



# Vibrationsbelastungen bei der Bedienung von Fahrerstandgeräten

## Innerbetrieblicher Warentransport

**Das Bedienpersonal von Fahrerstandgeräten ist arbeitstäglich beim Fahren gegenüber Ganzkörpervibrationen exponiert. Die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (Lärm-VibrationsArbSchV) setzt den rechtlichen Rahmen zum Schutz der Beschäftigten vor schädigenden Einwirkungen durch Lärm und Vibrationen. Für die betriebliche Umsetzung der Verordnungsvorgaben hat der Unternehmer die entsprechenden Gefährdungen zu beurteilen und gegebenenfalls Maßnahmen zu deren Reduzierung zu ergreifen. Die Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW) führt umfangreiche Messungen in Mitgliedsbetrieben durch und erarbeitet branchenspezifische Hilfen für die Beurteilung der auftretenden Gefährdungen. Im Zug des hier vorgestellten Projekts wurden auf 50 Fahrzeugen Vibrationsmessungen durchgeführt und ausgewertet.**

Ganzkörpervibrationen treten nicht nur beim Fahren von Fahrzeugen im Sitzen wie z. B. bei Gabelstaplern oder Erdbaummaschinen auf, sondern auch beim Fahren von Fahrzeugen, die im Stehen bedient werden. Hierbei werden die Vibrationen dann über die Füße in den Körper eingeleitet. Zu diesen Fahrzeugen zählen beispielsweise auch die Fahrerstandflurförderzeuge, die üblicherweise als Fahrerstandgeräte bezeichnet werden.

Unternehmer haben gemäß § 5 des Arbeitsschutzgesetzes die Pflicht, Gefährdungen ihrer Mitarbeiter zu ermitteln und zu bewerten. Regelungen dazu trifft die am 09.07.2007 in Kraft getretene Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen oder kurz LärmVibrationsArbSchV [1], mit der die beiden europäischen Richtlinien „Vibrationen“ [2] und „Lärm“ in deutsches Recht umgesetzt wurden. Konkretisiert wurde diese Verordnung im März 2010 mit den Technischen Regeln zur Lärm und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (TRLV) [3]. Die Technischen Regeln helfen dem Unternehmer bei der Gefährdungsbeurteilung und bei der Ableitung von Maßnahmen zur Minderung von Vibrationen.

Da es sich für Unternehmen sehr schwierig gestaltet, selbst Vibrationsmessungen im täglichen Betrieb durchzuführen, werden von der BGHW im betriebsüblichen Einsatz Messungen zur Höhe der Vibrationsbelastungen durchgeführt. Die entsprechenden Auswertungen sollen in erster Linie den Mitgliedsbetrieben der BGHW helfen, die Gefährdungen durch Vibrationen auf Grundlage von soliden Datenerhebungen zu beurteilen.

Vorgenannte Fahrerstandgeräte sind in vielen Branchen der bei der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW) versicherten Unternehmen im innerbetrieblichen Warentransport im Einsatz, weshalb für diese Fahrzeuggruppe auch entsprechende Messungen vorgenommen worden sind.

Bei den Fahrerstandgeräten wird zwischen Deichselhubwagen und Kommissionierfahrzeugen unterschieden. Deichselhubwagen sind batteriebetriebene Geräte, die i. d. R. klein und wendig sind. Sie verfügen häufig über eine klappbare Fahrerplattform (Abb. 1), sodass in engen Räumen bei der Bedienung aus dem Stand oder beim Mitgehen rangiert werden kann. Die Tragfähigkeiten liegen zumeist im Bereich von 2000 kg. Aus diesen Gründen sind die Geräte oft bei der Be- und Entladung von LKW oder Wechselbrücken im Einsatz. Sie werden aber auch für Transportfahrten in den Lagerbereichen eingesetzt.

Eine Variante der Deichselhubwagen bilden Fahrzeuge mit feststehenden Plattformen (Abb. 2), die sich innerhalb der Kontur des Geräts befinden.

Kommissionierfahrzeuge (Abb. 3) haben eine etwas andere Bauform und werden i. d. R. für langsame und oft unterbrochene Kommissionierfahrten



**Abb. 1** ▲ Deichselhubwagen mit klappbarer Plattform (Mit freundl. Genehmigung der Jungheinrich AG)



**Abb. 2** ▲ Deichselhubwagen mit fester Plattform (Mit freundl. Genehmigung der Jungheinrich AG)

eingesetzt. Auch sie sind batteriebetrieben. Die Standplattformen für die Bediener befinden sich bei diesen Geräten zumeist zwischen der Antriebs- und Lenkeinheit und dem Ladebereich. Die Plattformen der Geräte sind i. d. R. leicht gefedert.

### Beurteilung von Vibrationsbelastungen

Für die Beurteilung der Einwirkung von Vibrationen wird in der Verordnung der Tagesvibrationsexpositionswert  $A(8)$  definiert. Dieser Wert stellt einen Mittelwert der Vibrationseinwirkungen bezogen auf eine Acht-Stunden-Schicht dar und entspricht der in der Normung verwendeten Beurteilungsbeschleunigung  $a_{w(8)}$  (VDI 2057 Blatt 1; [4]). Der Tagesvibrationsexpositionswert wiederum ist mit den in der Verordnung festgeschriebenen Auslösewerten und Expositionsgrenzwerten zu vergleichen.

Für die Bewertung von Ganzkörpervibrationen sind die einwirkenden Vibrationen in allen drei Raumrichtungen ( $x$ -,  $y$ - und  $z$ -Achse) an den Kontaktflächen zum menschlichen Körper zu erfassen. Nach ISO 2631-1 (1997; [5]) wird das Koordinatensystem auf den stehenden Menschen bezogen. Die drei orthogonalen Raumachsen sind dabei wie folgt festgelegt: Als  $x$ -Achse wird die horizontale Achse in Richtung Brust-Rücken, als  $y$ -Achse die horizontale Achse in Richtung Schulter-Schulter und als  $z$ -Achse die vertikale Achse bezeichnet. Als Kenngröße für die Bewertung der einwirkenden Ganzkörpervibrationen



**Abb. 3** ◀ Kommissionierfahrzeug (Mit freundl. Genehmigung der Jungheinrich AG)

werden die Beschleunigungen in den drei Raumachsen an der Standplattform der Fahrerstandgeräte erfasst. Da die Beanspruchung des menschlichen Organismus nicht nur von der Höhe der einwirkenden Vibrationen, sondern auch von deren Frequenzzusammensetzung abhängt, werden die einwirkenden Beschleunigungen in allen drei Raumachsen frequenzbewertet. Hierbei ist nach ISO 2631-1 (1997) für die horizontalen Achsen eine andere Frequenzbewertung vorzunehmen als für die vertikale Achse. Die frequenzbewerteten Beschleunigungen werden üblicherweise über die Messdauer gemittelt und als energieäquivalente Mittelwerte  $a_{we}$  angegeben. Bei der Messdauer ist darauf zu achten, dass die messtechnisch erfassten Fahrtätigkeiten auch als repräsentativ für die zu beurteilenden Tätigkeiten anzusehen sind. Die repräsentativen Mittelwerte stellen dann die Maßzahl für die Höhe der Vibrationseinwirkung dar. Neben der Höhe der Vibrationseinwirkung ist für die Beurteilung der Vibrationsexposition aber auch die Dauer der Vibrationseinwirkung maßgebend. Zur Beurteilung der Gesamtbelastung für einen Arbeitstag durch die Einwirkung von Ganzkörpervibrationen werden daher der Mittelwert der frequenzbewerteten Beschleunigung  $a_{we}$  und die Einwirkdauer  $T_e$  gemäß nachfolgender Gleichung miteinander verknüpft:

$$A(8) = a_{w(8)} = a_{we} \cdot \sqrt{\frac{T_e}{8h}} \quad (1)$$

- $A(8)$  Tagesvibrationsexpositionswert [m/s<sup>2</sup>]
- $a_{w(8)}$  Beurteilungsbeschleunigung [m/s<sup>2</sup>]
- $a_{we}$  Frequenzbewertete Beschleunigung [m/s<sup>2</sup>]
- $T_e$  Expositionsdauer [h]

Die resultierende Größe heißt nach der Normung Beurteilungsbeschleunigung  $a_{w(8)}$  (VDI 2057 Blatt 1, 2002). Der in der Verordnung genannte Tagesvibrationsexpositionswert  $A(8)$  ist mit der Beurteilungsbeschleunigung identisch. Liegen pro Arbeitstag mehrere Belastungsabschnitte mit unterschiedlichen Mittelwerten der frequenzbewerteten Beschleunigung  $a_{we,i}$  und unterschiedlichen Expositionsdauern  $T_i$  vor, so berechnet sich der Tagesvibrationsexpositionswert  $A(8)$  wie folgt:

$$A(8) = a_{w(8)} = \sqrt{\frac{1}{8h} \cdot \sum_{i=1}^N a_{we,i}^2 \cdot T_i} \quad (2)$$

- $A(8)$  Tagesvibrationsexpositionswert [m/s<sup>2</sup>]
- $a_{w(8)}$  Beurteilungsbeschleunigung [m/s<sup>2</sup>]
- $a_{we,i}$  Frequenzbewertete Beschleunigung des  $i$ -ten Belastungsabschnitts [m/s<sup>2</sup>]
- $T_i$  Expositionsdauer des  $i$ -ten Belastungsabschnitts [h]

Bei Vibrationen, die gleichzeitig in mehreren Richtungen einwirken, ist die Richtung der frequenzbewerteten Beschleunigung zur Beurteilung der gesundheitlichen Gefährdung heranzuziehen, für die sich die geringste Expositionsdauer zum Erreichen der Auslö-

sewerte bzw. der Expositionsgrenzwerte ergibt. Hierbei ist zu beachten, dass für die Beurteilung der Gesundheitsgefährdung die horizontalen Beschleunigungen  $a_{wx}$  und  $a_{wy}$  mit dem Korrekturfaktor  $k = 1,4$  und die vertikalen Beschleunigungen  $a_{wz}$  mit dem Korrekturfaktor  $k = 1,0$  zu multiplizieren sind. Der gemäß den genannten Vorgaben bestimmte Tagesvibrationsexpositionswert  $A(8)$  ist mit den in der Verordnung festgelegten Expositionsgrenzwerten von  $A(8) = 1,15 \text{ m/s}^2$  für die x- und y-Richtung sowie  $A(8) = 0,8 \text{ m/s}^2$  für die z-Richtung und dem Auslösewert von  $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$ , der für alle drei Richtungen gültig ist, zu vergleichen.

Wird der Auslösewert von  $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$  erreicht oder überschritten, sind die Beschäftigten über mögliche Gefährdungen durch die Exposition gegenüber Vibrationen zu unterweisen. Bei Überschreiten des vorgenannten Auslösewerts ist außerdem sicherzustellen, dass die Beschäftigten eine allgemeine arbeitsmedizinische Beratung erhalten. Den Beschäftigten ist ferner arbeitsmedizinische Vorsorge anzubieten. Schließlich ist ein Programm mit technischen und organisatorischen Maßnahmen zur Verringerung der Vibrationsexposition auszuarbeiten und durchzuführen. Werden die Expositionsgrenzwerte von  $A(8) = 1,15 \text{ m/s}^2$  für die horizontalen Achsen und  $A(8) = 0,8 \text{ m/s}^2$  für die vertikale Achse erreicht oder überschritten, ist für die Beschäftigten regelmäßige arbeitsmedizinische Vorsorge zu veranlassen. Das Überschreiten der Expositionsgrenzwerte ist generell zu vermeiden. Sollten die Expositionsgrenzwerte dennoch überschritten werden, sind vom Unternehmer unverzüglich die Gründe hierfür zu ermitteln und Maßnahmen zu ergreifen, um die Vibrationsexposition derart zu reduzieren, dass die Expositionsgrenzwerte wieder eingehalten werden (Abb. 4).

Eine rechtssichere Vorgehensweise für die Gefährdungsbeurteilung beschreibt in diesem Zusammenhang die Technische Regel zur Lärm und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung „TRLV-Vibrationen“. Die Technische Regel konkretisiert die Forderungen der Verordnung ausgiebig, gibt umfangreiche Hilfen für die

Zbl Arbeitsmed 2017 · 67:15–21 DOI 10.1007/s40664-016-0148-y  
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016

F. Rokosch · R. Schick · K. Schäfer

## Vibrationsbelastungen bei der Bedienung von Fahrerstandgeräten. Innerbetrieblicher Warentransport

### Zusammenfassung

Das Bedienpersonal von Fahrerstandgeräten ist beim Fahren dieser Geräte auch Ganzkörpervibrationen ausgesetzt. Diese über die Füße in den Körper eingeleiteten Vibrationen stellen eine Belastung des Muskel-Skelettsystems dar. Die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrations-ArbSchV) setzt den rechtlichen Rahmen zum Schutz der Beschäftigten in Deutschland vor schädigenden Einwirkungen durch Lärm und Vibrationen.

Im vorliegenden Projekt wurden auf 50 Fahrerstandgeräten branchenübergreifend Vibrationsmessungen im betriebsüblichen Einsatz durchgeführt mit dem Ziel, typische Vibrationskennwerte zu ermitteln und dadurch Hilfen für die betriebliche Gefährdungsbeurteilung zu geben. Hierzu wurden Kommissionierfahrzeuge und Deichselhub-

wagen mit und ohne Dämpfungseinrichtung messtechnisch untersucht.

Die Messergebnisse zeigen, dass beim Fahren von Kommissionierfahrzeugen die Auslösewerte der LärmVibrations-ArbSchV nicht erreicht oder überschritten werden. Beim Einsatz von Deichselhubwagen im innerbetrieblichen Warentransport besteht speziell beim Befahren von Verladerampen jedoch durchaus die Gefahr einer Überschreitung der Auslösewerte. Durch den Einsatz von Geräten mit Federdämpfersystem können die Vibrationseinwirkungen um etwa 30–40 % reduziert werden.

### Schlüsselwörter

Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung · Ganzkörpervibrationen · Deichselhubwagen · Kommissionierfahrzeuge · Vibrationsmessungen

## Vibration exposure of pallet truck operators. Internal transport of goods

### Abstract

Operators of pallet trucks are exposed to whole-body vibrations when driving these devices. These vibrations, which are introduced through the feet into the body, represent a burden on the musculoskeletal system. The OSH Noise and Vibrations Regulation has been established as the legal framework for the protection of employees in Germany against harmful effects of noise and vibration.

In this project vibration measurements have been carried out across different branches of industry on 50 devices in common operational use with the aim of identifying typical vibration characteristic values and thereby providing assistance for operational risk assessment. For this purpose, picking trucks and pallet trucks with and

without a damping system were analyzed by measurement.

The results show that while driving picking trucks the action values of the OSH Noise and Vibrations Regulation are not met or exceeded. When using pallet trucks in the internal transport of goods, there is a real risk of exceeding the action levels, especially when driving on loading ramps. Through the use of devices with a damping system vibration effects can be reduced by about 30–40 %.

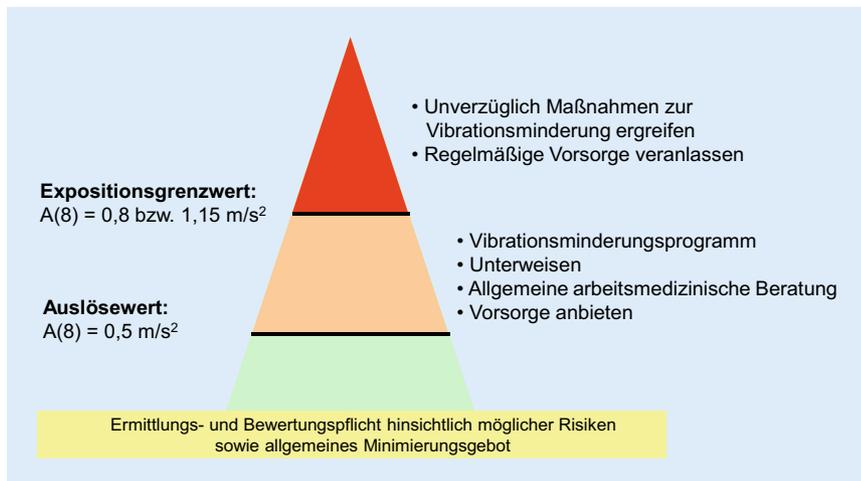
### Keywords

OSH Noise and Vibrations Regulation · Whole-body vibrations · Pallet trucks · Picking trucks · Vibration measurements

Gefährdungsbeurteilung und unterstützt die Unternehmen bei der Auswahl und Durchführung von erforderlichen Maßnahmen. Darüber hinaus werden die Bedingungen für Messungen beschrieben.

## Messmethodik

Die Durchführung von Ganzkörpervibrationsmessungen ist in der DIN EN 14253, 2008 „Messung und rechnerische Ermittlung der Einwirkung von Ganzkörper-Schwingungen auf den Menschen am Arbeitsplatz im Hinblick



**Abb. 4** ▲ Maßnahmenhierarchie nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (Mit freundl. Genehmigung der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik)

auf seine Gesundheit“ [6] und in der VDI-Richtlinie 2057 Blatt 1 „Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen: Ganzkörper-Schwingungen“ beschrieben. Bei der BGHW werden für diese Messungen acht-kanalige Vibrationsmesssysteme vom Typ Soundbook des Herstellers SINUS Messtechnik GmbH in Leipzig verwendet. Es werden damit die Vibrationseinwirkungen auf der Standplattform und am Chassis des Fahrzeugs erfasst. Zu diesem Zweck werden piezoelektrische, triaxiale Beschleunigungsaufnehmer mithilfe von Magneten oder Klebesockeln an den Bauteilen fixiert (Abb. 5).

Die jeweiligen Messdauern auf den Fahrzeugen richten sich nach den durchzuführenden Arbeitsaufgaben. Diese wurden in den Betrieben individuell festgelegt und immer so gewählt, dass sich während den Messungen für die jeweilige Tätigkeit repräsentative Mittelwerte der frequenzbewerteten Beschleunigungen eingestellt haben.

Eine wesentliche Rolle bei der Beurteilung von Ganzkörpervibrationen spielt auch die Ermittlung der Einwirkdauern der Vibrationen auf den menschlichen Körper. Eine Befragung der Fahrer ergibt zumeist zu hohe Einschätzungen der Einwirkdauern, da z. B. Pausenzeiten und Fahrtunterbrechungen durch Wartezeiten oder Nebentätigkeiten wie das Bearbeiten von Versandpapieren oft unterschätzt oder bei den Angaben ignoriert werden. Der exakten Erfassung der

reinen Fahr- und Einwirkdauern kommt deshalb eine herausragende Rolle zu. Die erfassten reinen Fahr- bzw. Einwirkdauern oder die Auswertungen von Betriebsstundenzählern ergeben repräsentative Ergebnisse für die jeweiligen Tätigkeiten, die für eine realistische Beurteilung der Gefährdungen grundlegend sind.

Für die Messungen werden im Betrieb die üblichen Tätigkeiten unterbrochen und das Fahrzeug wird mit den genannten Messaufnehmern ausgestattet. Das Messgerät in der Größe eines Industrienotebooks wird zumeist mithilfe einer eigens dafür angefertigten Ledertasche und Spanngurten auf dem Fahrzeug fixiert, sodass das Fahrpersonal bei seiner Tätigkeit in keiner Weise eingeschränkt ist.

Die messtechnisch untersuchten Fahrzeuge hatten alle eine rutschfeste Gummimatte auf der Standplattform, deren Dämpfungseigenschaften in einer Voruntersuchung im Vibrationslabor des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) in Sankt Augustin untersucht worden sind. Demnach wiesen die untersuchten Matten keine signifikanten vibrationsmindernden Wirkungen auf. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden die Messaufnehmer direkt an den metallischen Oberflächen der Standplattformen angebracht.

## Motivation

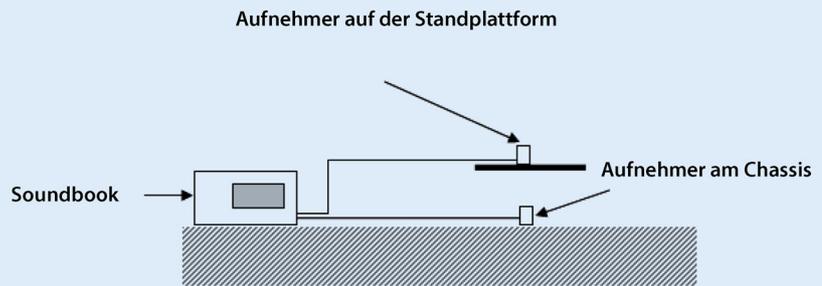
Mit dem Inkrafttreten der LärmVibrationsArbSchV wurde es erforderlich, auch die Vibrationsexposition von stehendem Fahrpersonal zu beurteilen. Laboruntersuchungen des Institut national de recherche et de sécurité (INRS; [7]), dem französischen Institut zur Verhütung berufsbedingter Gefahren, haben ergeben, dass speziell beim Befahren von Laderampen sowohl die Auslösewerte als auch die Expositionsgrenzwerte nach der Richtlinie 2002/44/EG [2] überschritten werden können. Als Haupteinflussfaktoren wurden die Fahrgeschwindigkeit, der Zustand der Fahrstrecken, die Beladung und die Position der Bedienperson analysiert. Darüber hinaus wurde im Labor gezeigt, dass sich Dämpfungssysteme, die in die Fahrzeuge eingebaut waren, signifikant auf die Vibrationsexposition des Fahrpersonals auswirken. Erste Vergleichsmessungen der BGHW auf Fahrzeugen mit und ohne Dämpfungssystem haben diese Erkenntnisse bestätigt. Diese Vergleichsmessungen fanden jedoch nicht unter realen Arbeitsbedingungen, sondern unter standardisierten Versuchsbedingungen statt.

Die BGHW führt bereits seit Jahren Vibrationsmessungen für ihre Mitgliedsunternehmen durch und erarbeitet Hilfen, die es den Unternehmen ermöglichen, bei ähnlichen Bedingungen ohne eigene Messungen eine Gefährdungsbeurteilung an Arbeitsplätzen mit Vibrationsexposition durchzuführen [8, 9].

Im Rahmen der hier vorgestellten Messreihe sollten nun auf Basis der unter Laborbedingungen erarbeiteten Erkenntnisse für Fahrerstandgeräte Vibrationskennwerte im betriebsüblichen Einsatz messtechnisch erfasst werden.

## Tätigkeitsbeschreibung

In den Mitgliedsbetrieben der BGHW werden Waren verschiedenster Art angeliefert und umgeschlagen. Die Anlieferung der Waren erfolgt i. d. R. auf den Ladeflächen von LKW und Anhängern oder in Wechselbrücken. Die Fahrzeuge werden an die Verladestationen der Lager herangefahren und dort abgestellt. Dort vorhandene Rampen werden ausgefah-



**Abb. 5** ▲ Messgerät und Schema des Messaufbaus (Mit freundl. Genehmigung der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik)



**Abb. 6** ▲ Einsatzsituation beim Bedienen eines Deichselhubwagens in der Ebene (Mit freundl. Genehmigung der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik)



**Abb. 7** ▲ Rampenbefahrung mit einem Deichselhubwagen (Mit freundl. Genehmigung der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik)



**Abb. 8** ▲ Kommissionierfahrzeug im Lager (Mit freundl. Genehmigung der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik)

ren und auf die Ladefläche des Fahrzeugs aufgelegt. Die Oberflächen der Rampen sind i. d. R. mit rutschhemmenden Warzenblechen belegt.

Die so angelieferten Waren werden üblicherweise mithilfe von Deichselhubwagen von den Ladeflächen der Fahrzeuge geholt und dann über die beschriebenen Rampen und über ebene Industriefußböden zu den Bereitstellungsflächen transportiert. Die Beladung wird entsprechend in umgekehrter Reihenfolge durchgeführt. Zu den Aufgaben der Bediener der Deichselhubwagen gehören neben der Ent- und Beladung auch die Bearbeitung von Transportpapieren und die entsprechenden Kontrollen der Waren. Oft werden von den Fahrern auch Ladungssicherungsmaßnahmen wie das Umwickeln der Waren mit Schrumpffolien durchgeführt. Teilweise werden mit Deichselhubwagen auch Transport- und Kommissioniertätigkeiten durchgeführt (Abb. 6 und 7).

Kommissionierfahrzeuge werden im Lager dazu eingesetzt, die zu kommissionierenden Waren auf den mitgeführten Paletten oder Rollwagen zu stapeln und anschließend für den Warenausgang bereitzustellen. Dabei werden von Lagereinheit zu Lagereinheit nur kurze Strecken zurückgelegt (Abb. 8). Längere Fahrstrecken werden nur dann zurückgelegt, wenn neue Kommissionen angefangen oder die fertigen Kommissionen zum Bereitstellungs- oder Versandplatz gefahren werden. Die mit den Kommissionierfahrzeugen zu befahrenden Flächen sind i. d. R. ebene Industriefußböden, die selten Schäden aufweisen.

### Messergebnisse

In den Jahren 2008–2015 wurden insgesamt 50 Fahrzeuge verschiedener Hersteller messtechnisch begleitet. Davon waren 39 Deichselhubwagen und 11 Kommissionierfahrzeuge. Die Mess-

dauern wurden den Besonderheiten der jeweiligen Tätigkeiten entsprechend gewählt und variierten von 8 bis 100 min. Die Gesamtmessdauer der 50 Messungen betrug etwa 36 h. Davon entfielen knapp 27 h auf Messungen auf Deichselhubwagen und 9,5 h auf Messungen auf Kommissionierfahrzeugen. Bei den Betrieben handelte es sich um 18 Großhandelsbetriebe verschiedener Branchen.

### Deichselhubwagen

Insgesamt ergaben die Messungen auf der Fahrerstandfläche in der dominanten z-Richtung für das Fahren von Deichselhubwagen auf ebenen Industriefußböden ohne die Befahrung von Verladerrampen eine frequenzbewertete Beschleunigung von  $a_{wze} = 0,53 \text{ m/s}^2$  und beim Befahren von Verladerrampen eine frequenzbewertete Beschleunigung von  $a_{wze} = 0,79 \text{ m/s}^2$ . Diese Werte stellen die Mittelwerte über alle durchgeführten Messungen – unab-

**Tab. 1** Zusammenstellung der Messergebnisse

	Deichselhubwagen						Kommissioniergeräte
	Ebene			Rampenbefahrung			
	Alle	Ohne Dämpfung	Mit Dämpfung	Alle	Ohne Dämpfung	Mit Dämpfung	
Einzelmessungen (n)	14	7	7	25	15	10	11
Gesamte Messdauer (h)	10,3	5,1	5,2	16,6	8,6	8	9,5
Mittelwerte der frequenzbewerteten Beschleunigung							
$a_{wxe}$ (m/s <sup>2</sup> )	0,23 ± 0,06	0,27 ± 0,06	0,20 ± 0,04	0,31 ± 0,06	0,32 ± 0,06	0,30 ± 0,06	0,18 ± 0,09
$a_{wye}$ (m/s <sup>2</sup> )	0,25 ± 0,08	0,30 ± 0,09	0,20 ± 0,04	0,32 ± 0,08	0,33 ± 0,08	0,30 ± 0,07	0,16 ± 0,08
$a_{wze}$ (m/s <sup>2</sup> )	0,53 ± 0,18	0,66 ± 0,15	0,40 ± 0,08	0,79 ± 0,18	0,89 ± 0,14	0,63 ± 0,12	0,46 ± 0,19
Durchschnittliche tägliche Fahrdauer (h)	5	5	5	5	5	5	5
Tagesvibrationsexpositionswert A(8) (m/s <sup>2</sup> )	0,42	0,52	0,32	0,62	0,70	0,50	0,36
Dauer bis zum Erreichen des Auslösewertes (h)	7,1	4,6	12,5	3,2	2,5	5,0	9,5

hängig von Fahrzeugtyp und der vorhandenen Dämpfung – dar.

Von den 39 messtechnisch untersuchten Deichselhubwagen verfügten 17 Fahrzeuge über eine Antriebsdämpfung oder eine spezielle Aufhängung der Fahrerplattform. Bei differenzierter Auswertung unter Berücksichtigung des Vorhandenseins und des Nichtvorhandenseins einer Dämpfungseinrichtung, errechnet sich für das Fahren auf ebenen Industriefußböden ein Mittelwert der frequenzbewerteten Beschleunigungen von  $a_{wze} = 0,40$  m/s<sup>2</sup> für Fahrzeuge mit Dämpfungseinrichtung und von  $a_{wze} = 0,66$  m/s<sup>2</sup> für Fahrzeuge ohne Dämpfungseinrichtung. Bei Rampenfahrten errechnet sich für Fahrzeuge ohne Dämpfungseinrichtung ein Mittelwert der frequenzbewerteten Beschleunigungen von  $a_{wze} = 0,89$  m/s<sup>2</sup> und für Fahrzeuge mit Dämpfungseinrichtung ein Mittelwert von  $a_{wze} = 0,63$  m/s<sup>2</sup> (■ Tab. 1).

### Kommissionierfahrzeuge

Für die Kommissionierfahrzeuge wurde ein Mittelwert der frequenzbewerteten Beschleunigungen in der dominanten z-Richtung von  $a_{wze} = 0,46$  m/s<sup>2</sup> ermittelt (■ Tab. 1). Unterschiedliche Ausstat-

tungsformen, wie diese bei Deichselhubwagen vorhanden waren, existierten bei den messtechnisch untersuchten Kommissionierfahrzeugen nicht. Ebenso wurden keine unterschiedlichen Aufgaben wahrgenommen.

### Ergebnisse

Neben den gemessenen frequenzbewerteten Beschleunigungen sind für die Berechnung der Tagesvibrationsexpositionswerte auch die täglichen reinen Fahr Dauern von Interesse. Nach den durchgeführten Erhebungen ist davon auszugehen, dass die reinen Fahr Dauern sowohl beim Bedienen von Deichselhubwagen als auch beim Bedienen von Kommissionierfahrzeugen typischerweise etwa 5 h pro Arbeitstag betragen. Die hieraus resultierenden Tagesvibrationsexpositionswerte sind ebenfalls in ■ Tab. 1 eingetragen.

Maßgeblich für die Beurteilung der Vibrationsexposition von Beschäftigten ist die LärmVibrationsArbSchV. Erste Maßnahmen sind ab einem Tagesvibrationsexpositionswert von  $A(8) = 0,5$  m/s<sup>2</sup> erforderlich.

### Deichselhubwagen

Für Deichselhubwagen sind zwei Einsatzbereiche zu unterscheiden: Fahren auf ebener Fläche und Rampenbefahrung. Auf den ebenen Flächen im Lager werden die Geräte i. d. R. zur Warenverteilung oder teilweise auch zur Kommissionierung eingesetzt.

Beim Einsatz von Deichselhubwagen in der Ebene ohne Rampenbefahrung liegt der Tagesvibrationsexpositionswert für die Fahrer von Deichselhubwagen ohne Dämpfungssystem im Bereich des Auslösewertes von  $A(8) = 0,5$  m/s<sup>2</sup>. Beim Vorhandensein von Dämpfungssystemen hingegen wird der Auslösewert mit einem Tagesvibrationsexpositionswert von  $A(8) = 0,32$  m/s<sup>2</sup> deutlich unterschritten.

Zu ergreifende Maßnahmen beim Erreichen und Überschreiten des Auslösewertes sind die Erstellung eines Vibrationsminderungsprogramms, die Unterweisung der Beschäftigten hinsichtlich der Gefährdungen und die arbeitsmedizinische Beratung. Den Betroffenen ist darüber hinaus arbeitsmedizinische Vorsorge anzubieten.

Wie die Messungen gezeigt haben, können durch den Einsatz von Deichselhubwagen mit einer Dämpfungseinrichtung die Auslösewerte deutlich unterschritten werden, sodass keine weiteren Maßnahmen erforderlich sind.

Im Einsatzbereich der Rampenbefahrung werden die Geräte zur Be- und Entladung von LKW, Trailern oder Wechselbrücken genutzt. Hier werden mit den Geräten wiederkehrend Verladerrampen überfahren. Bei der Nutzung von Deichselhubwagen ohne wirksame Dämpfungseinrichtung wird bei einem derartigen Einsatz der Auslösewert bereits nach einer reinen Fahrdauer von etwa 2,5 h erreicht; beim Einsatz von Deichselhubwagen mit entsprechenden Dämpfungseinrichtungen wird hingegen der Auslösewert erst bei einer reinen Fahrdauer von etwa 5 h erreicht. Dies entspricht auch der typischen Nutzungsdauer.

Insgesamt kann aufgrund der durchgeführten Messungen festgestellt werden, dass der Einsatz von Dämpfungseinrichtungen bei den hier untersuchten Deich-

selhubwagen eine signifikante Verringerung der frequenzbewerteten Beschleunigung von etwa 30 bis 40 % ergibt und somit derartige Dämpfungssysteme die Vibrationsexposition der Fahrer deutlich verringern können.

Um bei der ausschließlichen Rampenbefahrung den Auslösewert unterschreiten zu können, sind üblicherweise jedoch weitere technische Maßnahmen erforderlich. Eine Möglichkeit wäre z. B. die automatische Geschwindigkeitsreduzierung im Bereich der Rampen. Auch der Anstellwinkel der Rampen und somit der Übergang der Rampe zur Hallenfläche und Ladefläche haben einen Einfluss auf die Vibrationseinwirkungen. Durch entsprechende Optimierungen können die auf die Fahrer einwirkenden Vibrationen weiter reduziert werden.

Schließlich haben auch die Fahrer die Möglichkeit, die Vibrationsexposition selbst zu steuern, z. B. durch umsichtiges Fahren, durch das Umfahren von Fehlstellen im Boden oder durch langsames Überfahren der Rampen oder Dehnfugen.

### Kommissionierfahrzeuge

Aufgrund der durchgeführten Messungen und Erhebungen ist davon auszugehen, dass bei den messtechnisch untersuchten Tätigkeiten beim Fahren von Kommissionierfahrzeugen der Auslösewert von  $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$  nicht überschritten wird.

### Fazit für die Praxis

- Bei den im Rahmen der Messungen vorgefundenen und in diesem Beitrag beschriebenen Bedingungen wird beim Fahren von Kommissionierfahrzeugen der Tagesvibrationsexpositionswert von  $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$  nicht erreicht oder überschritten.
- Beim Einsatz von Deichselhubwagen im innerbetrieblichen Warentransport besteht speziell beim Befahren von Verladerrampen die Gefahr einer Überschreitung des Auslösewerts von  $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$ .

- Durch den Einsatz von Deichselhubwagen mit Dämpfungssystemen können die Vibrationseinwirkungen um etwa 30 bis 40 % reduziert werden.

### Korrespondenzadresse



**F. Rokosch**  
Berufsgenossenschaft Handel  
und Warenlogistik, M 5, 7  
68161 Mannheim,  
Deutschland  
f.rokosch@bghw.de

### Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** F. Rokosch, R. Schick und K. Schäfer geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

### Literatur

1. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Hrsg) (2007) Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen
2. Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2002) Richtlinie „Vibrationen“ 2002/44/EG
3. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Hrsg) (2010) Technische Regel zu Lärm und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung, TRLV
4. VDI 2057, Blatt 1: Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen: Ganzkörper-Schwingungen
5. ISO 2631-1 (1997) Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration LärmVibrationsArbSchV: Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen
6. DIN EN 14253 (2008) Messung und rechnerische Ermittlung der Einwirkung von Ganzkörper-Schwingungen auf den Menschen am Arbeitsplatz im Hinblick auf seine Gesundheit
7. Rebelle J et al (2009) Analyse du comportement vibratoire de 4 transpaletteuses électriques à conducteur porté du marché – Efficacité de leur suspension. INRS, Paris
8. Schäfer K, Rokosch F, Schick R (2010) Untersuchungen zur Quantifizierung verschiedener Einflussfaktoren auf die Vibrationsexposition von Gabelstaplerfahrern. Zentralbl Arbeitsmed Arbeitsschutz Ergon 60:256–267
9. Schäfer K, Schick R, Rokosch F, Becker C (2007) Branchenspezifische Ermittlung von Ganzkörpervibrationen: Hilfen für die betriebliche Praxis. Zentralbl Arbeitsmed Arbeitsschutz Ergon 57:146–157

### Was bedeutet eigentlich das CrossMark-Logo im Beitrag?

Springer kennzeichnet seine Zeitschriftenartikel mit dem CrossMark-Logo. CrossMark



ist ein Kennzeichnungsservice von CrossRef. Die Beiträge sind so markiert, damit der Leser sofort erkennen kann, ob ihm die letzte und aktuell gültige Ausgabe eines Beitrags vorliegt.

CrossMark ist eine Initiative mehrerer Verlage, die Lesern von Zeitschriften einen einheitlichen Standard liefern wollen, damit sie die jeweils gültige und aktuellste Ausgabe eines Artikels oder einer anderen Veröffentlichung bekommen. Durch das Markieren mit dem CrossMark-Logo verpflichtet sich Springer, die Inhalte immer auf dem aktuellsten Stand zu halten und den Lesern anzuzeigen, wann und ob Änderungen an dem Beitrag vorgenommen worden sind.

Der Kennzeichnungsservice CrossMark gibt Wissenschaftlern die Gewissheit, dass sie die jeweils aktuellste und somit die letztlich gültige Fassung eines Dokuments lesen. Durch einen einfachen Klick auf das CrossMark-Logo eines Artikels in der HTML-Version öffnet sich die Statusbox mit dem Hinweis, ob es sich hier um die letzte Fassung handelt oder ob Änderungen vorgenommen werden mussten. Dies könnten Verweise auf ein Erratum oder einen zurückgezogenen Artikel sein. Der Zugang zu Crossmark-Informationen muss von Verlagsseite kostenfrei möglich sein.

Mehr Informationen zum CrossMark-Service unter [www.crossref.org](http://www.crossref.org)