

Studie des Labors Quimoto für Bewegungs- und Funktionsdiagnostik  
Autoren Phd. De Gianpiero Monte, Dipl. Sportwiss. Tanja Eßer, Dr. med. Marco Gassen

Beispiel einer Leiter mit 'roll-bar'-Traverse

# Vorteile ergonomischer Transporthilfen

Rückenschmerz und Erkrankungen der Wirbelsäule haben eine multifaktorielle Ätiologie. Sie sind weit verbreitet und kommen in allen Altersgruppen, sozialen Schichten und Berufsgruppen vor. Unter den arbeitsbedingten Einwirkungen, die Rückenschmerzen im Bereich der LWS wesentlich mit verursachen und verschlimmern können, sind fortgesetztes Heben oder Tragen schwerer Lasten oder häufiges Arbeiten in extremer Beugehaltung des Rumpfes wichtige Gefahrenquellen (Berufskrankheiten-Verordnung Merkblatt des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales 2006). Chronische Rückenschmerzen sind nach wie vor die Ursache Nummer eins für krankheitsbedingte Arbeitsausfälle. Diese Problematik ist ein Grund weshalb in Unternehmen Arbeitsschutzmaßnahmen, wie die Bereitstellung von ergonomischen Arbeitsmitteln, immer bedeutsamere Themen sind (Bongwald O. et al. 1995).

Das Heben und Tragen von Lasten wirkt sich vornehmlich auf die Wirbelsäule, vor allem dem Bereich der Lendenwirbelsäule, aus. Diese Belastung wird im Wesentlichen bestimmt durch Gewicht und Anzahl der zu hebenden oder zu tragenden Gegenstände und durch die dabei eingenommene Körperhaltung. Die Beschaffenheit der Last, ihre Griffbarkeit, Umgebungseinflüsse und die individuelle Eignung des Beschäftigten spielen ebenfalls eine wichtige Rolle (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2011).

Bereits auf dem Markt existieren z. B. Stufenstehleitern mit ergonomischer Griffzone sowie Sprossenleitern mit 'roll-bar'-Traverse zum Ziehen der Leitern die laut Hersteller den Kraftaufwand für den Transport von Leitern um fast die Hälfte reduzieren können. Schonen solche Transporthilfen wirklich unseren Rücken? Haben ergonomische Leitertransportsysteme tatsächlich eine rückenentlastende Funktion? Ziel unserer Fragestellung war das Aufdecken und Quantifizieren eventueller Vorteile einer dieser ergonomischen Hilfsmittel unter bio-mechanisch-medizinischer Sicht. Zur Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten sind Aussagen zur Leistungsfähigkeit der Muskulatur von besonderer Bedeutung, da Muskeln die krafterzeugenden Organe sind. Eine gut geeignete

Methode zur Erfassung von physiologischen Vorgängen der Muskulatur ist die Elektromyographie (EMG). Mit Hilfe dieser Methode können die Beanspruchung und die Ermüdung einzelner Muskelgruppen ermittelt werden (Bongwald O. et al. 1995).

---

## *Elektromyografische Untersuchung der Rücken-, Bauch- und Schultermuskulatur*

---

In der vorliegenden Studie wurde eine elektromyografische Untersuchung der Rücken-, Bauch- und Schultermuskulatur beim Tragen und Ziehen einer Leiter mit 'roll-bar'-Traverse durchgeführt. Untersucht wurden im Seitenvergleich der M. erector spinae pars thorakal et lumbar, M. rectus abdomini und der M. trapezius pars desc. eines gesunden männlichen Probanden im Alter von 30 Jahren (Abb. 1a. und b.).

Verglichen wurden zwei unterschiedliche Transporttechniken. Bedingung 1 umfasste das Tragen einer handelsüblichen Aluminium-Mehrzweckleiter (3 x 14, GÜNZBURGER STEIGTECHNIK). Für Bedingung 2 wurde eine ergonomische Ziehvorrichtung ('roll-bar'-Traverse der Firma GÜNZBURGER STEIGTECHNIK) an der Leiter befestigt. Die Leiter wurde mit rechter Handfassung vom Probanden gezogen. Pro Bedingung wurden 5 Messungen im Wechsel durchgeführt. Jede Messung umfasste eine Strecke von ca. 100 m, welche durch 4 quadratisch gelegene Teilstrecken von 25 m im Gegenuhrzeigersinn (Linkskurven) abgegangen wurde. Alle Versuche wurden per Videoaufnahme dokumentiert. Zur Normalisierung der EMG Daten führte der Proband im Anschluss maximale isometrische Kontraktionen in Flexion und Extension des Rumpfes bzw. Elevation der Schulter zur Bestimmung der MVC (maximum voluntary contraction) der Rücken-, Bauch- und Schultermuskulatur durch. Die EMG-Daten wurden in der Auswertung gleichgerichtet, geglättet (RMS 100 ms) und entgegen der entsprechenden MVC Messung normalisiert. Zur Auswertung der Daten wurden alle 5



Abb. 1a: Platzierung der Elektroden am Rücken



Abb. 1b: Platzierung der Elektroden an der Schulter

Versuche jeder Bedingung in einer zusammenfassenden Grafik dargestellt und die jeweilige Transportaufgabe in 3 Phasen eingeteilt. Die Phase „Aufnehmen“ beinhaltet das Aufheben der Leiter bis zur Durchführung des ersten Schrittes. Die Phase „Transport“ beinhaltet die Aktivität des Tragens bzw. Ziehens der Leiter und letztlich die Phase „Ablegen“, die das Ablegen der Leiter zum Boden bis zum ruhigen Stand bezeichnet. Zum Vergleich der Daten wurden Mittelwerte und Maximalwerte der EMG Signale herangezogen.

In einer zweiten Datenanalyse wurde die neuromuskuläre Beanspruchung der jeweiligen Transportaufgabe untersucht. Anhand der MVC Messungen (100 Prozent) wurden prozentuale Aktivitätsbereiche definiert (0–40 Prozent geringe Aktivität, 40–80 Prozent mittlere Aktivität, 80–100 Prozent hohe Aktivität) und die Dauer des Aktivitätsniveaus innerhalb dieser Bereiche analysiert.

## Ergebnisse

**Phasenanalyse:** Das „Aufnehmen“ der Leiter in Bedingung 1 (Tragen) zeigt deutlich asymmetrische Aktivierungen des M. erector spinae pars lumbar sowohl in den Mittelwerten der einzelnen Versuche als auch den Maximalwerten (Mittelwert Re= 156 Prozent Li= 39,5 Prozent; Maximum Re=301 Prozent Li=71,3 Prozent). Ebenfalls zeigt sich ein asymmetrisches Aktivierungsmuster des M. erector spinae pars thorakal in den Maximalwerten (Re=136 Prozent, Li= 93,6 Prozent). Im Vergleich zur Bedingung 2 zeigt sich in allen EMG Ableitungen ein deutlich höhere muskuläres Aktivierungsniveau. Die „Transport“-Phase zeigt in beiden Bedingungen eine leicht asymmetrische Aktivierung der lumbalen Rückenmuskulatur (Mittelwert: Tragen= Li 41,6 Prozent, Re 24,4 Prozent; Ziehen= Li 32,2 Prozent, Re 14,1 Prozent). Im thorakalen Bereich bestehen höhere Mittelwerte und Maximalwerte der muskulären Aktivität bei Bedin-

gung 1 (Tragen). Die Bauchmuskulatur zeigt in Bedingung 1 leichte, in Bedingung 2 deutliche Seitendifferenzen im Aktivierungsniveau (Mittelwert: Tragen= Li 79,2 Prozent, Re 33,8 Prozent; Ziehen= Li 121 Prozent, Re 30,8 Prozent). Im Bereich der Schultermuskulatur ist ebenfalls eine leichte Seitendifferenz vorhanden. Im Vergleich von Bedingung 1 und 2 zeigen sich höhere Maximalwerte der Muskelaktivierung beim Tragen der Leiter.

Die dritte Phase, das „Ablegen“ der Leiter, zeigt in allen untersuchten Muskelgruppen höhere Maximalwerte der Muskelaktivität bei Bedingung 1. Des Weiteren findet sich bei beiden Bedingungen leichte bis deutliche Seitendifferenzen in der mittleren Muskelaktivierung.

**Neuromuskuläre Beanspruchung:** Die neuromuskuläre Beanspruchung der untersuchten Muskeln wurde in einer Tabelle zusammengefasst. Der lumbale Anteil des M. erector spinae zeigt bei Bedingung 1 (Tragen) im Bereich des linksseitigen Rückenmuskels 76,9 Prozent im mittleren und 3,81 Prozent im hohen Aktivitätsbereich. Der rechtsseitige Rückenmuskel zeigt 3,81 Prozent im mittleren und 10,2 Prozent im hohen Aktivitätsbereich. Im Vergleich dazu ergibt die Analyse für Bedingung 2 (Ziehen) 97,7 Prozent im niedrigen und 2,27 Prozent im hohen Bereich. Die hohen Aktivitätsbereiche werden hier vor allem beim Aufnehmen und Ablegen der Leiter erreicht. Der rechtsseitige M. erector spinae pars lumbar zeigt bei Bedingung 2 ausschließlich Muskelaktivitäten im niedrigen Bereich. Im thorakalen Anteil des M. erector spinae zeigt sich für Bedingung 1 (Tragen) 6,14 Prozent Muskelaktivität im niedrigen, 88,1 Prozent im mittleren und 5,78 Prozent im hohen Bereich des linksseitigen Muskels. Der rechte Muskelanteil zeigt 8,48 Prozent im niedrigen, 77,8 Prozent im mittleren und 13,8 Prozent im hohen Aktivitätsbereich. Für Bedingung 2 (Ziehen) zeigt sich im Bereich des linksseitigen M. erector spinae pars thorakal 80,7 Prozent im niedrigen und 19,3 Prozent im mittleren Aktivitätsbereich und 100 Prozent Muskelaktivität im niedrigen Bereich des rechtsseitigen thorakalen Rückenmuskels. Die Bauchmuskulatur zeigt bei Bedingung 1 46,9 Prozent im mittleren und 53,1 Prozent im hohen Aktivitätsbereich links und



Abb. 2: Die Transportaufgabe in 3 Phasen eingeteilt. Die Phase „Aufnehmen“ (a) beinhaltet das Aufheben der Leiter bis zur Durchführung des ersten Schrittes. Die Phase „Transport“ (b) beinhaltet die Aktivität des Tragens bzw. Ziehens der Leiter und letztlich die Phase „Ablegen“ (c).

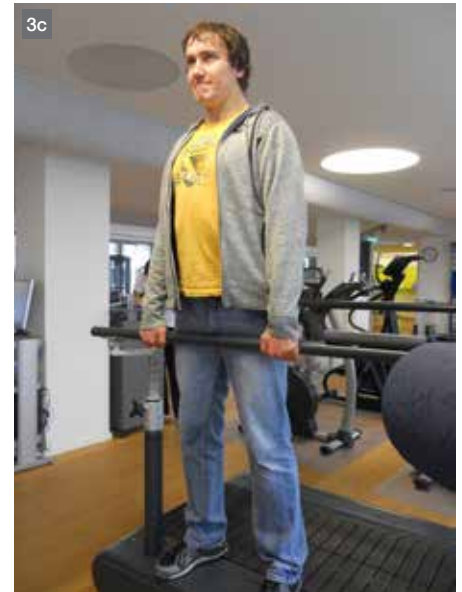


Abb. 3: a. Isometrische MVC der Rückenmuskulatur; b. Isometrische MVC der Bauchmuskulatur; c. Isometrische MVC der Schultermuskulatur

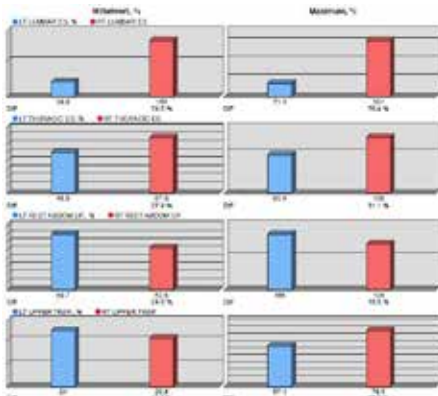


Abb. 5: Mittlere Amplituden und Maximalwerte der Muskelaktivierung während dem Tragen der Leiter, Phase „Aufnehmen“.

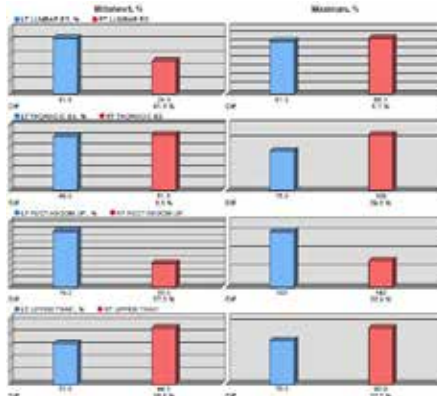


Abb. 6: Mittlere Amplituden und Maximalwerte der Muskelaktivierung während dem Tragen der Leiter, Phase „Transport“.

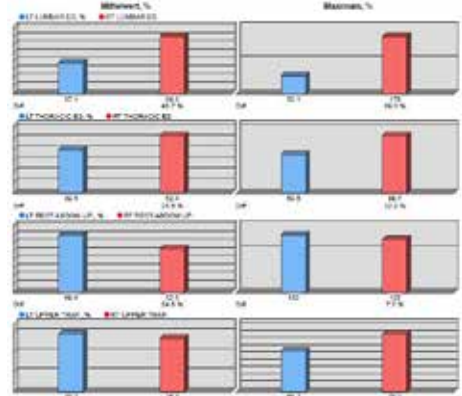


Abb. 7: Mittlere Amplituden und Maximalwerte der Muskelaktivierung während dem Tragen der Leiter, Phase „Ablegen“.

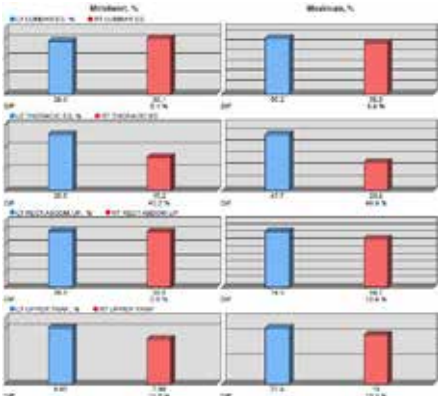


Abb. 9: Mittlere Amplituden und Maximalwerte der Muskelaktivierung während dem Ziehen der Leiter, Phase „Aufnehmen“.

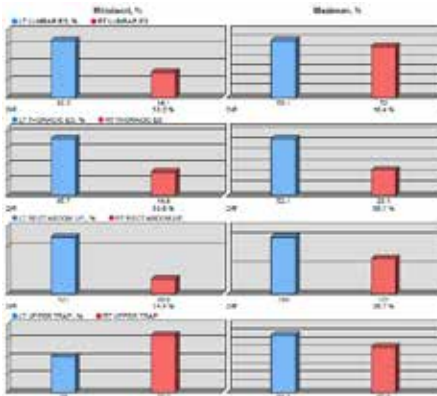


Abb. 10: Mittlere Amplituden und Maximalwerte der Muskelaktivierung während dem Ziehen der Leiter, Phase „Transport“.

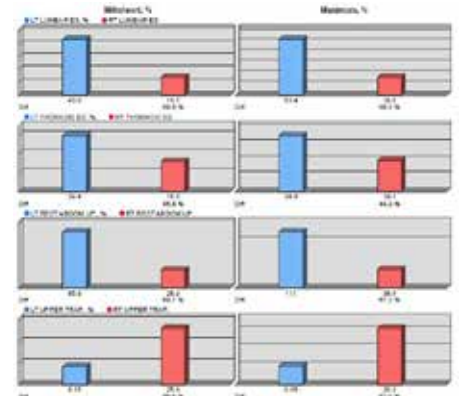


Abb. 11: Mittlere Amplituden und Maximalwerte der Muskelaktivierung während dem Ziehen der Leiter, Phase „Ablegen“.

61,8 Prozent im niedrigen, 26,7 Prozent im mittleren und 11,6 Prozent im hohen Bereich. Bei Bedingung 2 ergibt die Analyse 4,52 Prozent im mittleren und 95,5 Prozent im hohen Aktivitätsbereich links und 66,3 Prozent im niedrigen, 26,5 Prozent im mittleren und 5,42 Prozent im hohen Aktivitätsbereich rechts. Die Schultermuskulatur zeigt in der linksseitigen Ableitung bei Bedingung 1 49,5 Prozent niedrige und 50,5 Prozent mittlere, rechtsseitig 38,1 Prozent niedrige und 61,9 Prozent mittlere Aktivierungsbereiche. Bedingung 2 erreicht linksseitig 72 Prozent bei niedriger, 24,6 Prozent bei mittlerer und 3,38 Prozent bei hoher Muskelaktivität. Rechtsseitig 79,9 Prozent im niedrigen und 20,1 Prozent in mittleren Aktivitätsbereichen. Bezüglich der Dauer der durchgeführten Messungen; zeigt sich im Vergleich eine wesentlich kürzere Dauer des Ziehens der Leiter und damit eine geringere absolute Dauer der Muskelaktivierung.

**Diskussion:** Das Tragen einer handelsüblichen Mehrzweckleiter weist insgesamt höhere Muskelaktivitäten auf als das Ziehen mit 'roll-bar'-Traverse. So zeigt sich bei der lumbaren und thorakalen Rückenmuskulatur der tragenden Körperseite eine 3 bis 3,6 fach höhere muskuläre Anspannung. Diese deutlich höheren Aktivitäten zeigten sich vor allem beim Aufnehmen und Ablegen der Leiter. Des Weiteren ist die Gesamtdauer der Belastung beim Tragen länger. Somit ist die Rücken-, Bauch- und Schultermuskulatur für die gleiche Strecke beim Tragen einer Leiter zeitlich länger und stärker aktiv als beim Ziehen einer Leiter. Daraus ergibt sich, dass die benötigte muskuläre Leistung beim Tragen im Vergleich zum Ziehen der Leiter über eine Strecke von 5 x 100 Metern um ein 16 faches erhöht ist.

## *16-fache Erhöhung der muskulären Leistung beim Tragen der Leiter*

Übertragen auf Alltags- und Arbeitsvorgänge mit Leitern ist zu vermuten, dass es beim Tragen der Leitern zu einer schnelleren neuromuskulären Ermüdung und somit schnelleren Überlastung der passiven Strukturen der Wirbelsäule und weiterer Gelenke kommt. Die teils sehr hohen und schnell einwirkenden Maximalwerte der muskulären Aktivierung, vor allem der Bauch- und Rückenmuskulatur beim Tragen der Leiter, lassen eine hohe und für passive Strukturen der Wirbelsäule ungünstige Belastung vermuten. Maximalkräfte die auch nur kurzzeitig aufgebracht werden, bergen ein sehr hohes Gesundheitsrisiko in sich. Sie sind mit einer akuten Verletzungsgefahr verbunden (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2011). In beiden Bedingungen war die muskuläre Aktivierung asymmetrisch. Die Leiter wurde rechtsseitig getragen und rechtshändig gezogen. Um den Einfluss der angewendeten Technik auf die Stärke und Symmetrie der Muskelaktivierung zu überprüfen, wurde ein zweiter Versuch mit einem weiteren Probanden durchgeführt. Es zeigten sich ähnliche Ergebnisse wie hier dargestellt. Zusätzlich zeigte sich, dass beim Wechsel der Ziehetechnik

innerhalb eines Probanden die Asymmetrie der Muskelaktivierung verändert werden kann. Technikabhängig können beim Ziehen und Schieben schwerer Lasten Belastungen auftreten, die vergleichbar mit den Belastungen sind, die durch das Heben und Tragen schwerer Lasten entstehen (Hoozemans et al. 1998). In der vorliegenden Studie zeigte sich, dass ein Technikwechsel positive Auswirkungen auf die muskuläre Aktivierung der Rücken- und Bauchmuskulatur bewirken kann. Betrachtet man das Gewicht und die Maße der angewendeten handelsüblichen Leiter, ist gut nachzuvollziehen, dass ein Technikwechsel (z. B. von der rechten zur linken Seite, beidhändiges Ziehen) beim Ziehen mit 'roll-bar'-Traverse besser möglich ist als beim Tragen der Leiter (letzteres müsste gegebenenfalls mit einem Ablegen und erneutem Aufnehmen der Leiter durchgeführt oder einem Wechsel auf die andere Schulterseite bewerkstelligt werden). Im Vergleich zum Ziehen, stellt sich das Schieben von schweren Lasten als gesundheitsgerechtere und rückschonendere Transportvariante dar (Backhaus et al. 2012).

## *Rückenentlastung durch ergonomische Transportsysteme*

**Fazit:** Das Heben und Tragen von Lasten zählt zu den Belastungsarten, auf die der menschliche Körper nur ungenügend eingerichtet ist. So tragen Hebe- und Tragarbeiten zu vorzeitigen Abnutzungerscheinungen des Stütz- und Bewegungsapparates des Menschen, die sich in Form von Rückenbeschwerden äußern können, bei. Aus diesem Grund hat die Europäische Gemeinschaft eine Richtlinie zur manuellen Handhabung von Lasten erlassen, deren Inhalt Eingang in eine deutsche Rechtsverordnung, der sogenannte „Lastenhandhabungsverordnung“ gefunden hat (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2011). Ergonomische Transportsysteme für Leitern haben eine rückenentlastende Funktion. Dennoch zeigt sich ebenfalls beim Ziehen schwerer Leitern eine asymmetrische Aktivierung der Rücken- und Bauchmuskulatur. Leichte Änderungen von Ziehetechniken haben jedoch positive Auswirkungen. Wie von Backhaus et al. (2012) vorgeschlagen, ist in Unternehmen ergänzend zu der alleinigen Beschaffung ergonomischer Vorrichtungen ebenso eine Schulung zu einer gesundheitsgerechten Nutzung der Arbeitsmittel vorteilhaft. Zur Verbesserung der entlastenden Wirkung ergonomischer Tragesysteme, sollten Unterweisungen rückengerechter Zieh- und Schiebetechniken in spezifischen Arbeitsschutzmaßnahmen inbegriffen sein. ■

### Literatur:

1. Backhaus C., Jubit K.-H., Post M., Ellegast R., Felten C., Hedtmann J.: Belastung des Muskel- Skelett-Systems beim Ziehen und Schieben von Müllgroßbehältern. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft (2012) 66 Nr. 4, S. 327-346
2. Berufskrankheiten-Verordnung Merkblatt des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales vom 1. Sept 2006 - Iva 4-45222-2108- Bundesarbeitsblatt 10-2006 S. 30 ff
3. Bongwald O., Luttman A., Laurig W.: Leitfaden für die Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten. Gesundheitsgefährdung, gesetzliche Regelungen, Meßmethoden, Beurteilungskriterien und Beurteilungsverfahren. 1995 Hauptverband der Gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG).
4. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) (Hrsg.). Heben und Tragen ohne Schaden 6. unveränderte Auflage, Druck Verlag Kettler, Bönen/Westfalen, Feb. 2011.
5. Hoozemans, M.J.M., Van der Beek, A.J., Frings-Dresen, M.H.W., Van Dijk, F.J.H., Van der Woude, L.H.V. Pushing and pulling in relation to musculoskeletal disorders: a review of risk factors. Ergonomics 1998, 41, 757-781.
6. Industrieinformationen: Ergonomie-Investitionen zahlen sich aus. Arbeitsmed. Soz. Umweltmed. 2012; 47,7: 96.