

## Verbesserung der Arbeitsbedingungen beim Ziehen und Schieben von Lasten

Christoph MÜHLEMEYER, Martin KEUCHEL, André KLUßMANN

*Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie e.V. (ASER),  
Corneliusstraße 31, D-42329 Wuppertal*

**Kurzfassung:** Eine technische Maßnahme zur Belastungsreduktion beim Einsatz von Transportwagen kann die Verwendung von Rädern und Rollen mit optimierten Rollwiderständen darstellen. Die unterschiedlichen Einsatzbedingungen, Bodenbeschaffenheiten und die Vielzahl der auf dem Markt existierenden Räder- und Rollenvarianten erschweren es jedoch, die belastungsmindernden Potenziale voll auszuschöpfen. Um die erforderlichen Kräfte beim manuellen Lastentransport sowie Potenziale zur Gestaltung der Arbeitsbedingungen zu ermitteln, wurden 3-axiale Kraftmessungen in Produktionsbetrieben und im Laborversuch durchgeführt. Hieraus kann abgeleitet werden, dass in vielen Anwendungsfällen durch den Einsatz von auf die Bodenbeschaffenheiten angepassten Räder- und Rollenmaterialien aufgrund geringerer Rollwiderstände eine Reduktion der benötigten Aktionskräfte auf 1/3 im Vergleich zum Ausgangszustand realistisch ist. Deutliche absolute Effekte der Belastungsreduktion sind für viele Einsatzbedingungen ab Transportgewichten von 200 kg möglich.

**Schlüsselwörter:** Ziehen und Schieben, Transportmittel, Räder und Rollen, Handkraft, Bodenbeschaffenheiten, Belastungsminderung

### 1. Hintergrund

Knapp ein Viertel aller Arbeitsunfähigkeits-Tage wird durch arbeitsbezogene Muskel-Skelett-Erkrankungen verursacht (BMAS, 2013). Die Diagnosegruppe führt seit Jahren die Statistik der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) an und kann mit beruflichen Belastungen des Muskel-Skelett-Systems, wie der manuellen Lastenhandhabung in Verbindung stehen. Aufgrund des stetig wachsenden Anteils älterer Beschäftigter in den deutschen Fertigungs- und Montagebereichen ist zukünftig von weiter steigenden Folgekosten für DGUV und Unternehmen auszugehen. Hiermit wächst der Bedarf, Belastungsschwerpunkte systematisch zu ermitteln und hierauf aufbauend zu prüfen, in welcher Art und Weise die Belastungsursachen durch optimierte Arbeitsbedingungen effektiv reduziert werden können.

Seit 2006 wurden die Produktions-Arbeitssysteme von rund 19.000 Beschäftigten anhand einer standardisierten Belastungsbewertung von Arbeitsvorgängen (Teiltätigkeiten) mit dem Belastungs-Dokumentations-System (Peters, 1986) bei einem deutschen Automobilzulieferer erhoben. Die organisationsübergreifenden Auswertungen der Belastungsprofile zeigen, dass in der Gruppe der physischen Belastungsfaktoren durch das Belastungsmerkmal manuelle Lastenhandhabung jährlich ca. 2.500 Beschäftigte besonders stark belastet werden. So lässt es sich bisher u. a. nicht vermeiden, dass bei etwa 7,5% der Tätigkeiten kritische Lastgewichte transportiert werden müssen, was dann in der Schichtbetrachtung der Arbeitssysteme häufig zu den

Risikobereichen 3 und 4 nach der Leitmerkmalmethode zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Ziehen und Schieben von Lasten (LASI, 2001) führt. Diese Risikobereiche kennzeichnen wesentlich erhöhte und hohe Belastungen und zeigen an, dass erhöhte Wahrscheinlichkeiten für gesundheitliche Schädigungen bei den betroffenen Beschäftigten vorliegen (Abb. 1). Beim manuellen Lastentransport werden insbesondere die Lendenwirbelsäule und deren umgebende Muskulatur, der Hand-Arm-Schulterbereich sowie die Hüft- und Kniegelenke beansprucht. Bei langjähriger Exposition können Beschwerden und degenerative Veränderungen des Muskel-Skelett-Systems und der großen Gelenke auftreten (Hartmann et al., 2013).

Beispiele: Bedienen von Manipulatoren, Bestücken von Maschinen, Essenverteilung im Krankenhaus, ... Beispiele: Müllabfuhr, Mobilitätsverkehr in Gebäuden auf Rollen, Aus- und Umladen von Containern, ...

**2. Schritt: Bestimmung der Wichtungen von Masse, Positioniergenauigkeit, Geschwindigkeit, Körperhaltung und Ausführungsbedingungen**

Zu bewegende Masse (Lastgewicht)	Flurförderzeug, Hilfsmittel				
	Ohne, Last wird gerollt	Karren	Wagen, Roller, Trolleys ohne Bockrollen (nur Lenkrollen)	Gleiswagen, Handwagen, Handhubwagen, Rollenbahnen, Wagen mit Bockrollen	Manipulatoren, Seilbalancer
<b>Rollend</b>					
< 50 kg	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
50 bis < 100 kg	1	1	1	1	1
100 bis < 200 kg	1,5	2	2	1,5	2
200 bis < 300 kg	2	4	3	2	4
300 bis < 400 kg	3		4	3	
400 bis < 600 kg	4		5	4	
600 bis < 1000 kg	5			5	
≥ 1000 kg					
<b>Gleitend</b>					

**Graue Bereiche:** Kritisch, da die Kontrolle der Bewegung von Flurförderzeug / Last

**Abbildung 1:** Leitmerkmalmethode zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Ziehen und Schieben von Lasten. Ausschnitt aus Leitmerkmal Lastwichtung: Die grauen und schraffierten Bereiche zeigen kritische und zu vermeidende Lastgewichte in Abhängigkeit der Beförderungsart oder des gewählten Transportmittels an (LASI, 2001).

Eine technische Maßnahme zur Belastungsreduktion beim Einsatz von Transportwagen kann die Verwendung von Rädern und Rollen mit optimierten Rollwiderständen darstellen. Die unterschiedlichen Einsatzbedingungen, Bodenbeschaffenheiten und Vielzahl der auf dem Markt existierenden Räder- und Rollenvarianten erschweren es jedoch, die belastungsmindernden Potenziale voll auszuschöpfen.

Ein Ziel der vorliegenden Studie war es, Hilfestellungen für die Beschaffung und Optimierung von Transportwagen durch den Einsatz rollwiderstandsoptimierter Räder und Rollen bereitzustellen. Hierzu wurden Kraftmessungen in Produktionsbetrieben und im Laborversuch mit verschiedenen Transportwagentypen, Rollenarten und Lastgewichten auf unterschiedlichen Bodenarten und Bodenbeschaffenheiten durchgeführt um die auftretenden Aktionskräfte beim manuellen Lastentransport sowie Effekte der Umgestaltung von Transportmitteln zu quantifizieren. Nachfolgend werden exemplarisch die Ergebnisse eines Labor- und eines Feldversuches sowie die hieraus abgeleiteten Schlussfolgerungen vorgestellt.

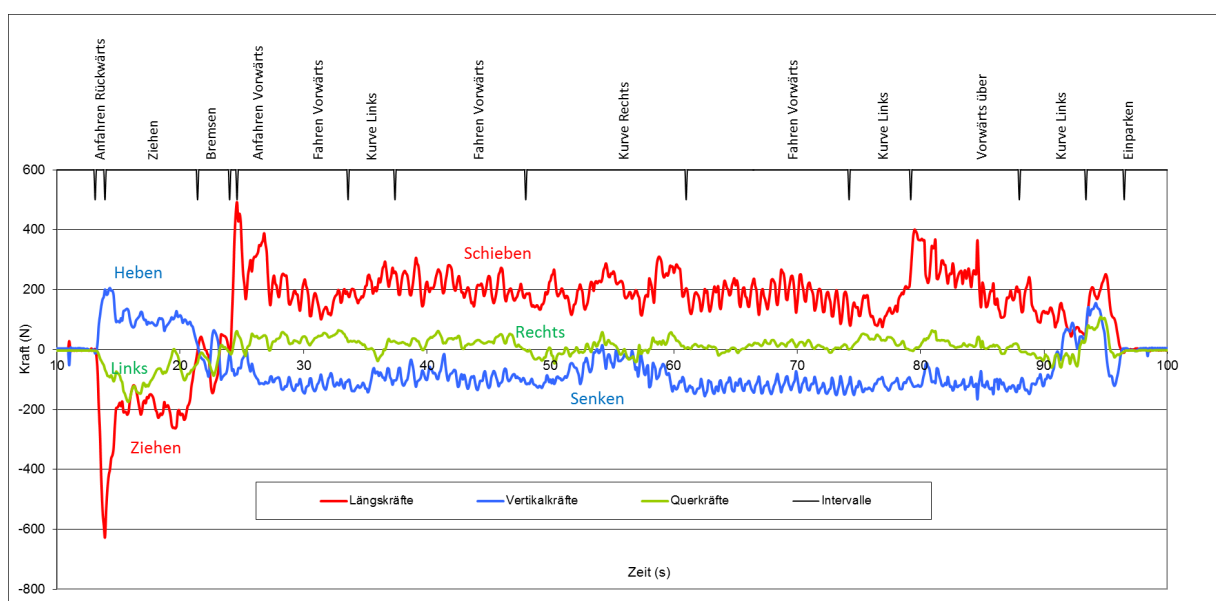
## 2. Methode

Zur Erfassung und Aufzeichnung der Aktionskraftverläufe wurde ein piezoelektrisches 5-Komponenten-Handkraftmesssystem, bestehend aus zwei Kraftmessgriffen, vom Hersteller Kistler verwendet. Hiermit können bei einer Abtastrate von 50 Hz die auftretenden Längs-, Quer- und Vertikalkräfte gemessen werden, aus denen sich als Vektorsumme die resultierende Aktionskraft ergibt (Backhaus et al., 2012). Je nach Transportwagen erfolgte die Montage der Kraftmessgriffe an die vorhandenen Griffe oder an die von den Beschäftigten üblicherweise genutzten Greifbereiche.

Zur Standardisierung relevanter Messungen wurden abgesteckte Messstrecken in verschiedenen Bewegungsarten (ziehend, schiebend) und Laufrichtungen (vorwärts, rückwärts) durchfahren und dabei unterschiedlichste Transportteiltätigkeiten wie Beschleunigen und Abbremsen, Geradeaus- und Kurvenfahrt durchgeführt. Die Versuche fanden innerhalb von verschiedenen Gebäuden statt, zumeist auf Industriehallenböden mit Epoxidharzbeschichtung, sofern praxisrelevant, wurden erschwerte Einsatzbedingungen wie Gitterroste, Rampen und Bodenverschmutzungen in die Messungen mit einbezogen. Es kamen u. a. Palettenwagen und Rollcontainer mit 2 Bock- und 2 Lenkrollen, Transportroller mit ausschließlich Lenkrollen sowie Schwerlast-Transportwagen mit Deichsel zum Einsatz.

## 3. Ergebnisse

Die auftretenden Aktionskräfte verliefen - charakteristisch für Zieh- und Schiebtätigkeiten - pulsierend synchron mit der Schrittfrequenz der Beschäftigten und resultierten hauptsächlich aus der Längskraft, die in Bewegungsrichtung aufgebracht wird. Zu erhöhten Vertikalkräften kam es beim Anfahren und Abbremsen sowie bei ungünstiger Krafteinleitung (Griffe zu niedrig/hoch). Erhöhte Querkräfte wurden insbesondere in engen Kurvenfahrten gemessen. Die höchsten Aktionskräfte waren erwartungsgemäß beim Beschleunigen und Abbremsen sowie beim Überfahren von Hindernissen aufzubringen (Abb. 1).



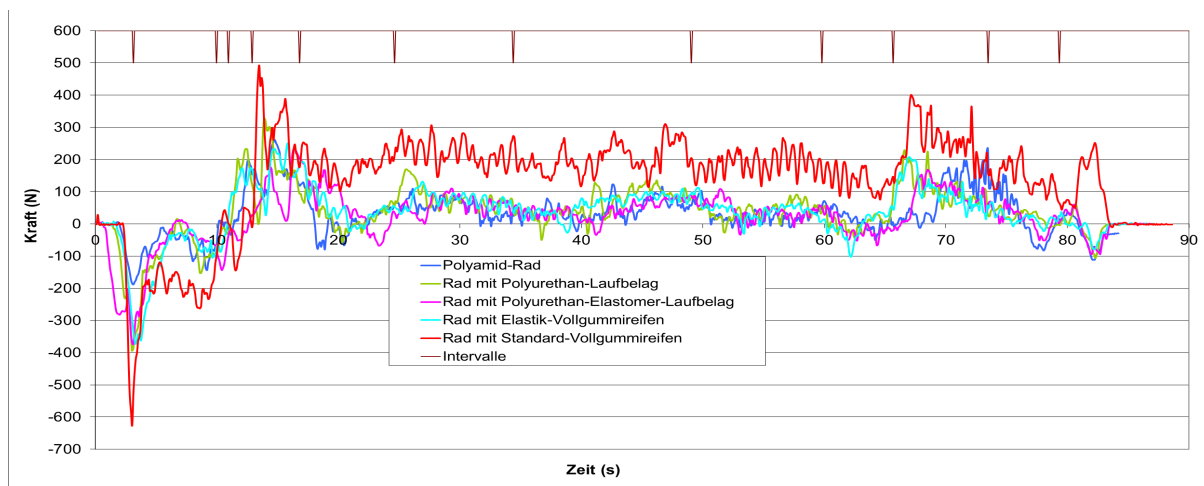
**Abbildung 1:** Exemplarischer Verlauf von Längs-, Quer- und Vertikalkräften beim Lastentransport

### 3.1 Effekte von Laufbelagsmaterialien mit geringem Rollwiderstand

Die Laborversuche zur Quantifizierung potenzieller belastungsmindernder Effekte durch den Einsatz optimierter Laufbelagsmaterialien wurden mit einem Palettenwagen mit 2 Bock- und 2 Lenkrollen auf einem Industrieboden mit Epoxidharzbeschichtung auf einer abgesteckten Messstrecke durchgeführt ( $n = 110$  Messungen). Der Palettenwagen wurde dabei mit verschiedenen Lastgewichten beladen, sodass sich zu bewegendende Gesamtmassen von 75kg, 225kg, 400kg und 560kg ergaben. Es wurden fünf neue Rollensätze (Durchmesser jeweils 125mm) mit den Laufbelagsmaterialien Elastik-Vollgummi, Polyamid, Polyurethan, Polyurethan-Elastomer und Standard-Vollgummi bzgl. der auftretenden Aktions- und Längskräfte verglichen.

Bei allen Versuchen war der erforderliche Kraftaufwand bei Standard-Vollgummireifen am höchsten. Hierbei ergaben sich bspw. bei 580 kg Gesamtlast eine maximale Aktionskraft von 663 N (maximale Längskraft: 630 N) beim rückwärts Anfahren und erforderliche Aktionskräfte zwischen 119 N und 333 N ( $RMS_{gesamt} = 230$  N;  $RMS_{längs} = 206$  N) bei Geradeaus- und Kurvenfahrt.

Im gleichen Streckenabschnitt wurden bei identischer Beladung bei den Laufbelagsmaterialien Polyamid ( $RMS_{längs} = 49$  N), Polyurethan-Elastomer ( $RMS_{längs} = 56$  N), Elastik-Vollgummi ( $RMS_{längs} = 66$  N) und Polyurethan ( $RMS_{längs} = 68$  N) deutlich niedrigere durchschnittlichen Längskräfte gemessen (Abb. 2).



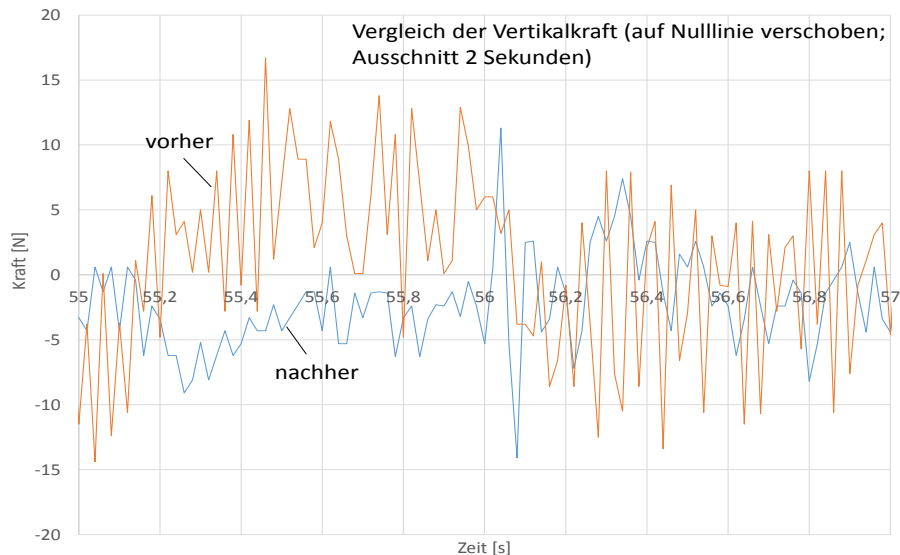
**Abbildung 2:** Vergleich der Längskräfte (N) beim Ziehen und Schieben bei unterschiedlichen Laufbelagsmaterialien,  $m_{Gesamt} = 580$  kg, Palettenwagen mit 2 Bock-, 2 Lenkrollen; Industrieboden mit Epoxidharzbeschichtung

### 3.2 Kombinierte Effekte von Laufbelagsmaterialien, -durchmesser und -geometrie

Um die kombinierten Effekte des Einsatzes von optimierten Laufbelagsmaterialien, -durchmesser und -geometrie zu quantifizieren, wurde in einem Feldversuch ein Transportroller mit 4 Lenkrollen und einem Gesamtgewicht von 241kg auf Gitterrosten (Maschenweite 5/20 mm) transportiert. Im Ausgangszustand waren 2 Hartkunststoff- und 2 Vollmetallrollen mit 80 mm Durchmesser unter dem Transportroller montiert. Die Umstellung erfolgte auf 4 ballige Polyurethan-Elastomer-Rollen mit speziell geformten Lagerschalen und einem Durchmesser von 125mm.

Gemittelt über drei Versuche ergab sich bei Geradeausfahrt über den Gitterrost eine durchschnittliche Reduktion der Längskräfte vom Ausgangszustand ( $RMS_{längs} =$

96N) zur Umstellung ( $RMS_{l\ddot{a}ngs} = 40N$ ) um 56 N. Der in Abbildung 3 dargestellte Vergleich der Vertikalkraftverläufe (verschoben auf Nulllinie) zeigt, dass die geringe Laufbelagelastizität im Ausgangszustand vergleichsweise hochfrequente Hand-Arm-Vibrationen zur Folge hatte (Abb.3, Linie vorher). Der Wechsel auf ein hartelastisches Laufbelagsmaterial führte zur Dämpfung der Hand-Arm-Vibrationen (Abb.3, Linie nachher).



**Abbildung 3:** Vergleich der vertikalen Schwingungen bei Fahrt über Gitterrost mit Trolley (4 Lenkrollen) und 241kg Gesamtgewicht. Effekte des Wechsels von 2 Hartkunststoff- und 2 Vollmetallrollen mit 80mm Durchmesser auf 4 Polyurethan-Elastomer-Rollen mit 125 mm Durchmesser und speziell geformten Lagerschalen

#### 4. Schlussfolgerungen

Manueller Lastentransport kann aufgrund hoher Lastgewichte und ungünstiger Bodenbeschaffenheiten zu hohen erforderlichen Aktionskräften und damit zu hohen physischen Belastungen führen. Produktionsbedingt lässt es sich nicht immer vermeiden, dass Transportwagen auch mit über 1 Tonne Beladung manuell transportiert werden müssen. Zudem führen ungeeignete und teils unterschiedliche Laufbelagsmaterialien sowie mangelhafte Wartung der Rädern und Rollen dazu, dass auch bei guten Bodenbeschaffenheiten ohne Steigungen bei Geradeausfahrt die im Merkblatt zur Berufskrankheit Nr. 2108 (BMAS, 2006) empfohlenen Aktionskraftgrenzwerte für das Ziehen ( $F = 250\text{ N}$ ,  $M = 350\text{ N}$ ) und Schieben ( $F = 300\text{ N}$ ;  $M = 450\text{ N}$ ) bereits bei Transportlasten von wenigen hundert Kilogramm überschritten werden. Häufig liegen darüber hinaus schlechte Kraftübertragungsbedingungen (keine Griffe, ungenügender Griffkomfort/-anordnung) vor, was zu zusätzlichen Beanspruchungen des Hand-/Armsystems aufgrund ungünstiger Druckverteilungen auf der Handfläche der Beschäftigten führt.

In vielen Anwendungsfällen ist durch den Einsatz von auf die Bodenbeschaffenheiten angepassten Räder- und Rollenmaterialien aufgrund geringerer Rollwiderstände eine Reduktion der benötigten Aktionskräfte auf 1/3 im Vergleich zum Ausgangszustand realistisch. Deutliche absolute Effekte der Belastungsreduktion sind für viele Einsatzbedingungen ab Transportgewichten von 200 kg möglich. Kunststoffma-

terialien mit hoher Belagshärte wie Polyamid können bei Innenanwendungen und einfachen Bodenanforderungen ohne Unebenheiten und Verschmutzungen empfohlen werden. Harte und gleichzeitig elastische Spezialmaterialien wie Polyurethan-Elastomer-Laufbeläge empfehlen sich bei hohen Transportgewichten und komplexeren Anforderungen wie Hindernissen, Verschmutzungen und Zusatzanforderungen an Bodenschonung und Lärmentwicklung.

Neben der geeigneten Wahl des Laufbelagsmaterials ist es wichtig, die benötigten Tragfähigkeiten der Räder und Rollen zu beachten um die Potenziale der Belastungsminderung auszuschöpfen und eine möglichst hohe Lebensdauer zu gewährleisten. Sofern produktionsbedingt und unter Beachtung der notwendigen Standsicherheit des Transportmittels möglich, sollte in allen Anwendungsfällen - insbesondere aber bei komplexen Bodenanforderungen – der Rollendurchmesser so groß wie möglich dimensioniert werden und auch auf dämpfende Eigenschaften der Laufbelagsmaterialien und Lagerungen geachtet werden. Hand-Arm-Vibrationen lassen sich durch hart-elastische Laufbelagsmaterialien und spezielle Lagerschalen verringern und eignen sich auch um hohe Qualitätsanforderungen wie etwa beim Transport frisch lackierter Teile zu erfüllen.

Bei exakt zu positionierenden Transportwagen und häufig durchzuführenden Richtungsänderungen wirken sich ballige Laufbelagsflächen positiv auf die Manövrierbarkeit aus, da bei dieser Laufbelagsgeometrie der Schwenkwiderstand geringer ist. Ist häufiges Anfahren und Abbremsen notwendig, sollten zusätzliches Zubehör wie Antriebsunterstützung und einfach bedienbare Bremssysteme bei Neubeschaffung und Wartung der Transportwagen als Maßnahmen immer mit einbezogen werden.

In Unterweisungen sollten die Beschäftigten für die Thematik sensibilisiert werden um darauf hinzuwirken, dass schwergängige Transportwagen der Wartung übergeben werden und in diesem Rahmen die Themen ruckartiges Losreißen und einarmiges, verdrehtes Ziehen von Transportwagen behandelt werden.

## 5. Literatur

- Backhaus C, Jubit KH, Post M, Ellegast R, Felten C, Hedtmann J (2012). Belastung des Muskel-Skelett-Systems beim Ziehen und Schieben von Müllgroßbehältern. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 2012/4.
- BMAS (2006) Merkblatt zu der Berufskrankheit Nr. 2108 der Anlage zur Berufskrankheiten-Verordnung (BKV), Bundesarbeitsblatt 10-2006, S. 30 ff.
- BMAS (2013) Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2012“, Bericht der Bundesregierung, BT-Drucksache 18/179 vom 16.12.2013
- LASI (2002): Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Ziehen und Schieben von Lasten. Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (Hrsg.). LASI-Veröffentlichung LV 29, 2002.
- Hartmann B, Spallek M, Ellegast R: Arbeitsbezogene Muskel-Skelett-Erkrankungen. Ursachen, Prävention, Ergonomie, Rehabilitation (Handbuch der betriebsärztlichen Praxis). Heidelberg, München, Landsberg, Frechen, Hamburg: ecomed Medizin. 2013
- Klußmann A, Mühlmeier C, Lang KH, Dolfen P, Wendt KD, Gebhardt H, Neumann B, Schäfer A: Praxisbewährte Methoden zur Bewertung und Gestaltung physischer Arbeitsbelastungen. Leistung und Lohn – Zeitschrift für Arbeitswirtschaft, Nr. 541-545, BDA – Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (Hrsg.), Berlin, Heider-Verlag, Bergisch Gladbach, 2013.
- Peters, H. (1986): Verfahren zur Beurteilung arbeitsbedingter Belastungen BAB. In: Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (Hrsg.): Erfassung und Bewertung arbeitswissenschaftlicher Daten, Schriften des IfaA Nr. 62, Köln, 1986, 64-78