deutlich weiter vorne positionierten Haltegriff (Sektor 3).

Betrachtet man die objektiven Messdaten der Muskelaktivität in Armbeuger und Oberschenkelstrecker, kann die subjektiv als optimal bewertete Positionierung in Sektor 3 nicht eindeutig als die beste identifiziert werden. Die Muskelaktivität im Armbeuger erwies sich bei den Probanden bei einer hinteren Griffposition (Sektor 1) geringer als weiter vorne (Sektor 2 & 3). Dieses Ergebnis ist nachvollziehbar und konsistent. Ein Anstieg der Aktivität kann hier in direkten Zusammenhang mit einer verbesserten Erreichbarkeit und der damit verbundenen höheren Benutzerfreundlichkeit des Haltegriffs gesetzt werden. Der Anstieg der Muskelaktivität im linken Armbeuger geht mit einer Reduktion der Muskelaktivität des rechten Oberschenkelstreckers einher, positioniert man den Haltegriff von Sektor 1 in Richtung Sektor 3. Hier muss allerdings kritisch angemerkt werden, dass sich die Aussagen nur auf einen Datensatz in Sektor 3 stützen und daher lediglich als Tendenz betrachtet werden können.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die bisherige Haltegriffposition in Sektor 1 keine Unterstützungshilfe für den Ein-/Ausstieg bietet. Eine Umpositionierung in Sektor 3 stößt auf Wohlgefallen der Probanden. Ob dadurch zudem eine Entlastung der meist im Alter beeinträchtigen unteren Körperregionen erzielt werden kann, muss in einer weiteren Studie verifiziert werden.

5. Literatur

horizont.net (2015) Durchschnittsalter von Neuwagenkäufern in Deutschland von 1995 bis zum Jahr 2015 (in Jahren). In: de.statista.com Das Statistik-Portal. Verfügbar unter https://de.statista.com/statistik/daten/studie/215576/umfrage/durchschnittsalter-von-neuwagenkaeufern/

Schuster A, Sattler J, Hoffmann S (2011) Bestimmen der aktuellen Abmessungen differenzierter Personen Bemessungsfahrzeuge, Zwickau: Institut für Verkehrssystemtechnik. Verfügbar unter https://www.fh-zwickau.de/fileadmin/ugroups/kt/iev/projekte/FoBemPkw.pdf

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt der Hyundai Motor Europe Technical Center GmbH für die konstruktive Zusammenarbeit

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