

## Manuelles Handhaben von Luftfrachtcontainern mit Lastgewichten bis zu 6,8 Tonnen auf Rollerdecks von Flughäfen

Gabriele WINTER<sup>1</sup>, Karlheinz SCHAUB<sup>2</sup>, Knut BERG<sup>2</sup>, Werner DIEDRICH<sup>1</sup>,  
Frank KLOSE<sup>1</sup>, Marion MARQUARDT<sup>3</sup>, Matthias FORST<sup>3</sup>, Wolfgang LASKE<sup>1</sup>,  
Christian FELTEN<sup>1</sup>, Jörg HEDTMANN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation*

<sup>2</sup>*Institut für Arbeitswissenschaft Darmstadt (IAD), TU Darmstadt*

<sup>3</sup>*DHL Hub Leipzig GmbH*

**Kurzfassung:** Beim Ziehen und Schieben von Luftfrachtcontainern wird hauptsächlich der Stütz- und Bewegungsapparat des Mitarbeiters gefordert. Insbesondere wird die Wirbelsäule z.B. durch das Manipulieren von schweren Lasten mit ungleichmäßigen Lastverteilungen, ungünstigen Körperhaltungen und einer hohen Arbeitsintensität verstärkt beansprucht. An zwei Flughäfen wurde das manuelle Ziehen und Schieben von Luftfrachtcontainern auf Rollerdecks untersucht. Da aufgrund der Containergewichte (durchschnittlich zwischen 1,5 und 4,3 Tonnen bzw. in Ausnahmefällen bis zu 6,8 Tonnen) eine Bewertung mit der Leitmerkmal-methode Ziehen und Schieben (LMM ZS) nicht durchgeführt werden kann, werden an verschiedenen Frachtcontainern mit unterschiedlicher Beladung die Aktionskräfte mit piezoelektrischen Kraftsensoren gemessen. Um die körperliche Belastungssituation beim Verziehen der Frachtcontainer einzuordnen, werden die Ergebnisse der messtechnischen Untersuchungen mit den aus einer Literaturrecherche zusammengestellten Kraftwerten gegenübergestellt und diskutiert.

**Schlüsselwörter:** Luftfrachtcontainer, Ziehen und Schieben, physische Belastung, biomechanische Bewertung, dynamische Aktionskraft

### 1. Einführung (Problemstellung) / Einleitung

Die internationalen Frachtflughäfen in Deutschland befördern die Sendungen in eigens hierfür gebauten Luftfrachtmaschinen. Die Fracht wird dabei auf einzelne Luftfrachtcontainer – sogenannte ULDs (Unit Load Device) – verteilt. Die Container werden zum Be- und Entladen der Fracht von den Mitarbeitern (Deckziehern) über ein Rollerdeck mit Kugel- bzw. Rollenbahnen (vgl. Abbildung 1) weitgehend von Hand verzogen. Ein gefüllter ULD kann in Ausnahmefällen bis zu 6,8 Tonnen wiegen; überwiegend wiegen die beladenen Container jedoch zwischen 1,5 und 4,3 Tonnen. Je nach Höhe des Frachtcontainers können beim Verziehen ein bis vier Mitarbeiter beteiligt sein. Um unter diesen Bedingungen die körperliche Arbeit orientierend zu bewerten, sollte die Leitmerkmal-methode Ziehen und Schieben (LMM ZS) eingesetzt werden. Allerdings können die Gewichtstabellen der LMM ZS für die hohen Gewichte der Luftfrachtcontainer nicht herangezogen werden, da Lastwichtungen nur bis zu einem Lastgewicht von 1000 kg angegeben werden (vgl. BAuA 2002). Daher wurde der gesetzliche Unfallversicherungsträger angefragt, Messungen zur Ermittlung der manuellen Kräfte beim Verziehen der ULDs in verschiedenen Arbeitsbereichen durchzuführen.



**Abbildung 1:** Verziehen eines Frachtcontainers einhändig auf einem Rollerdeck mittels einer Zugschleufe (links) sowie Sicht von oben auf die im Boden eingefügten Rollen eines Rollerdecks am Flughafen Frankfurt am Main (rechts Ausschnitt: ca. 0,8 m x 0,8 m)

## 2. Methodische Herangehensweise

Im Rahmen der Studie wurden Literaturrecherchen zu der Thematik „Losreißkräfte beim Ziehen und Schieben“ bzw. „Manuelles Verziehen von Frachtcontainern auf Rollerdecks“ durchgeführt. Inzwischen gibt es etliche Veröffentlichungen, Empfehlungen und Normen mit Angaben von Kraftwerten, die beim „manuellen Ziehen und Schieben“ anwendbar sind (vgl. Tabelle 1). Allerdings findet sich darunter keine Schrift, die sich zusätzlich mit dem Transportsystem „Rollerdeck“ – als ein Bestandteil des hier untersuchten Flurförderzeuges – befasst. Lediglich in der „Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen Ziehen und Schieben von Lasten“ (LASI LV 29, 2002) werden die Vorteile von Rollenbahnen oder Kugelrolltischen beschrieben. Auch eine Faustregel zur Ermittlung der Aktionskräfte findet sich in der LV 29: Da die Berührungsfläche zwischen Rolle und Last bzw. Lastaufnahmegestell einen Reibwert  $\mu$  von ca. 0,15 aufweist, können bei 100 kg Lastgewicht somit Kräfte von ca. 150 N erwartet werden. Da allerdings die Reibwerte für die unterschiedlichen Rollensysteme im Warehouse des Frachtflughafens weder bekannt noch mit einfach anzuwendenden Messgeräten (wie z.B. Federwaage, Kraftmessgerät „Andilog“) vollständig erfassbar sind, können solche Abschätzungen nicht angewendet werden.

### 2.1 Kraftmesskonzept

Um die für das Verziehen von Frachtcontainern erforderlichen „Losreißkräfte“ zu messen, wurden hierzu speziell an die Containergeometrie angepassten Griffe mit piezoelektrischen Kraftsensoren eingesetzt. Das Handkraftmesssystem besteht aus zwei Griffen, die getrennt die Aktionskraft der linken und der rechten Hand dreidimensional erfassen. In jedem Griff sind zwei triaxiale Kraftsensoren auf piezoelektrischer Basis integriert. In Abhängigkeit von unterschiedlichen Beladungen und Rollenarten (Rollerdecks sowie Standflächen „Stands“) konnten für das Manipulieren der Frachtcontainer erstmalig die erforderlichen „Losreißkräfte“ (Initialkräfte bzw. „Initial Forces“) ermittelt werden.

Das vom IAD entwickelte Kraftmesskonzept basiert auf der spezifischen Anpassung der Messtechnik an den zu untersuchenden Arbeitsgegenstand und den Ar-

beitsbereich. Ebenfalls wurden die Rahmenbedingungen des für die Messungen zur Verfügung stehenden Personals einbezogen (z.B. Tätigkeiten der „Deckzieher“ hinsichtlich der Kraftausübung). Ein Deckzieher bewegt ca. einen Frachtcontainer pro Minute. Die Hälfte der Frachtcontainer ist beladen (überwiegend 1,5 Tonnen bis ca. 4,3 Tonnen) bzw. die restlichen Container sind unbeladen (Leergewicht je Container bis max. 400 kg, durchschnittlich ca. 200 kg).

Im Folgenden werden kurzgefasst die ursächlichen Zusammenhänge für das Ausüben einer Körperkraft beim manuellen Ziehen und Schieben für die Analyse der Tätigkeit beleuchtet. Nach Rohmert, Rückert und Schaub (1992) ist die Muskelkraft eine Körperkraft, die die Aktivität der Muskeln innerhalb des Körpers bewirkt. Die nach außen wirkende Aktionskraft ergibt sich aus der Muskelkraft und oder aus der Massenkraft (z.B. der Eigengewichtskraft).

Dieser Sachverhalt ist für die Konzeption eines geeigneten Kraftmesskonzeptes ausschlaggebend, da u.a. aufgrund einer individuellen Arbeitstechnik die nach außen abgegebenen Kräfte unterschiedlich hoch sein können. Weitere Faktoren können die Messungen bzw. die Höhe der ermittelten Losreißkraft ebenfalls beeinflussen: Neben der Belastungsart (wie z.B. Körperstellung und –haltung, Kraftangriffspunkt und Körperabstützung) sind es auch interindividuelle (Training, Geschlecht, Alter etc.) als auch intraindividuelle Einflussgrößen (wie z.B. Motivation, Gesundheitszustand, Ermüdungsgrad) sowie Umgebungsbedingungen und Arbeitszeitregime. In der hier durchgeführten „Trendstudie“ standen außerhalb des normalen Schichtbetriebes insgesamt drei männliche Probanden, die bereits seit ca. 10 Monaten im untersuchten Arbeitsbereich tätig waren, zur Verfügung.

Im Rahmen der Vorstudie (Flughafen Frankfurt a.M.) zur Anpassung der Messgriffe an die Containergeometrie waren zwei weitere Probanden ohne Arbeitserfahrung beim Verziehen eines Containers eingebunden.

## 2.2 Quellenübersicht und Auswahl von Kraftwerten

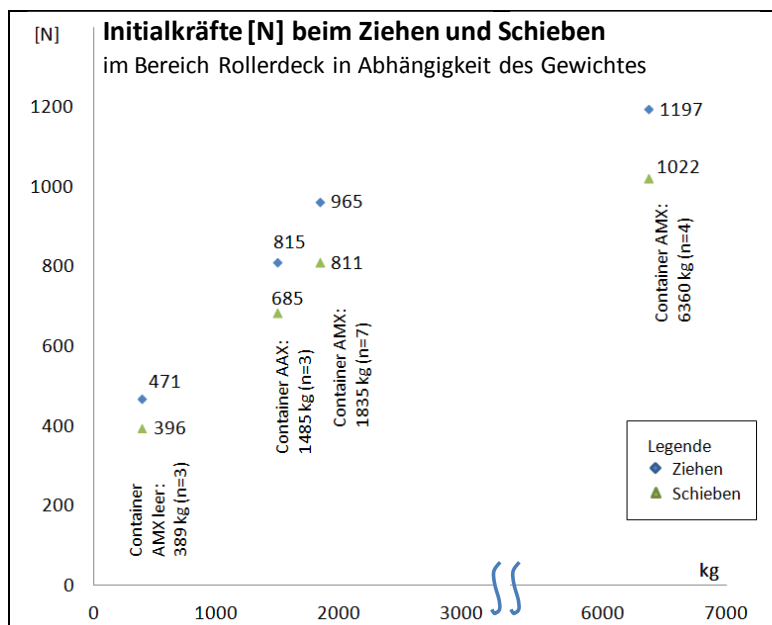
Um die Auswahl der Kraftwerte anhand der Quellen durchzuführen, wurden folgende Annahmen getroffen: Ein Deckzieher verzieht mindestens einen Frachtcontainer pro Minute (vier Zeitstunden, wobei jeweils 50% mit und ohne Beladung).

**Tabelle 1:** Zusammenstellung der Kraftwerte aus der Literaturrecherche (exemplarischer Auszug)

Autor; Quelle	Kraftfall bezogen auf „Losbrechkräfte“ (Initial Forces)	Schieben (N)	Ziehen (N)	Bemerkungen
<b>Snook (1978)</b>	Schieben / Ziehen - Werte f. Männer (Kraftangriffspunkt, Frequenz (1/min), Perzentil, Geschlecht)	Push 2,1 m P75: 470	Pull 2,1 m P75: 420	Deckt 25% der männl. Arbeitsbevölkerung ab
<b>Jäger (1994)</b>	Beidhändig ziehen: Oberkörper aufrecht, Armhaltung 45°, Ziehen mit ca. 400 N → L5/S1: ca. 3,1 kN	-	400	Beurteilung von beidhändig ziehen
<b>DIN 33411-5 (1999)</b>	Tabelle 9: (drücken: 1400 mm, ziehen: 1000 mm) Fußstellung nebeneinander	-B (P50): 528	+B (P50): 410	Probandenkollektiv 1: Frachtarbeiter
<b>Kraftatlas (2009)</b>	Werte bez. Auf Männer, in aufrechter Körperhaltung	-B (P70): 570	+B (P70) 391	Deckt 30% der männl. Arbeitsbevölkerung ab
<b>Merkblatt BK 2108 (2007)</b>	Grenzwert Männer	450	350	BMAS; vgl. BKV 2007

### 3. Ergebnisse der Messungen

Nach Abbildung 2 werden beim Frachtcontainer AAX als Losreißkraft für das Ziehen ca. 800 N und für das Schieben ca. 700 N gemessen. Das Verziehen des Frachtcontainers erfolgte von zwei Deckziehern: Daher wird vereinfacht ein Kraftaufwand pro Mitarbeiter von ca. 400 N beim Ziehen bzw. 350 N beim Schieben als Grundlage für die nachfolgende Diskussion (siehe unten 4.) angesetzt.



**Abbildung 2:** Initialkräfte [N] beim Ziehen und Schieben im Bereich Rollerdeck in Abhängigkeit des ULD-Gewichtes (n = Anzahl der Messungen bezogen auf ULD-Typ AMX und AAX)

### 4. Diskussion

Im Folgenden werden exemplarisch die Kraftwerte, die für das Verziehen eines ca. 1,5 Tonnen schweren Frachtcontainers in der Losbrechphase pro Mitarbeiter benötigt werden, den „empfohlenen“ Kraftwerten der Literaturrecherche gegenübergestellt. Alle Kraftwertvergleiche beziehen sich auf die „Nutzergruppe Männer“, da in dieser Trendstudie bislang nur männliche Probanden teilgenommen haben.

Die Bewertung der Kraftwerte wird zunächst mit den Daten aus dem montage-spezifischen Kraftatlas (BGIA-Report 3/2009) sowie mit den Daten nach DIN 33411-5 (1999) vorgenommen. Zunächst soll geklärt werden, inwieweit und für wen ein Ziehen und Schieben eines Containers ausführbar ist. Die Messungen zeigen, dass beispielsweise beim Ziehen des AAX-Containers die erforderlichen Losreißkräfte (B+) im Bereich des 75. Kraftperzentils der Maximalkraft für Männer erforderlich sein können (mit +B = 401 N; sowie -B = 592 N, vgl. Kraftatlas, S. 80). Betrachtet man nun als Probandenkollektiv die Gruppe der Frachtarbeiter von 1999, so liegt die geforderte Zugkraft (B+) beim Losreißen im Bereich des 50. Kraftperzentils (mit +B = 410 N; sowie -B = 528 N, vgl. DIN 33411-5, Tabelle 9). Betrachtet man weiterhin die Kraftwerte beim Schieben (-B) eines AAX-Containers, so liegen die geforderten Aktionskräfte von ca. 350 N nahe dem Bereich des 25. Kraftperzentils der DIN-Werte

(vgl. DIN 33411-5, Tabelle 9) und nahe dem 10. Kraftperzentil nach den Kraftatlas-Daten von 2009 (BGIA-Report 3/2009). Das Anschieben (Krafrichtung -B) kann somit von mehr Mitarbeitern des Probandenkollektivs ausgeführt werden als das Ziehen (Krafrichtung +B). In den oben genannten Quellen werden jeweils Kraftwerte für die maximalen statischen Aktionskräfte angegeben. Allerdings sind diese Werte aufgrund der auf den Rollerdecks vorkommenden dynamischen Kraftausübung nur eingeschränkt miteinander vergleichbar und können zunächst nur teilweise zur ersten Abschätzung der Ausführbarkeit herangezogen werden.

Wird im nächsten Schritt auch die Erträglichkeit der geforderten Kraftaufwendung untersucht, so wird u.a. die Anzahl der Schiebe- und Ziehvorgänge, Ausführungsbedingungen und Schichtlänge neben der Aktionskraft berücksichtigt. Die klassischen Bewertungsverfahren leiten aus den maximal statischen Aktionskräften maximal empfohlene Aktionskräfte ab. Bei der Ermittlung des Verhältnisses zwischen der geforderten Aktionskraft und der maximal empfohlenen Aktionskraft werden auch personen- und tätigkeitsspezifische Parameter berücksichtigt (vgl. BGIA-Report 3/2009, Schaub 1997). Darüber hinaus gibt es internationale Studien, die bereits Kraftgrenzen in Abhängigkeit vom Weg, Arbeitshöhe und Anzahl der Kraftfälle pro Zeiteinheit liefern. Die maximalen Kraftwerte werden tabellarisch dargestellt (Snook 1978, ISO 11228-2). Für das Ziehen (2,1 m bei Arbeitshöhe 89 cm und Anzahl 1/min) wird für das 75. Perzentil eine Losbrechkraft von 420 N (nahe der geforderten Aktionskraft) genannt. Beim Schieben sind bei der Arbeitshöhe von 144 cm — unter sonst gleichen Bedingungen — ca. 400 N bezogen auf das 50. Kraftperzentil angegeben.

Wird nun abschließend die lumbale Belastung der Lendenwirbelsäule betrachtet, so liest man bei einer Aktionskraft von ca. 400 N beim Ziehen (beidhändig) eine Kompressionskraft von ca. 3,1 kN ab (vgl. Diagramm nach Jäger 1994). Darüber hinaus liefert Jäger exemplarische Verläufe der Bandscheibenkompression beim Ziehen und Schieben als Funktion der Aktionskraft bei unterschiedlichen Greifhöhen, Schulter-Greifpunkt winkeln und Kraftwinkeln (vgl. Jäger et al. 2004). Außerdem weist das Merkblatt zur BK 2108 (vgl. BKV 2007) auch Aktionskräfte auf, die zur Beurteilung der Schiebe- und Ziehvorgänge herangezogen werden können. Demnach können Aktionskräfte von über 350 N beim Ziehen (+B) und 450 N beim Schieben (-B) mit einem erhöhten Risiko für die Verursachung von Bandscheiben bedingten Erkrankungen in Verbindung stehen.

## 5. Fazit und Ausblick

Viele der oben vorgestellten Studien gehen bei der Kraftbewertung beim Ziehen und Schieben überwiegend von quasistatischen Bedingungen aus. Es besteht aber zweifelsohne noch erheblicher Forschungsbedarf hinsichtlich der körperlichen Auswirkungen (insbesondere im Zusammenhang „Erträglichkeit“) infolge dynamischer Aktionskräfte mit extremen Belastungsspitzen, die nur für wenige Millisekunden während des Schiebe- und Ziehvorganges auftreten (vgl. Schibye et al. 2001; Laursen und Schibye, 2002 zitiert nach Backhaus 2012). Insofern sollten die hier aufgezeigten Ergebnisse noch durch weitere Messungen verifiziert werden. Insgesamt zeigt sich bei dem Vergleich der Kraftwerte, dass in vielen Fällen das Anschieben eines ca. 1,5 Tonnen schweren Containers für zwei Mitarbeiter gut ausführbar ist. Will man jedoch auch die gesamte körperliche Beanspruchung von allen Zieh- und Schiebevorgängen einer Arbeitsschicht analysieren und bewerten, so

sollten im Arbeitsbereich zusätzlich Herzschlagfrequenzmessungen während einer Schicht durchgeführt werden. An dieser Stelle sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die derzeit vorliegenden Ergebnisse aufgrund der geringen Anzahl an Probanden (n=5) lediglich einen ersten Trend darstellen. Um die messtechnischen Erhebungen statistisch abzusichern, bedarf es daher weiterer Messungen mit noch mehr Probanden aus dem Arbeitsbereich. Jedoch kann der hier aufgezeigte Trend für die Höhe der Initialkräfte schon jetzt aufschlussreiche Anhaltspunkte für die Arbeitsorganisation liefern. Auf der Basis der messtechnischen Untersuchung werden u.a. Hinweise für einen adäquaten Mitarbeiterereinsatz beim manuellen Verziehen von Frachtcontainern mit hohen Lastgewichten abgeleitet. Demzufolge wird derzeit ein „Screening-Verfahren“ entwickelt, mit dem orientierend ein angemessener Mitarbeiterereinsatz abgeschätzt werden kann, so dass auch künftig die erforderliche Anzahl an Deckziehern in einer Arbeitsschicht adäquat planbar ist.

## 6. Literatur (Normen, Autoren, Quellennachweise)

- Backhaus, Claus; Jubb, Karl-Heinz; Post, Markus; Ellegast Rolf; Felten, Christian; Hedtmann, Jörg: Belastung des Muskel-Skelett-Systems beim Ziehen und Schieben von Müllgroßbehältern. Z. ARB. WISS. (66) 2012/4, S. 327-346.
- BAuA: Leitmerkmalmethode zur Beurteilung Ziehen und Schieben. [http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/pdf/LMM-Ziehen-Schieben.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/pdf/LMM-Ziehen-Schieben.pdf?__blob=publicationFile&v=3) (letzter Zugriff 14.04.2015).
- DIN 33411 Teil 5: Körperkräfte des Menschen - Maximale statische Aktionskräfte – Werte.
- BGIA-Report 3/2009: Der montagespezifischer Kraftatlas, Sankt Augustin 2009.
- BKV (2007): Merkblatt zur Berufskrankheit Nr. 2108. In: Mehrrens G., Brandenburg S. (Hrsg.): Die Berufskrankheitenverordnung (BKV) Ergänzbares Sammler der Vorschriften, Merkblätter und Materialien (E Speziell für die am Frachtflughafen beschriebenen Randbedingungen wird ein orientierendes Verfahren gesucht, mit dem die körperliche Bewertung der Lastenhandhabung für die Arbeitsbereiche Rollerdeck und Stand (Standort bei der Be- und Entladung im Warehouse) vorgenommen werden kann. rg.-Lfg. 2/07). Berlin: Erich Schmidt Verlag, 2007.
- ISO 11228-2:2007-04: Ergonomics – Manual Handling – Part 2: Pushing and Pulling, Beuth 2007.
- Jäger, M.; Jordan, C.; Theilmeier, A.; Göllner, R.; Luttmann, A.: Belastung der Lendenwirbelsäule bei branchenübergreifend auftretenden Arbeitssituationen mit Lastenhandhabung. In: Konietzko J, Dupuis H, Letzel S (Hrsg.). Handbuch der Arbeitsmedizin. 36. Erg.-Lfg. (Kap. IV–31, S 1–28). ecomed, Landsberg a. L. 2004.
- Jäger, M.: Lumbar Load During Uni and Bi-Manual Sagittal Pulling. Proceedings of the 12th Triennial Congress of the International Ergonomics Association. IEA 94, Vol. 2, p. 265-267.
- LASI: LV 29 – Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Ziehen und Schieben von Lasten.
- Laursen B.; Schibye B.: The effect of different surfaces on biomechanical loading of shoulder and lumbar spine during pushing and pulling of two-wheeled containers. Applied Ergonomics (33/2). S. 167-174. 2002.
- Rohmert, W.; Rückert, A.; Schaub, Kh.: Körperkräfte des Menschen. Technische Hochschule, Institut für Arbeitswissenschaft, Darmstadt 1992.
- Schaub, Kh.: Ergonomische Grundlagen. Gestaltung vorwiegend körperliche Arbeit. In: Landau, K.; Luczak, H.; Laurig, W.: Software-Werkzeuge zur ergonomischen Arbeitsgestaltung. REFA-Fachbuchreihe. IfAO 1997. S. 232-263.
- Schibye, B.; Sogaard, K.; Martinsen, D.; Klausen, K.: Mechanical load on the low back and shoulders during pushing and pulling of two-wheeled waste containers compared with lifting and carrying of bags and bins. Clinical Biomechanics (16). Oxford: Kidlington. S. 549-559. 2001.
- Snook, S. H.: The Ergonomics Society The Society's Lecture 1978. THE DESIGN OF MANUAL HANDLING TASKS.

