

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa2-806704>

Analyse von Einflussfaktoren auf die Gurtkräfte am Rucksack

Anika Stöhr¹, Sophie Richter^{1,2}, Stefan Schwanitz¹ & Frank I. Michel²

¹Technische Universität Chemnitz, Professur Sportgerätetechnik, Chemnitz, Deutschland

²VAUDE Sport GmbH & Co. KG, i-lab, Obereisenbach, Deutschland

Kurzfassung

Zur Evaluierung des mechanischen Tragekomforts von Rucksäcken wurden die Einflussfaktoren Geschlecht, Last und Bewegung auf die Gurtkräfte am Rucksack untersucht. Dazu wurde ein individuelles Messsystem entwickelt. Aus der Datenanalyse lässt sich folgern, dass die Gurtkraft nicht vom Geschlecht des Rucksackträgers abhängt. Die Rucksacklast und die Form der Aktivität hingegen sind relevante Indikatoren.

Schlüsselwörter: Gurtkraft, Rucksack, mechanischer Komfort, Geschlecht, Last

Einleitung

Der Rucksack ist als Lastentragesystem ein essenzieller und weit verbreiteter Bestandteil des Alltags und der Freizeitgestaltung. Allerdings ist das Tragen von Lasten generell mit einer hohen Prävalenz von mitunter bleibenden körperlichen Beschwerden durch Diskomfort verknüpft. (Brinjikji et al., 2015) Da Diskomfort ein vorwiegend subjektiv eingeschätztes Phänomen ist, müssen messbare mechanische Parameter abgeleitet werden, die objektive Bewertungen und Vergleiche ermöglichen. In einem Beitrag von Wettenschwiler (Wettenschwiler et al., 2015) konnten für den Rucksack als Lastensystem verschiedene Prädiktoren zur Beurteilung des Diskomforts ermittelt werden. Dazu zählen der Druck an den Auflagestellen sowie die Gurtkräfte.

Der Auflagedruck in verschiedenen Körperregionen wurde im militärischen Kontext bereits häufig untersucht. Die betreffenden Studien haben häufig Limitierungen in ihrer Übertragbarkeit, wie beispielsweise die Beschränkung auf sehr hohe Lasten (Bryant, 2001: 32 kg), limitierte Probandenkollektive (Wettenschwiler, 2015: nur junge Männer) oder die Arbeit an einem Messtorso statt an Probanden (Stevenson, 2004). Für die Analysen des Auflagedrucks wird zumeist mit einer Druckmessmatte gearbeitet.

Da die Gurtkraft zur Beurteilung des Tragekomforts von Rucksäcken bisher nur wenig untersucht wurde, gibt es noch kein bewährtes Vorgehen für die Durchführung und Bewertung von Analysen. Für die Datenerhebung in dieser Studie wurde ein eigens angefertigtes Gurtkraft-Messsystem genutzt. In einer initialen Untersuchung wurde der Einfluss der Faktoren Geschlecht, Rucksackzuladung und Aktivität auf die Gurtkraft betrachtet. Dazu wurden die maßgeblichen Bestandteile des Gurtsystems bestehend aus Beckengurt, Schultergurt rechts und links sowie Brustgurt analysiert. Ziel war es, anhand der erhobenen Probandendaten Abhängigkeiten darzustellen und die gewonnenen Erkenntnisse für die Entwicklung von Rucksäcken nutzbar zu machen.

Methode

Für die Gurtkraftmessung wurden ein Sensorsystem basierend auf Linearpotentiometern (Typ 3046, BOURNS Inc., USA) und eine Übertragungseinheit entwickelt. Die einzelnen Sensoren wurden extern an den vier definierten Gurten befestigt. Das System ist dazu in der Lage, Gurtspannungen direkt am Gurt zu detektieren und diese drahtlos und in Echtzeit auf ein Endgerät zu übersenden (Abtastrate: 4 Hz).

Die Studie wurde mit zehn Personen (Geschlecht: 5♀, 5♂; Alter: $\bar{x} \pm 10,1$ Jahre; Größe: $\bar{x} \pm 7,1$ cm; Gewicht: $\bar{x} \pm 9,2$ kg) durchgeführt. Alle Personen sind nach eigenen Angaben sportlich aktiv und nutzen Rucksäcke regelmäßig im Alltag und bei ihren Aktivitäten.

Die Personen trugen in randomisierter Reihenfolge Rucksäcke mit 15kg, 10kg und 5kg Last. Für die Lasten 10 und 15 kg wurde ein Trekkingrucksack (60 l) genutzt. Für 5 kg Last wurde ein Tagesrucksack (20 l) verwendet. Die Personen wurden aufgefordert, die Gurteinstellungen jeweils nach ihren individuellen Präferenzen vorzunehmen. Die Messungen der Gurtkraft erfolgten für jede Testkondition statisch im aufrechten Stand (Abb. 1a, 1b) sowie dynamisch auf dem Laufband (Geschwindigkeit: 4,5 km/h). Mit dem Tagesrucksack wurden zusätzlich Analysen auf einem Ergometer mit 50° standardisierter Rumpfneigung in statischer Brakehood-Position sowie dynamisch (Trittfrequenz: 80 min⁻¹) durchgeführt. Es wurden jeweils Sequenzen über 10 s aufgenommen (Abb. 1c). Mithilfe eines standardisierten Fragebogens wurde vom Probandenkollektiv zusätzlich die subjektive Druckwahrnehmung im statischen Zustand protokolliert.

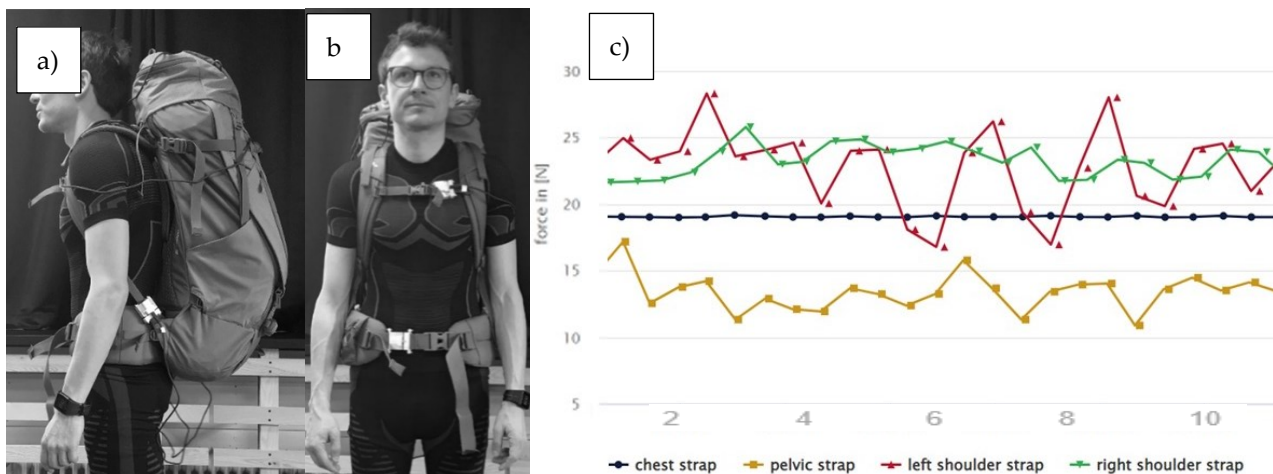


Abb. 2 – a) Seitenansicht instrumentierter Trekkingrucksack (15 kg) im aufrechten Stand; b) Frontalansicht; c) dynamische Anzeige der auftretenden Gurtkräfte beim Fahren auf dem Ergometer (10 s)

Zur Aufbereitung und Auswertung der Daten wurde RStudio (Version 1.3.1093) genutzt. Es wurden Mittelwerte und Standardabweichungen sowie auftretende Gruppierungen betrachtet. Die Datensätze wurden mit nichtparametrischen Testverfahren (Wilcoxon, Kruskal-Wallis) auf signifikante Unterschiede untersucht.

Ergebnisse

Aufgrund einer Fehldimensionierung des Brustgurtsensors wurde auf die Analyse der Brustgurtwerte verzichtet. Die bilateralen Schultergurtsensoren wurden als ein zusammenhängendes System betrachtet und deren Werte in der Analyse aufsummiert.

Im Vergleich der Gurtkräfte von Männern und Frauen konnte bei keiner der Konditionen ein signifikanter Unterschied ermittelt werden. Die Vermutung, dass eine Korrelation zwischen den Brust- und Beckenumfängen der Probanden und den aufgezeichneten Gurtkräften vorliegt, konnte ebenfalls nicht belegt werden. Daher wurden alle weiteren Betrachtungen geschlechtsunabhängig geführt.

Es konnten signifikante Unterschiede in den Gurtkräften von Beckengurt und Schultergurten in Abhängigkeit von der Rucksacklast verzeichnet werden (Abb.2). Je höher die Beladung des Rucksacks ist, desto höher sind die im Gurt detektierten Kräfte. Diese Beobachtungen treffen bei 5 kg, 10 kg und 15 kg Rucksacklast zu.

Einfluss der Rucksacklast auf die Gurtkraft (n=10)

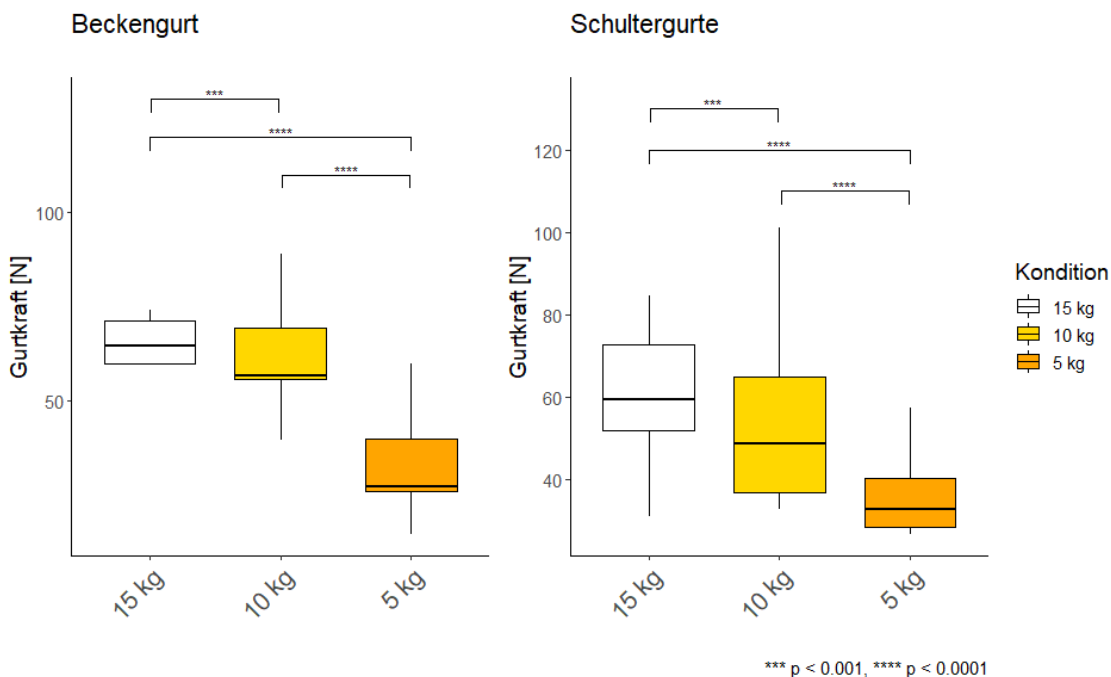


Abb. 3: Unterschiede in der Gurtkraft abhängig von der Rucksacklast (sign. Korrelationen nach Kruskal-Wallis über den jeweiligen Paaren angegeben)

Die Betrachtung von Bewegung als Einflussfaktor lieferte ebenfalls signifikante Resultate. Bei 15 kg sowie 10 kg Rucksacklast lagen im Vergleich die Gurtkräfte an Beckengurt und kumulierten Schultergurten beim Gang auf dem Laufband signifikant höher als in statischer Fahrposition auf dem Fahrrad ($p < 0,0001$). Beim Fahren auf dem Ergometer mit 5 kg Rucksacklast traten ebenfalls signifikant höhere Gurtkräfte an allen Gurten auf als im Stand ($p < 0,0001$). Das subjektive Feedback der Probanden deckte sich bei allen Durchgängen mit den jeweils objektiv erfassten Gurtkraftwerten.

Diskussion

Das Geschlecht als Einflussfaktor auf die Gurtkraft konnte auf Basis der Datenanalyse ausgeschlossen werden. Leider liegen keine vergleichbaren Erkenntnisse in der Literatur vor, da bisher nur unimodale Studien durchgeführt wurden. Aus der Auswertung der Studienergebnisse lässt sich weiterhin schließen, dass die Gurtkraft von der Zuladung sowie der Aktivität beim Tragen signifikant beeinflusst wird. Diese Ergebnisse sind nur bedingt belastbar, da keine Vergleichsliteratur zur Einordnung vorliegt. Allerdings wurde auch bei Mackie et al. (Mackie et al., 2005) ein grundsätzlicher Einfluss der Rucksacklast auf Schulter- und Beckengurt nachgewiesen. Es muss beachtet werden, dass das Rucksackdesign einen Einfluss auf die Gewichtsverteilung und damit auch auf die Gurtkräfte hat (Mackie et al. 2005). Der in der Studie verwendete Trekkingrucksack ist mit einem Tragesystem versehen, der Tagesrucksack hingegen nicht. Die Wahl der Rucksäcke wurde mit Fokus auf die tatsächliche Anwendung getroffen und ist daher valide. Abschließend kann formuliert werden, dass Gurtkraftsensoren sinnvolle Hilfsmittel zur Kontrolle von Kräften am Rucksack sind. Die Gurtkraft als objektiver Parameter zur vergleichenden Beurteilung vom mechanischen Komfort von Rucksäcken kann die bisher als alleiniges Bewertungsinstrument genutzte Druckkraftmessung ergänzen. Damit besteht eine weitere Option zur neutralen Evaluierung des mechanischen Diskomforts auch an nicht responsiven Messtorsos. Um die in diesem Abstract identifizierten Einflussfaktoren auf die Gurtkraft zu bekräftigen, sind weitere Untersuchungen mit vergleichbarem Studienaufbau nötig.

Interessenskonflikt Wir erklären keine Interessenskonflikte.

Finanzierung Im Rahmen des A4SEE Fellowship-Programms, einer aus EU-Mitteln kofinanzierten Erasmus+ Knowledge Alliance, erhielt Anika Stöhr zur Durchführung der Studie finanzielle Unterstützung.

Literatur

- Brinjikji, W., Luetmer, P. H., Comstock, B., Bresnahan, B. W., Chen, L. E., Deyo, R. A., ... & Jarvik, J. G. (2015). Systematic literature review of imaging features of spinal degeneration in asymptomatic populations. *American journal of neuroradiology*, 36(4), 811-816.
- Bryant, J. T., Doan, J. B., Stevenson, J. M., Pelot, R. P., & Reid, S. A. (2001). Validation of objective based measures and development of a performance-based ranking method for load carriage systems. Queens Univ Kingston (Ontario) School of Physical and Health Education.
- Mackie, H. W., Stevenson, J. M., Reid, S. A., & Legg, S. J. (2005). The effect of simulated school load carriage configurations on shoulder strap tension forces and shoulder interface pressure. *Applied ergonomics*, 36(2), 199-206.
- Stevenson, J. M., Bossi, L. L., Bryant, J. T., Reid, S. A., Pelot, R. P., & Morin, E. L. (2004). A suite of objective biomechanical measurement tools for personal load carriage system assessment. *Ergonomics*, 47(11), 1160-1179.
- Wettenschwiler, P. D., Lorenzetti, S., Stämpfli, R., Rossi, R. M., Ferguson, S. J., & Annaheim, S. (2015). Mechanical predictors of discomfort during load carriage. *PLoS One*, 10(11), e0142004.