



Ganzkörper-Vibrationen in der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie

Beurteilung von Gefährdungen beim Fahren von Flurförderzeugen

Ganzkörper-Vibrationen in der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie

Beurteilung von Gefährdungen beim Fahren von Flurförderzeugen

Inhalt

Vorwort	5
1 Rechtliche Grundlagen	6
2 Ermittlung der Ganzkörper-Vibrationen	8
2.1 Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung	8
2.2 Ermittlung der Beschleunigungswerte	9
2.2.1 Messung von Beschleunigungswerten im Unternehmen	9
2.2.2 Beschleunigungswerte aus der Literatur	11
2.2.3 Beschleunigungswerte der Fahrzeughersteller	12
3 Berechnung des Tages-Vibrationsexpositionswertes A(8)	13
3.1 Führen eines Fahrzeuges innerhalb einer Schicht	13
3.2 Führen mehrerer Fahrzeuge innerhalb einer Schicht	16
4 Durchzuführende Maßnahmen	17
4.1 Allgemeines	17
4.2 Vibrationsminderungsprogramm	17
4.3 Einflussfaktoren auf die Höhe der Beschleunigungswerte	19
4.3.1 Sitz	19
4.3.2 Höchstgeschwindigkeit	21
4.3.3 Fahrbahn bzw. Arbeitsbereiche	22
4.3.4 Tätigkeiten	22
5 Ergebnis	23
5.1 Allgemeines	23
5.2 Gabelstapler	23
5.3 Elektro-Niederhubwagen	23
6 Literaturverzeichnis	24

In dieser Broschüre beziehen sich Personenbezeichnungen gleichermaßen auf Frauen und Männer, auch wenn dies in der Schreibweise nicht immer zum Ausdruck kommt.





Abbildung 1: Fahrzeuge bzw. Arbeitsplätze, für die Messungen durch die BGN durchgeführt wurden

Vorwort

Zum Schutz der Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten ist die Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung für alle Arbeitsplätze bzw. Tätigkeiten durch das Unternehmen ein wichtiges Instrument (§ 5 Arbeitsschutzgesetz). Dieser Handlungsleitfaden befasst sich mit einem Teilaspekt der Gefährdungsbeurteilung – den beim Fahren von Gabelstaplern, Elektro-Niederhubwagen und Regalbediengeräten auftretenden Ganzkörper-Vibrationen (GKV).

GKV können zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen wie z. B. Wirbelsäulenerkrankungen führen (siehe z. B. Berufskrankheit BK 2110 „Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule ...“). Deshalb sind in der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) Auslöse- und Expositionsgrenzwerte für die Einwirkung von GKV definiert. Werden diese Werte erreicht bzw. überschritten, müssen Maßnahmen umgesetzt werden, um die Belastungen zu senken (siehe Kapitel 3 „Rechtliche Grundlagen“).

Zuerst muss das Unternehmen die Höhe der GKV ermitteln. Dazu gibt es verschiedene Möglichkeiten. Die Fahrzeughersteller müssen Angaben zu der vom Fahrzeug auf den gesamten Körper übertragenen Höhe der GKV machen [4]. Sind diese Angaben nicht vorhanden, können auch Beschleunigungswerte¹ für vergleichbare Fahrzeuge aus der Literatur oder Datenbanken verwendet werden. Dabei ist zu beachten, dass diese Werte sehr unterschiedlich sein können, da auch die Bedingungen während der Messungen unterschiedlich ausfallen können. Zu diesen Bedingungen zählen zum Beispiel der Zustand der Fahrbahn oder die Geschwindigkeit des Fahrzeu-

ges. Eine Vergleichbarkeit mit den Gegebenheiten im eigenen Unternehmen kann sich dann als sehr schwierig gestalten.

Deshalb wurden im Zeitraum von 2010 bis 2016 in Unternehmen der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie Beschleunigungswerte auf Gabelstaplern, Elektro-Niederhubwagen und Regalbediengeräten gemessen. Damit wurden typische Belastungen sowie mögliche Einflussfaktoren ermittelt. Die Ergebnisse werden in diesem Handlungsleitfaden zusammengefasst.

Der Handlungsleitfaden ist nicht auf das Fahren außerhalb des Betriebsgeländes, Gebäudevibrationen, Hand-Arm-Vibrationen sowie Belastungen beim Führen von Handgabelhubwagen und -staplern anzuwenden. Die Belastungen beim Fahren von Lkws sind ebenfalls nicht Gegenstand dieses Handlungsleitfadens.

¹ Beschleunigungswerte sind die Messwerte der GKV. Die Einheit ist m/s^2

1 Rechtliche Grundlagen

In der LärmVibrationsArbSchV und in der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbmedVV) sind für GKV ein Auslösewert und Expositionsgrenzwerte des Tages-Vibrations-expositionswertes $A(8)$ angegeben. Der Tages-Vibrationsexpositionswert ist ein Wert für die Vibrationsbelastung über einen ganzen Tag. Werden der Auslösewert oder die Expositionsgrenzwerte erreicht bzw. überschritten, sind Maßnahmen durchzuführen. Die Maßnahmen sind in der nachfolgenden Abbildung 2 aufgeführt. Die Durchführung der Maßnahmen ist Aufgabe des Unternehmers. Sie kann aber auch einer fachkundigen Person übertragen werden, z. B. einer Sicherheitsfachkraft.

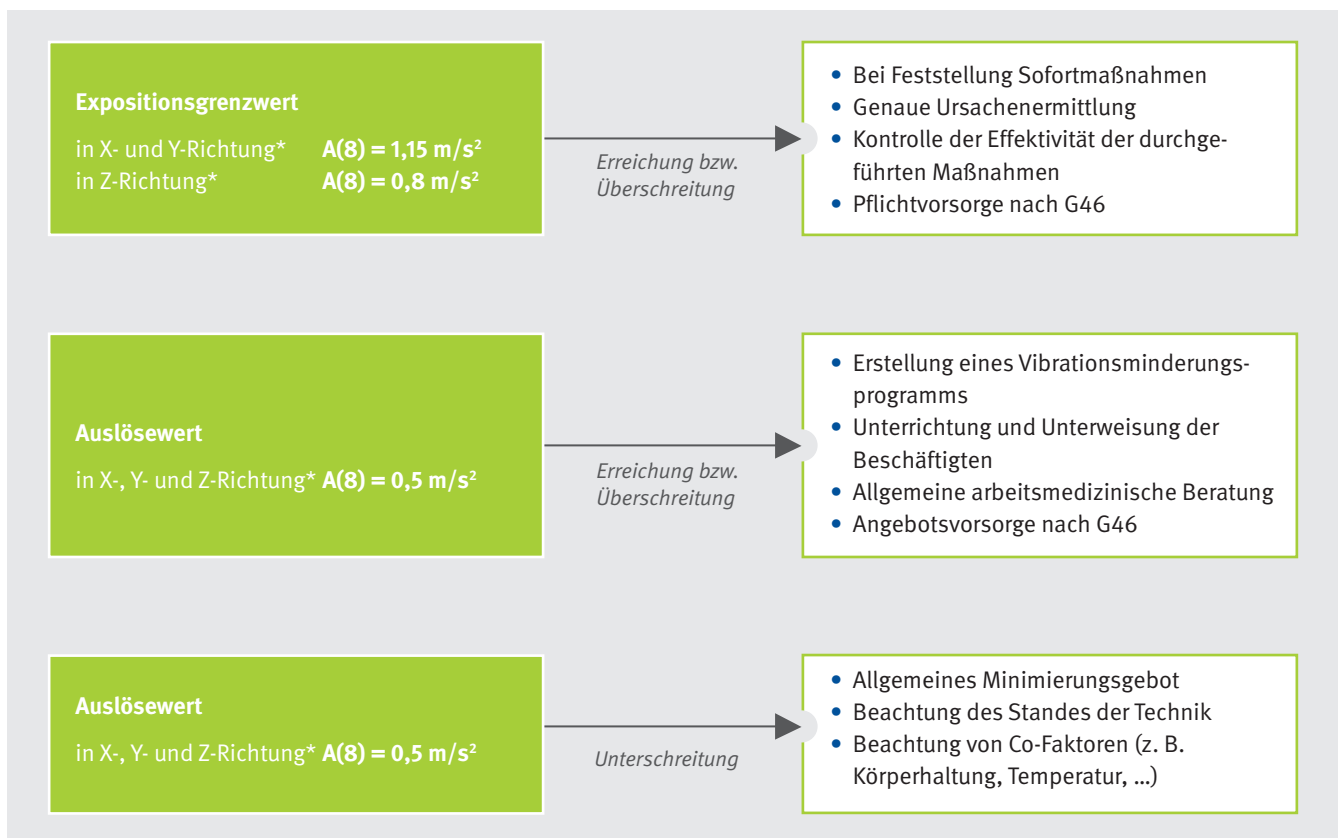


Abbildung 2: Auslöse- und Expositionsgrenzwerte sowie für das Unternehmen abzuleitende Maßnahmen [1, 6]

Der Auslösewert und die Expositionsgrenzwerte gelten sowohl für sitzende Fahrtätigkeiten (z. B. auf einem Gabelstapler) als auch für stehende Fahrtätigkeiten (z. B. auf der Plattform eines Niederhubwagens).



***„Was bedeutet „X-, Y- und Z-Richtung“ und warum wird beim Expositionsgrenzwert darin unterschieden?“**

In Abbildung 3 sind die 3 Richtungen dargestellt. X und Y stellen die horizontalen Richtungen dar, Z die vertikale.

Vor Inkrafttreten der LärmVibrationsArbSchV wurden nur die Vibrationen in Z-Richtung ermittelt und berücksichtigt. Mit Umsetzung der EU-Richtlinie 2002/44/EG „Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung vor physikalischen Einwirkungen (Vibrationen)“ in die LärmVibrationsArbSchV sind jetzt auch die Vibrationen in X- und Y-Richtung zu messen und zu beurteilen.

Als Hilfestellung bei der Umsetzung der LärmVibrationsArbSchV wurden die Technischen Regeln zur LärmVibrationsArbSchV (TRLV) erstellt. Diese sind für Vibrationen in mehrere Teile aufgegliedert und auf der Homepage der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin abrufbar (www.baua.de, Themen von A–Z, Vibrationen):

- Teil Allgemeines
- Teil 1 Beurteilung der Gefährdung durch Vibration
- Teil 2 Messung von Vibrationen
- Teil 3 Vibrationsschutzmaßnahmen
- Gefährdungstabellen bei Vibrationen
- Benutzungshinweise für die Gefährdungstabellen

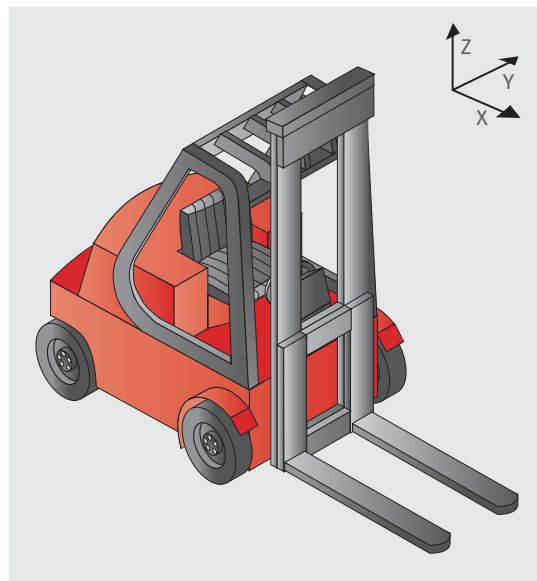


Abbildung 3: Darstellung der GKV in X-, Y- und Z-Richtung

Die TRLV „geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Vibrationen wieder“ (Auszug aus TRLV Teil 1). Die TRLV sind rechtlich nicht bindend. Bei deren Einhaltung kann das Unternehmen jedoch davon ausgehen, dass die rechtlichen Anforderungen der LärmVibrations-ArbSchV erfüllt werden.

2 Ermittlung der Ganzkörper-Vibrationen

2.1 Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung

Das Unternehmen hat bei der Exposition durch GKV eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Danach sind folgende Punkte zu ermitteln (§ 3 LärmVibrationsArbSchV):

- a) Art, Ausmaß und Dauer der Exposition durch Vibrationen, einschließlich besonderer Arbeitsbedingungen, wie zum Beispiel Tätigkeiten bei niedrigen Temperaturen,
- b) die Expositionsgrenzwerte und Auslösewerte nach § 9 Abs. 1 und 2,
- c) die Verfügbarkeit und die Möglichkeit des Einsatzes alternativer Arbeitsmittel und Ausrüstungen, die zu einer geringeren Exposition der Beschäftigten führen (Substitutionsprüfung),
- d) Erkenntnisse aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge sowie allgemein zugängliche, veröffentlichte Informationen hierzu,
- e) die zeitliche Ausdehnung der beruflichen Exposition über eine Achtstundenschicht hinaus,
- f) Auswirkungen auf die Gesundheit und Sicherheit von Beschäftigten, die besonders gefährdeten Gruppen angehören, und
- g) Herstellerangaben zu Vibrationsemissionen.

Was sind besonders gefährdete Gruppen [3]?

- Personen unter besonderem Schutz oder eingeschränkter Belastbarkeit, z. B. Schwangere, Jugendliche, Behinderte oder Beschäftigte mit Vorerkrankungen, die zu Einsatzeinschränkungen führen können
- Personen mit ungenügender Erfahrung oder unzureichenden Kenntnissen, z. B. Auszubildende, Berufsanfänger, Praktikanten oder auch Leiharbeiternehmer

Was ist bei besonders gefährdeten Gruppen zu beachten?

Das Unternehmen hat bei der Gefährdungsbeurteilung außer der LärmVibrationsArbSchV weitere rechtliche Grundlagen wie z. B. das Mutterschutzgesetz oder das Jugendarbeitsschutzgesetz zu berücksichtigen. Daraus sind ggf. individuelle Maßnahmen abzuleiten.

In den TRLV Vibrationen wird beschrieben, wie die Gefährdungsbeurteilung durchzuführen ist. Um die Gefährdung bewerten zu können, müssen die Beschleunigungswerte der eingesetzten Fahrzeuge ermittelt werden. Ergänzend zu den Beschleunigungswerten sind einige Co-Faktoren zu beachten. Diese gelten als schädigend in Verbindung mit GKV, können jedoch nicht quantitativ bewertet werden [3]:

- längeres Sitzen oder Stehen in Zwangshaltung ohne Möglichkeit der Positionsänderung (z. B. Lokomotivführer)
- häufiges Verdrehen der Wirbelsäule durch Rumpf- oder Kopfdrehen (z. B. Gabelstaplerfahrer)
- häufige bzw. ständige Vorneigung des Rumpfes (z. B. Kranführer)
- häufiges Strecken wegen ungünstig angebrachter Bedienelemente
- Heben und Tragen schwerer Lasten (z. B. Getränkeausfahrer)
- ungünstige klimatische Bedingungen (Kälte, Feuchtigkeit)

Nach LärmVibrationsArbSchV wird die Gefährdungsbeurteilung durchgeführt, wenn

- Arbeitsmittel neu beschafft werden,
- Arbeitsverfahren neu eingeführt oder umgestaltet werden,
- die Überprüfung der Gefährdungsbeurteilung sich auf Grund der Ergebnisse der arbeitsmedizinischen Vorsorge als notwendig erweist.

Es empfiehlt sich, regelmäßig die Gefährdungsbeurteilung zu überprüfen. Damit können ggf. Neuentwicklungen, z. B. in der Fahrzeugtechnik, berücksichtigt werden. In der TRLV Vibrationen Teil 3 wird empfohlen, diese Überprüfung mindestens alle zwei Jahre zu wiederholen.

Nachfolgend ist die Vorgehensweise aufgeführt, in welcher Reihenfolge und aus welchen Quellen nach TRLV Vibrationen die Beschleunigungswerte ermittelt werden können. In den Kapiteln 2.2.1–2.2.3 werden weitere Ausführungen gemacht.

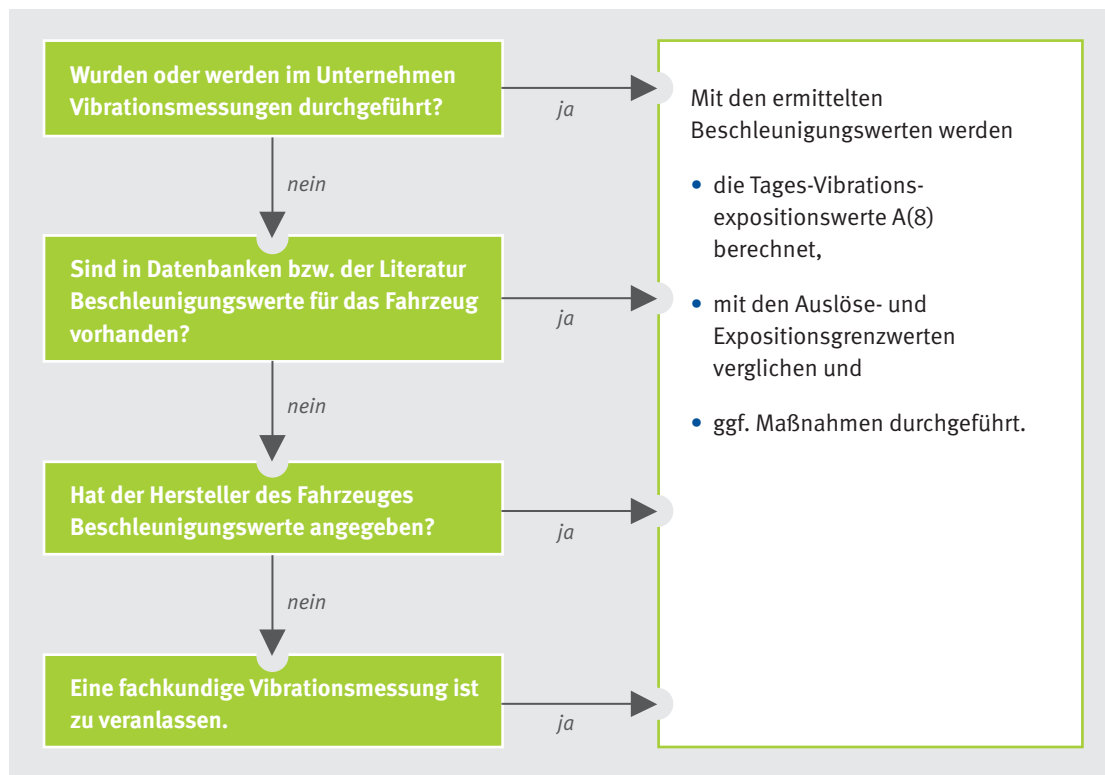


Abbildung 4: Reihenfolge der Ermittlung der Beschleunigungswerte zur Berechnung des Tages-Vibrationsexpositionswertes A(8)

2.2 Ermittlung der Beschleunigungswerte

2.2.1 Messung von Beschleunigungswerten im Unternehmen

Viele Unternehmen der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie benötigen Flurförderzeuge für den innerbetrieblichen Transport. Für die Gefährdungsbeurteilung werden geeignete Daten der Beschleunigungswerte benötigt. Wie in der Einleitung bereits beschrieben, können die in der Literatur verfügbaren Daten sehr unterschiedlich ausfallen. Der Grund liegt in den unterschiedlichen Gegebenheiten bei den Messungen.

Deshalb wurden im Zeitraum von 2010–2016 durch die BGN über 150 Messungen von GKV auf Flurförderzeugen in Unternehmen der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie durchgeführt und für diesen Handlungsleitfaden ausgewertet [5]. Bei den Messungen wurden die konkreten Einsatz- und Betriebsbedingungen erfasst. Darunter fielen z. B. die Fahrbahnbeschaffenheit, die Höchstgeschwindigkeit der Fahr-

zeuge sowie die Einstellmöglichkeiten des Fahrersitzes. Die Fahrzeuge stammten von verschiedenen Herstellern aus den Baujahren 1990–2012 und hatten von wenigen bis zu 34.000 Betriebsstunden. Die Gabelstapler besaßen eine Nennt Tragfähigkeit von 1.500–8.000 kg. Die Fahrzeuge hatten überwiegend Elektro- bzw. Gasantrieb, wenige Fahrzeuge wurden mit einem Verbrennungsmotor (Diesel) betrieben.

In Kapitel 4.3 wird ausgewertet, ob und in welchem Ausmaß die Einsatz- und Betriebsbedingungen einen Einfluss auf die Höhe der GKV haben.

In den nachfolgenden drei Tabellen wurden die gemessenen Beschleunigungswerte a_{wx} , a_{wy} und a_{wz} für Gabelstapler, Elektro-Niederhubwagen und Regalbediengeräte statistisch ausgewertet.

Gabelstapler (n = 136 Messungen)	a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}
Durchschnittlicher Beschleunigungswert ² in m/s^2	0,26	0,25	0,34
Min. Beschleunigungswert ³ in m/s^2	0,13	0,10	0,13
Max. Beschleunigungswert ⁴ in m/s^2	0,69	0,61	0,83
Beschleunigungswert 25. Perzentil ⁵ in m/s^2	0,20	0,19	0,23
Beschleunigungswert 75. Perzentil ⁶ in m/s^2	0,30	0,29	0,41
Standardabweichung ⁷	0,08	0,08	0,16

Tabelle 1: Übersicht der von der BGN gemessenen Beschleunigungswerte auf Gabelstaplern (Zeitraum 2010–2016)

Elektro-Niederhubwagen (n = 32 Messungen)	a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}
Durchschnittlicher Beschleunigungswert ² in m/s^2	0,29	0,31	0,65
Min. Beschleunigungswert ³ in m/s^2	0,11	0,14	0,30
Max. Beschleunigungswert ⁴ in m/s^2	0,45	0,46	1,48
Beschleunigungswert 25. Perzentil ⁵ in m/s^2	0,25	0,26	0,48
Beschleunigungswert 75. Perzentil ⁶ in m/s^2	0,35	0,37	0,77
Standardabweichung ⁷	0,09	0,09	0,26

Tabelle 2: Übersicht der von der BGN gemessenen Beschleunigungswerte auf Elektro-Niederhubwagen (Zeitraum 2010–2016)

Aufgrund der geringen Anzahl der Messwerte entfällt für Regalbediengeräte eine statistische Auswertung.

Regalbediengeräte (n = 3 Messungen)	a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}
Durchschnittlicher Beschleunigungswert ² in m/s^2	0,11	0,12	0,20

Tabelle 3: Übersicht der von der BGN gemessenen Beschleunigungswerte auf Regalbediengeräten (Zeitraum 2010–2016)

Zur Berechnung des Tages-Vibrationsexpositionswertes $A(8)$ werden die durchschnittlichen Beschleunigungswerte der Richtungen X, Y und Z herangezogen (siehe Kapitel 3). Liegen Faktoren vor, welche einen negativen Einfluss auf die Höhe der Vibrationsbelastung haben können (siehe Kapitel 4.3), sollten diese

nach Möglichkeit beseitigt werden. Ist das nicht möglich, können zugunsten der betroffenen Mitarbeiter für die Gefährdungsbeurteilung auch die Beschleunigungswerte des 75. Perzentils verwendet werden. Diese fallen höher aus als die durchschnittlichen Beschleunigungswerte.

2 Arithmetischer Mittelwert aller Messwerte

3 Kleinster gemessener Wert

4 Größter gemessener Wert

5 25 % der gemessenen Werte sind kleiner bzw. gleich dem oben angegebenen Wert

6 75 % der gemessenen Werte sind kleiner bzw. gleich dem oben angegebenen Wert

7 Allgemein in der Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung verwendetes Streuungsmaß, welches die Streuung einer Zufallsvariablen um ihren Erwartungswert angibt

2.2.2 Beschleunigungswerte aus der Literatur

Das Unternehmen muss keine wie in Kapitel 2.2.1 beschriebenen Messungen durchführen lassen. Die notwendigen Informationen können auch beim Hersteller oder Inverkehrbringer von Arbeitsmitteln oder bei anderen ohne weiteres zugänglichen Quellen beschafft werden (§ 3 LärmVibrationsArbSchV). Es hat sich bewährt, Angaben aus mehreren Literaturquellen bzw. Datenbanken miteinander zu vergleichen. Dabei sind folgende Faktoren zu berücksichtigen [8]:

- Art des Arbeitsmittels (z. B. Gabelstapler)
- Kategorie des Arbeitsmittels (z. B. Leistung, Größe)
- Antriebsquelle (z. B. Elektro- oder Verbrennungsmotor)
- Vibrationsdämpfende Vorrichtungen (z. B. Fahrersitze)
- Betriebsgeschwindigkeit des Arbeitsmittels
- Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche



Gerät bzw. Maschinenart	Tätigkeit/Bemerkung	a_{wx} in m/s^2	a_{wy} in m/s^2	a_{wz} in m/s^2
Gabelstapler (n = 26 Messungen)	Baustoffgroßhandel	0,26	0,24	0,43
Portalstapler (n = 26 Messungen)	Hafenumschlag	0,26	0,24	0,28
Portalkran (n = 27 Messungen)	Hafenumschlag	0,21	0,14	0,19
Mobilbagger (n = 31 Messungen)	Schrotthandel	0,31	0,25	0,34

Tabelle 4: Übersicht der Beschleunigungswerte der BGHW

Weiterhin können nach TRLV Vibrationen Immissionswerte verwendet werden, welche als Anlage zu der TRLV ebenfalls auf der Homepage der BAUA eingestellt sind. Bei den Immissionswerten handelt es sich um branchenspezifische Messwerte wie z. B. in der Tabelle 4. Die BG Handel und Warenlogistik (BGHW) hat in Unternehmen mit großem Warenumsatz Messungen von GKV durchgeführt und die gemessenen Beschleunigungswerte im Jahr 2007 veröffentlicht [3, 13]. Zur besseren Einschätzung der Messwerte sind in der Anlage der TRLV Vibrationen die Einsatz- und Betriebsbedingungen während der Messungen aufgeführt. Sind diese mit den Gegebenheiten im eigenen Unternehmen vergleichbar, können sie als Grundlage einer Gefährdungsbeurteilung dienen.

Diese Vergleichbarkeit ist bei Betrieben des Baustoffgroßhandels und der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie in der Regel gegeben. Es sind ähnliche Arbeitsabläufe, Fahrzeuge, Fahrbahnbeschaffenheiten

sowie Lastgewichte, was sich auch an den vergleichbaren Beschleunigungswerten auf Gabelstaplern zeigt (siehe Tabellen 1 und 4).

Ebenso kann die Vibrationsdatenbank KARLA (Katalog repräsentativer Lärm- und Vibrationsdaten am Arbeitsplatz) des Landesamtes für Arbeitsschutz Brandenburg verwendet werden (Link: www.karla-info.de).

Nur wenn keine Immissionswerte und auch keine Angaben vom Hersteller vorhanden sind, kann auf die auf der Homepage der BAUA bereitgestellten Tabellen mit den Orientierungswerten zurückgegriffen werden. Dabei handelt es sich um aus der Literatur übernommene bzw. aus den dort vorgefundenen Einzeldaten berechnete Werte. Eine unmittelbare Übertragbarkeit auf die eigenen Arbeitsbedingungen ist nicht unbedingt gegeben. Deshalb handelt es sich um Messwerte, die mit einer großen Unsicherheit verbunden sein können.

2.2.3 Beschleunigungswerte der Fahrzeughersteller

Laut Maschinenrichtlinie muss „die Maschine so konstruiert und gebaut sein, dass Risiken durch Maschinenvibrationen insbesondere an der Quelle so weit gemindert werden, wie es nach dem Stand des technischen Fortschritts und mit den zur Verringerung von Vibrationen verfügbaren Mitteln möglich ist“ [4]. Weiterhin muss die Herstellerfirma in der Betriebsanleitung Angaben zur Höhe der Vibrationen machen.

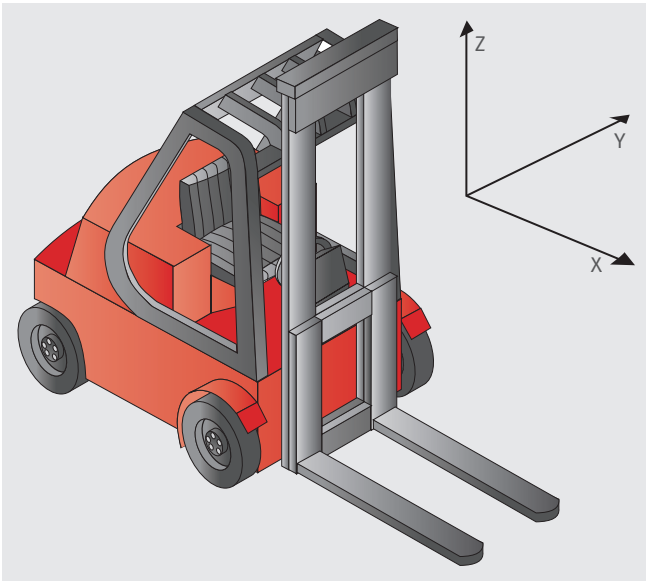


Abbildung 5: Dreidimensionale Messungen der GKV in X-, Y- und Z-Richtung

Ganzkörper-Vibrationen werden in drei Richtungen gemessen, wie es in Abbildung 5 dargestellt ist. In der Betriebsanleitung des Flurförderzeuges muss der höchste der für die drei Richtungen X, Y und Z bestimmte Effektivwert a_w der gewichteten Beschleunigung⁸ angegeben werden, dem der gesamte Körper ausgesetzt ist.

Ist der Wert $a_w \leq 0,5 \text{ m/s}^2$, ist das in dieser Form in der Betriebsanleitung anzugeben. Größere Werte sind konkret zu beziffern.

Zu beachten ist jedoch, dass die von der Herstellerfirma angegebenen Werte mit einer anderen Messnorm [12] ermittelt werden als die von der BGN und der BGHW gemessenen und hier im Handlungsleitfaden aufgeführten Beschleunigungswerte [5]. So werden von den Herstellerfirmen die Beschleunigungswerte für Flurförderzeuge ermittelt, indem eine Prüfstrecke mit Bohlen präpariert wird, über welche die Fahrzeuge während der Messung mit einer konstanten Geschwindigkeit fahren. Mit dieser Messmethode ergeben sich oft höhere Beschleunigungswerte, als wenn direkt im Unternehmen gemessen wird.

Damit ergeben sich für die betreffenden Mitarbeiter keine Nachteile. Nur das Unternehmen muss ggf. mehr Maßnahmen nach LärmVibrationsArbSchV ergreifen, falls mit dem höheren Wert der Auslöse- oder Expositionsgrenzwert überschritten wird.

Auch wenn die von den Herstellerfirmen ermittelten Beschleunigungswerte nur in letzter Konsequenz als Grundlage einer Gefährdungsbeurteilung herangezogen werden sollten, ist es von Vorteil, sie zu kennen. So können Fahrzeuge verschiedener Herstellerfirmen hinsichtlich der Höhe ihrer GKV miteinander verglichen werden, was u. a. als Entscheidungsgrundlage beim Kauf herangezogen werden kann.

Aus Gründen der Vergleichbarkeit der Messwerte wurde deshalb eine Hierarchie erstellt (siehe Abb. 4), in welcher Reihenfolge Beschleunigungswerte ermittelt bzw. verwendet werden sollen.

⁸ Messwert, quadratisch gemittelte Beschleunigung über einen Messzeitraum



3 Berechnung des Tages-Vibrationsexpositionswertes $A(8)$

3.1 Führen eines Fahrzeuges innerhalb einer Schicht

Zur Berechnung des Tages-Vibrationsexpositionswertes werden die Beschleunigungswerte a_w in den drei Richtungen X, Y und Z sowie die reine Fahrzeit benötigt. Die Fahrzeit kann durch Befragung der Fahrer zu ihren einzelnen Tätigkeiten oder durch Begleitung/Beobachtung einer kompletten Schicht bzw. eines großen Teils einer Schicht ermittelt werden.

Bei den durch die BGN durchgeführten Messungen wurde ersichtlich, dass selbst Fahrer, welche vollschichtig Fahrtätigkeiten ausüben, nur selten eine reine Fahrzeit von 8 Stunden erreichen. Die Fahrzeit wird gelegentlich von Wartungstätigkeiten, Auftanken, Kontrolle von Ware und Lieferscheinen etc. unterbrochen, so dass sich erfahrungsgemäß Fahrzeiten von maximal 6–7 Stunden im Rahmen einer üblichen 8-Stunden-Schicht ergeben.

Dabei werden die Messwerte in X- und Y-Richtung mit einem Korrekturfaktor $k = 1,4$ multipliziert. Der Korrekturfaktor $k = 1,4$ wurde eingeführt, um eine Vergleichbarkeit der Gesundheitsgefährdung zwischen horizontalen und vertikalen Vibrationen zu erreichen. Die Normarbeitszeit T_0 beträgt immer 8 Stunden und dient der Vergleichbarkeit der Expositionsdaten. Der höchste der drei $A_{x,y,z}(8)$ -Werte wird als Tages-Vibrationsexpositionswert $A(8)$ im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung verwendet. Die Berechnung des

$$A_x(8) = 1,4 \cdot a_{wx} \sqrt{\frac{T_e}{T_0}}$$

$$A_y(8) = 1,4 \cdot a_{wy} \sqrt{\frac{T_e}{T_0}}$$

$$A_z(8) = 1,0 \cdot a_{wz} \sqrt{\frac{T_e}{T_0}}$$

Mit den Beschleunigungswerten für X-, Y- und Z-Richtung sowie der ermittelten Fahrzeit T_e erfolgt die Berechnung des Tages-Vibrationsexpositionswertes.

Tages-Vibrationsexpositionswertes beim Führen mehrerer unterschiedlicher Fahrzeuge pro Schicht wird in Kapitel 3.2 beschrieben.

Beispielrechnung

In einem Unternehmen fahren mehrere Personen vollschichtig mit Elektro-Niederhubwagen Ware aus der Produktion in das Lager. Die Sicherheitsfachkraft möchte vorerst keine Messungen durchführen, son-

Weiterhin führt die Sicherheitsfachkraft eine Analyse des Arbeitstages der betreffenden Mitarbeiter durch und stellt fest, dass die reine Fahrzeit abzüglich Wartungs- und Reinigungsarbeiten am Fahrzeug ca. 7

Elektro-Niederhubwagen (n = 32 Messungen)	a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}
Durchschnittlicher Beschleunigungswert a in m/s^2	0,29	0,31	0,65

dern auf die von der BGN publizierten Beschleunigungswerte zurückgreifen. Dazu werden die im Kapitel 2.2.1 aufgeführten durchschnittlichen Beschleunigungswerte verwendet (Auszug aus Tabelle 2).

Stunden pro Tag beträgt. Mit diesen Werten wird dann der Tages-Vibrationsexpositionswert $A(8)$ berechnet.

Methode 1

Der Tages-Vibrationsexpositionswert errechnet sich unter der Annahme der oben genannten Daten für die Richtungen X, Y und Z wie folgt:

$$A_x(8) = 1,4 \cdot 0,29 \frac{m}{s^2} \sqrt{\frac{7h}{8h}} = 0,38 \frac{m}{s^2}$$

$$A_y(8) = 1,4 \cdot 0,31 \frac{m}{s^2} \sqrt{\frac{7h}{8h}} = 0,41 \frac{m}{s^2}$$

$$A_z(8) = 1,0 \cdot 0,65 \frac{m}{s^2} \sqrt{\frac{7h}{8h}} = 0,61 \frac{m}{s^2}$$

Der Beschleunigungswert in Z-Richtung $A_z(8) = 0,61 m/s^2$ ist am höchsten und wird deshalb als Tages-Vibrationsexpositionswert $A(8)$ verwendet.

Methode 2

Zur Vereinfachung der Berechnung des $A(8)$ -Wertes können beim Fahren eines Fahrzeuges pro Schicht überschlägig auch die nachfolgenden Tabellen 5 und 6 genutzt werden. Tabelle 5 gilt für X- und Y-Richtung, Tabelle 6 für die Z-Richtung. Die Unterscheidung ist nötig, weil für X und Y der Korrekturfaktor $k = 1,4$ berücksichtigt wird und für Z gilt $k = 1,0$.

Anhand des o. g. Beispiels soll die Vorgehensweise dargestellt werden:

Die Beschleunigungswerte für X- und Y-Richtung sind $a_{wx} = 0,29 m/s^2$ und $a_{wy} = 0,31 m/s^2$.

Die reine Fahrzeit beträgt 7 h. In der Tabelle 5 sind für die X- und Y-Richtung die Werte in 0,05er-Schritten angegeben, so dass näherungsweise sowohl für die X- als auch für die Y-Richtung der Beschleunigungswert $a = 0,30$ verwendet wird. Bei einer Fahrzeit von 7 h ergibt sich somit sowohl für die X- als auch für die Y-Richtung $A(8) = 0,39 m/s^2$.

Die durchschnittliche Beschleunigung für Elektro-Niederhubwagen ist für die Z-Richtung $a_{wz} = 0,65 m/s^2$. Bei einer Fahrzeit von 7 h ergibt sich somit aus der Tabelle 8 $A(8) = 0,61 m/s^2$.

Damit ergeben sich: $A_{x,y}(8) = 0,39 m/s^2$ und $A_z(8) = 0,61 m/s^2$

Der größte Wert beträgt 0,61, so dass der abgeschätzte Tages-Vibrationsexpositionswert $A(8) = 0,61 m/s^2$ beträgt.

Zum Vergleich: Der berechnete Wert betrug ebenfalls $A(8) = 0,61 m/s^2$.

Je nach Beispiel kann es zwischen Berechnung und Abschätzung über die beiden nachfolgenden Tabellen 5 und 6 zu geringen Abweichungen kommen. Diese sind minimal und sollten beim Vergleich mit den Auslöse- bzw. Expositionsgrenzwerten nach LärmVibrationsArbSchV zu keinem anderen Ergebnis führen.

Fahrzeit in Stunden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Beschleunigungswert a für X- und Y-Richtung										
0,10	0,05	0,07	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16
0,15	0,07	0,11	0,13	0,15	0,17	0,18	0,20	0,21	0,22	0,23
0,20	0,10	0,14	0,17	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,31
0,25	0,12	0,18	0,21	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35	0,37	0,39
0,30	0,15	0,21	0,26	0,3	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45	0,47
0,35	0,17	0,25	0,30	0,35	0,39	0,42	0,46	0,49	0,52	0,55
0,40	0,20	0,28	0,34	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,59	0,63
0,45	0,22	0,32	0,39	0,45	0,50	0,55	0,59	0,63	0,67	0,70
0,50	0,25	0,35	0,43	0,49	0,55	0,61	0,65	0,70	0,74	0,78
0,55	0,27	0,39	0,47	0,54	0,61	0,67	0,72	0,77	0,82	0,86
0,60	0,30	0,42	0,51	0,59	0,66	0,73	0,79	0,84	0,89	0,94
0,65	0,32	0,46	0,56	0,64	0,72	0,79	0,85	0,92	0,97	1,02
0,70	0,35	0,49	0,60	0,69	0,77	0,85	0,92	0,98	1,04	1,10
0,75	0,37	0,53	0,64	0,74	0,83	0,91	0,98	1,05	1,11	1,17
0,80	0,40	0,56	0,69	0,79	0,89	0,97	1,05	1,12	1,19	1,25
0,85	0,42	0,60	0,73	0,84	0,94	1,03	1,11	1,19	1,26	1,33
0,90	0,45	0,63	0,77	0,89	1,00	1,09	1,18	1,26	1,34	1,41
0,95	0,47	0,67	0,81	0,94	1,05	1,15	1,24	1,33	1,41	1,49
1,00	0,49	0,70	0,86	0,99	1,11	1,21	1,31	1,40	1,48	1,57
1,05	0,52	0,74	0,90	1,04	1,16	1,27	1,38	1,47	1,56	1,64
1,10	0,54	0,77	0,94	1,09	1,22	1,33	1,44	1,54	1,63	1,72
1,15	0,57	0,81	0,99	1,14	1,27	1,39	1,51	1,61	1,71	1,80
1,20	0,59	0,84	1,03	1,19	1,33	1,45	1,57	1,68	1,78	1,88

Tabelle 5: Tages-Vibrationsexpositionswerte A(8) in Abhängigkeit von Beschleunigungswerten in X- und Y-Richtung sowie der Fahrzeit T_e

Fahrzeit in Stunden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Beschleunigungswert a für die Z-Richtung										
0,10	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,11	0,11
0,15	0,05	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17
0,20	0,07	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,20	0,21	0,22
0,25	0,09	0,13	0,15	0,18	0,20	0,22	0,23	0,25	0,27	0,28
0,30	0,11	0,15	0,18	0,21	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34
0,35	0,12	0,18	0,21	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35	0,37	0,39
0,40	0,14	0,20	0,24	0,28	0,32	0,35	0,37	0,40	0,42	0,45
0,45	0,16	0,23	0,28	0,32	0,36	0,39	0,42	0,45	0,48	0,50
0,50	0,18	0,25	0,31	0,35	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,56
0,55	0,19	0,28	0,34	0,39	0,43	0,48	0,51	0,55	0,58	0,61
0,60	0,21	0,30	0,37	0,42	0,47	0,52	0,56	0,60	0,64	0,67
0,65	0,23	0,33	0,40	0,46	0,51	0,56	0,61	0,65	0,69	0,73
0,70	0,25	0,35	0,43	0,49	0,55	0,61	0,65	0,70	0,74	0,78
0,75	0,27	0,38	0,46	0,53	0,59	0,65	0,70	0,75	0,80	0,84
0,80	0,28	0,40	0,49	0,57	0,63	0,69	0,75	0,80	0,85	0,89
0,85	0,30	0,43	0,52	0,60	0,67	0,74	0,80	0,85	0,90	0,95
0,90	0,32	0,45	0,55	0,64	0,71	0,78	0,84	0,90	0,95	1,01
0,95	0,34	0,48	0,58	0,67	0,75	0,82	0,89	0,95	1,01	1,06
1,00	0,35	0,50	0,61	0,71	0,79	0,87	0,94	1,00	1,06	1,12
1,05	0,37	0,53	0,64	0,74	0,83	0,91	0,98	1,05	1,11	1,17
1,10	0,39	0,55	0,67	0,78	0,87	0,95	1,03	1,10	1,17	1,23
1,15	0,41	0,58	0,70	0,81	0,91	1,00	1,08	1,15	1,22	1,29
1,20	0,42	0,60	0,73	0,85	0,95	1,04	1,12	1,20	1,27	1,34

Tabelle 6: Tages-Vibrationsexpositionswerte A(8) in Abhängigkeit vom Beschleunigungswert in Z-Richtung sowie der Fahrzeit T_e



3.2 Führen mehrerer Fahrzeuge innerhalb einer Schicht

Die Berechnungsgrundlagen wurden weitestgehend bereits unter Punkt 3.1 beschrieben. Deshalb erfolgt an dieser Stelle ein Berechnungsbeispiel im Überblick zur Verdeutlichung: Eine Person ist in der Kommissionierung tätig. Sie fährt dort 4 Stunden pro Tag Gabelstapler und 3 Stunden einen Elektro-Niederhubwagen.

Für die Berechnung werden die in Kapitel 2.2.1 aufgeführten durchschnittlichen Beschleunigungswerte (Auszug aus Tabellen 1 und 2) verwendet:

Gabelstapler (n = 136 Messungen)	a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}
Durchschnittlicher Beschleunigungswert ² in m/s ²	0,26	0,25	0,34

Elektro-Niederhubwagen (n = 32 Messungen)	a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}
Durchschnittlicher Beschleunigungswert ² in m/s ²	0,29	0,31	0,65

Anhand dieser Werte werden die A(8)-Werte für die X-, Y- und Z-Richtung bestimmt (siehe Berechnung zum Führen eines Fahrzeuges innerhalb einer Schicht):

Gabelstapler

$$A_x(8) = 1,4 \cdot 0,26 \frac{m}{s^2} \sqrt{\frac{4h}{8h}} = 0,26 \frac{m}{s^2}$$

$$A_y(8) = 1,4 \cdot 0,25 \frac{m}{s^2} \sqrt{\frac{4h}{8h}} = 0,25 \frac{m}{s^2}$$

$$A_z(8) = 1,0 \cdot 0,34 \frac{m}{s^2} \sqrt{\frac{4h}{8h}} = 0,24 \frac{m}{s^2}$$

Elektro-Niederhubwagen

$$A_x(8) = 1,4 \cdot 0,29 \frac{m}{s^2} \sqrt{\frac{3h}{8h}} = 0,25 \frac{m}{s^2}$$

$$A_y(8) = 1,4 \cdot 0,31 \frac{m}{s^2} \sqrt{\frac{3h}{8h}} = 0,27 \frac{m}{s^2}$$

$$A_z(8) = 1,0 \cdot 0,65 \frac{m}{s^2} \sqrt{\frac{3h}{8h}} = 0,40 \frac{m}{s^2}$$

Die Ergebnisse beider Fahrzeuge werden für jede einzelne Richtung folgendermaßen aufsummiert:

$$A_x(8) = \sqrt{0,26^2 + 0,25^2} = 0,36 \frac{m}{s^2} \quad A_y(8) = \sqrt{0,25^2 + 0,27^2} = 0,37 \frac{m}{s^2} \quad A_z(8) = \sqrt{0,24^2 + 0,40^2} = 0,47 \frac{m}{s^2}$$

Auch hier wird der höchste Wert für den Tages-Vibrationsexpositionswert verwendet, d. h. $A(8) = 0,47 \text{ m/s}^2$.



4 Durchzuführende Maßnahmen

4.1 Allgemeines

Die von der BGN gemessenen Beschleunigungswerte für Gabelstapler und Regalbediengeräte zeigen, dass der Wert $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$ auch beim vollschichtigen Fahren in den meisten Fällen unterschritten und nur selten überschritten wird. Damit gelten nach LärmVibrationsArbSchV:

- das allgemeine Minimierungsgebot
- das Beachten des Standes der Technik
- das Beachten von Co-Faktoren wie z. B. Kälte oder ungünstige Körperhaltungen

Beim vollschichtigen Fahren von Elektro-Niederhubwagen übersteigt der $A(8)$ -Wert durch erhöhte durchschnittliche Beschleunigungswerte in Z-Richtung den Auslösewert von $0,5 \text{ m/s}^2$. Damit ergeben sich nach LärmVibrationsArbSchV folgende Maßnahmen:

- Erstellung eines Vibrationsminderungsprogramms
- Unterrichtung und Unterweisung der Beschäftigten
- Allgemeine arbeitsmedizinische Beratung
- Angebotsvorsorge nach G46

4.2 Vibrationsminderungsprogramm

Bei der Erstellung eines Vibrationsminderungsprogrammes ist die Rangfolge der Maßnahmen zu beachten. Diese ergibt sich nach dem STOP-Prinzip. Es besagt, dass zuerst geprüft werden muss, ob eine Substitution (= Ersatz) stattfinden kann. Das kann z. B. ein Förderband für den Materialtransport sein statt des Einsatzes von Flurförderzeugen. Ist keine Substitution möglich, haben technische Maßnahmen Vorrang vor organisatorischen und persönlichen.

Technische Maßnahmen können sein:

- regelmäßige Instandsetzung defekter Fahrbahnbeläge (z. B. Frostaufbrüche nach dem Winter)
- Austausch von Verbundsteinen und Betonplatten durch Asphalt
- möglichst wenig Abflussrinnen und Schienen auf dem Fahrweg (falls nicht vermeidbar, mit kleinstmöglichem Absatz)
- regelmäßige Wartung der Fahrzeuge (bei Defekten auch außerhalb der Wartungsintervalle)
- Drosselung der Geschwindigkeit (auf dem gesamten Gelände oder örtlich begrenzt)
- Vermeidung des Drehens von Kopf oder Rumpf beim Rückwärtsfahren durch Einsatz von Kameras, drehbaren Sitzen o. ä.

- bei Elektro-Niederhubwagen: Dämpfung der Standplattform [16]

Organisatorische Maßnahmen können sein:

- regelmäßige Schulungen der Beschäftigten zur Fahrzeugbedienung (Sitzeinstellung), zur eigenen Fahrweise (vorausschauendes Fahren) und zu den gesundheitlichen Gefahren durch GKV
- Einbeziehung der Beschäftigten beim Erkennen und Melden von Defekten
- Verteilung einer Tätigkeit mit höherer Exposition auf mehrere Beschäftigte
- Unterbrechung langer Fahrzeiten durch mehrere kleine Pausen (z. B. durch Abholen bzw. Bringen von Lieferscheinen, Kontrolle von Ware)

Persönliche Maßnahmen, wie es z. B. bei einer Lärmexposition das Tragen von Gehörschutz ist, gibt es bei GKV nicht. Im weitesten Sinn kann geeignete Kleidung der Beschäftigten gegen Kälte dazu zählen, da Kälte als Co-Faktor bei GKV bewertet wird (siehe Kapitel 2.1 Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung).

Nachfolgend soll am Beispiel aus Kapitel 3.1 aufgezeigt werden, wie die Erstellung und Durchführung eines Vibrationsminderungsprogramms erfolgen kann:

In der Beispielrechnung aus Kapitel 3.1 wurde ein Tages-Vibrationsexpositionswert $A(8) = 0,61 \text{ m/s}^2$ ermittelt. Nach Vergleich mit den Auslöse- und Expositionsgrenzwerten (siehe Kapitel 1) ist festzustellen, dass der Auslösewert $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$ überschritten wurde. Nach LärmVibrationsArbSchV ist somit unter

Mit der Verteilung der Arbeit auf 6 Fahrer und der damit verbundenen geringeren Fahrzeit erfolgt eine Reduzierung des Tages-Vibrationsexpositionswertes $A(8) = 0,61 \text{ m/s}^2$ auf $A(8) = 0,46 \text{ m/s}^2$. Der Auslösewert $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$ wird somit knapp unterschritten. Damit werden die Unterrichtung und Unterweisung der Beschäftigten, die allgemeine arbeitsmedizinische Beratung sowie die Angebotsvorsorge nach G46 nach LärmVibrationsArbSchV nicht mehr gefordert und können bei diesem $A(8)$ -Wert entfallen.

Vibrationsminderungsprogramm Brauerei Durst						
Arbeitsbereich	Arbeitsgerät	$A(8)$ in m/s^2	Anzahl der Fahrer	Maßnahmen	Mögliche Minderung auf ...	Fertigstellung/ Umsetzung ... bis wann ... durch wen
Kommisionierung	Brummi XC1	0,61	3	Jobrotation, Verteilung der Arbeit auf ca. 6 Fahrer	$A(8) = 0,46 \text{ m/s}^2$ (bei Reduzierung der Fahrzeit von 7 h auf max. 4 h)	06/2016 Hr. Schmidt (Lagerleiter)

Fahrzeit $T_e = 7 \text{ h}$

$$A_x(8) = 1,4 \cdot 0,29 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \sqrt{\frac{7\text{h}}{8\text{h}}} = 0,38 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$A_y(8) = 1,4 \cdot 0,31 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \sqrt{\frac{7\text{h}}{8\text{h}}} = 0,41 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$A_z(8) = 1,0 \cdot 0,65 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \sqrt{\frac{7\text{h}}{8\text{h}}} = 0,61 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Fahrzeit $T_e = 4 \text{ h}$

$$A_x(8) = 1,4 \cdot 0,29 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \sqrt{\frac{4\text{h}}{8\text{h}}} = 0,29 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$A_y(8) = 1,4 \cdot 0,31 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \sqrt{\frac{4\text{h}}{8\text{h}}} = 0,31 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$A_z(8) = 1,0 \cdot 0,65 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \sqrt{\frac{4\text{h}}{8\text{h}}} = 0,46 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

anderem ein Vibrationsminderungsprogramm zu erstellen. Dazu sind – sofern möglich – die Ursachen der erhöhten Expositionen zu ermitteln. Oft sind die Ursachen nicht offensichtlich, vor allem wenn neue, gut gewartete Fahrzeuge in Bereichen mit gutem Fahrbahnbelag eingesetzt werden. Dann können z. B. auch organisatorische Maßnahmen wie im oben aufgeführten Vibrationsminderungsprogramm der Brauerei Durst ergriffen werden. Neben den durchzuführenden Maßnahmen sind die Namen der Verantwortlichen sowie das Datum der Umsetzung der Maßnahmen zu benennen.

Sofern keine weiteren belastenden Co-Faktoren vorliegen (z. B. verdrehte Körperhaltung, ...), sind regelmäßige Überprüfungen auf Einhaltung des Standes der Technik vorzunehmen. Weiterhin ist das allgemeine Minimierungsgebot zu beachten [1, 15].

In Kapitel 4.3 werden Einflussfaktoren auf die Höhe der Beschleunigungswerte aufgeführt. Daraus können sowohl technische als auch organisatorische Maßnahmen abgeleitet werden. In der TRLV Vibrationen, Teil 3 sind weitere Vorschläge zum allgemeinen Vorgehen und Orientierungshilfen zur Auswahl von Schutzmaßnahmen bei GKV aufgeführt.

4.3 Einflussfaktoren auf die Höhe der Beschleunigungswerte

Die Höhe der Beschleunigungswerte wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. In den folgenden Kapiteln wird auf diese Einflussfaktoren eingegangen:

- 4.3.1 Sitz
- 4.3.2 Höchstgeschwindigkeit
- 4.3.3 Fahrbahn bzw. Arbeitsbereiche
- 4.3.4 Tätigkeiten

Weiterhin wurden Auswertungen gemacht, bei denen kein Einfluss bestimmter Parameter festgestellt werden konnte. Dazu gehören u. a. Baujahr und Betriebsstunden. Bei Gabelstaplern und Elektro-Niederhubwagen konnten keine Tendenzen festgestellt werden, dass jüngere Fahrzeuge bzw. Fahrzeuge mit wenigen Betriebsstunden geringere Beschleunigungswerte aufweisen als ältere Fahr-

zeuge mit mehr Betriebsstunden. Bei allen gemessenen Fahrzeugen war festzustellen, dass sie regelmäßig gewartet wurden. Nur in wenigen Fällen wurden während der Messung defekte Teile wie z. B. ein Fahrersitz oder eine Vorrichtung zur Sitzeinstellung gefunden. Ein defekter bzw. falsch eingestellter Sitz kann nachweislich einen Beitrag zu einer erhöhten Vibrationsbelastung haben (siehe Kapitel 4.3.1).

Auch die Auswertung bezüglich der Nenntagfähigkeit bei Gabelstaplern ergab keinen Einfluss auf die Höhe der GKV.

Einige Auswertungen konnten nicht durchgeführt werden, da nicht von allen Einzelkollektiven genügend Messungen vorlagen (z. B. bei Gewerbe- zweigen, Herstellerfirmen der Fahrzeuge).

4.3.1 Sitz

Bei Neufahrzeugen wählen die Fahrzeughersteller den Sitz so aus, dass die Sitzfederung zum Fahrzeug passt. Jedes Federungssystem weist Frequenzen auf, die es abbaut und auch Frequenzen, die es verstärkt. Stimmen die Fahrzeugvibrationen mit den Frequenzen des Sitzes überein, welche verstärkend wirken, erfolgt eine Expositionserhöhung auf den Fahrer. Deshalb ist beim Wechsel des Fahrersitzes (z. B. wegen Defekt) der Fahrzeughersteller einzubeziehen. Die Sitzfederung sollte auch so ausgelegt sein, dass diese bei bestimmungsgemäßem Umgang nicht an der oberen oder unteren Endlage anschlägt (sogenanntes „Durchschlagen“ des Sitzes).

Fahrersitze weisen heute eine Vielzahl an Einstellmöglichkeiten auf. Eine davon ist das Einstellen auf das Fahrergewicht. Diese Funktion ist zu nutzen, damit der Sitz durch richtiges Einstellen des Federwegs optimal arbeiten kann. Untersuchungen verschiedener Institutionen, z. B. der BGHW, haben gezeigt, dass ein auf das falsche Fahrergewicht eingestellter Sitz die Vibrationen vom Chassis auf den Fahrer mehr als verdoppeln kann [14].

Zur Beurteilung des Sitzes hinsichtlich seiner vibrationsdämpfenden Eigenschaften müssen die Beschleunigungswerte in vertikaler Richtung zeitgleich auf und unter dem Fahrersitz gemessen werden. Der Quotient der Beurteilungsbeschleunigung a_{ws} auf dem Fahrersitz und der Beurteilungsbeschleunigung a_{wp} am Sitzmontagepunkt (d. h. unter dem Sitz am Chassis des Fahrzeuges) ist der sogenannte Sitzübertragungs- oder SEAT-Faktor, welcher übli-

cherweise nur für die vertikale, d. h. die Z-Richtung bestimmt wird.

$$SEAT = \frac{a_{ws}}{a_{wp}}$$

Ein SEAT-Faktor von 1 bedeutet, dass die Beschleunigungswerte in Z-Richtung auf dem Sitz im Vergleich zum Sitzmontagepunkt konstant geblieben sind. Ein SEAT-Faktor von 0,5 bedeutet, dass die Beschleunigungswerte vom Chassis auf den Sitz auf die Hälfte reduziert wurden.

Bei den von der BGN durchgeführten Messungen wurden die Fahrer vor der Messung jeweils gefragt, ob sie den Sitz (wenn möglich) auf ihr Gewicht eingestellt haben. Dies wurde meist bejaht, obwohl das Messergebnis gelegentlich anders ausfiel. So wurde in einer Messung ein Sitzfaktor von 0,95 ermittelt, d. h. es lag praktisch keine Vibrationsreduzierung vor. Die gemessene Beurteilungsbeschleunigung in Z-Richtung betrug $0,44 \text{ m/s}^2$, war also im Bereich des Auslösewertes von $0,5 \text{ m/s}^2$. Um auszuschließen, dass der Sitz bei dem 2 Jahre alten Fahrzeug nicht defekt ist, wurde mit dem Fahrer nach der Messung Rücksprache gehalten. Er gab an, dass er den Sitz lieber etwas mehr auf Komfort, d. h. „weicher“ einstellt. Nach korrekter Einstellung erfolgte eine weitere Messung. Die gemessene Beurteilungsbeschleunigung in Z-Richtung reduzierte sich auf $0,24 \text{ m/s}^2$, was einen deutlich geringeren Sitzfaktor von 0,53 zur Folge hatte.

Zur Veranschaulichung dienen die nachfolgenden Aufzeichnungen der beschriebenen Messungen mit unterschiedlichen Sitzeinstellungen. Es handelt sich bei den beiden Abbildungen jeweils um dasselbe Fahrzeug, denselben Fahrer sowie denselben Arbeitsbereich. Die beiden Graphen zeigen die gemessenen

sogar bis auf 35 % reduzieren können. Dieser Wert steigt wieder etwas an, wenn die Sitze durch regelmäßigen Gebrauch (innere Reibung) verschleifen.

Bei den Messungen konnte auch festgestellt werden, dass es in der Praxis keinen Unterschied macht, ob

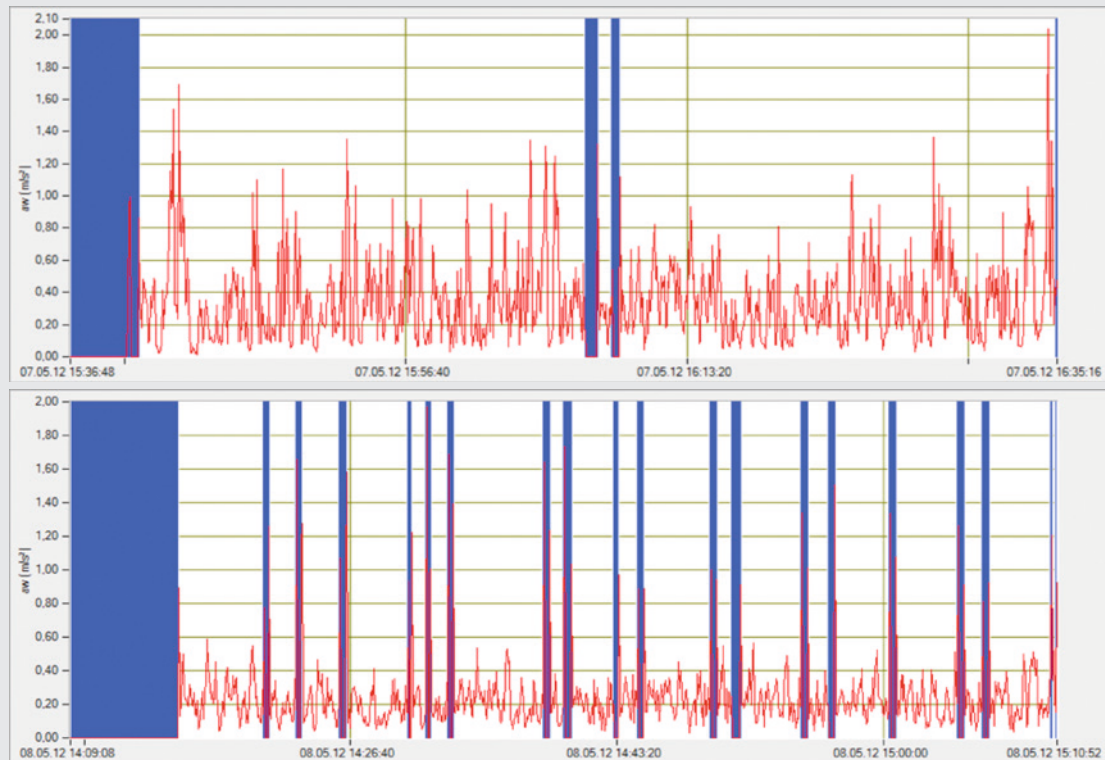


Abbildung 6: Messungen der Beschleunigungswerte auf dem Sitz bei unterschiedlichen Sitzeinstellungen

Anmerkung: Die blauen Balken sind Bereiche, in denen die Messung noch nicht begonnen bzw. der Fahrer das Fahrzeug während der Messung verlassen hat. In dieser Zeit erfolgt keine Messung der Beschleunigungswerte.

Beschleunigungswerte in Z-Richtung auf dem Sitz bei falscher Gewichtseinstellung (oben) und richtiger Gewichtseinstellung (unten). Bei der richtigen Gewichtseinstellung ist ein deutlicher Rückgang der gemessenen Beschleunigungswerte zu verzeichnen.

Häufige Ursachen von falscher Sitzeinstellung sind:

- mangelndes Interesse zur persönlichen Sitzeinstellung bei häufigen Fahrzeugwechseln oder kurzen Fahrtfähigkeiten
- Unkenntnis der Möglichkeiten der Sitzeinstellungen
- Unkenntnis der Bedeutung der Einstellung auf das Fahrergewicht

Der durchschnittliche SEAT-Faktor, welcher bei den Messungen in der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie durchgeführt wurde, liegt bei ca. 0,60. Das bedeutet, dass die Beschleunigungswerte vom Chassis in Z-Richtung im Durchschnitt auf ca. 60 % abgebaut wurden. Die Messungen haben weiterhin gezeigt, dass neue Sitze den Beschleunigungswert in Z-Richtung

der Sitz automatisch oder manuell eingestellt wird. Wichtig ist nur, **dass** der Sitz auf das Fahrergewicht eingestellt wird.

Automatisch einstellbare Sitze sind gegenüber manuell einstellbaren Sitzen üblicherweise an ihrem höheren Sitzaufbau erkennbar. Trotz automatischer Einstellung waren auch bei diesen Sitzen Fehleinstellungen zu beobachten. Möglicherweise lag es daran, dass die Fahrer nach der automatischen Einstellung des Fahrergewichts die nun neu eingestellte Sitzhöhe manuell nachgestellt haben. Meist wurde der Sitz heruntergefahren, da die Pedale nicht mehr optimal erreicht wurden. Da bei einigen Sitzen Gewichts- und Höheneinstellung mit demselben Schalter (kurzes bzw. vollständiges Ziehen/Drücken) erfolgen, lag in einigen Fällen möglicherweise eine unbeabsichtigte Fehlbedienung vor.

Werden Fahrer auf neue Fahrzeuge eingewiesen, sind sie deshalb auf die Wichtigkeit der Sitzeinstellung hinzuweisen!

4.3.2 Höchstgeschwindigkeit

Gabelstapler haben eine Höchstgeschwindigkeit von 20–25 km/h, Elektro-Niederhubwagen von ca. 13 km/h. Eine Drosselung der Höchstgeschwindigkeit der Flurförderzeuge wird in Unternehmen meist aufgrund eines erhöhten Unfallgeschehens durchgeführt. Ein positiver Nebeneffekt kann jedoch auch die Reduzierung der Beschleunigungswerte sein.

Bei den Messungen in der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie erfolgte die Drosselung auf eine Höchstgeschwindigkeit von ca. 10 km/h, da diese Geschwindigkeit auch auf vielen Betriebsgeländen einzuhalten ist. Zur besseren Veranschaulichung wurden aus den Messwerten unter der Annahme von 8 Stunden Fahrzeit die Tages-Vibrationsexpositionswerte $A(8)$ berechnet. Nur diese können mit den in der LärmVibrationsArbSchV festgelegten Auslöse- und Expositionsgrenzwerten verglichen werden, um die nötigen Maßnahmen ableiten zu können.

Nach der Drosselung wurde nur noch bei einem Elektro-Niederhubwagen eine Überschreitung des unteren Auslösewertes festgestellt. Aufgrund der geringen Reduzierung der Höchstgeschwindigkeit im Vergleich zu Gabelstaplern wurde aber ein geringer Effekt bei der Reduzierung der Beschleunigungswerte festgestellt. Nach der Drosselung wurde bei allen Gabelstaplern der Auslösewert unterschritten. Jedoch ist auch diese Methode nicht unbegrenzt anwendbar. Vor allem ist darauf zu achten, dass eine gute Balance zu dem zu bewältigenden Arbeitspensum erlangt wird. Unternehmen, welche den Einsatz gedrosselter Gabelstapler erfolgreich in den betrieblichen Ablauf integriert haben, haben meist eine Höchstgeschwindigkeit von ca. 15–18 km/h gewählt. Damit werden Vibrationsspitzen abgefangen, die Unfallgefahr auf dem Betriebsgelände sinkt und es wird aufgrund der moderaten Drosselung nur geringfügig in den betrieblichen Ablauf eingegriffen, d. h.

Einfluss der Höchstgeschwindigkeit auf die Höhe des Tages-Vibrationsexpositionswertes $A(8)$

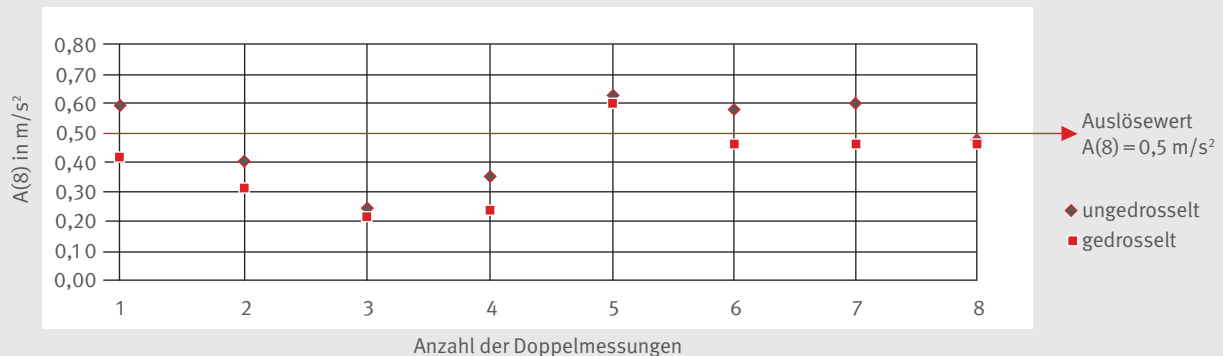


Abbildung 7: Übersicht der Tages-Vibrationsexpositionswerte $A(8)$ bei gedrosselten und ungedrosselten Fahrzeugen

Die Messungen der Beurteilungsbeschleunigungen auf 4 Gabelstaplern (Doppelmessungen⁹ 1–4) und 4 Elektro-Niederhubwagen (Doppelmessungen 5–8) sowie die daraus resultierende Berechnung der $A(8)$ -Werte sind in Abbildung 7 dargestellt.

Bei den durchgeführten Messungen wurde festgestellt, dass vor der Drosselung bei einem Gabelstapler und drei Elektro-Niederhubwagen eine Überschreitung des unteren Auslösewertes zu verzeichnen war. Damit sind für das Unternehmen Maßnahmen verbunden wie z. B. die Aufstellung eines Vibrationsminderungsprogrammes und das Angebot von arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen.

die benötigte Verladeleistung war nicht beeinträchtigt. Teils wurden die Gabelstapler bereits mit Drosselung eingekauft, teils wurde die Drosselung im Rahmen von Wartungsarbeiten durch das Wartungspersonal vorgenommen.

Ggf. können auch lokal begrenzte Drosselungen (z. B. innerhalb von Gebäuden, an Schleusen etc.) eingesetzt werden. Dazu werden Sensoren an Decken oder Schleusen angebracht. Per Funk wird in die Steuerung der Fahrzeuge eingegriffen und eine lokale Drosselung der Fahrzeuge erreicht. Dies wird z. B. bei Fahrzeugen eingesetzt, die zwischen Innen- und Außenbereich wechseln, an unübersichtlichen Stellen (Kurven) oder Schleusen und dient vorwiegend der Erhöhung der Verkehrssicherheit im Unternehmen.

⁹ Doppelmessung bedeutet, dass die Beurteilungsbeschleunigungen auf einem Fahrzeug jeweils ohne und mit Drosselung der Höchstgeschwindigkeit auf 10 km/h bei ansonsten gleichen Bedingungen gemessen wurden.



Abbildung 8: Verschiedene Fahrbahnbeschaffenheiten

- 8.1 | Außenbereich, ebene Asphaltstraße
 8.2 | Außenbereich, unebene Verbundsteine
 8.3 | Außenbereich mit Unebenheiten (Gully o. ä.);
 8.4 | Innenbereich, Industriefußboden

4.3.3 Fahrbahn bzw. Arbeitsbereiche

Häufig ist in Produktions- und Lagerbereichen ein ebener Beton- bzw. Asphaltboden, seltener ein gefliester Boden vorzufinden. Außenbereiche sind meistens asphaltiert, gelegentlich sind auch Betonplatten bzw. Verbundsteine verlegt. Es können Unebenheiten durch Schlaglöcher,

dere für den Arbeitsbereich „Hof“, sind deutlich höher. Dies resultiert aus der höheren Geschwindigkeit, die auf dem Hof bzw. Betriebsgelände gefahren werden kann. Außerdem ist die Fahrbahn im Außenbereich oft unebener als in Produktions- und Lager-

Gabelstapler	A	B	C	D
Durchschnittlicher Beschleunigungswert ² in m/s ²	$a_{wx} = 0,26$ $a_{wy} = 0,30$ $a_{wz} = 0,41$	$a_{wx} = 0,25$ $a_{wy} = 0,21$ $a_{wz} = 0,31$	$a_{wx} = 0,26$ $a_{wy} = 0,26$ $a_{wz} = 0,34$	$a_{wx} = 0,25$ $a_{wy} = 0,25$ $a_{wz} = 0,32$

Tabelle 7: Beschleunigungswerte von Gabelstaplern auf verschiedenen Fahrbahnen

Spalte A Hof (n = 37 Messungen) bzw. Betriebsgelände außerhalb von Gebäuden

Spalte B Warenannahme, Versand und Lager (n = 54 Messungen)

Spalte C Produktion (n = 21 Messungen)

Spalte D Mischwerte aus verschiedenen Arbeitsbereichen der Spalten A bis C (n = 24 Messungen)

Gullys, Schienen etc. auftreten. Eine objektive Einstufung in „gute“ oder „schlechte“ Fahrbahnbeschaffenheit ist nicht möglich. Daher erfolgt für die Messungen auf Gabelstaplern in Tabelle 7 eine Unterteilung in verschiedene Arbeitsbereiche: Die in Tabelle 7 aufgeführten durchschnittlichen Beschleunigungswerte in X- und Y-Richtung sind unabhängig vom Arbeitsbereich annähernd konstant. Lediglich die durchschnittlichen Beschleunigungswerte in Z-Richtung, insbeson-

bereichen. Unebenheiten, wie sie in Abbildung 8.2 und 8.3 zu sehen sind, sind so gut wie möglich zu beseitigen bzw. zu reduzieren.

Messungen auf Elektro-Niederhubwagen wurden nur im Innenbereich (Produktion, Lager) durchgeführt. Eine Trennung der Messwerte bezüglich unterschiedlicher Arbeitsbereiche entfällt somit.

4.3.4 Tätigkeiten

Es konnte nur eine Tätigkeit ermittelt werden, bei der die Beschleunigungswerte tendenziell höher sind als bei den durchschnittlich in der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie gemessenen Beschleunigungswerten. Dabei handelt es sich um das regelmäßige Befahren von Lkw-Ladeflächen durch Gabelstapler und Elektro-Niederhubwagen zum Zweck des Be- und Entladens der Lkws. Die höheren Beschleunigungswerte resultieren aus den zusätzlichen Impulsen,

welche die Fahrzeuge durch das Überfahren von Ladebrücken bzw. Rampen sowie das Absenken und Anheben der Ladefläche durch das zusätzliche Gewicht des Gabelstaplers bzw. des Elektro-Niederhubwagens erhalten. Da diese Tätigkeit bis jetzt nur auf wenigen Gabelstaplern und Elektro-Niederhubwagen gemessen wurde, kann derzeit keine statistisch gesicherte Auswertung erfolgen.



5 Ergebnis

5.1 Allgemeines

In den Kapiteln 5.2 und 5.3 sind die Ergebnisse dieses Handlungsleitfadens zusammengefasst. Sie basieren auf umfangreichen Messungen der Beschleunigungswerte von Ganzkörper-Vibrationen. Die Beschleunigungswerte variieren aufgrund verschiedener Einflussfaktoren.

Als Grundlage der Gefährdungsbeurteilung können die Unternehmen die durchschnittlichen Beschleu-

nigungswerte verwenden. Es sollte jedoch im Einzelfall immer geprüft werden, ob Einflussfaktoren vorliegen, welche die durchschnittlichen Beschleunigungswerte nachweislich beeinflussen können. Vor allem bei gesundheitlichen Beschwerden von Mitarbeitern ist ggf. eine Messung der Ganzkörper-Vibrationen auf Flurförderzeugen durchführen zu lassen.

5.2 Gabelstapler

Bei vollschichtigem Einsatz von Gabelstaplern in Unternehmen der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie kann bei Beachtung einiger Einflussfaktoren von einer Unterschreitung des Auslösewertes $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$ ausgegangen werden.

Zu beachten ist, dass

- die Fahrer eine qualifizierte Einweisung auf den Fahrzeugen erhalten, zu einer vorausschauenden Fahr-

weise angehalten und vor allem auf die Wichtigkeit der richtigen Sitzeinstellung hingewiesen werden,

- Gabelstapler, die regelmäßig auf dem Hof/dem Betriebsgelände fahren, moderat in ihrer Höchstgeschwindigkeit gedrosselt werden,
- die Fahrbahnen regelmäßig instand gehalten und Unebenheiten beseitigt werden und
- die Fahrzeuge regelmäßig gewartet und defekte Teile ausgetauscht werden.

5.3 Elektro-Niederhubwagen

Bei vollschichtigem Einsatz von Elektro-Niederhubwagen in Unternehmen der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie ist von einer Überschreitung des Auslösewertes $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$ auszugehen. Das gilt auch für den Einkauf neuer Elektro-Niederhubwagen. Damit sind die im Kapitel 4 beschriebenen Maßnahmen durchzuführen.

Für eine Vibrationsreduzierung kann das Unternehmen folgende Maßnahmen durchführen:

- qualifizierte Einweisung der Fahrer auf den Fahrzeugen mit Hinweis auf vorausschauende Fahrweise

- regelmäßige Instandhaltung der Fahrbahnen und Beseitigung von Unebenheiten
- regelmäßige Wartung der Fahrzeuge und Austausch defekter Teile
- Aufteilung der Fahrtätigkeiten auf mehrere Personen (Fahrzeit von max. 4 Stunden pro Schicht sollte in den meisten Fällen zur Unterschreitung des Auslösewertes $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$ führen)
- moderate Drosselung der Höchstgeschwindigkeit
- eventuell Dämpfung der Standplattform [16]

6 Literaturverzeichnis

- [1] Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung vom 06.03.2007
- [2] Arbeitsschutzgesetz vom 07.08.1996
- [3] Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (März 2015)
- [4] Maschinenrichtlinie 2006/42/EG vom 17.05.2006
- [5] VDI-Richtlinie 2057 Teil 1 „Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen – Ganzkörperschwingungen“ (Stand September 2002)
- [6] Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV, vom 18.12.2008)
- [7] DGUV Information 208-004 „Gabelstapler“ (Ausgabe 2012)
- [8] EU-Handbuch GKV (Stand Mai 2007)
- [9] DGUV-Report Validierung der neuen Ganzkörper-Schwingungs-Bewertungsverfahren anhand des Datenmaterials der epidemiologischen Studie „Ganzkörpervibration“ (Stand September 2012)
- [10] Fachausschuss-Informationsblatt „GKV – Gefährdungsbeurteilung bei mobilen Arbeitsgeräten“ (Stand 12/2010)
- [11] BGI/GUV-I 504-46 Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G46 „Belastungen des Muskel- und Skelettsystems einschließlich Vibrationen“ (Stand Juli 2009)
- [12] DIN EN 13059:2002 Sicherheit von Flurförderzeugen – Schwingungsmessung
- [13] Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie 57 (2007), Dr. K. Schäfer, R. Schick, F. Rokosch, C. Becker (BGHW, Mannheim)
- [14] VDI-Tagung 2010, Dr. K. Schäfer, F. Rokosch, R. Schick (BGHW) „Einflussfaktoren auf die Höhe der Vibrationsexposition beim Fahren von Gabelstaplern“
- [15] Betriebssicherheitsverordnung vom 03.02.2015
- [16] Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI): „Sonderpreis 2015 Zucker – Reduzierung von Wirbelsäulenbelastungen bei Fahrten mit Elektrohubwagen“

Bildnachweis

Titelbild: BGN

Seite 2, 21: Industrieblick/Fotolia

Abbildung 1, 3, 5, 8.1–8.4: BGN

Seite 5: iStock/ozgurdonmaz

Seite 9: iStock/aydinmutlu

Seite 11: iStock/Baloncici

Seite 14/15: iStock/Brusonja

**Berufsgenossenschaft
Nahrungsmittel und Gastgewerbe**

Dynamostraße 7–11
68165 Mannheim
www.bgn.de