

Ermittlung von Kräften beim Ziehen und Schieben von Trailern am Beispiel der Intralogistik eines Automobilherstellers

Steffen CONRAD¹, Martin SCHMAUDER²

¹ AUDI AG, Werk Neckarsulm

NSU-Straße 1, 74148 Neckarsulm

² Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme

TU Dresden, Professur für Arbeitswissenschaft

Dürerstraße 26, D-01307 Dresden

Kurzfassung: Trotz allgemein zunehmender Automatisierung gehört das Ziehen und Schieben von schweren Lasten nach wie vor zu den Kernaufgaben für die Mitarbeiter der operativen Intralogistik. Dieser Beitrag beschreibt, wie die auftretenden Körperkräfte im Zuge einer Messreihe ermittelt wurden und stellt die Ergebnisse vor. Durch eine zweite Versuchsreihe wird der Einfluss der Räderstellung genauer erläutert. Abschließend werden die Ergebnisse diskutiert und Maßnahmen vorgestellt.

Schlüsselwörter: Ergonomie, Logistik, physische Belastung, Ziehen und Schieben

1. Ausgangslage

Das Ziehen und Schieben von teils schweren Trailern gehört nach wie vor zu den logistischen Kerntätigkeiten. Auch in hochautomatisierten Fabriken von Premiumherstellern des Automobilbaus ist die Arbeitskraft des Menschen in diesen Bereichen weiterhin gefragt. Aus diesem Grund hat die Abteilung „Produktionssteuerung/Werklogistik“ der Audi AG im Werk Neckarsulm das Forschungsprojekt „Ergonomie in der Logistik“ vor rund drei Jahren auf den Weg gebracht. Ein Ziel ist es, ergonomische Defizite zu detektieren, Lösungsmöglichkeiten zu deren Vermeidung zu generieren und diese Lösungen letztlich in die laufende Serienfertigung zu implementieren. Zentraler Punkt ist die Gesunderhaltung der Mitarbeiter.

Eine zu untersuchende Tätigkeit stellt das beschriebene Ziehen und Schieben von Trailern dar, welche ein wesentlicher Aufgabenbestandteil der operativen Intralogistik ist. Nach Glitsch (2004) werden beim Ziehen und Schieben von Lasten große Muskelmassen des Rumpfes sowie der oberen und unteren Extremitäten eingesetzt. Diese Art der Lastenmanipulation fällt deshalb typischerweise in den Bereich der schweren dynamischen Muskelarbeit.

Im Folgenden wird erläutert, wie die auftretenden Körperkräfte, die bei dieser Tätigkeit entstehen, ermittelt wurden. Anschließend wird beschreiben, welche weiteren Fragstellungen sich daraus ergeben haben, wie man diese messtechnisch erfasst und dadurch die eigentliche Problemstellung illustriert. Abschließend werden die Ergebnisse diskutiert und ein Ausblick zur operationalisierten Problemlösung gegeben.

2. Ermittlung von personenbezogenen Kräften beim Ziehen und Schieben

2.1 Versuchsaufbau zur Ermittlung personenbezogener Kräfte

.Zur Ermittlung der beim Ziehen und Schieben auftretenden Körperkräfte wurde ein Handkraftmesssystem der Firma Kistler verwendet, wie auch in den Untersuchungen von Wakula et al. (2009). Wesentliche Komponenten des Systems sind die zwei Handkraftmessgriffe, mit integrierten triaxialen piezoelektrischen Sensoren, mit denen drei orthogonale Kraftkomponenten und zwei Momente erfasst werden können. Diese Griffe wurden am standardisierten Griffbügel des Trailers angebracht. Dadurch kann der Arbeitsgang ohne eine etwaige Einschränkung durch das Messsystem realitätsgetreu durchgeführt werden und unverfälschte Ergebnisse erwartet werden. An den Trailern sind vier Räder mit einem Kunststoffbelag auf der Lauffläche (Härte 75 Shore A, Durchmesser Räder 200 mm) montiert. Die beiden Räder auf der Seite des Griffbügels sind aus Gründen der freien Beweglichkeit drehbar gelagert, die anderen beiden sind feststehend.

Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse herzustellen wurde ein Versuchsparcours definiert, der in Abbildung 1 dargestellt ist.

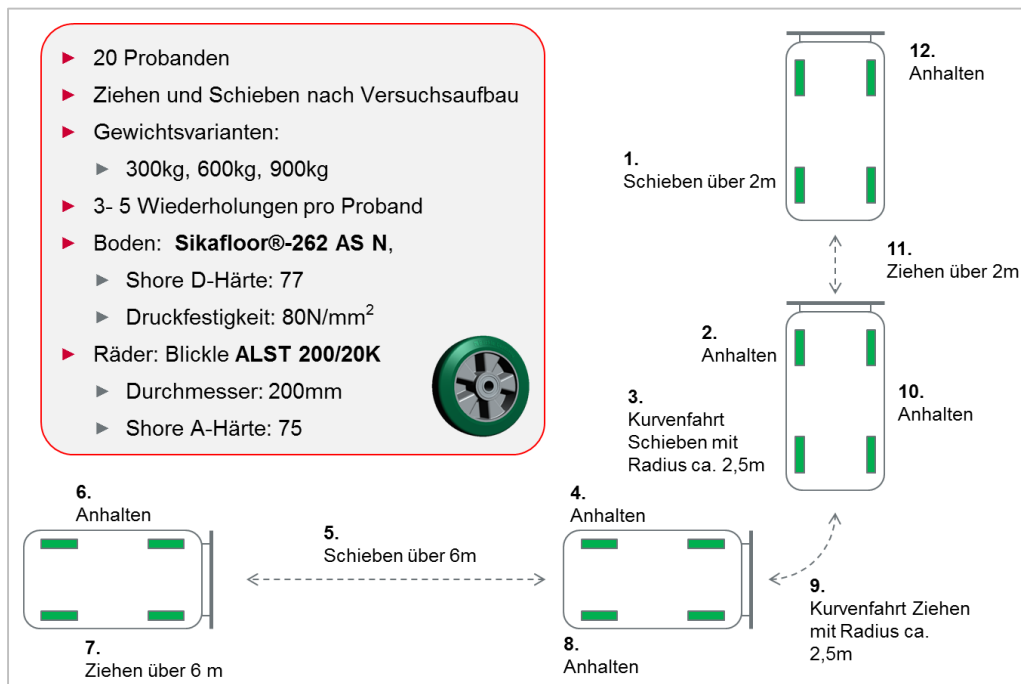


Abbildung 1: Darstellung des Versuchsaufbaus

Abgeleitet aus den realen Bedingungen der Produktion besteht dieser Parcours sowohl aus einer kurzen Geradeausstrecke von zwei Metern, einer Kurvenfahrt mit einem Radius von zweieinhalb Metern und einer längeren Geradeausstrecke von sechs Metern. Es gibt keine Steigungen oder Kanten zu überwinden. Zwischen den einzelnen Fahrabschnitten wurde der Trailer von den Versuchsprobanden an markierten Positionen gestoppt. Das Bruttoversuchsgewicht der Trailer wurde in drei Stufen von 300kg, 600kg und 900kg variiert und mit dem jeweiligen Gewicht mehrfach von den insgesamt 20 Probanden durch den Parcours bewegt. Die erste Hälfte der Strecke wurde der Trailer geschoben, die zweite gezogen.

2.2 Ergebnisse der Untersuchung zu personenbezogenen Kräften

Abbildung 2 zeigt einen typischen Kraftverlauf, wie er beim Durchfahren der Teststrecke entsteht. Die schwarze Kurve stellt den Verlauf der Hauptkraftkomponente (x-Richtung), die zum Bewegen des Trailers notwendig ist, dar. Die rote und blaue Kurve stellen nach Bokranz und Landau (2006) parasitäre Kräfte dar, welche nicht zur eigentlichen Bewegung beitragen und deshalb für die weitere Untersuchung nicht betrachtet werden. Weiterführende Untersuchungen haben gezeigt, dass parasitäre Kräfte gut 10% der Gesamtkraft bei dieser Art von Tätigkeit ausmachen.

Erkennbar ist, dass, unabhängig vom Ziehen und Schieben, beim Losfahren und

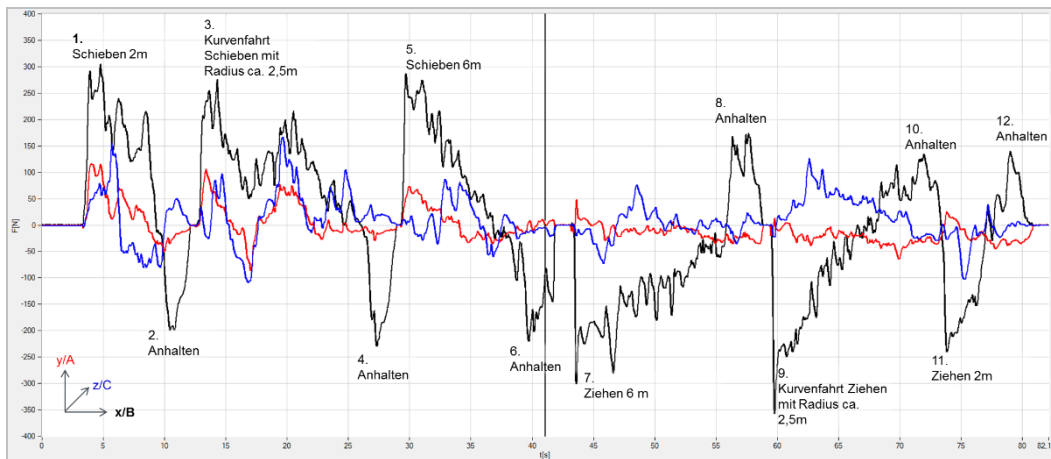


Abbildung 2: Exemplarischer Kraftverlauf mit einem Gewicht von 900kg bei der Fahrt durch den Versuchsparcours

Anhalten Kraftspitzen auftreten. Zwischen diesen beiden charakteristischen Punkten sinken die aufgebrachtten Kräfte stark ab. Deshalb werden die Werte dieser Kraftspitzen in den weiteren Untersuchungen zusammengetragen und statistisch ausgewertet. Diese Kräfte werden in ISO 11228-2 (2007) als Initial- bzw. Stoppkräfte beschreiben, die -wie beobachtet- im Regelfall höher sind als die Kräfte während des in Bewegung Haltens. Aus den statistischen Analysen geht eine probandenabhängige gleiche Höhe dieser Initial - und Stoppkräfte der einzelnen Fahrabschnitten hervor.

Die Analysen ergaben, dass gleich hohe Werte der Kräfte für kurze Fahrstrecken, Kurvenfahrten oder längere Strecken aufgebracht werden. In Abbildung 3 sind in einem Multi-Vari Chart die Kraftmittelwerte der 20 Probanden in Abhängigkeit vom Trailergewicht dargestellt.

Sind die Initial- und Stoppkräfte eines Probanden für die Streckenabschnitte gleich, so unterliegen die interindividuellen Werte hingegen einer Streuung mehrerer hundert Newton. Abbildung 3 belegt, dass die gleiche Aufgabe von den Personen auf unterschiedliche Art ausgeführt wird. Um eine solche Aufgabe möglichst schädigungslos durzuführen, sollten nach ISO 11228-2 die Kräfte beim Ziehen und Schieben möglichst gering sein.

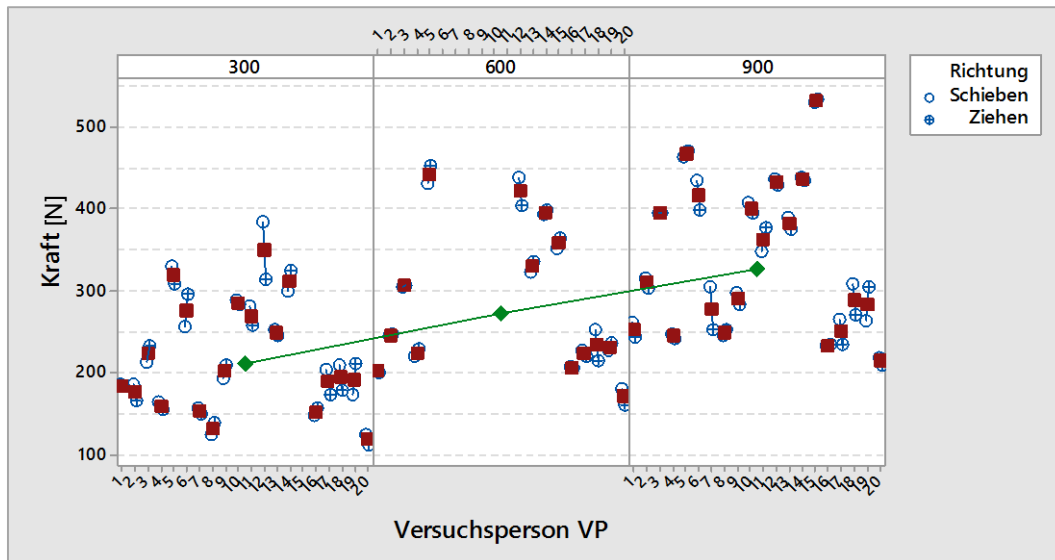


Abbildung 3: Multi-Vari Chart nach Kraft bei Gewichten von 300kg, 600kg, 900kg, der 20 Probanden und Richtung (Schieben, Ziehen)

Daraus ergibt sich die Fragestellung, welche Vorgaben zur Ausführungsweise seitens des Unternehmens existieren und wie hoch die minimal erforderlichen Kräfte überhaupt sind.

3. Erforderliche Kräfte zum Bewegen von Trailern

3.1 Unternehmensvorgaben zur Ausführungsweise

Seitens des Unternehmens gibt es bislang keine direkten Vorgaben zur gewünschten Ausführungsweise beim Ziehen und Schieben von Trailern. Bedingt lässt sich jedoch indirekt aus der zeitwirtschaftlichen Bewertung der Arbeitsgänge eine Vorgabe erschließen. Beispielsweise lässt sich aus der Planzeitkarte für Transportwagen (die auf Bausteinen des MTM-Systems basieren) die gewichtsbezogenen Zeiten für das Anfahren und Anhalten ablesen, ebenso wie die Zeiten für das Fahren pro Meter. Die daraus errechenbare Beschleunigung wird mit der zugehörigen Gewichtslast multipliziert, woraus sich die Initial- und Stoppkraft errechnet.

Bleibt die Frage, ob diese Kräfte unter den gegebenen Bedingungen innerhalb der Hallen der Audi AG einzuhalten sind. Dazu ist es notwendig, die minimal erforderlichen Kräfte zu ermitteln.

3.2 Versuchsaufbau zur Ermittlung minimal erforderlicher Kräfte

Um diese minimal erforderlichen Kräfte zu ermitteln, wurde ein eigens entwickelter Versuch durchgeführt. Dazu wurde der Trailer an der Deichsel durch einen umgelenkten Kettenzug mit einer definierten Geschwindigkeit von 2 m/min gezogen. Dieser Versuch wurde ebenfalls mit den Gewichtsvarianten 300kg, 600kg und 900kg auf dem glattesten und dem rauesten Standardhallenboden im Werk Neckarsulm durchgeführt. Dabei standen in einer Variante die drehbar gelagerten Räder in Fahrtrichtung ausgerichtet. In einer anderen wurden diese so positioniert, dass sie

sich während der Versuchsdurchführung umdrehen. Alle Varianten wurden aus Gründen der statistischen Absicherung mehrmals hintereinander durchgeführt.

3.3 Ergebnisse der Messung minimal erforderlicher Kräfte

In

Abbildung 4 sind die Ergebnisse der gemessenen Kräfte in Form von Boxplotdiagrammen dargestellt. Erkennbar ist der Einfluss des Bodenbelags auf die Höhe der aufzubringenden Minimalkräfte, der mit steigendem Gewicht größer wird. Beim Vergleich der Lage der Kräfte im linken Diagramm (Räder in Fahrtrichtung) mit denen im rechten Diagramm (Räder nicht in Fahrtrichtung) wird eines besonders deutlich:

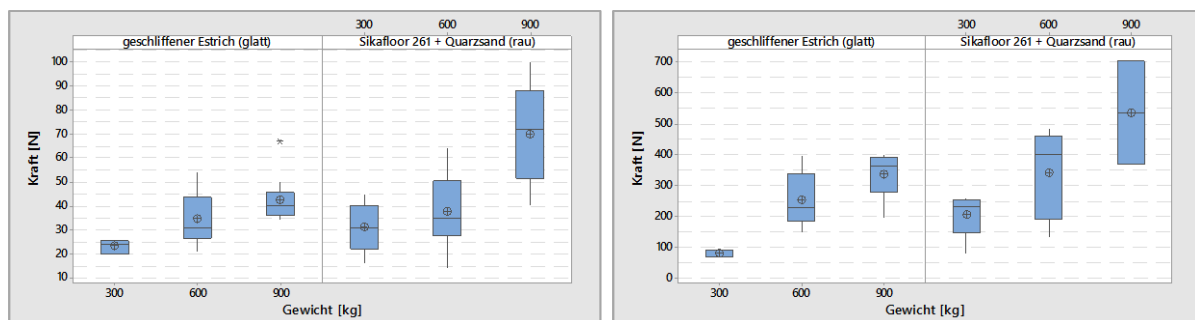


Abbildung 4: Boxplotdiagramme nach ermittelten Maximalkraftwerten bei unterschiedlichen Gewichten von 300kg, 600kg, 900kg.

Links: Kraftwerte wenn die Räder in Fahrtrichtung ausgerichtet sind.

Rechts: Kraftwerte wenn die Räder nicht in Fahrtrichtung ausgerichtet sind.

Sofern die Räder nicht parallel zur Fahrtrichtung ausgerichtet sind und der Trailer quasi aus dem Stand bewegt wird, ergeben sich im günstigsten Fall vier Mal höhere Kräfte, im schlechtesten Fall sogar bis zu zehn Mal höhere Kräfte. Somit stellt -neben dem Gewicht- auch das Umschlagen der Räder einen maßgeblichen Faktor zur aufzuwendenden Kraft beim Losfahren dar.

4. Zusammenfassung und Diskussion

Die Versuche zur Ermittlung von Körperkräften beim Ziehen und Schieben zeigen eine hohe Streuung zwischen den 20 Probanden. Das Merkblatt zu der Berufskrankheit Nr. 2108 (Bundesministerium für Arbeit und Soziales 2006) beinhaltet geschlechtsspezifische Richtwerte für die Kräfte bei logistischen Tätigkeiten. Diese reichen für weibliche Mitarbeiterinnen von 250 N beim Ziehen bis zu 450 N für männliche Mitarbeiter beim Schieben. Bei AUDI wurde ein interner Richtwert von 300 N für das Ziehen und Schieben formuliert (Dreves 2012). Die Untersuchungen haben gezeigt, dass es nach indirekten Unternehmensvorgaben, die sich aus den Vorgabezeiten errechnen lassen, möglich ist, diese Richtlinien einzuhalten. Es gibt heute schon Mitarbeiter, die dies umsetzen. Andere wenden unnötig viel Kraft auf. Auch wenn es sich bei den Grenzwerten der DIN 33411-5 um maximal statische Aktionskräfte für ein männliches Nutzerkollektiv handelt, empfiehlt es sich Kräfte von 450 N beim Ziehen und 685 N beim Schieben nicht zu überschreiten (DIN 33411-5:1999-11). Deshalb hat sich die Abteilung

„Produktionssteuerung/Werklogistik“ der Audi AG im Werk Neckarsulm entschlossen, ein Schulungsmodul zum risikoarmen Bewegen von Trailern zu entwickeln und umzusetzen. Erste Konzepte liegen dazu bereits vor.

In weiteren Versuchen wurde die minimal erforderliche Kraft ermittelt, welche zur Bewegung von Trailern notwendig ist. Wenn im günstigsten Fall die Räder parallel zur Fahrtrichtung ausgerichtet sind, liegen diese Kräfte weit unterhalb der Richtwerte. Muss jedoch ein schwerer Trailer auf einem rauen Boden mit schräg stehenden Rädern in Bewegung gesetzt werden, sind immens hohe Kräfte erforderlich. Diese Untersuchungen zeigen eine Abhängigkeit der aufzubringen Körperkräfte in Bezug zu den Trailergewichten. Der deutlich entscheidendere Faktor ist jedoch die Ausrichtung der beiden drehbar gelagerten Räder. Deshalb muss eine technische Lösung gefunden werden, damit ein Räderumschlagen bei mittelschweren bis schweren Trailern beim Anfahren nicht mehr entsteht. Erste Konzepte dazu wurden entwickelt und müssen anschließend physisch umgesetzt und getestet werden.

5. Literatur

- DIN 33411-5:1999-11, 1999-11: DIN 33411-5:1999-11 Körperkräfte des Menschen Teil 5: Maximale statische Aktionskräfte, Werte.
- ISO 11228-2:2007, 2007-04: ISO 11228-2:2007-04 Titel (deutsch): Ergonomie - Manuelle Handhabung - Teil 2: Ziehen und Schieben Produktabbildung - ISO 11228-2:2007-04
- Bokranz, Rainer; Landau, Kurt (2006): Produktivitätsmanagement von Arbeitssystemen. MTM-Handbuch. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2006): Merkblatt zu der Berufskrankheit Nr. 2108, 09-2006.
- Dreves, Frank (2012): Empirische Studie von Wirkmechanismen zum Wandel in der Arbeitswelt. - Am Beispiel " Ergonomie, Demografie und Führung". 09107 Chemnitz: Technische Universität Chemnitz, Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme (Wissenschaftliche Schriftenreihe des Institutes für Betriebswissenschaften, Band 95).
- Glitsch, Ulrich (2004): Untersuchung der Belastung von Flugbegleiterinnen und Flugbegleitern beim Schieben und Ziehen von Trolleys in Flugzeugen. Sankt Augustin: BIA (BIA-Report / Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz - BIA, 2004,5).
- Wakula, Jurij; Berg, Knut; Schaub, Karlheinz; Bruder, Ralph (2009): Der montagespezifische Kraftatlas. Hannover, Sankt Augustin: Technische Informationsbibliothek u. Universitätsbibliothek; BGI (BGI-Report, 2009,3).