

DIN EN ISO 5349-2



ICS 13.160

Ersatz für
DIN EN ISO 5349-2:2001-12

**Mechanische Schwingungen –
Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das
Hand-Arm-System des Menschen –
Teil 2: Praxisgerechte Anleitung zur Messung am Arbeitsplatz
(ISO 5349-2:2001 + Amd 1:2015);
Deutsche Fassung EN ISO 5349-2:2001 + A1:2015**

Mechanical vibration –

Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration –

Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace (ISO 5349-2:2001 +
Amd 1:2015);

German version EN ISO 5349-2:2001 + A1:2015

Vibrations mécaniques –

Mesurage et évaluation de l'exposition des individus aux vibrations transmises par la main –

Partie 2: Guide pratique pour le mesurage sur le lieu de travail (ISO 5349-2:2001 +
Amd 1:2015);

Version allemande EN ISO 5349-2:2001 + A1:2015

Gesamtumfang 57 Seiten

Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI

Nationales Vorwort

Die Europäische Norm EN ISO 5349-2:2001 + A1:2015 enthält den Text der Norm ISO 5349-2, die vom ISO/TC 108/SC 4 „Human exposure to mechanical vibration and shock“ (Sekretariat DIN, Deutschland) erarbeitet und als Europäische Norm vom CEN/TC 231 „Mechanische Schwingungen und Stöße“ (Sekretariat DIN, Deutschland) identisch übernommen wurde, sowie deren Änderung 1 (ISO 5349-2:2001/Amd 1:2015).

Das zuständige deutsche Gremium ist der ist der Unterausschuss NA 001-03-07-02 UA (NALS/VDI C 7.2) „Hand-Arm-Schwingungen“ im Arbeitsausschuss NA 001-03-07 AA „Schwingungseinwirkung auf den Menschen“ des Normenausschusses Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI.

Diese Norm enthält die Änderung 1, die vom CEN am 24. Januar 2015 angenommen wurde.

Die Änderung der Norm wurde notwendig, um die beispielhaft aufgeführten Maschinen an die von der aktualisierten Norm DIN EN ISO 22867 beziehungsweise Normen-Reihe DIN EN ISO 28927 abgedeckten anzupassen. Gleichzeitig wurde es nötig, die Messorte (Aufnehmerpositionen) auf den dargestellten Maschinen(gehäusen) zu aktualisieren, die nun vorzugsweise zwischen der Position des Daumens und des Zeigefingers für diese handgehaltenen Maschinen liegen. Für die Messorte wurden erstmalig zeichnerisch die Messrichtungen X, Y und Z angegeben sowie bevorzugte und alternative Messpunkte für die jeweils dargestellte Maschine.

Anfang und Ende der durch die Änderung eingefügten oder geänderten Texte sind jeweils durch Änderungsmarken **A1** **A1** angegeben.

Zu den im Inhalt genannten Internationalen Norm wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Normen hingewiesen:

ISO 5349-1	siehe	DIN EN ISO 5349-1
ISO 8041	siehe	DIN EN ISO 8041
ISO 20643	siehe	DIN EN ISO 20643
ISO 22867	siehe	DIN EN ISO 22867
ISO 28927 (alle Teile)	siehe	DIN EN ISO 28927 (alle Teile)

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 5349-2:2001-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Normative Verweisungen aktualisiert;
- b) Formulierung von 6.1.2.2, 6.1.4.1 und 6.1.4.2 redaktionell nachgebessert;
- c) in 6.1.3 und im Anhang A auf die Norm ISO 22867 und die Normen-Reihe ISO 28927 Bezug genommen;
- d) bei den in Anhang A aufgeführten Beispielen jeweils einen bevorzugten und alternativen Messpunkt angegeben sowie die Messrichtungen X, Y und Z eingezeichnet, außerdem Abbildungen aktualisiert und die aufgeführten Beispiele für Maschinen erweitert;
- e) Abschnitt Literaturhinweise aktualisiert.

Frühere Ausgaben

DIN 45671-2: 1987-09
DIN EN ISO 5349-2: 2001-12

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 5349-1, *Mechanische Schwingungen — Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

DIN EN ISO 8041, *Schwingungseinwirkung auf den Menschen — Messeinrichtung*

DIN EN ISO 20643, *Mechanische Schwingungen — Handgehaltene und handgeführte Maschinen — Grundsätzliches Vorgehen bei der Ermittlung der Schwingungsemission*

DIN EN ISO 22867, *Forst- und Gartenmaschinen — Schwingungsmessnorm für handgehaltene Maschinen mit Verbrennungsmotor — Schwingungen an den Handgriffen*

DIN EN ISO 28927 (alle Teile), *Handgehaltene motorbetriebene Maschinen — Messverfahren zur Ermittlung der Schwingungsemission*

— Leerseite —

ICS 13.160

Deutsche Fassung

**Mechanische Schwingungen —
Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf
das Hand-Arm-System des Menschen —
Teil 2: Praxisgerechte Anleitung zur Messung am Arbeitsplatz
(ISO 5349-2:2001 + Amd 1:2015)**

Mechanical vibration —
Measurement and evaluation of human exposure to
hand-transmitted vibration —
Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace
(ISO 5349-2:2001 + Amd 1:2015)

Vibrations mécaniques —
Mesurage et évaluation de l'exposition des individus aux
vibrations transmises par la main —
Partie 2: Guide pratique pour le mesurage sur le lieu de travail
(ISO 5349-2:2001 + Amd 1:2015)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 22. Juni 2001 angenommen.

Die Änderung A1 modifiziert die Europäische Norm EN ISO 5349-2:2001. Sie wurde vom CEN am 24. Januar 2015 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum des CEN-CENELEC mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Vorwort zur Änderung A1	4
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe und Formelzeichen	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Formelzeichen	7
4 Zu ermittelnde Größen	8
5 Vorbereitung der Messdurchführung	8
5.1 Allgemeines	8
5.2 Auswahl der Tätigkeiten, die einer Messung zu unterziehen sind	8
5.3 Organisation der Messungen	9
5.4 Dauer der Schwingungsmessungen	10
5.5 Ermittlung der Dauer der Schwingungseinwirkung an einem Tag	12
6 Messung der Schwingungen	13
6.1 Messeinrichtung	13
6.2 Quellen der Messunsicherheit bei Schwingungsmessungen	19
6.3 Funktionskontrolle und Nachprüfung der Messkette	20
7 Unsicherheit bei der Ermittlung der Tages-Schwingungsbelastung	21
7.1 Unsicherheit bei der Messung der Beschleunigung	21
7.2 Unsicherheit bei der Messung der Einwirkungsdauer	21
7.3 Erfassung der Messunsicherheit	22
8 Berechnung der Tages-Schwingungsbelastung	22
9 Ergebnisbericht	23
Anhang A (informativ)  Beispiele für Messorte	26
Anhang B (informativ) Ermittlung der Schwingungsbelastung über Zeitspannen, die länger als ein Tag sind	37
Anhang C (informativ) Mechanische Filter	39
Anhang D (informativ) Hinweise zur Ankopplung von Beschleunigungsaufnehmern	41
Anhang E (informativ) Beispiele zur Berechnung der Tages Schwingungsbelastung	45
Literaturhinweise	53

Vorwort

Der Text der Europäischen Norm EN ISO 5349-2:2001 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 231 „Mechanische Schwingungen und Stöße“, dessen Sekretariat vom DIN geführt wird, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 108 „Mechanical vibration and shock“ erarbeitet.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2002, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2002 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Anwender dieser im Anwendungsbereich von Artikel 137 (früher 118a) des EG-Vertrags erstellten Europäischen Norm sollten sich der Tatsache bewusst sein, dass kein formaler rechtlicher Zusammenhang zwischen Normen und Richtlinien, die ggf. nach Artikel 137 des EG-Vertrags erlassen wurden, besteht. Außerdem können durch die nationale Rechtsetzung in den Mitgliedstaaten Anforderungen definiert werden, die über die Mindestanforderungen einer nach Artikel 137 erlassenen Richtlinie hinausgehen. Die Beziehung zwischen der nationalen Rechtsetzung in Umsetzung von Richtlinien nach Artikel 137 und der vorliegenden Europäischen Norm kann im nationalen Vorwort der nationalen Norm, mit der die vorliegende Europäische Norm umgesetzt wird, erläutert werden.

Die Anhänge A bis E dieser Europäischen Norm dienen nur der Information.

Vorwort zur Änderung A1

Ⓐ Dieses Dokument (EN ISO 5349-2:2001/A1:2015) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 108 „Mechanical vibration, shock and condition monitoring“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 231 „Mechanische Schwingungen und Stöße“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN geführt wird.

Diese Änderung zur Europäischen Norm EN ISO 5349-2:2001 muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2016, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2016 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 5349-2:2001/Amd 1:2015 wurde vom CEN als EN ISO 5349-2:2001/A1:2015 ohne irgendeine Abänderung genehmigt. Ⓐ

Einleitung

Durch den Betrieb von Maschinen können auf die Bedienpersonen (Beschäftigte) mechanische Hand-Arm-Schwingungen einwirken, die das Wohlbefinden, die Leistungsfähigkeit und unter Umständen die Gesundheit und die Sicherheit beeinträchtigen können. Die allgemeinen Anforderungen an die Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System sind in ISO 5349-1 festgelegt. Das Ziel des vorliegenden Teils von ISO 5349 besteht darin, eine praxisgerechte und zu ISO 5349-1 konforme Anleitung zur korrekten Durchführung von Messungen und zur Entwicklung einer effektiven Vorgehensweise bei der Messung von Hand-Arm-Schwingungen am Arbeitsplatz zur Verfügung zu stellen.

Die Anwendung der in diesem Teil von ISO 5349 beschriebenen Vorgehensweise liefert ein realistisches Abbild der Tagesbelastung einer Bedienperson an ihrem Arbeitsplatz einschließlich der zugeordneten Unsicherheiten.

Die Ermittlung der Schwingungsbelastung kann in einzelne Schritte aufgeteilt werden:

- Herausfinden der einzelnen Tätigkeiten, die in ihrer Abfolge den gewöhnlichen Arbeitsablauf der Bedienperson ausmachen,
- Auswahl der Tätigkeiten, die einer Messung zu unterziehen sind,
- Messung des Effektivwertes der Beschleunigung jeder ausgewählten Tätigkeit,
- Ermittlung der typischen täglichen Einwirkungsdauer jeder dieser Tätigkeiten,
- Berechnung des energieäquivalenten 8-h-Schwingungswertes (Tages-Schwingungsbelastung).

Wie in ISO 5349-1 dargelegt, basiert die Ermittlung der Schwingungsbelastung ausschließlich auf der Messung der Schwingungen an den Greifstellen oder Handgriffen und der jeweiligen Einwirkungsdauer. Weitere Faktoren, wie die von der Bedienperson ausgeübten Greif- und Andruckkräfte, die Haltung von Hand und Arm, die Schwingungsrichtung, die Umgebungsbedingungen usw., werden nicht berücksichtigt. Als eine Anwendung von ISO 5349-1 legt der vorliegende Teil von ISO 5349 keine Anleitung fest, wie diese weiteren Faktoren zu ermitteln sind. Es sei jedoch hervorgehoben, dass für die Entwicklung verbesserter Verfahren zur Beurteilung der Gefährdung durch Schwingungen die Dokumentation solcher Angaben wichtig ist.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 5349 enthält zu ISO 5349-1 konforme Anleitungen zur Messung und Bewertung von Hand-Arm-Schwingungen am Arbeitsplatz.

Dieser Teil von ISO 5349 beschreibt die zu treffenden Vorkehrungen, um repräsentative Schwingungsmessungen durchzuführen und die tägliche Einwirkungsdauer jeder Tätigkeit zu bestimmen, um daraus den energieäquivalenten 8-h-Schwingungswert (Tages-Schwingungsbelastung) zu errechnen. Dieser Teil von ISO 5349 stellt Mittel zur Bestimmung der relevanten Tätigkeiten zur Verfügung, die bei der Ermittlung der Schwingungsbelastung einbezogen werden sollten.

Dieser Teil von ISO 5349 gilt für alle Situationen, in denen durch handgehaltene oder handgeführte Maschinen, vibrierende Werkstücke oder Stellteile (Stellelemente) von beweglichen oder ortsfesten Maschinen Schwingungen auf das Hand-Arm-System von Bedienpersonen übertragen werden.

2 Normative Verweisungen

[A1] Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 2041, *Mechanical vibration, shock and condition monitoring — Vocabulary*

ISO 5349-1, *Mechanical vibration — Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration — Part 1: General requirements*

ISO 5805, *Mechanical vibration and shock — Human exposure — Vocabulary*

ISO 8041, *Human response to vibration — Measuring instrumentation*

ISO 22867, *Forestry and gardening machinery — Vibration test code for portable hand-held machines with internal combustion engine — Vibration at the handles*

ISO 28927 (alle Teile), *Hand-held portable power tools — Test methods for evaluation of vibration emission* **[A1]**

3 Begriffe und Formelzeichen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teils von ISO 5349 gelten die Begriffe nach ISO 2041 und ISO 5805 sowie die folgenden.

3.1.1

Maschine, bei der das Werkstück mit der Hand gehalten wird

Maschine, bei der eine Bedienperson das Werkstück im Arbeitsbereich der Maschine führt, sodass die Schwingungseinwirkung über das mit der Hand gehaltene Werkstück erfolgt

BEISPIEL Bandsägemaschine, ortsfeste Schleifmaschine

3.1.2

handgeführte Maschine

Maschine, die von einer Bedienperson mit der Hand geführt wird, sodass die Schwingungseinwirkung über Handgriffe, Lenkräder (Steuerräder) oder Deichseln erfolgt

BEISPIEL Aufsitz-Rasenmäher/Rasentraktor, Palettenhubwagen für Mitgängerbetrieb, Pendelschleifmaschine

3.1.3

handgehaltenes Werkstück

Werkstück, das mit der Hand gehalten wird, sodass die Schwingungseinwirkung über das handgehaltene Werkstück und nicht — oder nicht allein — über den Handgriff der Maschine erfolgt

BEISPIEL Gussstück, das an eine ortsfeste Schleifscheibe gehalten wird; Holz, das im Arbeitsbereich einer Bandsägemaschine geführt wird

3.1.4

handgehaltene Maschine

Maschine, die in der Hand gehalten wird

BEISPIEL elektrische Bohrmaschine, druckluftbetriebener Meißelhammer, Kettensäge

3.1.5

eingesetztes Werkzeug

Wechseleinsatz oder austauschbares Zubehör, das in oder an eine Maschine passt

BEISPIEL Bohrer, Meißel, Kette einer Kettensäge, Sägeblatt, Schleifscheibe

3.1.6

Tätigkeit

Arbeitsaufgabe, die benannt werden kann und einer repräsentativen Schwingungsmessung unterzogen wird; die Messung kann dem Einsatz einer einzelnen Maschine, der Verwendung eines bestimmten handgehaltenen Werkstücks oder nur einer Phase einer Arbeitsaufgabe gelten

3.1.7

Bedienperson

Person, die eine handgehaltene, eine handgeführte oder eine Maschine benutzt, bei der das Werkstück mit der Hand gehalten wird

3.1.8

Maschinenbetrieb

Zeitspanne, während der eine Maschine läuft und Schwingungen auf das Hand-Arm-System der Bedienperson einwirken

3.1.9

Werkstück

Gegenstand, der mit einer Maschine bearbeitet wird

3.2 Formelzeichen

In diesem Teil von ISO 5349 werden die folgenden Formelzeichen benutzt:

a_{hwi} Effektivwert der frequenzbewerteten Hand-Arm-Schwingungen in m/s^2 bei der Tätigkeit i in einer einzelnen Messrichtung; zur Kennzeichnung der Messrichtung wird zusätzlich der Index x , y oder z verwendet, d. h. a_{hwix} , a_{hwiy} und a_{hwiz}

a_{hvi}	Schwingungsgesamtwert (bisher Vektorbetrag oder frequenzbewertete Beschleunigungssumme genannt) in m/s^2 bei der Tätigkeit i (Wurzel aus der Summe der Quadrate der a_{hwi} -Werte in den drei Schwingungsrichtungen)
$A(8)$	Tages-Schwingungsbelastung in m/s^2
$A_i(8)$	Beitrag der Tätigkeit i zur Tages-Schwingungsbelastung in m/s^2 (zur Vereinfachung wird dies als „Teil-Schwingungsbelastung“ bezeichnet)
T_0	Bezugsdauer von 8 h (28800 s)
T_i	Dauer der Schwingungseinwirkung (Belastungsabschnitt) bei der Tätigkeit i (an einem Tag).

4 Zu ermittelnde Größen

Für jede Tätigkeit i sind während der Schwingungseinwirkung zwei fundamentale Größen zu ermitteln:

- der Schwingungsgesamtwert a_{hvi} , angegeben in m/s^2 ; dieser Wert wird aus den Effektivwerten der frequenzbewerteten Hand-Arm-Schwingungen a_{hwix} , a_{hwiy} und a_{hwiz} in den drei einzelnen Messrichtungen berechnet,
- die Dauer T_i der Schwingungseinwirkung bei der Tätigkeit i (an einem Tag).

Die wesentliche und anzugebende Kenngröße ist die Tages-Schwingungsbelastung $A(8)$. Sie wird aus den Werten von a_{hvi} und T_i aller Tätigkeiten i errechnet (siehe Abschnitt 8).

5 Vorbereitung der Messdurchführung

5.1 Allgemeines

Die Arbeit einer Bedienperson an ihrem Arbeitsplatz setzt sich aus einer Abfolge von Tätigkeiten zusammen, von denen sich einige wiederholen können. Abhängig vom Gebrauch verschiedener Maschinen oder unterschiedlicher Betriebsweisen ein und derselben Maschine kann die Schwingungsbelastung von Tätigkeit zu Tätigkeit erheblich variieren.

Zur Ermittlung der Tages-Schwingungsbelastung ist es zunächst notwendig, diejenigen Tätigkeiten herauszufinden, von denen anzunehmen ist, dass sie einen signifikanten Beitrag zur Gesamt-Schwingungsbelastung liefern. Für jede dieser Tätigkeiten ist es anschließend notwendig, Verfahren zur Messung der Schwingungsbelastung festzulegen. Die anzuwendenden Verfahren hängen von den Eigenschaften der Arbeitsumgebung, des Arbeitsablaufs und der Schwingungsquelle ab.

5.2 Auswahl der Tätigkeiten, die einer Messung zu unterziehen sind

Es ist wesentlich, all diejenigen Maschinen und Werkstücke einer Messung zu unterziehen, die einen wesentlichen Beitrag zur Tages-Schwingungsbelastung liefern können. Um ein gutes Abbild der mittleren Tages-Schwingungsbelastung zu erhalten, ist es notwendig,

- a) alle Quellen der Schwingungsbelastung herauszufinden (d.h. die verwendeten Maschinen und Werkzeuge);
- b) alle Betriebsweisen der Maschine herauszufinden, z. B.:

- können Kettensägen im Leerlauf laufen, beim Schneiden eines Baumstammes unter Vollast und beim Abtrennen von Ästen unter Teillast,
 - kann eine Bohrmaschine mit und ohne Schlagwerk betrieben und kann die Drehzahl über einen ganzen Bereich variiert werden;
- c) alle Änderungen der Betriebsbedingungen herauszufinden, wenn sie Auswirkungen auf die Schwingungsbelastung haben können, z. B.:
- bei einem Aufbruchhammer, der erst an einer harten Betonschicht und anschließend an dem weicheren Boden darunter eingesetzt wird,
 - bei einer Schleifmaschine, die erst zum Schrubben von Metall und anschließend zum wesentlich komplizierteren Entgraten und Formgeben eingesetzt wird;
- d) diejenigen eingesetzten Werkzeuge herauszufinden, die Einfluss auf die Schwingungsbelastung haben können, z. B.:
- kann ein Schwingschleifer mit einer Reihe von Schleifpapier unterschiedlicher Körnung — von grob bis fein — eingesetzt werden,
 - kann ein Steinmetz einen druckluftbetriebenen Meißelhammer mit einer ganzen Palette unterschiedlicher Meißel verwenden.

Zusätzlich kann es nützlich sein,

- e) von Bedienpersonen und ihren Vorgesetzten Auskunft darüber einzuholen, welche Situationen ihrer Meinung nach die höchsten Schwingungswerte liefern;
- f) für jede Tätigkeit eine Abschätzung der möglichen Gefährdung durch Schwingungen vorzunehmen, indem entweder die Angaben des Herstellers über die Schwingungskennwerte (siehe Anhang A) oder veröffentlichte Ergebnisse früherer Messungen an ähnlichen Maschinen herangezogen werden.

5.3 Organisation der Messungen

Die Messungen können nach vier grundsätzlichen Herangehensweisen organisiert werden:

- a) Lange Messdauer bei ununterbrochenem Maschinenbetrieb

Die Tätigkeit erfolgt über einen langen Zeitabschnitt und ohne Unterbrechung, wobei die Bedienperson die zu Schwingungen angeregte Fläche permanent berührt. In diesem Fall können die Schwingungen über lange Zeitabschnitte des üblichen Maschineneinsatzes gemessen werden. Die Tätigkeit darf Änderungen der Schwingungsamplitude enthalten, sofern sie Bestandteil des gewöhnlichen Arbeitsvorgangs sind.

Zusätzlich zur Angabe der Schwingungen erfordert die Ermittlung der Tages-Schwingungsbelastung die Ermittlung der Dauer der Schwingungseinwirkung an einem Tag.

- b) Lange Messdauer bei Maschinenbetrieb mit Unterbrechungen

Die Tätigkeit erfolgt über einen langen Zeitabschnitt, enthält aber kurze Unterbrechungen, während derer auf die Bedienperson keine Schwingungen einwirken; sie berührt die (zu Schwingungen angeregte) Fläche jedoch während der gesamten Zeit. In diesem Fall können die Schwingungen über lange Zeitabschnitte des üblichen Maschineneinsatzes gemessen werden, sofern diese Unterbrechungen Bestandteil des gewöhnlichen Arbeitsvorgangs sind und die Bedienperson weder die Maschine oder das

handgehaltene Werkstück loslässt noch die Position ihrer Hände an der Maschine oder dem Werkstück signifikant ändert.

Zusätzlich zur Angabe der Schwingungen erfordert die Ermittlung der Tages-Schwingungsbelastung die Ermittlung der Einwirkungsdauer bei dieser Tätigkeit an einem Tag. In diesem Fall enthält die Einwirkungsdauer bei der Tätigkeit die kurzen Unterbrechungen der Schwingungseinwirkung und ist daher länger als die Dauer der reinen Schwingungseinwirkung.

c) Kurze Messdauer bei Maschinenbetrieb mit Unterbrechungen

In vielen Fällen wird die Hand häufig von der Maschine oder dem handgehaltenen Werkstück genommen, z. B. wird die Maschine abgelegt, mit der Hand eine andere Stelle an der Maschine gegriffen oder ein anderes Werkstück aufgenommen. In anderen Fällen sind an der verwendeten Maschine Veränderungen vorzunehmen, z. B. unterschiedliche Schleifbänder aufzuziehen, verschiedene Bohrer einzusetzen oder gar eine andere Maschine zu verwenden. In diesen Fällen kann nur während der kurzen Dauer einer jeden Phase des Arbeitseinsatzes gemessen werden.

In einigen Fällen, wenn die Einwirkungsdauer aus messtechnischer Sicht zu kurz ist, ist es schwierig oder gar unmöglich, während des gewöhnlichen Arbeitsvorgangs verlässliche Messwerte zu ermitteln. Dann darf bei simulierten Arbeitsvorgängen gemessen werden, bei denen künstlich eine längere ununterbrochene Einwirkung unter solchen Arbeitsbedingungen erreicht wird, die den gewöhnlichen so ähnlich wie möglich sind.

Zusätzlich zur Angabe der Schwingungen erfordert die Ermittlung der Tages-Schwingungsbelastung die Ermittlung der Einwirkungsdauer, mit der jede Arbeitsphase verbunden ist.

d) Festgelegte Messdauer bei Maschinenbetrieb mit Einzelstößen, wiederholten Einzelstößen oder Stoßfolgen

Bei einigen Tätigkeiten ist die Schwingungseinwirkung mit kurzen Stößen verbunden; das können Einzelstöße oder wiederholte Einzelstöße sein, wie bei Niethämmern, Bolzenschussapparaten usw., oder Stoßfolgen, wie bei kraftbetriebenen Schraubern. In solchen Fällen ist es oft schwierig, die tatsächliche Einwirkungsdauer zu ermitteln, auch wenn die Anzahl der Schwingungsstöße an einem Tag abgeschätzt werden kann. In diesem Fall darf über eine festgelegte Messdauer gemessen werden, die einen oder mehrere vollständige Arbeitseinsätze mit der Maschine umfasst. Die Messdauer sollte so wenig Zeit vor, zwischen und nach den Schwingungsstößen enthalten wie möglich.

Zusätzlich zur Angabe der Schwingungen und zur Abschätzung der Anzahl der an einem Tag einwirkenden Schwingungsstöße erfordert die Ermittlung der Tages-Schwingungsbelastung Angaben über die Messdauer und die Anzahl der Schwingungsstöße während dieser Messdauer.

ANMERKUNG 1 Bei Einwirkung wiederholter Einzelstöße oder impulshaltiger Schwingungen auf die Bedienperson (z. B. bei Eintreibgeräten) kann das in ISO 5349-1 beschriebene Verfahren unzureichend sein und die Bedeutung der Stoßbelastung unterschätzen. In Ermangelung eines besseren Verfahrens darf ISO 5349-1 jedoch angewandt werden; das sollte aber mit Vorsicht erfolgen und im Ergebnisbericht angegeben werden.

ANMERKUNG 2 Wenn Schwingungsmesswerte miteinander verglichen werden sollen (um z. B. die Schwingungen von zwei verschiedenen Maschinen oder möglichen eingesetzten Werkzeugen zu vergleichen), ist es wesentlich, dass bei ununterbrochenem Maschinenbetrieb gemessen wird, d. h. ohne Unterbrechungen der Schwingungseinwirkung.

5.4 Dauer der Schwingungsmessungen

5.4.1 Messung während der regulären Arbeit

Eine Messung sollte einen mittleren Wert über einen Zeitabschnitt liefern, der für den typischen Einsatz der Maschine oder den Arbeitsvorgang repräsentativ ist. Soweit möglich, sollte die Messwerterfassung beginnen,

wenn die Bedienperson die zu Schwingungen angeregte Fläche mit den Händen ergreift, und enden, sobald sie sie loslässt. Diese Zeitspanne darf Änderungen der Schwingungsamplitude und sogar Zeitabschnitte ohne Schwingungseinwirkung enthalten.

Soweit möglich, sollten mehrere Messwerte zu verschiedenen Zeiten eines Tages aufgenommen und dann gemittelt werden, um über den Tag verteilte Streuungen der Schwingungswerte zu erfassen.

ANMERKUNG Der gemittelte Schwingungswert von N einzelnen Schwingungsmessungen ist gegeben durch

$$a_{hw} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{j=1}^N a_{hwj}^2 t_j}$$

Dabei ist

a_{hwj} bei der j-ten Messung ermittelter Schwingungswert

t_j Messdauer bei der j-ten Messung

$$T = \sum_{j=1}^N t_j.$$

Schwingungseinwirkungen erfolgen häufig über kurze Zeitabschnitte, die sich mehrmals an einem Arbeitstag wiederholen. Obwohl mittlere Werte von vollständigen Tätigkeitszyklen (einschließlich Zeitabschnitten, in denen die Schwingungsquelle abgeschaltet ist) gemessen werden können, ist es in der Regel nur möglich, einen mittleren Wert über die kurze Zeitspanne zu erfassen, in der die Hand die zu Schwingungen angeregte Fläche berührt.

Die kürzeste, noch akzeptable Messdauer hängt von den Eigenschaften des Schwingungssignals, der Messeinrichtung und der Tätigkeit ab. Die Gesamtmessdauer (d. h. Anzahl der einzelnen Messungen mal jeweilige Messdauer) sollte mindestens 1 min betragen. Es sollten bevorzugt mehrere Messungen von jeweils kürzerer Dauer anstatt einer Messung von langer Dauer ausgeführt werden. Für jede Tätigkeit sollten mindestens drei einzelne Messungen durchgeführt werden.

Messungen von sehr kurzer Dauer (z. B. weniger als 8 s) liefern in der Regel keine verlässlichen Werte, insbesondere für die niederfrequenten Komponenten, und sollten daher, sofern möglich, vermieden werden. Wenn sehr kurze Messungen nicht zu vermeiden sind (z. B. bei bestimmten ortsfesten Schleifmaschinen, bei denen die Dauer eines Schleifvorgangs sehr kurz sein kann), ist es ratsam, wesentlich mehr als drei Messungen durchzuführen, um eine Gesamtmessdauer von mehr als 1 min zu erreichen.

5.4.2 Simulierter Arbeitsvorgang

Wenn es beim regulären Einsatz der Maschine schwierig oder gar unmöglich ist zu messen, können simulierte Arbeitsvorgänge verwendet werden, um die Durchführung der Schwingungsmessung einfacher zu gestalten.

Der hauptsächliche Nutzen simulierter Arbeitsvorgänge besteht darin, über längere Zeitintervalle messen zu können, als dies im regulären Fertigungsablauf zulässig wäre. Beispielsweise dauert manchmal das Schleifen kleiner Gussstücke an einer ortsfesten Schleifmaschine nur ein paar Sekunden je Gussstück. Anstatt zu versuchen, an vielen Gussstücken jeweils nur eine kurze Zeit zu messen, kann es möglich sein, die Schleifarbeit mit einer geringen Anzahl von Abfallstücken zu simulieren, indem jedes Abfallstück mehrmals verwendet wird.

Die Maschine oder das handgehaltene Werkstück aufzunehmen, abzulegen oder auszutauschen kann die Messung stören. Solche Störungen können ebenfalls vermieden werden, indem während simulierter Arbeitsvorgänge gemessen wird, die so gestaltet sein können, dass sie keine Unterbrechungen zwischen den Tätigkeiten enthalten.

5.5 Ermittlung der Dauer der Schwingungseinwirkung an einem Tag

Für jede Schwingungsquelle ist die tägliche Einwirkungsdauer zu ermitteln. Häufig ergibt sich die typische Schwingungseinwirkungsdauer an einem Tag aus

- der Messung der tatsächlichen Einwirkungsdauer während eines Zeitabschnitts, in dem regulär gearbeitet wird (z. B. Ermittlung über einen vollständigen Arbeitszyklus oder ein als typisch angesehenes Zeitintervall von 30 min) und
- Angaben zum Arbeitssoll (z. B. Anzahl der Arbeitszyklen je Schicht oder Länge der Schicht).

Der erste dieser Punkte besteht aus einer Messung, um herauszufinden, wie lange und von welcher Quelle auf eine Bedienperson während eines bestimmten Zeitabschnitts Schwingungen einwirken. Dazu dürfen verschiedene Verfahren angewandt werden, z. B.:

- Verwendung einer Stoppuhr,
- Einsatz eines Datenerfassungsgerätes, das die Benutzungsdauer der Maschine(n) aufzeichnet,
- Auswertung von Videoaufnahmen,
- Methoden der Arbeitserfassung.

Die zuverlässigste Quelle für Angaben zum typischen Arbeitssoll sind Arbeitsaufzeichnungen. Es ist jedoch wichtig sicherzustellen, dass diese Angaben diejenigen Informationen enthalten, die zur Ermittlung der Tages-Schwingungsbelastung erforderlich sind. Beispielsweise können Arbeitsaufzeichnungen sehr genaue Angaben über die Anzahl der am Ende eines jeden Tages fertiggestellten Bauteile enthalten, aber wenn mehr als nur eine Bedienperson daran beteiligt ist oder am Ende einer Schicht Bauteile nicht fertiggestellt sind, können solche Informationen für die Ermittlung der Schwingungsbelastung unter Umständen nicht direkt verwertbar sein.

Nach welchem Verfahren auch immer die Schwingungen gemessen werden, die Gesamtdauer der Einwirkung an einem Tag muss herausgefunden werden. Wenn die Schwingungen über einen vollständigen Arbeitszyklus gemittelt wurden, ist die tägliche Einwirkungsdauer einfach die Dauer des Arbeitszyklus, multipliziert mit der Anzahl der Zyklen je Tag. Wenn über eine Zeitspanne gemessen wurde, während der die Hand die zu Schwingungen angeregte Fläche berührt, ist die Gesamt-Berührungsdauer je Tag zu ermitteln.

ACHTUNG — Wenn Bedienpersonen zu der typischen täglichen Benutzungsdauer der Maschinen befragt werden, geben sie im Allgemeinen einen zu hohen Wert an, der nämlich einen Schätzwert für die Zeitspanne des Maschinengebrauchs einschließlich Betriebspausen darstellt (z. B. Unterbrechungen des Maschinenbetriebs zwischen den einzelnen Muttern beim Einsatz eines Mutterndrehers oder die Vorbereitungszeit für ein neues Werkstück).

ANMERKUNG ISO 5349-1 legt die Ermittlung der Tages-Schwingungsbelastung an nur einem Arbeitstag fest. Es darf nicht davon ausgegangen werden, dass das in ISO 5349-1 festgelegte Verfahren extrapoliert werden kann, um die Mittelung von Schwingungseinwirkungen über Zeitspannen zu ermöglichen, die länger als ein Tag sind. Gleichwohl kann es in einigen Fällen wünschenswert sein, die Schwingungsbelastung aus Werten zu bestimmen, die über Zeitspannen ermittelt wurden, die länger als ein Tag sind. Beispielsweise ändert sich bei manchen Arbeiten die Benutzungsdauer schwingungserzeugender Maschinen von Tag zu Tag erheblich (z. B. auf dem Bau, im Schiffbau und bei der Reparatur). Es ist dann schwierig oder gar unmöglich, Arbeitsbeobachtungen oder -aufzeichnungen zur Ermittlung der typischen

täglichen Einwirkungsdauer heranzuziehen. Anhang B enthält beispielhaft Verfahren, die zur Ermittlung der Schwingungsbelastung über Zeitspannen angewandt wurden, die länger als ein Tag sind.

6 Messung der Schwingungen

6.1 Messeinrichtung

6.1.1 Allgemeines

Schwingungsmesssysteme verwenden im Allgemeinen Beschleunigungsaufnehmer, um die Bewegung der zu Schwingungen angeregten Fläche zu erfassen. Das vom Beschleunigungsaufnehmer gelieferte Schwingungssignal kann auf vielfältige Weise weiterverarbeitet werden, um eine quantitative Aussage über die frequenzbewertete Beschleunigung zu erhalten.

Schwingungsmessungen dürfen mit einfachen, kompakten Schwingungsmessern ausgeführt werden, die Frequenzbewertungen und Mittelungseinrichtungen bereits enthalten. Solche Systeme sind hauptsächlich dafür ausgelegt, die Schwingungseinwirkung am Arbeitsplatz zu ermitteln; sie sind für die meisten in diesem Teil von ISO 5349 behandelten Situationen im Allgemeinen ausreichend. Einfache Geräte können jedoch unter Umständen mit der Schwingungsermittlung verbundene Messabweichungen nicht aufzeigen.

Anspruchsvollere Messsysteme basieren häufig auf einer Frequenzanalyse (z. B. in Terzbändern oder schmalbandig). Solche Messsysteme enthalten mitunter digitale oder analoge Aufzeichnungsgeräte zur Speicherung von Zeitverläufen, und sie verwenden mitunter die rechnergestützte Datenerfassung und -auswertung. Diese Systeme sind im Vergleich zu Kompaktgeräten kostspieliger und komplexer in der Bedienung.

Wenn Zweifel an der Korrektheit des Beschleunigungssignals bestehen (z. B. Nullpunktverschiebung, siehe 6.2.4), sind Informationen aus einer Frequenzanalyse von Nutzen. Eine Frequenzanalyse liefert darüber hinaus Informationen über mögliche dominierende Frequenzen und Harmonische, was dabei helfen kann, wirkungsvolle Schwingungsschutzmaßnahmen zu entwickeln.

An den Grenzen des Anwendungsbereichs von ISO 5349-1 (z. B. wiederholte Einzelstöße, dominierende Frequenzen oberhalb von 1 250 Hz) können alle Zusatzinformationen von Nutzen sein, die sich beispielsweise mit anspruchsvolleren Messsystemen gewinnen lassen.

Die Mindestanforderungen (z. B. Eigenschaften der Frequenzbewertung, Fehlergrenzen, Messbereich, Empfindlichkeit, Linearität und Übersteuerbarkeit) an geeignete Mess- und Analysiergeräte sind in ISO 8041 angegeben.

6.1.2 Beschleunigungsaufnehmer

6.1.2.1 Allgemeines

Im Allgemeinen wird die Auswahl der Beschleunigungsaufnehmer von der zu erwartenden Schwingungsamplitude, dem erforderlichen Frequenzbereich, den mechanischen Eigenschaften der Fläche, an der gemessen wird, sowie von den Umgebungsbedingungen bestimmt, unter denen sie eingesetzt werden.

6.1.2.2 Schwingungsamplitude

A1) Handgehaltene Maschinen können hohe Schwingungsamplituden erzeugen. An einem Drucklufthammer z. B. kann ein Beschleunigungshöchstwert von 20 000 m/s² bis 50 000 m/s² auftreten. Ein Großteil des Energieinhaltes befindet sich jedoch bei Frequenzen, die weit außerhalb des in diesem Teil von ISO 5349 betrachteten Frequenzbereichs liegen. Daher muss der für die Messung ausgewählte Beschleunigungsaufnehmer in der Lage sein, bei diesen sehr hohen Schwingungsamplituden zu funktionieren und gleichzeitig

die viel geringeren Amplituden in dem Frequenzbereich von 6,3 Hz bis 1 250 Hz (Terzband-Mittenfrequenz) zu erfassen. Zur Verwendung mechanischer Filter zur Unterdrückung sehr hochfrequenter Schwingungen siehe Anhang C. [A1](#)

6.1.2.3 Frequenzbereich

Die Auswahl des Beschleunigungsaufnehmers hängt auch von seiner Grundeigenfrequenz ab, die eine charakteristische Kenngröße des Aufnehmers ist (sie wird auch als „Resonanzfrequenz unter Ankopplungsbedingungen“, „Eigenfrequenz des Aufnehmers“ oder „Resonanzfrequenz des Aufnehmers“ bezeichnet). Informationen über die Grundeigenfrequenz stellt der Hersteller des Beschleunigungsaufnehmers zur Verfügung. ISO 5348 empfiehlt, dass diese Grundeigenfrequenz mehr als das Fünffache der höchsten interessierenden Frequenz betragen sollte (bei Hand-Arm-Schwingungen entspricht das 6 250 Hz). Bei piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmern sollte die Grundeigenfrequenz üblicherweise wesentlich höher liegen, idealerweise über 30 kHz, um die Wahrscheinlichkeit der Verzerrung durch eine Nullpunktverschiebung (siehe 6.2.4) gering zu halten.

ANMERKUNG Die Grundeigenfrequenz des Beschleunigungsaufnehmers entspricht nicht der Resonanzfrequenz, wenn der Beschleunigungsaufnehmer an ein handgehaltenes Werkstück oder eine Maschine angekoppelt ist. Diese Resonanzfrequenz der Ankopplung ist eine charakteristische Kenngröße des gesamten mechanischen Systems, bestehend aus Aufnehmer und Befestigung. In der Praxis liegt die Resonanzfrequenz der Ankopplung an ein handgehaltenes Werkstück oder eine Maschine wesentlich tiefer als die Grundeigenfrequenz des Beschleunigungsaufnehmers (siehe 6.1.4).

6.1.2.4 Einfluss der Masse

Wenn Beschleunigungsaufnehmer an eine zu Schwingungen angeregte Fläche angekoppelt werden, wird das Schwingungsverhalten der Fläche verändert. Je leichter der oder die Beschleunigungsaufnehmer sind, desto geringer ist die verursachte Abweichung (siehe 6.1.5).

6.1.2.5 Umgebungsbedingungen

Bei der Auswahl der Beschleunigungsaufnehmer ist es notwendig, besonders beim Einsatz in rauher Umgebung die Empfindlichkeit des Aufnehmers gegenüber Temperatur, Nässe und anderen Umgebungseinflüssen zu bedenken (siehe ISO 8041).

6.1.3 Messort

[A1](#) Zu ISO 5349-1 konforme Schwingungsmessungen sollten in oder nahe der Handfläche(n) durchgeführt werden, über die die Schwingungen auf den Körper einwirken. Der Beschleunigungsaufnehmer sollte vorzugsweise in der Mitte der Greiffläche angeordnet werden (z. B. in der Mitte der Handbreite, wenn der Griff einer Maschine gegriffen wird); das ist der Punkt, an dem die Ermittlung der auf die Hand einwirkenden Schwingungen am repräsentativsten ist. Es ist jedoch im Allgemeinen nicht möglich, Schwingungsaufnehmer genau an diesem Punkt anzusetzen; die Aufnehmer hindern die Bedienperson daran, in gewohnter Weise zu greifen.

Es ist in der Regel nur mit speziellen Ankopplungsadaptern möglich, direkt unter der Hand zu messen (siehe Anhang D). Derartige Adapter sollten unter die Hand oder zwischen die Finger passen. Bei den meisten Messungen werden die Beschleunigungsaufnehmer in der Praxis entweder neben der Hand oder auf der Unterseite des Maschinengriffs in der Nähe der Handmitte angesetzt. Wenn Adapter verwendet werden, die zwischen die Finger passen, sollten sich die Aufnehmer so dicht wie möglich an der Griffoberfläche befinden, um rotatorische Schwingungskomponenten nicht zu sehr zu verstärken. Sie sollten keine Strukturresonanzen aufweisen, damit die Schwingungsmesswerte nicht beeinflusst werden.

Es ist möglich, dass sich über die Handbreite unterschiedliche Schwingungsmesswerte ergeben, insbesondere bei handgehaltenen Maschinen mit seitlichen Handgriffen (wie z. B. Winkelschleifer) und besonders dann, wenn diese Griffe elastisch angebracht sind. In diesen Fällen wird empfohlen, zwei