

Maximale isometrische Ganzkörperkräfte in extremen Körperhaltungen für das Kraftbewertungsverfahren

Jurij WAKULA, Knut BERG, Thomas DUCHARDT

*Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt
Otto-Berndt-Straße 2, D-64287 Darmstadt*

Kurzfassung: Maximale statische Aktionskräfte des ganzen Körpers wurden in der Laborstudie am IAD für die extremen Haltungen z.B. Knien auf beiden Knien im Bodenbereich, Drücken bzw. Ziehen im Stehen mit voll gestreckten Armen über Kopf, gemessen. Für die Kraftmessungen wurde das subjektiv / direkte Verfahren benutzt. Die Messungen der dreidimensionalen Ganzkörperkräfte erfolgten im für das Projekt „Montagespezifischer Kraftatlas“ entwickelten Kraftmessgestell mit Kraftmessgriffen. Es wurden maximale isometrische Ganzkörperkräfte für 13 Kraftfälle und 4 Referenzfälle aus dem "Montagespezifischer Kraftatlas" bei 14 freiwilligen jungen Probanden gemessen. Die Ergebnisse werden helfen die kraftbetonten Tätigkeiten in extremen Haltungen in der Praxis mit Hilfe des klassischen Kraftbewertungsverfahrens beurteilen zu können.

Schlüsselwörter: maximale isometrische Aktionsganzkörperkräfte, extreme Körperhaltungen

1. Einleitung

Im Rahmen des Projekts "Montagespezifischer Kraftatlas" (Wakula et al., 2009) wurden maximale isometrische Aktionskräfte des ganzen Körpers für neun realtypische Haltungen (beidhändige Kraftausübung im Stehen, im Sitzen und im Knien) in der Automobilindustrie ermittelt und in perzentilierter Form dargestellt. Gleichzeitig wurden in Laborstudien am IAD und IFA-Institut die maximalen Aktionskräfte des ganzen Körpers für ausgewählte asymmetrische Haltungen sowie für einhändige / beidhändige Kraftausübungen ermittelt. Diese Haltungen schließen die extremen Haltungen z.B. *Knien auf beiden Knien im Bodenbereich, Drücken bzw. Ziehen im Stehen mit voll gestreckten Armen über Kopf*, aus. Solche Haltungen kommen aber bei Tätigkeiten im Schiffs- und Flugzeugbau sowie im Handwerk häufig vor. Deshalb war die Zielsetzung dieser Studie maximale isometrische Ganzkörperkräfte für ausgewählte Kraftfälle mit asymmetrischen Haltungen zu messen und zu analysieren.

2. Methodik und Studiendesign

Für die Kraftmessungen wurde das subjektiv / direkte Verfahren in Anlehnung an Kroemer (1977) benutzt. Die Messungen der isometrischen dreidimensionalen Ganzkörperkräfte erfolgten mit am Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) entwickelten Kraftmessgriffen (Glitsch et al., 2008), die am vom IAD konstruierten Kraftmessgestell (Wakula et al., 2009) befestigt waren.

2.1 Analytierte Kraftfälle

Es wurden maximale isometrische Ganzkörperkräfte für 13 ausgewählte Kraftfälle für die extremen Haltungen (s. Abb. 1; Fälle 5 - 19) und Referenzfälle aus dem "Montagespezifischen Kraftatlas" (Fälle 1 bis 3) bei 14 freiwilligen jungen Probanden mit jeweils einer Wiederholung pro Proband gemessen.



Abbildung 1: Analytierte Kraftfälle

In der Abbildung 1 fehlt der Kraftfall 2 der hinsichtlich der Körperhaltung dem Fall 1 identisch ist bis auf die Krafrichtung (B-).

In einer Vorstudie wurde analysiert, in wie weit sich die gewählten Kraftfälle 5 bis 19 für die Studie nach den Kriterien - *Reproduzierbarkeit, Kippstabilität und Sicherheit* eignen. Dabei wurde folgendes festgestellt:

Die Kraftfälle 1 - 4 sind Referenzfälle. Sie dienen dazu, Unterschiede über die verschiedenen Probandenkollektive zu gewinnen.

Die Kraftfälle 5 - 7 werden unter Zuhilfenahme einer Leiter durchgeführt. Seitens der Reproduzierbarkeit gibt es keine Bedenken, wenn Leitern des gleichen Typs verwendet werden, um z. B. die gleiche Auftrittfläche des Fußes zu gewährleisten. Das Thema Sicherheit muss hier hervorgehoben werden. Das Stehen und Aufbringen von Kräften auf einer Leiter kann diese zum Verrutschen bringen. Im ungünstigsten Fall kann die Kippstabilität so negativ beeinflusst werden, dass diese nicht mehr gewährleistet ist. Der Erkenntnisgewinn bei der Durchführung der vorgenannten Kraftfälle ist generell als hoch zu bewerten, da Kraftfälle in dieser Form bisher noch nicht gemessen wurden.

Die Kraftfälle 8 und 9 sind bezüglich ihrer Reproduzierbarkeit als eher schwierig einzustufen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Kraftfall 8 seitens limitierender Parameter des Kraftmessgestells nicht gemessen werden konnte (max. Griffhöhe = 200 cm). Bei Kraftfall 9 wurde von einer beidhändigen Kraftausübung ausgegangen. Der Erkenntnisgewinn muss im Vergleich zu den Kraftfällen 5-7 als geringer eingestuft werden, da ähnliche Kraftfälle schon im montagespezifischen Kraftatlas (Wakula et al. 2009) betrachtet wurden.

Die Kräfte für Fälle 10 - 17 werden mit Hilfe eines Podests gemessen. Die Reproduzierbarkeit ist als nicht schwierig einzustufen, sofern kein Wegrutschen der Person auf dem Podest auftritt. Auch die Sicherheit kann als gut eingestuft werden, da die Kraftfälle in Bodennähe ausgeführt werden. Der Erkenntnisgewinn ist ebenfalls als hoch zu werten, da diese Kraftfälle in bisherigen Studien nicht betrachtet wurden .

Die Kraftfälle 18 und 19 sind bezüglich ihrer Reproduzierbarkeit und der Sicherheit als gut zu bewerten.

Auf Basis der oben genannten Analysen/Überlegungen wurden von den 19 Kraftfällen zwei Fälle - 6 und 8 für unsere Messungen ausgeschlossen.

2.2 Probanden

Das Probandenkollektiv bestand aus 14 männlichen Studenten bzw. Angestellten der TU-Darmstadt. Das Probandenkollektiv ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Daten des Probandenkollektivs

Kennwert	Arithm. Mittel	Standardabw.	Min.	Max.
Lebensalter (Jahre)	24,79	±3,12	19	28
Körpergröße (cm)	183,14	±5,92	174	193
Körpergewicht (kg)	82,93	±10,8	61	95

3. Ergebnisse

Die gewonnenen Ergebnisse sind in der Abbildung 2 nach unterschiedlichen Körperstellungen: Stehen, Knien, Hocken und Stehen auf der Leiter dargestellt. Es ist ersichtlich, wie sich die aufgebrauchten isometrischen Maximalkräfte je nach Kraftfall unterscheiden. Für die Darstellung wurde das arithmetische Mittel aller Maximalkräfte pro Kraftfall von allen Probanden errechnet und zusammen mit der Standardabweichung dargestellt. Höchste Kräfte für Kraftfälle 3 und 19 > 600 N- und geringste für Fälle 1 und 14. Die Standardabweichungen sind sehr hoch, besonders für Kraftfall 3 (Drücken beidhändig nach oben A+, Hände auf der Brusthöhe).

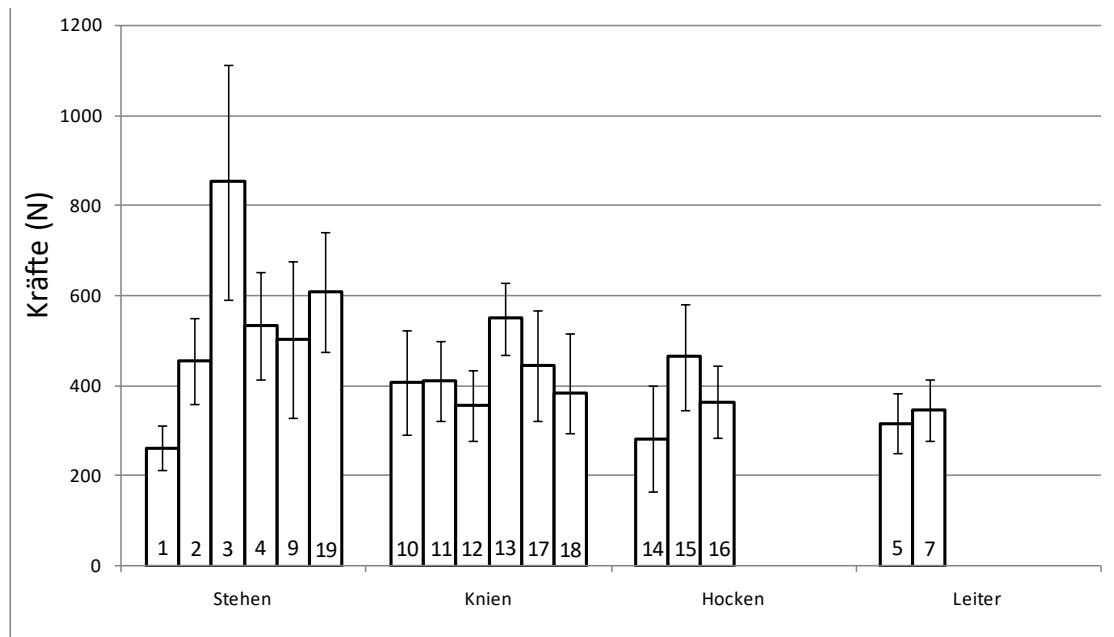


Abbildung 2: Maximalkräfte für analysierte 19 Kraftfälle

Bedingt durch die Freiheiten bei der Körperstellung fallen die Kräfte im Stehen und wenn die Kippstabilität kraftrichtungsabhängig groß ist, am höchsten aus, Im Gegensatz dazu gibt es auf der Leiter sehr geringe Bewegungsfreiheiten und nur sehr reduzierte Kippstabilität mit entsprechend niedrigen Kraftwerten.

4. Diskussion

Am IAD wurden bereits in der Vergangenheit Maximalkraftmessungen zu verschiedenen Themenbereichen, oft mit verschiedenen Projektpartnern, durchgeführt. Deshalb wurden in der Tabelle 2 die Ergebnisse dieser Studie mit anderen Studien verglichen.

Als Vergleichsstudien werden betrachtet:

- Der montagespezifische Kraftatlas (vgl. Wakula et al. 2009)
- Körperkräfte des Menschen (vgl. Rohmert et al. 1992)
- Untersuchung der Belastung von Flugbegleiterinnen und Flugbegleitern beim Schieben und Ziehen von Trolleys in Flugzeugen (vgl. Glitsch et al. 2004).

Tabelle 2: Äquivalente zu den Referenzmessungen

Montagespezifischer Kraftatlas			Körperkräfte des Menschen				Untersuchung zur Belastung.....		
Name	Wert (N)	Entspricht	Name	Wert (N)	Summe	Entspricht	Name	Wert (N)	Entspricht
Aufrecht stehend B+	325 ± 43	Kraftfall 1	500/1400/P/B+/HL	184 ± 69,7	379±77,05	Kraftfall 1	Arme drücken, Horizontal in Schulterhöhe stehend	223	Kraftfall 2
Aufrecht stehend B-	478 ± 67	Kraftfall 2	500/1400/P/B+/HR	195,4 ± 84,4					
Aufrecht stehend A+	495 ± 62	Kraftfall 3	500/1400/P/B-/HL	250,9 ± 79,3	517,2±86,5	Kraftfall 2			
Aufrecht stehend A-	484 ± 74	Kraftfall 4	500/1400/P/B-/HR	266,3 ± 93,7					

Zum Vergleich sind in Tabelle 3 die errechneten Maximalkraftwerte angeführt.

Tabelle 3: Berechnete Maximalkräfte der Referenzfälle dieser Studie

Maximalkraftwerte dieser Arbeit	
Kraftfall 1	262,25 ± 49,66
Kraftfall 2	455,75 ± 95,52
Kraftfall 3	852,50 ± 260,53
Kraftfall 4	534,67 ± 119,31

Ein Vergleich der Maximalkräfte zeigt, dass das Probandenkollektiv des montage-spezifischen Kraftatlas niedrigere Kräfte aufbrachte, als das Kollektiv der Studien „Körperkräfte des Menschen“ (Rohmert et al. 1992) und höhere Kräfte als die „Unter-suchung zur Belastung von Flugbegleiterinnen ...“ (Glitsch et al. 2004). Werden die statischen Maximalkräfte aus dem montagespezifischen Kraftatlas mit denen dieser Studie verglichen, zeigt sich, dass nur bezüglich Kraftfall 1 und 2 höhe-re Kräfte aufgebracht wurden. Für die Kraftfälle 3 und 4 wiederum erbrachte das Probandenkollektiv dieser Studie die höheren Kräfte.

Kritische Betrachtung der Ergebnisse

- Das Probandenkollektiv dieser Arbeit setzte sich aus männlichen Studenten ohne Praxiserfahrung zusammen.
- Die durchgeführte statistische Auswertung der Maximalkräfte wurde nach gängigen Methoden durchgeführt. Um jedoch gesicherte Aussagen abzulei-ten, wäre ebenfalls ein größeres Kollektiv nötig gewesen.

5. Literatur

- Glitsch, U., Ellegast, R., Schaub, Kh., Wakula, J. und K. Berg 2008: Biomechanische Analyse von Ganzkörperkräften in unterschiedlichen Körperhaltungen Dokumentation des 54. Kongresses der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. S. 429-432
- Glitsch, U., Ottersbach, H.J., Ellegast, R., Hermanns, I., Feldges, W., Schaub.,KH., Berg, K., Winter, G. Sawatzki, K., Voß, J., Göllner, R., Jäger, M., Franz, G. 2004: Untersuchung der Belastung von Flugbegleiterinnen und Flugbegleitern beim Schieben und Ziehen von Trolleys in Flugzeugen. BIA-Report 5/2004, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin ISBN 3-88383-670-2
- Rohmert W., Kh. Schaub, A. Rückert (1992) Körperkräfte des Menschen. Institut für Arbeitswissen-schaft der TU Darmstadt.
- Wakula, J, Schaub, Kh, Berg, K, Bruder, R, Glitsch, U, Ellegast, R (2011) Assessment approach for analysis of whole body action forces at assembly-specific workplaces in industry. Institut für Ar-beitswissenschaft, TU Darmstadt, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallver-

- sicherung (s.) In: 10th International Symposium on Human Factors in Organisational Design and Management, 4. - 6. April 2011, Grahamstown (South Africa).
- Wakula, J, Schaub, Kh, Berg, K, Bruder, R, Glitsch, U, Ellegast, R (2009): Der montagespezifische Kraftatlas. [Online-Edition: http://www.kraftatlas.de/files/kraftatlas/Der_montagespezifi...] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin ISBN 978-3-88383-788-8 ,
- Kroemer, KHE (1977) Die Messung der Muskelkräfte des Menschen. Fb. Nr.161, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung Dortmund



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten

65. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

GfA-Press

Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,
Technische Universität Dresden;
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2019
ISBN 978-3-936804-25-6

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 Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband 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

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de