

Handkräfte, Bodenreaktionskräfte und Zeitdauer beim Schieben einer Sackkarre – Ergebnisse einer laborexperimentellen Studie

Peter VON LÖWIS, Falk LIEBERS, Peter SCHAMS, Marion FREYER,
Marianne SCHUST

*Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin,
Nöldnerstraße 40–42, D-10317 Berlin*

Kurzfassung: Ziehen und Schieben von Lasten ist eine häufige Belastungsart, für die zur Gefährdungsbeurteilung die Leitmerkmalmethode „Ziehen und Schieben von Lasten“ (LMM-ZS) verwendet wird. Die Grundlagen der LMM-ZS sollen durch die vorliegende Laborstudie qualitativ gestützt bzw. erweitert werden. Dazu wurden experimentelle Untersuchungen mit männlichen Personen durchgeführt, die im Labor eine Sackkarre mit unterschiedlicher Beladung, bei variierter Neigung und über verschiedene Untergründe in einer definierten Anzahl von systematisch variierten Versuchsbedingungen schieben mussten. Dabei wurden physikalische und physiologische Parameter sowie das individuelle Belastungsempfinden erfasst. Die vorgestellten Ergebnisse beziehen sich auf die Handkräfte, Bodenreaktionskräfte und Dauer der Schiebevorgänge.

Schlüsselwörter: Schieben von Karren, Laborstudie, Neigung, Lastgewicht, Untergrund, individuelle Belastung

1. Hintergrund

Ziehen und Schieben von Lasten ist eine weitverbreitete Belastungsart, die mit einer Beanspruchung des Muskel-Skelett-Systems verbunden sein kann (BAuA 2018; Andersen et al. 2007). Für die Gefährdungsbeurteilung steht die Leitmerkmalmethode „Ziehen und Schieben von Lasten“ (LMM-ZS) (BAuA 2019) zur Verfügung. Eine Bewertung des Schiebens von Karren in der LMM-ZS basiert in erster Linie auf Experteneinschätzungen. Zuverlässige Aussagen zur individuellen Belastung (und Beanspruchung) aus qualitativ hochwertigen Laborstudien unter Verwendung einachsiger Flurförderzeuge wie Sackkarren fehlen. Hier soll die vorliegende Studie Daten liefern.

2. Zielsetzung

Ziel der Studie war es, die Quantifizierung der Unterschiede in der individuellen körperlichen Belastung beim Schieben von Sackkarren in einer Laborstudie unter Variation der zu bewegenden Last, der zu überwindenden Wegneigung sowie der Untergrundbeschaffenheit als Ausführungsbedingungen zu erstellen.

3. Methode

Insgesamt 16 gesunde männliche Teilnehmer (s. Tabelle 1) schoben an zwei Untersuchungstagen wiederholt eine Sackkarre über eine kurze Teststrecke (ca. 4,5 m, 6 Schritte). In 72 Versuchsbedingungen mit je zwei Durchgängen pro Bedingung für jeden Probanden wurden die Bodenbeläge (Linoleum, glatter und grober Stein, Splitt), die Wegneigungen (0° , 3° , 7° , 12°) und die Lastgewichte (60 kg (Leergewicht) bis max. 225 kg Gesamtlast in acht Abstufungen) abhängig von der Neigung systematisch variiert. Bestimmte Kombinationen von Ausführungsbedingungen wurden ausgeschlossen, weil sie vom Studienteam als nicht sicher ausführbar eingestuft wurden.

Die Dauer eines Durchgangs in Sekunden (s) wurde vom Ergreifen bis zum Absetzen der Karre definiert. Eine Messung der Handkräfte erfolgte kontinuierlich (Abtastrate: 50 Hz) dreidimensional mit Handkraftmesssystemen (Kistler), die beidseitig an der Karre befestigt waren. Die Bodenreaktionskräfte wurden kontinuierlich (Abtastrate: 200 Hz) über Kraftmessplatten (Kistler) gemessen, welche im Laufbereich des Probanden eingelassen waren. Hierbei wurde die Sackkarre auf separaten Schienen geführt, sodass der Rollvorgang von der Messung der Bodenreaktionskräfte entkoppelt war.

Als Outcome wurde jeweils der über einen Durchgang gemittelte Betrag des resultierenden Kraftvektors in Newton (N) betrachtet. Die statistische Auswertung erfolgte mittels robuster linearer hierarchischer Regressionsmodelle mit Messwertwiederholung (GEE, SPSS Prozedur GENLIN) für die drei variierten Bedingungen, adjustiert für Körpergröße, Körpergewicht und den Zeitpunkt der Messung am Tag. Ein positives Ethikvotum lag vor.

Tabelle 1: Übersicht Studienteilnehmer ($n = 16$ Studienteilnehmer)

Teilnehmer	Mittelwert (M)	Standardabweichung (SD)
Alter	24,2 Jahre	4,6 Jahre
Körpergewicht	74,9 kg	6,2 kg
Körpergröße	181,4 cm	4,3 cm

4. Ergebnisse

Die Handkräfte lagen gemittelt über den gesamten Schiebevorgang unter Referenzbedingungen (60 kg, 0° Neigung, glatter Untergrund) bei 37 N Mittelwert, mit einem Range von 32–41 N links bzw. 32 N als Mittel und Range 28–37 N rechts. Die aufzubringenden Handkräfte erhöhten sich linear über die Neigungskategorien bis um 24 N (R 20–28 N) links und 36 N (R 33–39 N) rechts bei 12° Neigung. In ähnlicher Weise erhöhten sich auch die notwendigen Handkräfte über die Lastkategorien bis zu 36 N (R 30–43 N) links und 47 N (R 39–55 N) rechts bei 225 kg Karrenlast. Das Inkrement der Handkräfte in Bezug auf die unterschiedlichen Untergründe lag dagegen maximal bei 2 bis 4 N beim Schieben auf Splitt.

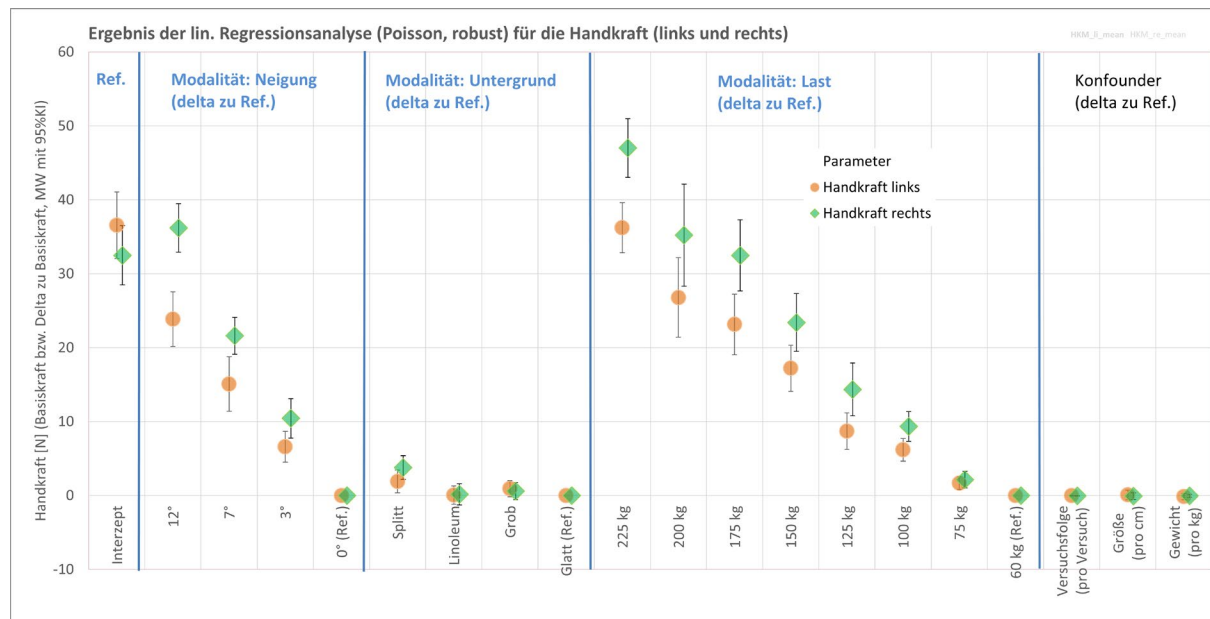


Abbildung 1: Ergebnis der Auswertung für die Handkräfte

Für die Bodenreaktionskräfte wurde unter Referenzbedingungen ein mittlerer Betrag des resultierenden Kraftvektors von 884 N (R 861–908 N) ermittelt. Normiert auf das individuelle Körpergewicht der Probanden entspricht dies einer Gewichtskraft von 104 N (R 81–128 N) (ca. 10,5 kg Masseäquivalent), die die Karre im Mittel beim Schieben angehoben wurde. Dieser Kraftbetrag reduzierte sich linear über alle Lastkategorien bis zu -140 N (R -157– -123 N). Bei einem Gesamtgewicht von über 200 kg mussten die Griffe der Karre im Schiebevorgang also eher zum Ausbalancieren nach unten gedrückt als angehoben werden. Im Vergleich dazu reduzierten sich die Bodenreaktionskräfte in der statistischen Auswertung bei unterschiedlichen Neigungen (max. bis -15 N (R -30–0 N) bei 12° Neigung) sowie bei unterschiedlichen Bodenbelägen (max. -7 N (R -9– -5 N) bei Schieben auf Splitt) nur geringfügig.

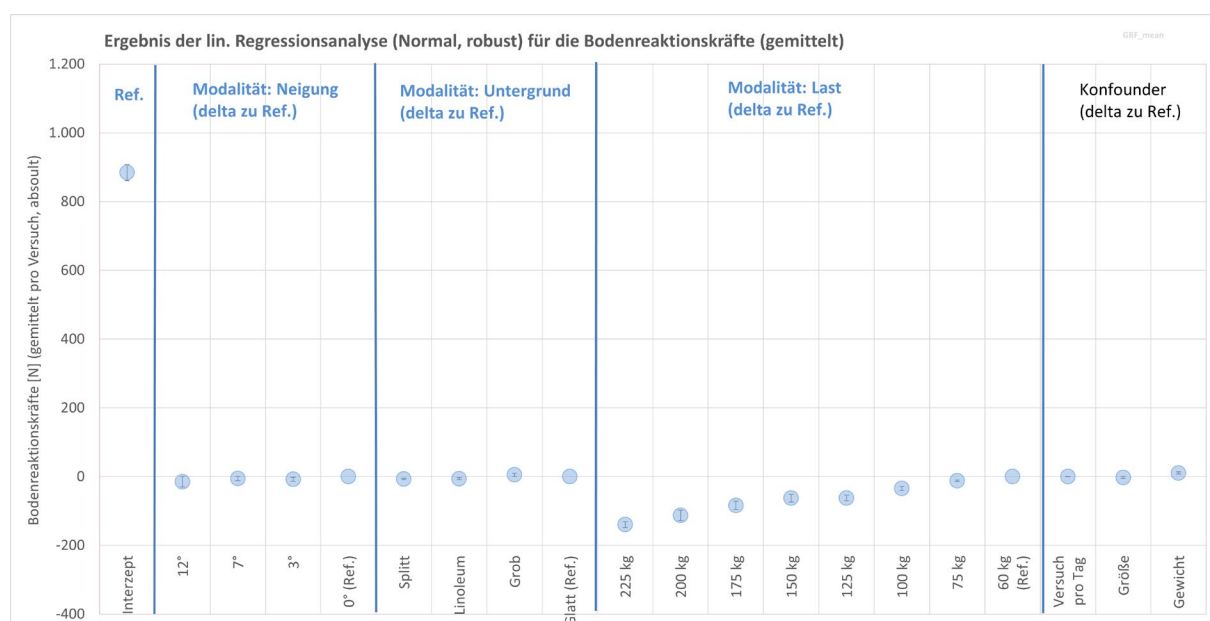


Abbildung 2: Bodenreaktionskräfte

Unter Referenzbedingungen beträgt die mittlere Dauer des Schiebevorgangs 6,2 s (R 5,8–6,6 s). Mit zunehmender Neigung verlängert sich der Schiebevorgang exponentiell um bis zu 2,3 s (R 1,7–2,9 s) bei 12° Neigung. Die Schiebedauer verlängerte sich linear über alle Gewichtskategorien um bis zu 2,6 s (R 2,2–3,0 s) bei 225 kg Karrengewicht. Die Veränderungen der Schiebedauer in Abhängigkeit vom Untergrund sind dagegen vernachlässigbar (maximal 0,3 s (R 0,2–0,4 s) auf Splitt).

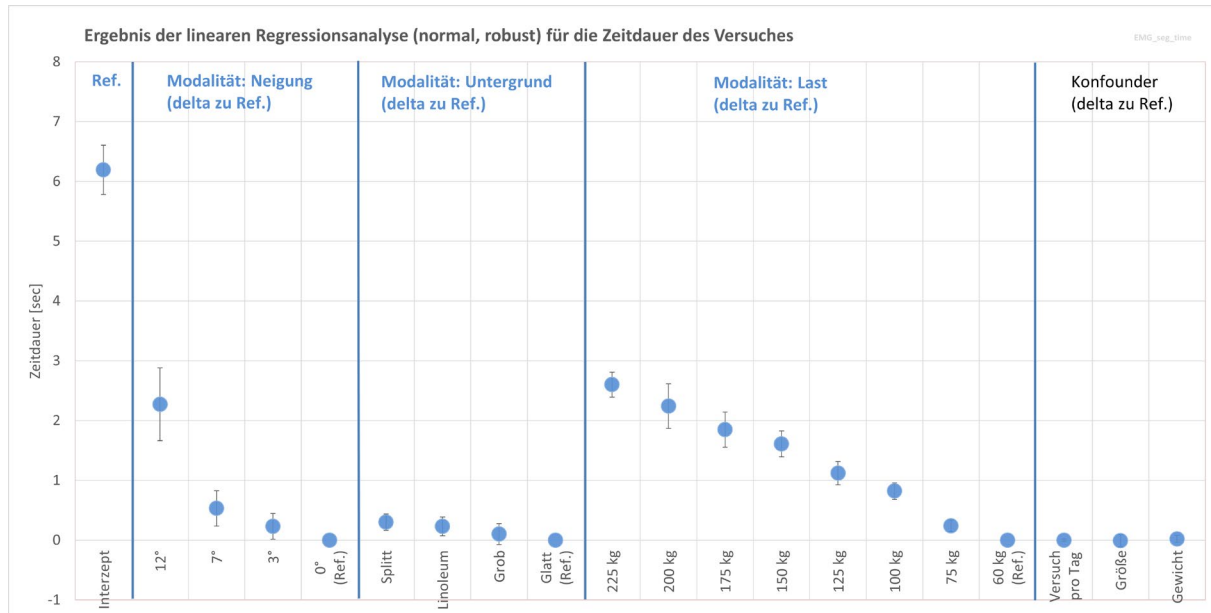


Abbildung 3: Dauer der Schiebevorgänge

5. Diskussion

Die Ergebnisse bestätigen und quantifizieren die deutliche Abhängigkeit der individuellen Belastung beim Schieben von Karren (Handkräfte, Bodenreaktionskräfte, Dauer des Schiebevorgangs) von den Last-, Neigungs- und Untergrundbedingungen. Insbesondere hohe Gesamtgewichte der Karre sowie große Neigungen erhöhen die individuelle Belastung. Der Einfluss der verwendeten Untergründe hat im Vergleich einen geringeren Einfluss auf die Belastung der schiebenden Personen. Lediglich auf Splitt sind leicht erhöhte Handkräfte sowie für Splitt und Linoleum eine geringfügig längere Schiebedauer erkennbar.

Die beschriebenen reduzierten Bodenreaktionskräfte sind in Abbildung 2 im Bereich Modalität Last durch ein negatives Inkrement in den einzelnen Laststufen veranschaulicht. Aufgrund der Betrachtung des gesamten Vorgangs als ein Segment (Abschnitt), wirkt sich die teilweise aufzubringende Kraft auf die Griffe der Karre beim Ankippen bzw. Abstellen im Mittel als verringerte Bodenreaktionskraft aus. Die geringen negativen Inkremente der Bodenkraft mit zunehmender Neigung der Strecke ergeben sich aus der statistischen Auswertung in Verbindung mit den ausführbaren Versuchsbedingungen.

Das unterschiedliche Niveau der Handkräfte rechts und links ist einerseits auf die jeweilige Schiebetechnik der Studienteilnehmer und auf den Versuchsablauf andererseits zurückzuführen. Die Versuchsteilnehmer mussten zu Beginn der Messung immer eine Hand an einem Handgriff halten (rechts oder links), um bei geneigter Strecke die

Karre zu stützen. Nach dem Startkommando musste die entsprechend freie Hand zuerst ihren Handgriff festhalten, bevor die stützende Hand umgreifen konnte. In Abbildung 1 ist rechts ein höheres Kraftniveau erkennbar.

Die vorliegende Auswertung der Hand- und Bodenreaktionskräfte bezieht sich auf Absolutbeträge der resultierenden Gesamtlast. Darin geht die Richtungsinformation im Raum (x/y/z-Richtung) verloren. Die Einschätzung der individuellen Belastung ist damit dennoch möglich. Für eine detaillierte Betrachtung der Richtung der wirkenden Belastung wäre für zukünftige Auswertungen ggf. eine Ergänzung der Richtungsinformation erforderlich.

Die Ergebnisse sind eine wesentliche Grundlage, um Anpassungen der Punktbewertungen der Leitmerkmale der LMM-ZS in Bezug auf das Schieben von Karren zu diskutieren. Die Studie leistet einen Beitrag zum besseren Verständnis der körperlichen Belastung beim Schieben von Karren. Ergebnisse der Studie zur Beanspruchung der Studienteilnehmer (Veränderungen der muskulären Aktivität, der Herzfrequenz, des subjektiven Beanspruchungsempfinden) werden an anderer Stelle berichtet und diskutiert.

6. Literatur

- Andersen JH, Haahr JP, Frost P (2007) Risk factors for more severe regional musculoskeletal symptoms: a two-year prospective study of a general working population. *Arthritis & Rheumatology* 56:1355-1364.
- BAuA, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2018) Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit – Berichtsjahr 2017, Bönen, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA).
- BAuA, Hrsg. (2019) Projekt Fb 2333, MEGAPHYS – Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen, Band 1. Dortmund: BAuA. (unter www.baua.de/leitmerkmalmethoden)



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeitswissenschaft in-the-loop

**Mensch-Technologie-Integration
und ihre Auswirkung auf Mensch,
Arbeit und Arbeitsgestaltung**

70. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Institut für Arbeitswissenschaft und
Technologiemanagement IAT
Universität Stuttgart

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für
Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

06. – 08. März 2024

GfA-Press

Bericht zum 70. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 06. – 08. März 2024

Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart

In Zusammenarbeit mit: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Sankt Augustin: GfA-Press, 2024

ISBN 978-3-936804-34-8

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Sankt Augustin, Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast**

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.

Geschäftsstelle der GfA

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003, Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de · www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de

Screen design und Umsetzung

© 2024 fröse multimedia, Frank Fröse,

office@internetkundenservice.de, www.internetkundenservice.de