

ARBEITSWISSENSCHAFTLICHE ERKENNTNISSE

Forschungsergebnisse für die Praxis

Schwingungsmessung – Personengebundene Messung am Arbeitsplatz

Schenk, Th.

Messeinrichtung zur personengebundenen Messung von Hand-Arm- und Ganzkörperschwingungen am Arbeitsplatz

Inhalt

- 1 **Allgemeine Vorgehensweise bei der Ermittlung der arbeitsplatzbezogenen Schwingungsbelastung**
- 2 **Probleme bei der Messung der täglichen Schwingungsbelastung**
- 3 **Entwicklung und Bau einer neuartigen Messeinrichtung**
- 4 **Vorteile dieser Messeinrichtung**
- 5 **Einsatzbeispiele für Hand-Arm-Schwingungen**
- 6 **Zusammenfassung**
- 7 **Schrifttum**
 - 7.1 **Literatur**
 - 7.2 **Zusammenstellung von Normen für die Messung der Schwingungsimmission an Arbeitsplätzen**

Ergebnisse aus dem im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Bonn, und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, durchgeführten Forschungsvorhaben, dargestellt in der Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin - Forschung - Fb 919 von

Gillmeister, F.; Schenk, Th.

Entwicklung einer Methodik zur personengebundenen Messung von Hand-Arm- und Ganzkörperschwingungen am Arbeitsplatz

Nachdruck und auszugsweise Wiedergabe nur mit ausdrücklicher vorheriger Zustimmung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, gestattet.

Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse Nr. 130

Schwingungsmessung - Personengebundene Messung am Arbeitsplatz

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, 2002

ISSN 0720-1699

1 Allgemeine Vorgehensweise bei der Ermittlung der arbeitsplatzbezogenen Schwingungsbelastung

Als Messgröße für die Schwingungseinwirkung an Arbeitsplätzen wird die Schwingbeschleunigung verwendet. Bei der Ermittlung der arbeitshygienischen Beurteilungsgröße sind neben der Schwingungsamplitude die Frequenzzusammensetzung, die Schwingungsrichtung und die Einwirkungsdauer als Einflussfaktoren zu beachten.

Die relevanten Frequenzbereiche sind für Hand-Arm-Schwingungen 8-1000 Hz und für Ganzkörperschwingungen 1-80 Hz. Innerhalb dieser Bereiche wird die frequenzabhängige Schwingungsempfindung und -beanspruchung des Menschen in den Schwingungsmessgeräten durch Frequenzbewertungskurven nachgebildet. Während es für Hand-Arm-Schwingungen in den drei Raumrichtungen nur eine Bewertungskurve gibt, werden bei Ganzkörperschwingungen u. a. die Frequenzbewertungen für die vertikale (z) und die horizontalen Richtungen (x, y) unterschieden.

Die tägliche Schwingungsbelastung wird nach dem Dosisprinzip aus den Teilbelastungen (für unterschiedliche Tätigkeiten) und den zugehörigen Einwirkungsdauern errechnet. Setzt sich die tatsächliche Einwirkungsdauer T aus n Belastungsabschnitten T_i zusammen, so erhält man den energieäquivalenten Mittelwert der frequenzbewerteten Beschleunigung während der Einwirkungszeit T nach folgender Beziehung:

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n a_{wi}^2 \cdot T_i}$$

Ganzkörperschwingungen

Als arbeitshygienische Beurteilungsgröße dient gemäß VDI 2057-1 der mit $T_0 = 8h$ auf einen 8-stündigen Arbeitstag bezogene Wert $a_{w(8)}$, der aus dem höchsten energieäquivalenten Effektivwert der frequenzbewerteten Beschleunigung in den drei Messrichtungen

$$a_w = \text{Max} \{1,4 a_{wx}, 1,4 a_{wy}, a_{wz}\}$$

nach der Beziehung

$$a_{w(8)} = a_w \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

bestimmt wird.

Hohe stoßförmige Belastungen von Fahrzeugführern, die eine erhöhte gesundheitliche Gefährdung der Lendenwirbelsäule darstellen, sollten mit speziellen Methoden gemäß der internationalen Norm ISO 2631-1 messtechnisch erfasst werden.

Hand-Arm-Schwingungen

Als arbeitshygienische Beurteilungsgröße dient gemäß DIN EN 25349, Blatt 1 die auf einen 8-stündigen Arbeitstag bezogene Tagesschwingungsbelastung $a_{hv(8)}$:

$$a_{hv(8)} = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

Dabei ist a_{hv} der für die Einwirkungsdauer T bestimmte Schwingungsgesamtwert (Vektorbetrag) der energieäquivalenten Effektivwerte der frequenzbewerteten Beschleunigung in den drei Messrichtungen x, y und z:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

Eine ausführliche Anleitung zur praktischen Durchführung der Schwingungsmessungen an Arbeitsplätzen und zur Ermittlung der täglichen Schwingungsbelastung bei Einwirkung von Hand-Arm-Schwingungen enthält DIN EN ISO 5349-2:2001.

Die derzeitigen Messvorschriften zur Ermittlung von Beurteilungsgrößen für Ganzkörper- und Hand-Arm-Schwingungsexpositionen basieren, wie im Abschnitt 1 dargestellt, auf der Ermittlung des auf eine Tages-Schicht von 8 Stunden bezogenen Langzeiteffektivwertes der frequenzbewerteten Schwingbeschleunigung. Zur Messung der Schwingungsexpositionen ist (insbesondere bei Arbeitsplätzen mit Hand-Arm-Schwingungen) eine mechanisch starre Ankopplung der Schwingungsaufnehmer an der Schwingungsquelle erforderlich, wodurch sehr oft der normale Arbeitsablauf durch die Aufnehmer und die notwendigen Kabel zu den Messgeräten behindert wird. Der Aufwand zur ordnungsgemäßen Befestigung der Aufnehmer ist in vielen Fällen nicht unbeträchtlich und im Falle von Hand-Arm-Schwingungen aufgrund der beengten Verhältnisse am Handgriff von Handmaschinen nicht an der vorgeschriebenen Einleitungsstelle der Schwingungen in das Hand-Arm-System möglich.

Da im Normalfall keine ununterbrochene und konstante Schwingungseinwirkung über 8 Stunden vorliegt, muss der auf 8 Stunden bezogene Langzeiteffektivwert aus den die einzelnen Teil-Expositionen charakterisierenden Langzeiteffektivwerten und ihren Einwirkungszeiten berechnet werden. Neben den Langzeiteffektivwerten für die einzelnen Teil-Expositionen ist also ihre Zeitdauer die wichtigste Messgröße zur Ermittlung der endgültigen Beurteilungsgröße.

Die Erfahrungen aus praktischen Schwingungsmessungen zeigen, dass in der Vergangenheit die Erfassung der realen Expositionszeiten sehr häufig hinsichtlich ihrer Bedeutung unterschätzt wurde und zumeist auf der Basis von Befragungen und damit fehlerbehaftet erfolgte. Die Messung der Langzeiteffektivwerte für einzelne Arbeitsgänge mit Schwingungsexposition ist mittels entsprechender Messgeräte relativ genau möglich, jedoch werden wegen des hohen Umrüstaufwandes bei Exposition gegenüber unterschiedlichen Schwingungsquellen während einer Arbeitsschicht üblicherweise nur die stärksten Quellen vermessen. Wegen der unvermeidlichen Behinderungen des technologischen Ablaufes erfolgen diese Messungen auch nur über begrenzte Zeitabschnitte. Dies betrifft in besonderem Maße Arbeitsplätze mit Hand-Arm-Schwingungsexpositionen (z. B. aufeinander folgendes Bearbeiten von Schweißnähten mit Meißelhämmern und Winkelschleifern).

In der neuen internationalen Norm zu Hand-Arm-Schwingungsmessungen am Arbeitsplatz (DIN EN ISO 5349-2:2001) wird sehr ausführlich auf die exakte Ermittlung der Expositionszeit eingegangen. Sie beschreibt unterschiedliche Herangehensweisen bei der Organisation von Messungen bei unterschiedlichen Arten von Schwingungsexpositionen (z. B. lange Messdauer bei ununterbrochenem Maschinenbetrieb oder mehrmalige Messung mit kurzer Messdauer bei Maschinenbetrieb mit Unterbrechungen oder wechselndem Maschineneinsatz). Hiermit soll sichergestellt werden, dass nicht nur die Amplitude der einwirkenden Schwingungen gemessen, sondern dass auch alle relevanten Einzel-Expositionen und ihre zugehörigen Zeitanteile richtig und möglichst genau erfasst werden. Zur Erfüllung dieser Anforderungen ist jedoch ein großer organisatorischer Aufwand nötig.

2 Probleme bei der Messung der täglichen Schwingungsbelastung

In Forschungsergebnissen der letzten Jahre verstärkt sich der Hinweis, dass gesundheitsschädigende Wirkungen von Hand-Arm-Schwingungen in erheblichen Maße von der Ankopplungskraft des Hand-Arm-Systems an die Schwingungsquelle mit bestimmt werden. Hierzu wurden entsprechende Verfahren zur Ermittlung der Ankopplungskraft in nationalen und internationalen Normen veröffentlicht. Die während der normalen Arbeitstätigkeit an Arbeitsplätzen erforderliche und praktisch anwendbare Kraft-Messtechnik war jedoch bisher nicht verfügbar.

3 Entwicklung und Bau einer neuartigen Messeinrichtung

Zur Erleichterung der messtechnischen Erfassung von Schwingungsexpositionen unter praktischen Bedingungen sowie zur Lösung der o. g. Probleme wurde zum einen ein Schwingungsdosimeter für den routinemäßigen personengebundenen Einsatz an Arbeitsplätzen entwickelt. Zum anderen war ein besonderer Schwerpunkt der Arbeiten die Entwicklung eines geeigneten Hand-Arm-Schwingungssensors, welcher Schwingungen direkt an der Einleitungsstelle misst und auch zur Messung der Ankopplungskraft geeignet ist. Zur Ermittlung der real auf den Menschen einwirkenden Schwingungsbelastung sollte die Sensorik für Hand-Arm-Schwingungen außerdem eine Information darüber an die Mess- bzw. Auswerteeinheit übermitteln, ob ein Kontakt zwischen dem menschlichen Körper und der Schwingungsquelle besteht, d. h. ob zu einem bestimmten Zeitpunkt während der Messung überhaupt die Möglichkeit einer Schwingungsexposition bestand.

Die Grundstruktur des Schwingungsdosimeters ist im folgenden **Bild 1** dargestellt.

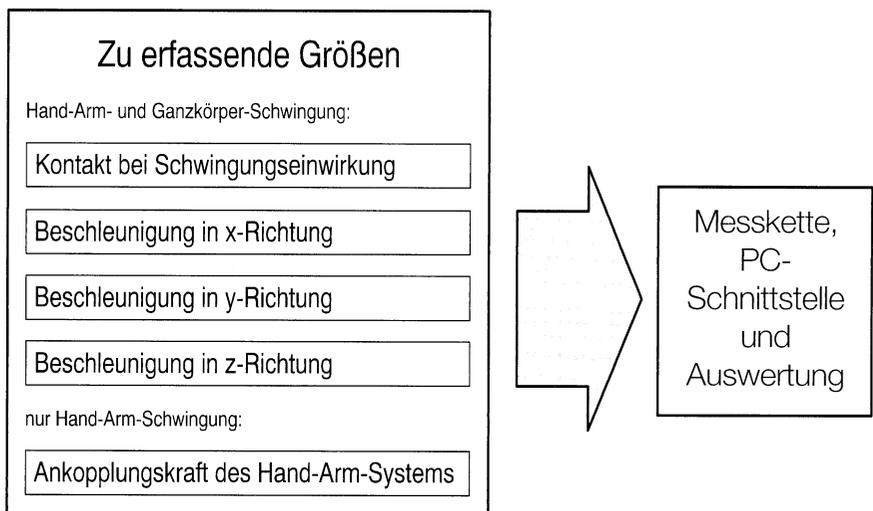


Bild 1: Grundstruktur eines personengebundenen Schwingungsmessgerätes

Für Ganzkörperschwingungsmessungen wurde ein handelsüblicher Sensor in Form einer standardisierten Sitzscheibe gewählt, der um Sensoren zur Ermittlung des Kontaktes zwischen Mensch und Schwingungsquelle erweitert wurde.

Die Messung der Hand-Arm-Schwingungen erfolgt mittels eines Adapters, welcher drei Miniatur-Beschleunigungsaufnehmer, einen Kraftsensor sowie einen Sensor zur Ermittlung des Kontaktes zwischen Hand und Schwingungsquelle enthält. Hierbei sind die Sensoren so angebracht, dass die Handhabung der zu vermessenden Maschine nicht beeinträchtigt wird. Der Hand-Arm-Sensor wird mit einem Klettbandverschluss im Handteller befestigt (Bild 2). Zum Schutze des Sensors sowie zum Vermeiden von unbeabsichtigtem Hängenbleiben beim Hantieren wird der Hand-Arm-Sensor in einen Handschuh eingefasst.

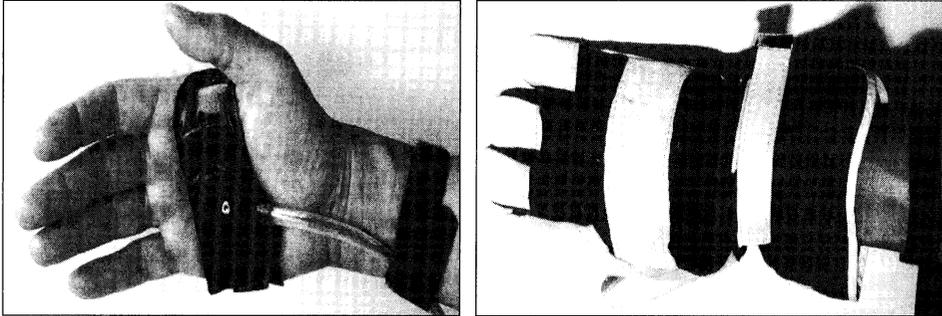


Bild 2: Neuartiger Hand-Arm-Sensor zur Messung der Schwingungen, der Ankopplungskraft und des Kontaktes zur Maschine

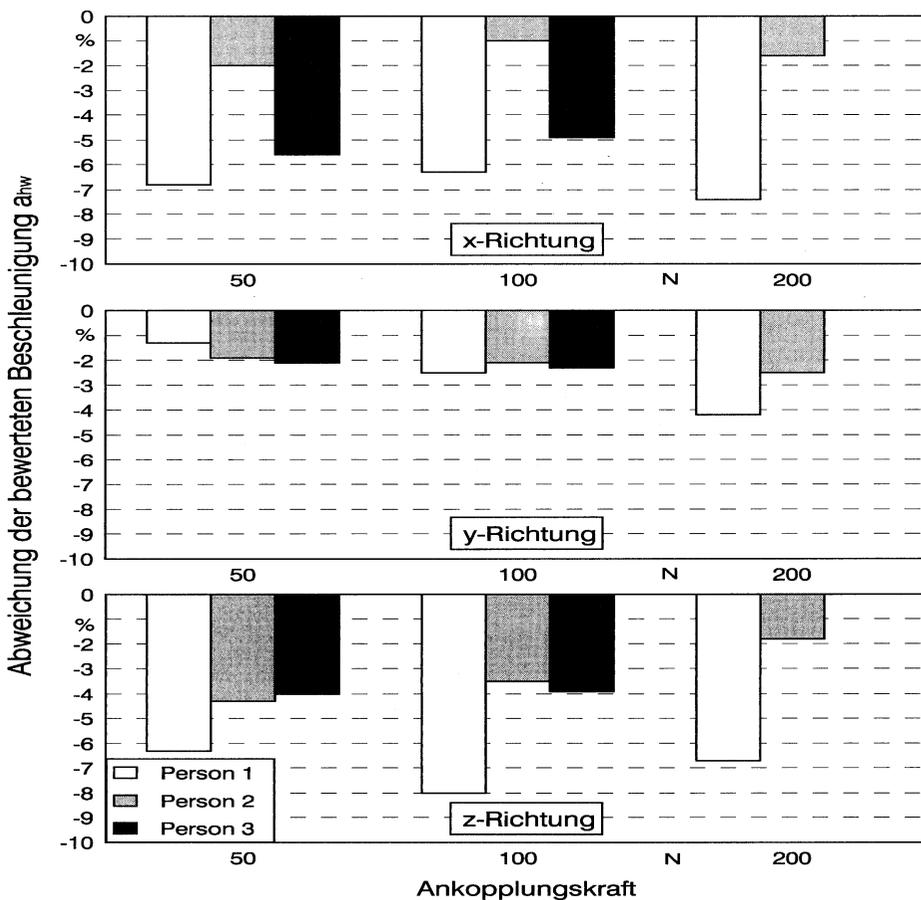


Bild 3: Abweichung der mit dem neuen Hand-Arm-Sensor ermittelten bewerteten Beschleunigung von den konventionell gemessenen Werten mit starrer Befestigung des Aufnehmers an der Maschine

Für die Abweichungen zwischen der bisher üblichen und in den relevanten Messvorschriften (DIN EN ISO 5349) vorgeschriebenen starren Ankopplung der Aufnehmer an der Maschine und der Ankopplung mit dem neuen Hand-Arm-Sensor ergaben sich Werte von unter 6% (entsprechend 0,5 dB) für die z-Richtung, unter 4% (entsprechend 0,3 dB) für die y-Richtung und unter 8% (entsprechend 0,7 dB) für die x-Richtung. Im Vergleich zu den sonstigen, bei Hand-Arm-Schwingungen möglichen Messfehlern sind diese Abweichungen als sehr gering zu beurteilen, zumal sie teilweise auf der gewünschten Wirkung des in den Sensor integrierten mechanischen Filters zur Unterdrückung hochfrequenter Beschleunigungen beruhen (**Bild 3**).

Der im Rahmen des Projektes entwickelte und realisierte Prototyp eines Schwingungsdosimeters ist in **Bild 4** abgebildet. Neben der auch bei anderen Messgeräten üblichen dreikanaligen Messung der Beschleunigung sind bei diesem Gerät zusätzliche Eingänge für die Messung der Ankopplungskraft und das Registrieren des Kontaktes zur Schwingungsquelle vorgesehen. Diverse Anzeigen und das Display informieren über den aktuellen Gerätestatus und die gemessenen Werte. Darüber hinaus verfügt es über einen internen Datenspeicher zur Registrierung des Zeitprofils der Messdaten bei einer maximalen Messdauer von 13,5 Stunden mit einer zeitlichen Auflösung von 1 Sekunde. Online über ein Funk-Modem oder nach Abschluss einer Messung mittels eines Kabels ist eine Übertragung der Messdaten zur weiteren Auswertung am PC möglich.

Trotz der für einen Prototyp infolge der handwerklichen Einzelfertigung üblichen Zugeständnisse an die Baugröße des Gerätes ist es möglich, das Schwingungsdosimeter in einer gepolsterten Tasche, welche auch die externen Akkus aufnehmen kann, mit einem Bauchgurt und Trägern an der schwingungsexponierten Person zu befestigen. Zukünftige Seriengeräte können bei gleichem Funktionsumfang natürlich wesentlich kleiner hergestellt werden.



Bild 4: Prototyp des realisierten Schwingungsdosimeters

Die gerätetechnischen Eigenschaften der hier vorgestellten Messeinrichtung erlauben eine völlig neue Herangehensweise an die Ermittlung von Hand-Arm- und Ganzkörperschwingungsbelastungen. Da die Behinderung des technologischen Ablaufes während der Messung nahezu entfällt, können auch längere Messzeiten realisiert werden. Wegen des wegfallenden Umrüstaufwandes ist auch eine aufeinander folgende Messung an mehreren verschiedenen Maschinen möglich. Simulierte Arbeitstätigkeiten zur störungsfreien Messung sind in der Regel nicht mehr notwendig. Nunmehr sind sogar Messungen, die bisher nur mit außerordentlich hohem Geräte- und Organisationsaufwand realisierbar waren, ohne Probleme möglich. **Bild 5** zeigt deutlich, wie einfach das Gerät bei einer Messung zu verstauen und am Körper zu tragen ist.

4 Vorteile dieser Messeinrichtung



Bild 5: Hand-Arm-Sensor und Schwingungsdosimeter beim Arbeiten mit einem Aufbruchhammer

Für den Einsatz der Messeinrichtung bei Ganzkörperschwingungsmessungen zeigt **Bild 6** die Befestigung der mit zusätzlichen Sensoren ausgerüsteten Sitzscheibe am menschlichen Körper.

Da im Schwingungsdosimeter Informationen über den zeitlichen Verlauf der Schwingungsexposition (im Falle der Hand-Arm-Schwingungen auch über den zeitlichen Verlauf der Ankopplungskraft) sowie über die Zeitabschnitte, bei denen Kontakt zwischen exponierter Person und Schwingungsquelle bestand (oder auch nicht bestand), gespeichert werden, kann bei entsprechender Protokollierung relativ leicht die Schwingungsexposition für einzelne, unterschiedliche Betriebszustände bzw. für verschiedene eingesetzte Maschinen und ihre zugehörigen Zeitanteile bestimmt werden. Hierbei können untypische oder nicht relevante Expositionen (z. B. Benutzung des Aufbruchhammers im ausgeschalteten Zustand zum Herausbrechen von Mauerwerk) bei der Auswertung unberücksichtigt bleiben. Ebenso können Zeitabschnitte von der Auswertung ausgeschlossen werden, bei denen kein Kontakt mit der Schwingungsquelle bestand (z. B. beim kurzzeitigen Verlassen der Arbeitsstätte).



Bild 6: Sitzscheibenbefestigung bei Ganzkörperschwingungsmessungen

Die bisherigen Messstrategien bei Verwendung konventioneller Messtechnik können also durch den Einsatz des hier vorgestellten Schwingungsdosimeters dahingehend vereinfacht werden, dass in der Regel Langzeitmessungen über die gesamte Zeit mit Schwingungsexposition durchgeführt werden und alle erforderlichen Auswertungen zur Ermittlung der Beurteilungsgröße mit den in einen PC übertragenen Messdaten nachträglich durchgeführt werden.

Die Vorteile der neuen Messeinrichtung lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Hand-Arm-Schwingungen können direkt an der realen Einleitungsstelle der Schwingungen in das Hand-Arm-System, d. h. zwischen Hand und Greifstelle der Maschine, gemessen werden. Durch die extrem flache und kleine Bauform des Sensors werden die Ankopplungsbedingungen der Hand an die Maschine nur minimal verändert und die Handhabung der Maschine durch die Bedienperson nur geringfügig beeinträchtigt. Da zwischen Sensor und Handmaschine keine starre Verbindung mehr besteht, ist es erstmals möglich, routinemäßige Messungen an verschiedenen Maschinen mit unterschiedlichsten Griffarten und -formen hintereinander und ohne Umrüstungsaufwand vorzunehmen. Auch die Messung an handgehaltenen bzw. handgeführten Maschinen, die nicht an einem Griff sondern an einem Gehäuseteil gehalten bzw. geführt werden, ist problemlos möglich.
- Durch die Registrierung des Kontaktes zwischen exponierter Person und Schwingungsquelle wird nur die real auftretende Exposition berücksichtigt. Insgesamt kann dadurch eine genaue Erfassung der wirklichen Schwingungsexposition, insbesondere durch Berücksichtigung der Expositionszeit von Teil-Expositionen sowie der gesamten Tages-Exposition, erfolgen.
- Sensor und Messgerät werden an der exponierten Person befestigt und während der gesamten Messung getragen. Dadurch werden längere Messungen an ortsveränderlichen Arbeitsplätzen bei nur geringer Behinderung sowohl des technologischen Ablaufes am Arbeitsplatz als auch der Beweglichkeit des Beschäftigten möglich.

- Bei Hand-Arm-Schwingungen ist erstmalig die gleichzeitige Ermittlung der Ankopplungskraft der Hand an den Griff der untersuchten Maschine während der Erfassung der Schwingungsexposition unter Feldbedingungen möglich.
- Durch eine doppelte, parallele Speicherung der Messdaten im Messgerät sowie in einem angeschlossenen Rechner und durch die Möglichkeit des Batteriewechsels ohne Datenverlust ist eine hohe Daten- und Betriebssicherheit gegeben. Die Möglichkeit der Datenübertragung per Funkmodem gewährleistet eine schnelle Verfügbarkeit der Messdaten und eine minimale Behinderung des technologischen Ablaufes am Arbeitsplatz.
- Durch Trennung der Mess- und Auswertefunktionen und Verlagerung der Auswertung in den PC sind prinzipiell kleinere und leichtere Messgeräte herstellbar sowie umfangreichere Möglichkeiten einer flexiblen Datenauswertung, -dokumentation und -archivierung gegeben. Letztere erlauben wesentlich bessere Möglichkeiten zur Berücksichtigung der realen Schwingungsexposition durch das Ausschließen von untypischen oder nicht relevanten Messabschnitten aus der Datenauswertung.

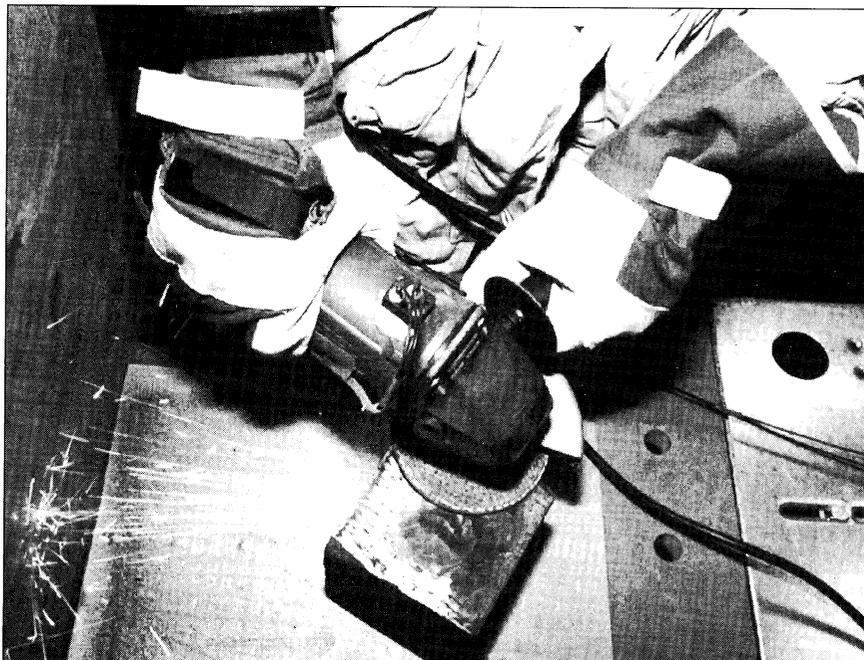
Für die neuentwickelte Messeinrichtung wird bei der nun anstehenden Überführung der EU-Richtlinie „Physikalische Einwirkungen-Schwingungen“ in nationales Recht das Hauptanwendungsgebiet im Bereich der Hand-Arm-Schwingungen liegen. Deshalb werden im folgenden Anwendungsbeispiele für Hand-Arm-Schwingungen vorgestellt

5 Einsatzbeispiele für Hand-Arm-Schwingungen

Für die Einsatzerprobung der Messeinrichtung bei Hand-Arm-Schwingungen ist parallel zur Dosimetermessung mit konventioneller Messtechnik (gerätefixiertem Beschleunigungsaufnehmer, Spannungsverstärker, PC mit AD-Wandlerkarte, digitales Bewertungsfilter) an verschiedenen Maschinen (hier vorgestellt: Einhand-Winkelschleifer, Schwingschleifer) ein Messvergleich durchgeführt worden. Durch die hierbei gegebenen unterschiedlichen Aufnehmerpositionen der beiden Messketten und durch die unterschiedlichen Ankopplungsbedingungen (starr bzw. ankopplungskraftabhängig) war von vornherein zu erwarten, dass die Ergebnisse der beiden Messketten mehr oder weniger große Unterschiede aufweisen werden. Diese Unterschiede sind jedoch nicht als Messfehler oder -abweichungen der neuen Messmethodik zu interpretieren. **Im Gegenteil:** Durch die Möglichkeit der Messung an der realen Einleitungsstelle der Schwingungen in das Hand-Arm-System sowie durch die Berücksichtigung der Ankopplungsintensität zwischen Hand und Maschine entsprechen die mit dem Dosimeter ermittelten Messwerte in der Regel eher den Anforderungen der Messvorschriften, auch wenn sie der bisherigen Praxis mit herkömmlicher Messtechnik nicht völlig entsprechen.

Anwendungsbeispiel Einhand-Winkelschleifer

Das Schruppschleifen eines Metallblockes ist für einen Einhandwinkelschleifer eine typische Anwendung. Zunächst wurde der Hand-Arm-Sensor am Gehäuse und am Nebenhandgriff eingesetzt (**Bild 7**). Der Beschleunigungsaufnehmer der konventionellen Messkette saß am Gehäuse, vorgelagert zwischen Daumen und Zeigefinger. Zwar ist dieser Messort für die Bestimmung der in die Hand eingeleiteten Schwingungsbelastung insbesondere für den Nebenhandgriff wenig geeignet, dennoch stellt dieses Beispiel die Problematik der richtigen Aufnehmerposition beim Einsatz herkömmlicher Messtechnik deutlich dar.



Hand-Arm-Sensor (im Handschuh) am Gehäuse



Hand-Arm-Sensor (im Handschuh) am Nebenhandgriff

Bild 7: Hand-Arm-Sensor (im Handschuh) am Einhandwinkelschleifer

Die Messwertunterschiede in den einzelnen Richtungen können bei diesem Gerät bis zu 30 % betragen. Der Vektorbetrag differiert um über 10 %. Mit dem neu entwickelten Hand-Arm-Sensor ist in jedem Fall gewährleistet, dass an der Einleitungsfläche zwischen Gerät und Hand gemessen wird (**Bild 8**).

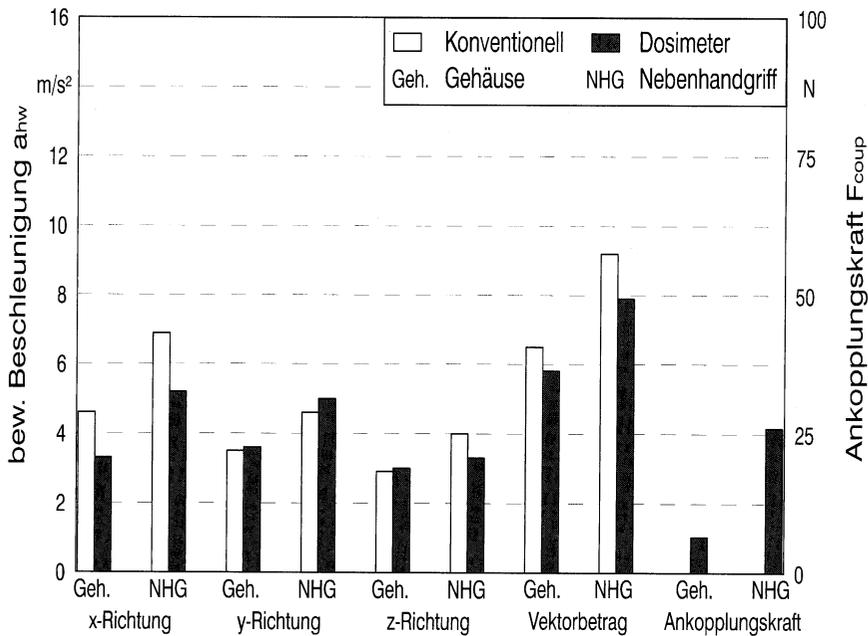


Bild 8: Vergleichsmessung konventionelle Messtechnik – Dosimeter für Einhandwinkelschleifer am Gehäuse und Nebenhandgriff

Anwendungsbeispiel Schwingschleifer

Der Griff mit Auslösetaster des pneumatisch angetriebenen Schwingschleifers (ein typisches für Lackiervorarbeiten eingesetztes Gerät) bietet für die konventionelle Messtechnik keine Möglichkeit, nahe der Einleitungsstelle zu messen (**Bild 9**). Statt dessen muss für den für Arbeitsplatzmessungen hier zwingend vorgeschriebenen 3-Koordinaten-Beschleunigungsaufnehmer auf eine Fläche neben dem Griff ausgewichen werden. Dieser unterschiedliche Messort spiegelt sich in den Messergebnissen deutlich wieder (**Bild 10**).

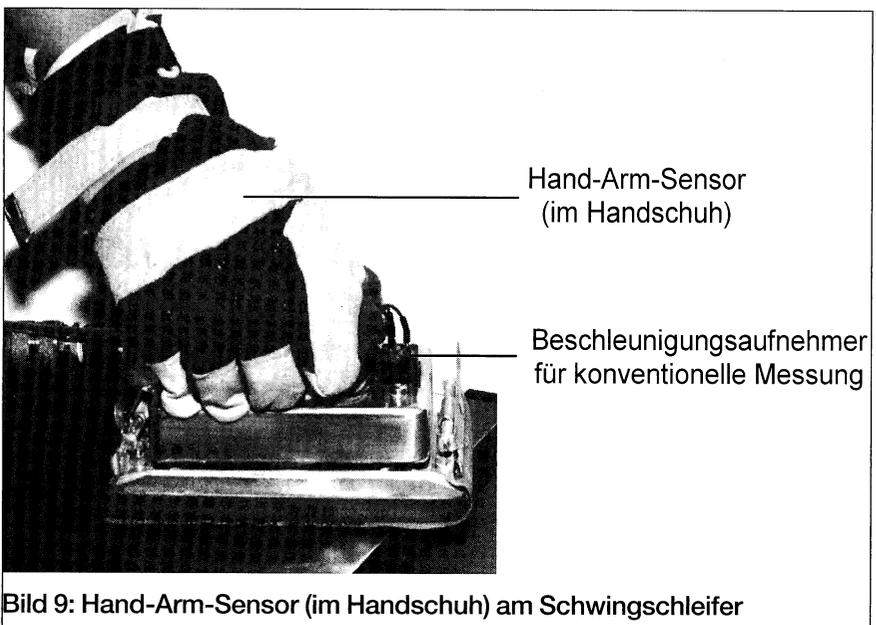


Bild 9: Hand-Arm-Sensor (im Handschuh) am Schwingschleifer

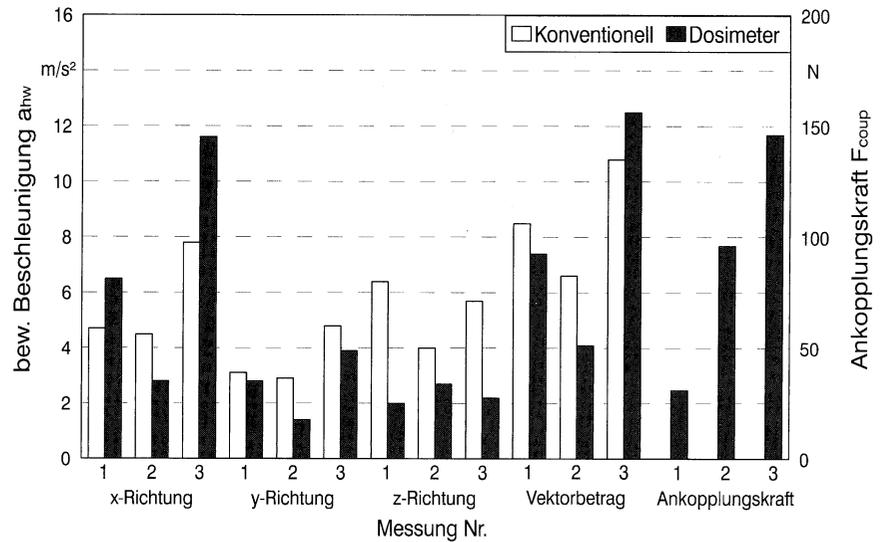


Bild 10: Vergleichsmessung konventionelle Messtechnik - Dosimeter für Schwingschleifer bei verschiedenen Ankopplungskräften

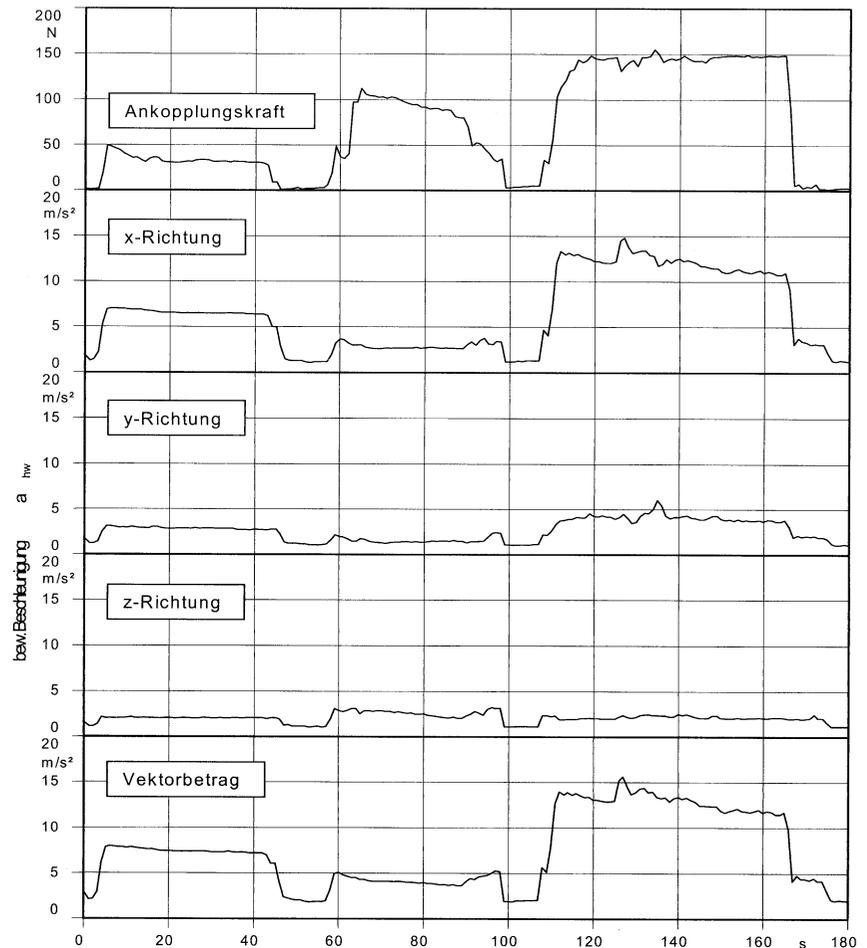


Bild 11: Zeitverlauf der bewerteten Beschleunigung und der Ankopplungskraft für verschiedene Arbeitsbedingungen am Schwingschleifer

Die Messabweichungen der konventionellen Messtechnik zur Dosimetermessung betragen je nach Messrichtung bis zu 200 %. Auch die Vektorbeträge unterscheiden sich. Darüber hinaus wird an diesem Beispiel der Einfluss der Ankopplungskraft auf das Schwingungsmessergebnis deutlich. Hierzu zeigt **Bild 11** den im Dosimeter gespeicherten Zeitverlauf der Ankopplungskraft und der bewerteten Beschleunigungen.

Speziell der druckluftbetriebene Schwingschleifer veranschaulicht infolge seiner starken und unterschiedlichen Reaktionen auf die Andruckkraft sehr gut die Notwendigkeit der Kombination der Ermittlung der Schwingungen und Kräfte. Mit Ansteigen der Ankopplungskraft sinkt zunächst die bewertete Beschleunigung in x- und y-Richtung sowie der Vektorbetrag. Eine weitere Kraftsteigerung erzeugt jedoch dann eine starke Zunahme der Schwingungsimmission.

Für die Messung von Schwingungsexpositionen am Arbeitsplatz war bis vor kurzem in der Regel eine aufwändige Gerätetechnik notwendig. Erst seit kurzer Zeit stehen kleine, am Körper tragbare Messgeräte zur Verfügung. Durch ihre innovative Gestaltung verfügen sie teilweise über ein sehr umfangreiches Funktionsangebot, interne Messwertspeicher mit hoher Kapazität und die Möglichkeit der PC-Kopplung.

6 Zusammenfassung

Bei allen diesen Geräten bleibt die Innovation jedoch auf den elektronischen bzw. rechentechnischen Teil der Messgeräte beschränkt. Bei der Sensorik und bei den Vorrichtungen zu ihrer Anbringung an die Schwingungsquellen wird auf die bisher angewandten, herkömmlichen Methoden zurückgegriffen. Da es nach diesen Methoden fast immer erforderlich ist, z. B. bei Hand-Arm-Schwingungen die Schwingungsaufnehmer mechanisch fest an die zu messende Maschine anzubringen, können die Messgeräte bei allen sonstigen Vorteilen nicht für personengebundene Messungen im engeren Sinne des Wortes und somit im Umfeld des realen Arbeitsplatzes genutzt werden. Auch bei Ganzkörperschwingungen konnte bisher nicht von personengebundenen Messungen gesprochen werden.

Mit der neuen Messeinrichtung können zusammen mit einem speziell für Arbeitsplatzmessungen entwickelten Dosimeter bedarfs- und normgerecht Schwingungsmessungen an Arbeitsplätzen durchgeführt werden. Für Ganzkörperschwingungsmessungen wurde ein handelsüblicher Sensor in Form einer standardisierten Sitzscheibe gewählt, der um Sensoren zur Ermittlung des Kontaktes zwischen Mensch und Schwingungsquelle erweitert wurde und mittels eines speziellen Überzuges mit dem Werker verbunden wird. Der neu entwickelte Hand-Arm-Schwingungssensor liefert außerdem durch seinen Kontaktschalter zur Schwingungsquelle präzise Informationen zur realen Dauer der Schwingungsexposition und ermöglicht die Ermittlung des Langzeiteffektivwertes. Das Messen der Ankopplungskraft des Hand-Arm-Systems an den Griff der Maschine liefert darüber hinaus weitere Informationen zur Belastung des Menschen am Arbeitsplatz. Als wesentliche Vorteile der personengebundenen Messmethodik erwiesen sich vor allem der Wegfall der Befestigung der Schwingungsaufnehmer an die schwingungserzeugende Maschine, die geringe Beeinflussung des technologischen Ablaufes und damit im Zusammenhang die verbesserten Möglichkeiten für routinemäßige Langzeitmessungen bis zur Erfassung einer vollständigen Arbeitsschicht unter praktischen Einsatzbedingungen.

7 Schrifttum

7.1 Literatur

- [1] *Fairley, T.-E.*: Predicting the discomfort caused by tractor vibration. *Ergonomics* 38 (1995) 10.
- [2] *Hartung, E.; Dupuis, H.; Scheffer, M.*: Acute effects of vibration depending on different coupling forces of the hand. In: Dupuis, H.; Christ, E.; Sandover, J.; Taylor, W.; Okada, A. eds. *Proceedings of the 6th International Conference on Hand-Arm Vibration 19.5. - 22.5.1992 Bonn, Sankt Augustin 1993.*
- [3] *Köckritz, S.; Barbier, M.*: Einsatz von Lärmdosimetern als Integrator für Schwingungsmessungen. *Arb.-hyg. Inform. Bauwesen* 20 (1984) 7.
- [4] *Schenk, Th. ; Kummer, W.*: Zur Ankopplung von Schwingungsaufnehmern bei der Messung von Teilkörpervibration unter Feldbedingungen. *Arb.-hyg. Inform. Bauwesen* 19 (1983) 3.
- [5] *Seidel, E.*: Entwicklung und Erprobung einer Messeinrichtung zur Bestimmung der Andruck- und Greifkräfte beim Betrieb von Handmaschinen. In: *Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Projekt F 1520, Dortmund 1996.*
- [6] *Christ, E.; Kaulbars, U.*: Einfluss der Anbringungsart der Beschleunigungsaufnehmer bei Hand-Arm-Vibrationsmessungen an Handgeräten und Maschinen. *Technische Überwachung* 24 (1983).
- [7] *Cronjäger, L.; Hesse, M.; Zeglarn-Verch, I.; Michel, O.* Auswirkung der Ankopplungsintensität zwischen Hand und Handgriff vibrierender Arbeitsgeräte auf die Schwingungsbelastung und -beanspruchung des Hand-Arm-Systems, Teil 1: Schwingungstechnischer Teil. *Verbundforschungsprojekt BMFT/AuT 01 HK 595 8, 1990.*
- [8] *Burström, L.; Lundström, R.*: Portable equipment for field measurement of the hand's absorption of vibration energy. *Safety Science* 28 (1998) 1.
- [9] *Dupuis, H.*: Erkrankungen durch Ganzkörper-Schwingungen. In: *Konietzko, J.; Dupuis, H.* eds. *Handbuch der Arbeitsmedizin, 9. Ergänzungslieferung 4/93, Landsberg 1993.*
- [10] *Dupuis, H.*: Ermittlung der beruflichen Voraussetzungen (Schwingungsbelastungsdosis) für die neue BK Nr. 2110. *Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin* 28 (1993) 5.
- [11] *Dupuis, H.*: Ein Dosisverfahren zur Bestimmung der beruflichen Schwingungsbelastung auf Schleppern und fahrbaren Arbeitsmaschinen. *Landtechnik '95 - Tagung 12. und 13.10.1995 in Braunschweig. VDI Berichte Nr. 1211, Düsseldorf 1995.*
- [12] *Dupuis, H.; Hartung, E.; Konietzko, J.*: Arbeitstechnische Voraussetzungen für die Berufskrankheit Nr. 2103. *Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin* 33 (1998) 11.

DIN EN ISO 5349		Mechanische Schwingungen - Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen
1	12/01	Allgemeine Anforderungen (vorgesehen als Ersatz für DIN V ENV 25349)
2	12/01	Praxisgerechte Anleitung zur Messung am Arbeitsplatz (vorgesehen als teilweiser Ersatz für DIN 45671-2)
DIN ISO 8002	03/95	Mechanische Schwingungen - Landfahrzeuge - Verfahren zur Darstellung von Messdaten
DIN 45669	2 06/95	Messung von Schwingungsimmissionen Messverfahren
DIN 45671		Messung mechanischer Schwingungen am Arbeitsplatz
2	09/87	Messverfahren
2/A1	10/97	Änderung 1
2	12/01	Messverfahren
DIN 45675		Einwirkung mechanischer Schwingungen auf das Hand-Arm-System
1	09/87	ersetzt durch DIN EN 28662-1
2	09/87	Messung der Schwingungen von Handkettensägemaschinen
3	09/87	Messung der Schwingungen von Freischneidegeräten mit Verbrennungsmotor
4	09/87	ersetzt durch DIN EN 28662-3
8	E06/92	ersetzt durch DIN EN 709
DIN V 45679	10/98	Mechanische Schwingungen - Messung und Bewertung der Greif- und Andruckkräfte zur Beurteilung der Schwingungsbelastung des Hand-Arm-Systems
VDI 2057		Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen
1	09/02	Ganzkörperschwingungen
2	09/02	Hand-Arm-Schwingungen
4.1	05/87	Messung und Beurteilung von Arbeitsplätzen in Gebäuden
4.2	05/87	Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen auf Landfahrzeugen - einschließlich fahrbarer Arbeitsmaschinen und Transportmittel - bei nicht festgelegten Betriebsbedingungen
4.3	05/87	Messung und Beurteilung für Wasserfahrzeuge
ISO 2631		Mechanische Schwingungen und Stöße - Bewertung der Einwirkung von Ganzkörper-Schwingungen auf den Menschen
1	05/97	Allgemeine Anforderungen
2	02/89	Dauer- und stoßinduzierte Schwingungen in Gebäuden (1 - 80 Hz)
2	E01/00	Schwingungen in Gebäuden (1 Hz - 80 Hz)

7.2 Zusammenstellung von Normen zur Mes- sung der Schwin- gungsimmission an Arbeitsplätzen

3	05/85	Bewertung der Einwirkung von vertikalen z-Achsen-Ganzkörperschwingungen im Frequenzbereich 0,1 bis 0,63 Hz
4	02/01	Leitfaden zur Bewertung der Auswirkungen translatorischer und rotatorischer Schwingungen auf den Komfort der Passagiere und des Personals in spurgeführten Verkehrssystemen
ISO 4867	12/84	Vorschrift für die Messung von Schwingungen auf Schiffen und die Darstellung der Daten
ISO 5008	05/79	Radtraktoren und Maschinen für die Landwirtschaft; Messung der vom ganzen Traktor- oder Maschinenkorpus auf den Fahrer übertragenen Schwingungen
	E02/01	Landwirtschaftliche Radtraktoren und Landmaschinen - Messung der Ganzkörperschwingungen des Fahrers
DIN ISO 6954	06/01	Mechanische Schwingungen - Leitfaden für die Messung, Angabe und Bewertung von Schwingungen im Hinblick auf die Erträglichkeit für den Menschen auf Fahrgastschiffen und Handelsschiffen
ISO 7505	05/86	Maschinen für die Forstwirtschaft; Kettensägen; Messung der auf die Hand übertragenen Schwingung
ISO 7916	12/89	Maschinen für die Forstwirtschaft; tragbare Auslichtsägen; Messung der auf die Hand übertragenen Schwingung