

Gefährdungsbeurteilung an Arbeitsplätzen mit Vibrationseinwirkung

Hand-Arm- und Ganzkörper-Vibrationen

Eberhard Christ, Sankt Augustin

Vibrationseinwirkung an Arbeitsplätzen kann die Sicherheit und Gesundheit gefährden. Drei anerkennungsfähige Berufskrankheiten, durch langjährige intensive Vibrationseinwirkung verursacht, veranlassen zu Präventionsmaßnahmen. Die Hersteller von Maschinen und Geräten, die Vibrationsbelastung verursachen, sind verpflichtet, über die Größe der Vibrationsemission zu informieren. Allerdings gab es bisher mit Ausnahme des Bergbaubereichs für die übrigen Wirtschaftszweige keine spezifisch auf die Vibrationseinwirkung an Arbeitsplätzen bezogene Arbeitsschutzvorschrift, die die Gefährdungsermittlung und daraus folgend wirksame Präventionsmaßnahmen festlegt. Ende 2000 hat der EU-Ministerrat mit dem Beschluss eines „Gemeinsamen Standpunktes“ über das Ergebnis mehrjähriger Verhandlungen zu einer EU-Vibrationsschutzrichtlinie politisches Einvernehmen erzielt. Nach Stellungnahme des Europäischen Parlaments ist noch für 2001 mit ihrer endgültigen Verabschiedung als eine weitere Einzelrichtlinie zur EU-Arbeitsschutz-Rahmenrichtlinie 89/391/EWG zu rechnen.

Gesundheitsgefährdung durch Vibrationsbelastung

Die Vibrationseinwirkung an Arbeitsplätzen, als physikalische Belastungsgröße ähnlich der Lärmeinwirkung einzuordnen, wird üblicherweise in zwei Hauptgruppen unterteilt:

Hand-Arm-Vibrationen (Schwingfrequenzbereich 8 Hz bis 1000 Hz) mit der Gefahr des Entstehens von Durchblutungsstörungen, Knochen- und Gelenkschäden, neurologischen oder Muskelerkrankungen, verursacht durch Arbeit mit handgehaltenen oder handgeführten Maschinen und Geräten (typische Vertreter: Meißel- und Aufbrechhämmer, Schlagschrauber (**Bild 1**), Winkelschleifer, Stampfer, Rüttelplatten usw.).



Bild 1 | Hand-Arm-Vibrationsbelastung bei der Arbeit mit einem handgehaltenen Schlagschrauber.

Ganzkörper-Vibrationen (Schwingfrequenzbereich 0,5 Hz bis 80 Hz) mit der Gefahr des Entstehens von Rückenschmerzen und bandscheibenbedingten Wirbelsäulenschädigungen, verursacht durch Arbeit im Sitzen mit mobilen Maschinen und Fahrzeugen, bei denen der unebene befahrene Untergrund die gefährdende Vibrationsanregung bewirkt (typische Vertreter: Erdbaumaschinen (**Bild 2**), land- und forstwirtschaftliche Traktoren, Gabelstapler usw.).

Überschreitet die tägliche Vibrationseinwirkung bei der Arbeit die Grenze der Gesundheitsgefährdung und setzt sich dies über längere Zeiträume fort, so besteht die Gefahr, dass eine der in der gesetzlichen Berufskrankheitenliste [1] enthaltenen vibrationsbedingten Erkrankungen entsteht. Die **Tabelle**

gibt eine Übersicht über die Zahlen der bei den gewerblichen Berufsgenossenschaften im Jahre 1999 eingereichten Anzeigen auf Verdacht einer vibrationsbedingten Berufskrankheit, der tatsächlich nach Prüfung der gesetzlichen Voraussetzungen erfolgten Anerkennungen, des Anteils neuer Berufskrankheitsrenten sowie zusätzlich der aus den Vorjahren noch laufenden Renten.



Autor

Dr.-Ing. Eberhard Christ leitet den Fachbereich Lärm-Vibration im Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit – BIA, Sankt Augustin.

Gesetzliche Regelungen, Normen und Richtlinien

Die grundsätzlichen Bestimmungen des Arbeitsschutzgesetzes [3] zur Ermittlung und Beurteilung von



Bild 2 | Ganzkörper-Vibrationsbelastung eines Kompaktor-Fahrers bei der Müllentsorgung.

Übersicht über die vibrationsbedingten Berufskrankheiten (BK) im Jahre 1999. (Quelle:HVBG [2])

Berufskrankheit	Anzeigen auf Verdacht einer BK	Anerkennung einer BK	Neue BK-Renten	Noch laufende BK-Renten aus den Vorjahren
BK 2103	638	132	81	4 789
BK 2104	92	7	3	89
BK 2110	683	16	11	64

- BK 2103 – Erkrankung durch Erschütterung bei Arbeit mit Druckluftwerkzeugen oder gleichartig wirkenden Werkzeugen oder Maschinen
- BK 2104 – Vibrationsbedingte Durchblutungsstörungen an den Händen, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können
- BK 2110 – Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule durch langjährige, vorwiegend vertikale Einwirkungen von Ganzkörperschwingungen im Sitzen, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können.

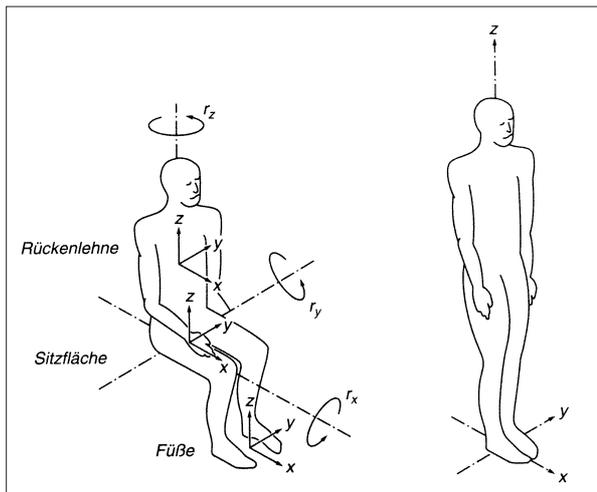


Bild 3 Auf den menschlichen Körper bezogenes Koordinatensystem zur Messung der Ganzkörper-Vibrationseinwirkung [9].

Gefährdungen der Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit sowie zur Planung und Durchführung technischer und/oder organisatorischer Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung festgestellter Gefahren werden bislang nur im Geltungsbereich des Berggesetzes [4] durch Detailregelungen auch für Vibrationseinwirkung an Arbeitsplätzen ergänzt. Eine allgemein gültige Präventionsvorschrift für Vibrationseinwirkung an Arbeitsplätzen war zwar im Entwurf bereits im Jahre 1993 von der EU-Kommission veröffentlicht worden [5], fand aber erst im Jahre 2000 die Zustimmung der Mitgliedstaaten, so dass im Jahre 2001 mit der endgültigen Verabschiedung zu rechnen ist. Diese Richtlinie wird als Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 (1) der Arbeitsschutz-Rahmenrichtlinie 89/391/EWG [6] alle erforderlichen vibrationsschutzspezifischen Detailfestlegungen treffen, um ein modernes Präventionssystem zu schaffen.

Bereits mit dem Zeitpunkt der Einrichtung des Europäischen Binnenmarkts traten gesetzliche Regelungen in Kraft, die die Hersteller oder Importeure von Maschinen und Geräten verpflichteten, in den Benutzerinformationen Angaben zur Vibrationsemission zu machen (EU-Maschinen-Richtlinie [7], umgesetzt in der Neunten Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz [8]).

Die angegebenen Emissionswerte sollten vor allem die Auswahl vibrationsgeminderter Produkte ermöglichen, sie werden aber zunächst in der Anlaufphase der Um-

setzung der Arbeitsplatz-Vibrationschutz-Richtlinie auch für die Gefährdungsbeurteilung nützlich sein.

Unterstützt wird die Anwendung der gesetzlichen Vibrationschutzregelungen durch Normen und Richtlinien, die zum größten Teil bereits als Neufassungen oder aktuelle Überarbeitungen verfügbar sind. An erster Stelle ist hier die Richtlinie VDI 2057 [9] zu nennen, die in jüngster Zeit vollständig überarbeitet wurde.

Die Richtlinie VDI 2057 Blatt 1 behandelt alle Aspekte der Messung, Bewertung und Beurteilung von Ganzkörper-Vibrationen und stellt in der Neufassung eine vollständige Anpassung an die internationale Norm ISO 2631-1:1997 [10] dar, auf die der EU-Richtlinienvorschlag Bezug nimmt. VDI 2057 Blatt 2 behandelt Messung, Bewertung und Beurteilung von Hand-Arm-Vibrationen und basiert im Wesentlichen auf den überarbeiteten Normen ISO 5349, Teile 1 und 2 [11], die unverändert auch in das Europäische Normenwerk als EN ISO 5349 übernommen werden. Der EU-Richtlinienvorschlag nimmt, soweit es die Hand-Arm-Vibrationen betrifft, auf diese Normen Bezug.

Zur einheitlichen Ermittlung der Vibrationsemissions-Kennwerte für Maschinen und Geräte wurden zahlreiche Europäische Normen erarbeitet, die sowohl die Messbedingungen als auch die Anwendung gleichartiger, für den vorgesehenen Einsatz repräsentativer Betriebsbedingungen standardisieren.

Als Beispiele für diese umfangreiche Normenreihe seien genannt: EN 1032:1996 [12], EN 1033:1995 [13], EN 28662-1: 1992 mit zahlreichen Folgeteilen für einzelne Maschinenarten [14].

Die Umsetzung der gesetzlichen Vorschriften zum technischen und/oder organisatorischen Vibrationschutz an den Arbeitsplätzen, an denen die Gefährdungsbeurteilung Werte im gesundheitsgefährdenden Bereich ergeben hat, wird ebenfalls durch Normen und VDI-Richtlinien unterstützt. Als Beispiele seien hier genannt die DIN V 45695:1996 [15], die DIN EN 30326-1:1994 [16] und die Richtlinie VDI 3831 [17].

Ermittlung der Vibrationsgefährdung an Arbeitsplätzen

Vergleichbar der Lärmeinwirkung an Arbeitsplätzen wird auch für die Vibrationsbelastung zur Gefährdungsbeurteilung ein auf täglich achtstündige Einwirkung bezogener Einzahlwert als „Beurteilungsbeschleunigung“ (entsprechend [9] Blatt 1) bzw. „Tages-Schwingungsbelastung“ (entsprechend [9] Blatt 2) ermittelt. Im EU-Richtlinienvorschlag werden dafür die Begriffe „Tagesexposition“ (Ganzkörpervibrationen) bzw. „Tagesexpositions-wert“ (Hand-Arm-Vibrationen) verwendet. Diese Begriffsvielfalt erschwert das Verständnis in der Betriebspraxis und sollte spätestens bei der nationalen Umsetzung der EU-Richtlinie bereinigt werden.

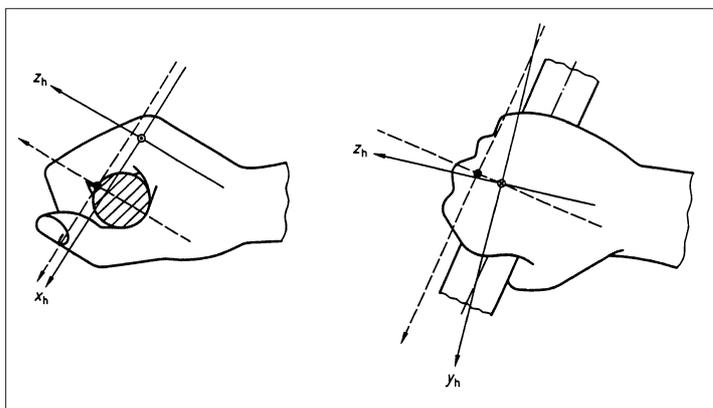


Bild 4 Auf den umfassten Gerätegriff bezogenes Koordinatensystem zur Messung der Hand-Arm-Vibrationsbelastung [9].

Grundsätzlich gilt, dass an der Einleitungsstelle der Vibrationen in den menschlichen Körper, also an den Händen bzw. an den Füßen des stehenden und am Gesäß des sitzenden Menschen die übertragene Schwingbeschleunigung in drei senkrecht zueinander angeordneten Richtungen als Effektivwert gemessen und mit jeweils spezifischen Frequenzbewertungskurven bewertet wird. Das für die Ausrichtung der drei Beschleunigungsaufnehmer festgelegte Koordinatensystem ist für Ganzkörper-Vibrationen auf den menschlichen Körper (**Bild 3**) und für Hand-Arm-Vibrationen auf den umfassten Gerätegriff (**Bild 4**) bezogen. Der EU-Richtlinienvorschlag sieht die vektorielle Zusammenfassung der frequenzbewerteten Beschleunigungsmesswerte der drei Koordinatenachsen zu einem Einzahlwert vor (Hand-Arm-Vibrationen). Die entsprechenden Berechnungsformel für Hand-Arm-Vibrationen findet sich in der im EU-Richtlinienvorschlag angegebenen Norm ISO 5341-1:2001. Für Ganzkörper-Vibrationen wird der höchste Wert der frequenzbewerteten Beschleunigungseffektivwerte der Beurteilung zu Grunde gelegt (Bezug auf ISO 2631-1:1997).

Die Berechnung der Tages-Vibrationsbelastungs-Kennwerte erfordert die Bestimmung der tatsächlichen täglichen Gesamteinwirkungsdauer. Die bezogenen Normen enthalten die für einzelne oder mehrere Einwirkungen pro Tag anzuwendenden Berechnungsformeln.

Da für eine gewisse Übergangszeit noch nicht alle zur exakten Gefährdungsbeurteilung erforderlichen Vibrationsmesswerte zur Verfügung stehen werden, erlaubt der EU-Richtlinienvorschlag auch eine Schätzung der Tages-Beurteilungskennwerte anhand der Herstellerangaben über die Vibrationsemission der Maschinen und Geräte unter Zugrundelegung der individuell zu ermittelnden tatsächlichen täglichen Einwirkungsdauer. Dabei sollte aber berücksichtigt werden, welche genormten Betriebsbedingungen bei der Messung der vom Hersteller angegebenen Kennwerte angewendet worden sind. In den Normen werden in der Regel repräsentative Betriebsbedingungen

standardisiert, während im individuellen Praxiseinsatz durchaus wesentlich höhere Vibrationsemissionen beobachtet werden können. In diesen Fällen wird eine exakte messtechnische Ermittlung der einwirkenden Schwingbeschleunigungswerte unumgänglich sein.

K-Wert oder Schwingbeschleunigung a

Sollen zur Gefährdungsbeurteilung eventuell bereits früher ermittelte Vibrationskennwerte herangezogen werden, die auf Messungen nach den Empfehlungen der Ausgabe Mai 1987 der Richtlinie VDI 2057 beruhen, so handelte es sich damals um sog. K-Werte, die aus den Messwerten der frequenzbewerteten Schwingbeschleunigung durch Multiplikation mit spezifischen Faktoren errechnet wurden. Sie lassen sich nicht direkt mit den Beschleunigungsgrenzwerten des EU-Richtlinienvorschlags vergleichen und entsprechen auch nicht den von den Herstellern anzugebenden Vibrations-Emissionskennwerten.

Unter Anwendung der seinerzeit bei der Berechnung der K-Werte aus den frequenzbewerteten Beschleunigungsmesswerten verwendeten Faktoren (nun als Quotienten anzuwenden), ist ein „Zurückrechnen“ zur weiteren Verwendung bei der Gefährdungsbeurteilung nach dem EU-Richtlinienvorschlag möglich.

Folgende Faktoren wurden für die Berechnung der K-Werte angewendet:

- Hand-Arm-Vibrationen (für alle drei Messrichtungen):

$$KH = 6,3 \frac{a_{hw}}{m/s^2}$$

KH = Bewertete Schwingstärke
 a_{hw} = frequenzbewertete Beschleunigung

- Ganzkörper-Vibrationen (getrennt für die Messrichtungen X, Y und Z)

$$KX = 28 \frac{a_{xw}}{m/s^2}$$

$$KY = 28 \frac{a_{yw}}{m/s^2}$$

$$KZ = 20 \frac{a_{zw}}{m/s^2}$$

KX, Y, Z = Bewertete Schwingstärke
 a_{xw}, a_{yw}, a_{zw} = frequenzbewertete Beschleunigung in den Messrichtungen

Beurteilung der Gesundheitsgefährdung

Da es bisher in Deutschland keine allgemein gültige Präventionsvorschrift für die Gefährdung durch Vibrationseinwirkung bei der Arbeit gab (mit Ausnahme des Bergbaubereichs), konnte die in der Richtlinie VDI 2057 Blatt 3 (Ausgabe Mai 1987) enthaltene Richtwertkurve für das Beurteilungskriterium Gesundheit nur als Empfehlung betrachtet werden. Die dort für täglich achtstündige Einwirkung ablesbare Beurteilungsschwingstärke $K_r = 16,2$ wurde allerdings in speziellen Anwendungsbereichen (Bergbau, Berufskrankheiten) als Beurteilungskriterium im Sinne des derzeitigen Kenntnisstands zugrunde gelegt. Eine erst kürzlich abgeschlossene epidemiologische Studie im Auftrag des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften [18] hatte diese Annahme bestätigt und zugleich aufgezeigt, dass bei bestimmten Vibrationen (z. B. stark stoßhaltige Vibrationen) ein erhöhtes Gesundheitsrisiko existiert.

Der EU-Richtlinienvorschlag, der im Sinne des Artikels 137 des Amsterdamer Vertrags Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit vor der Gefährdung durch Vibrationen enthält, sieht folgende Expositionsgrenzwerte vor (für täglich achtstündige Einwirkung):

Hand-Arm-Vibrationen: 5 m/s²

Ganzkörper-Vibrationen: 1,15 m/s²

Als Expositionsauslösewerte, bei deren Überschreitung im einzelnen festgelegte Präventionsmaßnahmen durchzuführen sind, sollen folgende Werte gelten (für täglich achtstündige Einwirkung):

Hand-Arm-Vibrationen: 2,5 m/s²

Ganzkörper-Vibrationen: 0,6 m/s²

In einer von Deutschland zum Ratsprotokoll abgegebenen Erklärung wird darauf hingewiesen, dass entsprechend dem arbeitswissenschaftlichen Kenntnisstand der Expositionsgrenzwert für Ganzkörper-

Vibrationen auf 0,8 m/s² festgelegt werden sollte¹). Deutschland akzeptiert trotz dieser Erkenntnis den höheren Grenzwert im Richtlinienvorschlag, um eine einheitliche europäische Regelung zu ermöglichen.

Es bleibt letztendlich abzuwarten, welche Position das Europäische Parlament unterstützt und ob die Endfassung der Richtlinie nicht eventuell doch noch den von Deutschland favorisierten Grenzwert enthalten wird.

Technische und/oder organisatorische Präventionsmaßnahmen

Ergibt das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung eine Überschreitung des Gesundheitsgrenzwerts (im EU-Richtlinienentwurf „Expositionsgrenzwert“) bzw. nach den vorgesehenen Bestimmungen des EU-Richtlinienentwurfs bereits bei Überschreitung der Expositionsauslöswerte, ist „unter Berücksichtigung des technischen Fortschritts und der Verfügbarkeit von Mitteln zur Begrenzung der Gefährdung am Entstehungsort“ (zitiert aus dem EU-Richtlinienentwurf) ein Programm technischer und/oder organisatorischer Präventionsmaßnahmen aufzustellen und zu realisieren. Obwohl es bisher keine generelle Präventionsvorschrift gab, haben zahlreiche Hersteller für ihre Produkte bereits wirksame Vibrationschutzmaßnahmen entwickelt. Zusätzlich zu den früher bereits genannten Normen und Richtlinien [15 bis 17] seien dafür einige Beispiele genannt.

Zum Schutz gegenüber Ganzkörper-Vibrationseinwirkung an Arbeitsplätzen auf mobilen Maschinen und Fahrzeugen bieten optimal angepasste Sitze wirksamen Schutz gegenüber der Gefährdung der Wirbelsäule (vertikale Schwingungsrichtung). Sitzprüfnormen, z. B. für Erdbaumaschinen, Gabelstapler, Traktoren und Sattelkraftfahrzeuge, erlauben mit praxisnahen, auf der Basis zahlreicher Arbeitsplatzmessungen entwickelten Prüfpektren die gezielte Auswahl geeigneter vibrationsmindernder Sitze. Moderne

Lkw sind zur Verbesserung des Vibrationsschutzes mit gefederten Führerhäusern ausgestattet.

Bei zahlreichen handgehaltenen und handgeführten Geräten gibt es vibrationsgeminderte Ausführungen oder vibrationsmindernde Zusatzausrüstungen. Beispielhaft genannt seien hier die Befestigung der Handgriffe von Motorkettensägen über Schwingelemente, gefederte Handgriffe an schweren Aufbrechhämern, elastische Greifhülsen für die Meißelführung bei Meißelhämmern zur Steinbearbeitung, Bohrhämmer anstelle von Schlagbohrmaschinen und der dynamische Unwuchtausgleich (auto-balancing) für Winkelschleifmaschinen.

Als organisatorische Maßnahme kommt auch eine Verkürzung der Einwirkzeit in Betracht, da bei den Vibrationen im Gegensatz zum Lärm der entscheidende, auf achtstündige Einwirkung berechnete Beurteilungswert nicht auf logarithmischer Basis gebildet wird.

Persönliche Schutzausrüstungen, mit denen bei zahlreichen anderen arbeitsbedingten Gefährdungen von Sicherheit und Gesundheit verbleibende Restrisiken abgedeckt werden können, stehen für vibrationsgefährdende Arbeiten bisher nicht zur Verfügung. Es gibt erste Ausführungen von Antivibrations-Schutzhandschuhen, die aber nur in speziellen Anwendungsfällen bei überwiegend hohen Frequenzanteilen im Schwingungsspektrum einen teilweisen Schutz bieten. TÜ 243

Literaturverzeichnis

[1] Berufskrankheitenverordnung (BeKV) vom 20. Juni 1968. BGBl. I, S. 721 i. d. F. d. 2. Verordnung zur Änderung der Berufskrankheitenverordnung vom 18. Dezember 1992. BGBl. I, S. 2343.
 [2] Geschäfts- und Rechnungsergebnisse der gewerblichen Berufsgenossenschaften. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften. 1999.
 [3] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG) vom 7. August 1996. BGBl. I, S. 1246.
 [4] Bergverordnung zum gesundheitlichen Schutz der Beschäftigten (Gesundheitsschutz-Bergverordnung – GesBergV) vom 31. Juli 1991. BGBl. I, S. 1751. Bergverordnung für alle bergbaulichen Bereiche

(Allgemeine Bundesbergverordnung – ABergV) vom 23. Oktober 1995. BGBl. I, S. 1466.

[5] Vorschlag für eine Richtlinie des Rates über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (93/C 77/02). ABL. EG Nr. C 77 vom 18. März 1993. Geänderte Fassung: Geänderter Vorschlag für eine Richtlinie des Rates über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen – Einzelrichtlinie im Sinne von Art. 16 der Richtlinie 89/391/EWG (94/C 230/03). ABL. EG Nr. C 230 vom 19. August 1994.
 [6] Richtlinie 89/391/EWG des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit. ABL. EG Nr. L 183, S. 1.
 [7] Richtlinie 98/37/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Maschinen. ABL. EG Nr. L 207 vom 23. Juli 1998.
 [8] Neunte Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz (Maschinenverordnung – 9. GSGV) vom 12. Mai 1993. BGBl. I, S. 704 i. d. F. v. 28. September 1995. BGBl. I, S. 1213.
 [9] VDI 2057: Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen. Blatt 1: Grundlagen, Gliederung, Begriffe. Blatt 2: Bewertung. Blatt 3: Beurteilung (alle: Ausgabe Mai 1987) Überarbeitung der VDI-Richtlinie 2057. Blatt 1: Ganzkörperschwingungen, Entwurf November 1999. Blatt 2: Hand-Arm-Schwingungen, Entwurf Dezember 2000. Berlin: Beuth-Verlag.
 [10] ISO 2631-1:1997: Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements.
 [11] EN ISO 5349-1:2001: Mechanische Schwingungen – Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen. EN ISO 5349-2:2001: Mechanische Schwingungen – Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen – Teil 2: Praxisgerechte Anleitung zur Messung am Arbeitsplatz.
 [12] EN 1032:1996: Mechanische Schwingungen; Prüfverfahren zur Ermittlung der Ganzkörper-Schwingungen von beweglichen Maschinen; Allgemeines.
 [13] EN 1033:1995: Hand-Arm-Schwingungen; Laborverfahren zur Messung mechanischer Schwingungen an der Greiffläche handgeführter Maschinen; Allgemeines.
 [14] EN 28662-1:1992: Handgehaltene motorbetriebene Maschinen; Messung mechanischer Schwingungen am Handgriff; Allgemeines sowie Folgeteile für Meißelhämmer und Niethämmer (Teil 2), Gesteinsbohrmaschinen und Bohrhämmer (Teil 3), Schleifmaschinen (Teil 4), Aufbruchhämmer und Spatenhämmer (Teil 5), Schlagbohrmaschinen (Teil 6), Schrauber, Schraubendreher und Mutterndreher mit Schlag-, Impuls- oder Ratschenantrieb (Teil 7), Poliermaschinen und Rotationsschleifer, Schwingschleifer und Exzentrerschleifer (Teil 8), Stampfer (Teil 9), Knabber und Schermaschinen (Teil 10), Sägen und Feilen mit Hubbewegung und Sägen mit Schwing- und Drehbewegung (Teil 12), Geradschleifer mit Spannzange (Teil 13).
 [15] DIN V 45695:1996: Hand-Arm-Schwingungen; Leitfaden zur Verringerung der Gefährdung durch Schwingungen; technische und organisatorische Maßnahmen.
 [16] DIN EN 30326-1:1994: Mechanische Schwingungen; Laborverfahren zur Bewertung der Schwingungen von Fahrzeugsitzen; grundlegende Anforderungen sowie fahrzeugspezifische Prüfnormen: EN ISO 7096:2000: Erdbaumaschinen; Laborverfahren zur Bewertung der Schwingungen des Maschinenführersitzes. E DIN EN 13490:1999: Mechanische Schwingungen; Flurförderzeuge; Laborverfahren zur Bewertung der Schwingungen des Maschinenführersitzes. ISO 5007:1990: Radtraktoren für die Landwirtschaft; Fahrersitz; Labor-Messung der übertragenden Schwingungen.
 [17] VDI 3831: Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen; allgemeine Schutzmaßnahmen, Beispiele. Berlin: Beuth-Verlag 1985.
 [18] Epidemiologische Studie Ganzkörpervibration – Verbund-Forschungsvorhaben im Auftrag des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften: Abschlussbericht. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Sankt Augustin 1999.

¹) Entspricht dem bisherigen K_v-Wert von 16,2 für die vertikale Schwingungsrichtung beim sitzenden und stehenden Menschen.