

DIN EN ISO 8041

ICS 13.160

Ersatz für
DIN EN ISO 8041:2005-07**Schwingungseinwirkung auf den Menschen –
Messeinrichtung (ISO 8041:2005);
Deutsche Fassung EN ISO 8041:2005**

Human response to vibration –
Measuring instrumentation (ISO 8041:2005);
German version EN ISO 8041:2005

Réponse des individus aux vibrations –
Appareillage de mesure (ISO 8041:2005);
Version allemande EN ISO 8041:2005

Gesamtumfang 104 Seiten

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

Nationales Vorwort

Diese Norm beinhaltet die Deutsche Fassung der Europäischen Norm EN ISO 8041, die in der gemeinsamen Arbeitsgruppe JWG 1 des ISO/TC 108/SC 3 „Use and calibration of vibration and shock measuring instruments“ mit dem CEN/TC 231 „Mechanische Schwingungen und Stöße“ unter deutscher Mitarbeit erstellt wurde. Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NALS/VDI C 2 „Schwingungsmesstechnik“ zuständig.

Zu den im Inhalt genannten Internationalen Normen und anderen Dokumenten wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 1683	siehe	DIN EN 21683
ISO 2041	siehe	E DIN 1311 Bbl. 1
ISO 5348	siehe	DIN ISO 5348
ISO 5349-1	siehe	DIN EN ISO 5349-1
ISO 10326-1	siehe	DIN EN 30326-1
ISO 16063-21	siehe	DIN ISO 16063-21
IEC 60529	siehe	DIN EN 60529
IEC 61000-4-2	siehe	DIN EN 61000-4-2
IEC 61000-4-3	siehe	DIN EN 61000-4-3
IEC 61000-4-6	siehe	DIN EN 61000-4-6
IEC 61000-6-2	siehe	DIN EN 61000-6-2
IEC 61260	siehe	DIN EN 61260
IEC 61672-1	siehe	DIN EN 61672-1
CISPR 16-1-1	siehe	EN 55016-1-1
CISPR 22	siehe	DIN EN 55022
GUM	siehe	DIN V ENV 13005

Die Deutschen Normen sind in Anhang NA aufgeführt.

Änderungen

Gegenüber DIN 45671-1:1990-09, DIN 45671-3:1997-12, DIN V ENV 28041:1993-06 und DIN V ENV 28041/A1:2001-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) DIN 45671-1 und DIN 45671-3:

- Verwendung der Schwingbeschleunigung als Messgröße,
- Abkehr von der KB-Bewertung für die Schwingungseinwirkung auf den Menschen,
- Verschmelzung der Zwischen- mit der Nachprüfung.

b) DIN V ENV 28041 und DIN V ENV 28041/A1:

- verbesserte Spezifikation der Messeinrichtung für die Schwingungseinwirkung auf den Menschen,
- Erstellung eines einzigen Dokuments einschließlich der Festlegungen der Änderung ISO 8041:1990/Amd. 1:1999, die wegen der neuen Frequenzbewertungen in ISO 2631-1:1997 erforderlich waren,
- Beachtung der Tatsache, dass die frequenzbewertete Beschleunigung in ISO 5349-1:2001 anders spezifiziert ist, nämlich indem es zulässig ist, Anteile außerhalb des Bereichs der Terzen von 6,3 Hz bis 1 250 Hz bei der Berechnung der frequenzbewerteten Beschleunigung unberücksichtigt zu lassen (das wurde dadurch erreicht, dass die Frequenzen, bei denen sich der Toleranzschlauch auf –100 % aufweitet, an den unteren Rand des Terzbands mit 6,3 Hz und an den oberen Rand des Terzbands mit 1 250 Hz gelegt wurden),
- Berücksichtigung der Messunsicherheit bei der Prüfung der Human-Schwingungsmesseinrichtung,
- hierarchisch gestufte Anforderungen an die Prüfung (Bauartprüfung, periodische Nachprüfung und Prüfung am Einsatzort) sowie Festlegung von entsprechenden Prüfungen für jede der Hierarchiestufen,
- notwendig gewordene Spezifikationen und Prüfungen für neue Kenngrößen, wie den Höchstwert des gleitenden Effektivwerts (MTVV) und den Schwingungsdosiswert (VDV),
- notwendig gewordene Prüfung mehrkanaliger Messeinrichtungen sowie Prüfung der von mehreren Eingangskanälen gebildeten zusammengefassten Größen (Schwingungsgesamtwerte),
- des weiteren Prüfverfahren für die Aufnehmerankopplung.

Gegenüber DIN EN ISO 8041:2005-07 wurden folgende Berichtigungen vorgenommen:

a) Bilder B.6 und B.8 berichtigt.

Frühere Ausgaben

DIN 45671-1: 1990-09

DIN 45671-3: 1997-12

DIN V ENV 28041: 1993-06

DIN V ENV 28041/A1: 2001-06

DIN EN ISO 8041: 2005-07

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

E DIN 1311 Beiblatt 1, *Schwingungen und schwingungsfähige Systeme — Schwingungen und Stöße — Begriffe*

DIN V ENV 13005, *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*

DIN EN 21683, *Akustik — Bevorzugte Bezugswerte für akustische Pegel*

DIN EN 30326-1, *Mechanische Schwingungen — Laborverfahren zur Bewertung der Schwingungen von Fahrzeugsitzen — Grundlegende Anforderungen*

DIN EN 55022 (VDE 0878 Teil 22), *Einrichtungen der Informationstechnik — Funkstöreigenschaften — Grenzwerte und Messverfahren*

DIN EN 60529 (VDE 0470 Teil 1), *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)*

DIN EN 61000-4-2 (VDE 0847 Teil 4-2), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-2: Prüf- und Messverfahren; Prüfung der Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität*

DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847 Teil 4-3), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-3: Prüf- und Messverfahren; Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder*

DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847 Teil 4-6), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-6: Prüf- und Messverfahren — Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder*

DIN EN 61000-6-2 (VDE 0839 Teil 6-2), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 6-2: Fachgrundnormen; Störfestigkeit für Industriebereich*

DIN EN 61260, *Elektroakustik — Bandfilter für Oktaven und Bruchteile von Oktaven*

DIN EN 61672-1, *Elektroakustik — Schallpegelmesser — Teil 1: Anforderungen*

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 ISO 5348, *Mechanische Schwingungen und Stöße — Mechanische Ankopplung von Beschleunigungsaufnehmern*

DIN ISO 16063-21, *Verfahren zur Kalibrierung von Schwingungs- und Stoßaufnehmern — Teil 21: Schwingungskalibrierung durch Vergleich mit einem Referenzaufnehmer*

EN 55016-1-1¹⁾, *Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit — Teil 1-1: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit; Messgeräte*

1) DIN-Ausgabe in Vorbereitung

Deutsche Fassung

Schwingungseinwirkung auf den Menschen – Messeinrichtung (ISO 8041:2005)

Human response to vibration – Measuring instrumentation
(ISO 8041:2005)

Réponse des individus aux vibrations – Appareillage de
mesure (ISO 8041:2005)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 21. Februar 2005 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 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 mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

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



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

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 8041:2005) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 108 „Mechanical vibration and shock“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 231 „Mechanische Schwingungen und Stöße“ erstellt, dessen Sekretariat vom DIN geführt wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2005, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2005 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt ENV 28041:1993.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 8041:2005 wurde vom CEN als EN ISO 8041:2005 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen.....	5
3 Begriffe und Formelzeichen	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Formelzeichen	10
4 Referenz-Umgebungsbedingungen.....	12
5 Spezifikation der Leistungsmerkmale.....	12
5.1 Allgemeines zu den Eigenschaften	12
5.2 Anzeige des Messsignals	13
5.3 Elektrischer Ausgang.....	15
5.4 Empfindlichkeit für die Eingangsgröße Schwingungen (mechanische Empfindlichkeit)	15
5.5 Genauigkeit der Anzeige bei der Referenzfrequenz unter Referenzbedingungen	15
5.6 Frequenzbewertungen und Frequenzgänge.....	16
5.7 Amplitudenlinearität.....	19
5.8 Eigenrauschen.....	19
5.9 Antwort auf Signalimpulsfolgen	19
5.10 Übersteuerungsanzeige.....	22
5.11 Fehlaussteuerungsanzeige	22
5.12 Zeitmittelung (Intervall-Effektivwert)	23
5.13 Zeitbewertung (gleitender Effektivwert).....	23
5.14 Zurücksetzen (Reset)	23
5.15 Zeitmessung	24
5.16 Übersprechen (Kanaltrennung)	24
5.17 Eigenschaften des Schwingungsaufnehmers.....	24
5.18 Stromversorgung	24
6 Aufnehmerankopplung	24
7 Störfestigkeit, Störaussendung und Empfindlichkeit auf Umgebungsbedingungen	25
7.1 Allgemeines	25
7.2 Lufttemperatur	25
7.3 Oberflächentemperatur.....	25
7.4 Elektrostatische Entladung	26
7.5 Hochfrequente Störaussendung und Störung des Stromnetzes	26
7.6 Störfestigkeit gegenüber netzfrequenten und hochfrequenten Feldern.....	27
7.7 Dichtheit gegen Staub und Wasser	27
8 Anschluss von Zusatzeinrichtungen.....	27
9 Kennzeichnung.....	28
10 Technische Unterlagen	28
11 Prüfung und Kalibrierung	28
12 Baumusterprüfung	30
12.1 Einleitung	30
12.2 Prüfanforderungen	30
12.3 Einreichung zur Prüfung.....	31
12.4 Kennzeichnung des Schwingungsmessers und Angaben in den technischen Unterlagen	31
12.5 Obligatorische Leistungsmerkmale und allgemeine Anforderungen	31
12.6 Vorbereitende Maßnahmen	31
12.7 Anzeige bei der Referenzfrequenz unter Referenzbedingungen.....	31
12.8 Übersprechen (Kanaltrennung)	32
12.9 Schwingungsaufnehmer.....	32
12.10 Amplitudenlinearität und Fehlaussteuerungsanzeige.....	33

	Seite
12.11 Frequenzbewertungen und Frequenzgänge	35
12.12 Eigenrauschen	38
12.13 Antwort auf Signalimpulsfolgen.....	38
12.14 Übersteuerungsanzeige	38
12.15 Zurücksetzen (Reset)	39
12.16 Messwert zusammengefasster Größen	39
12.17 Wechselspannungsausgang	39
12.18 Zeitmessung.....	39
12.19 Stromversorgung.....	40
12.20 Störfestigkeit, Störaussendung und Empfindlichkeit auf Umgebungsbedingungen.....	40
12.21 Prüfbericht.....	44
13 Nachprüfung.....	44
13.1 Einleitung.....	44
13.2 Prüfanforderungen	45
13.3 Einreichung zur Prüfung	45
13.4 Kennzeichnung des Schwingungsmessers und Angaben in den technischen Unterlagen.....	45
13.5 Obligatorische Leistungsmerkmale und allgemeine Anforderungen	45
13.6 Vorbereitende Maßnahmen.....	46
13.7 Anzeige bei der Referenzfrequenz unter Referenzbedingungen	46
13.8 Übersprechen (Kanaltrennung).....	47
13.9 Amplitudenlinearität und Fehlaussteuerungsanzeige	47
13.10 Frequenzbewertungen und Frequenzgänge	48
13.11 Eigenrauschen	50
13.12 Antwort auf Signalimpulsfolgen.....	50
13.13 Übersteuerungsanzeige	50
13.14 Zurücksetzen (Reset)	51
13.15 Messwert zusammengefasster Größen	51
13.16 Prüfbericht.....	51
14 Prüfung am Einsatzort	52
14.1 Einleitung.....	52
14.2 Vorausgehende Sichtprüfung	52
14.3 Empfindlichkeit für die Eingangsgröße Schwingungen (Vor-Ort-Kalibrierung)	52
Anhang A (normativ) Spezifikation von Schwingungskalibratoren zur Verwendung am Einsatzort.....	53
Anhang B (informativ) Frequenzbewertungen	55
Anhang C (informativ) Realisierung von Frequenzbewertungsfiltern	74
Anhang D (informativ) Bildung des gleitenden Effektivwerts.....	78
Anhang E (informativ) Eigenschaften des Schwingungsaufnehmers	80
Anhang F (informativ) Prüfung von Ankopplungsvorrichtungen	82
Anhang G (normativ) Technische Unterlagen.....	86
Anhang H (normativ) Anforderungen an den Phasenfrequenzgang bei der Messung von Größen, die nicht auf Effektivwerten basieren	92
Literaturhinweise	100

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm spezifiziert die Leistungsmerkmale und die Fehlergrenzen von Messeinrichtungen, die die Schwingungen zum Zwecke der Beurteilung der Schwingungseinwirkung auf den Menschen messen. Sie enthält auch Vorgaben für die Baumusterprüfung, die periodische Nachprüfung (Einzelprüfung) und die Prüfung am Einsatzort sowie die Spezifikation von Schwingungskalibratoren für die Prüfung am Einsatzort.

Die in dieser Internationalen Norm spezifizierten Schwingungsmesseinrichtungen können Kompaktgeräte, aus einzelnen Geräten zusammengesetzte Messsysteme oder rechnergestützte Datenerfassungs- und -auswertungssysteme sein.

Die in dieser Internationalen Norm spezifizierten Schwingungsmesseinrichtungen dienen zur Messung der Schwingungen auf einem oder mehreren der folgenden Anwendungsgebiete:

- Hand-Arm-Schwingungen (siehe ISO 5349-1),
- Ganzkörper-Schwingungen (siehe ISO 2631-1, ISO 2631-2, ISO 2631-4),
- tieffrequente Ganzkörper-Schwingungen im Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 0,5 Hz (siehe ISO 2631-1).

Die Schwingungsmesseinrichtungen können zur Messung mit einer oder mehreren der Frequenzbewertungen ausgelegt sein, die für diese Anwendungsgebiete jeweils definiert sind.

In dieser Internationalen Norm werden drei Stufen von Prüfungen festgelegt:

- a) Baumusterprüfung, d. h. eine umfassende Prüfung, ob die Messeinrichtung die in dieser Internationalen Norm festgelegten Spezifikationen erfüllt;
- b) periodische Nachprüfung, d. h. eine Zwischenprüfung reduzierten Umfangs zur Sicherstellung, dass die Messeinrichtung die geforderten Spezifikationen weiterhin einhält;
- c) Prüfung am Einsatzort, d. h. eine überschlägige Prüfung, die aussagt, ob die Messeinrichtung in dem spezifizierten Bereich ihrer Leistungsmerkmale richtig funktioniert.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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, *Vibration and shock — Vocabulary*

ISO 2631-1, *Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements*

ISO 2631-2, *Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)*

ISO 2631-4, *Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 4: Guidelines for the evaluation of the effects of vibration and rotational motion on passenger and crew comfort in fixed-guideway transport systems*

ISO 5347 (alle Teile), *Methods for the calibration of vibration and shock pick-ups*

ISO 5348, *Mechanical vibration and shock — Mechanical mounting of accelerometers*

ISO 5349-1:2001, *Mechanical vibration — Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration — Part 1: General requirements*

ISO 16063 (alle Teile), *Methods for the calibration of vibration and shock transducers*

IEC 61000-4-2:2001, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-2: Testing and measurement techniques — Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-3: Testing and measurement techniques — Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-6: Testing and measurement techniques — Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-6-2:1999, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-2: Generic standards — Immunity for industrial environments*

CISPR 22:2003, *Information technology equipment — Radio disturbance characteristics — Limits and methods of measurement*

GUM, *Guide to the expression of uncertainty in measurement*, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1993

3 Begriffe und Formelzeichen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 2041 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Schwingbeschleunigung

Komponente der Beschleunigung in derjenigen Messrichtung, die in anwendungsbezogenen Normen festgelegt ist

3.1.2

Bandbegrenzung der Frequenzbewertung

Bestandteil einer Frequenzbewertung, der durch das Hochpassfilter und das Tiefpassfilter festgelegt wird (lediglich bandbegrenzter Frequenzgang)

3.1.3

Frequenzbereich der Bandbegrenzung

Frequenzbereich, der durch die Bandbegrenzung der Frequenzbewertung festgelegt wird

3.1.4

nomineller Frequenzbereich

interessierender Frequenzbereich, der in der entsprechenden Messverfahrensnorm festgelegt ist

3.1.5 Kenngrößen der frequenzbewerteten Schwingung

3.1.5.1

Intervall-Effektivwert der bewerteten Beschleunigung

Effektivwert a_w der frequenzbewerteten Schwingbeschleunigung in m/s^2 oder rad/s^2 in einer festgelegten Richtung, definiert als

$$a_w = \left(\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(\xi) d\xi \right)^{1/2} \quad (1)$$

Dabei ist

$a_w(\xi)$ bewertete translatorische oder rotatorische Schwingbeschleunigung in m/s^2 bzw. rad/s^2 in einer festgelegten Richtung als Funktion der momentanen Zeit ξ

T Mittelungsdauer

3.1.5.2

Pegel der bewerteten Beschleunigung

Pegel des Effektivwerts der frequenzbewerteten Schwingbeschleunigung, angegeben in dB und definiert als

$$L_w = 20 \lg \frac{a_w}{a_0} \text{ dB} \quad (2)$$

Dabei ist

a_w wie in 3.1.5.1 definiert

a_0 Bezugsbeschleunigung (in ISO 1683 festgelegt zu 10^{-6} m/s^2)

3.1.5.3

gleitender Effektivwert der Beschleunigung

gleitender Effektivwert der frequenzbewerteten Schwingbeschleunigung in m/s^2 , definiert als

$$a_{w,\theta}(t) = \left(\frac{1}{\theta} \int_{t-\theta}^t a_w^2(\xi) d\xi \right)^{1/2} \quad (3)$$

Dabei ist

$a_w(\xi)$ frequenzbewertete momentane Schwingbeschleunigung in m/s^2 zum Zeitpunkt ξ

θ Integrationsdauer

t momentane Zeit

ANMERKUNG Bei der Bildung des gleitenden Effektivwerts darf als Näherung für das gleitende Rechteck-Zeitfenster auch die exponentielle Mittelung verwendet werden. Die exponentielle Mittelung ist folgendermaßen definiert:

$$a_{w,\tau}(t) = \left(\frac{1}{\tau} \int_{-\infty}^t a_w^2(\xi) \exp\left(-\frac{\xi-t}{\tau}\right) d\xi \right)^{1/2} \quad (4)$$

Dabei ist

τ Zeitkonstante

3.1.5.4

Höchstwert des gleitenden Effektivwerts

MTVV (maximum transient vibration value)

Höchstwert des gleitenden Effektivwerts der Schwingbeschleunigung mit der Integrationsdauer 1 s

3.1.5.5

Kinetose-Dosiswert

MSDV (motion sickness dose value)

Integral in $\text{m/s}^{1,5}$ über das Quadrat der bewerteten momentanen Schwingbeschleunigung $a_w(t)$, definiert als

$$\text{MSDV} = \left(\int_0^{\Phi} a_w^2(\xi) d\xi \right)^{1/2} \quad (5)$$

Dabei ist

Φ Zeitspanne, während der Schwingungen auftreten können

ANMERKUNG 1 Der Kinetose-Dosiswert kann aus dem Intervall-Effektivwert der frequenzbewerteten Schwingbeschleunigung durch Multiplikation mit $\Phi^{1/2}$ gewonnen werden.

ANMERKUNG 2 Sofern nicht anders lautend angezeigt, ist für eine Messeinrichtung die Einwirkungsdauer Φ in der Regel gleich der Messdauer T .

3.1.5.6

Schwingungsdosiswert

VDV (vibration dose value)

Integral in $\text{m/s}^{1,75}$ über die vierte Potenz der bewerteten momentanen Schwingbeschleunigung $a_w(t)$, definiert als

$$\text{VDV} = \left(\int_0^{\Phi} a_w^4(\xi) d\xi \right)^{1/4} \quad (6)$$

Dabei ist

Φ Zeitspanne (an einem Tag), während der Schwingungen einwirken

ANMERKUNG 1 Der Schwingungsdosiswert betont einzelne Spitzen stärker als der Effektivwert.

ANMERKUNG 2 Sofern nicht anders lautend angezeigt, ist für eine Messeinrichtung die Einwirkungsdauer Φ in der Regel gleich der Messdauer T .

3.1.5.7

Schwingungsgesamtwert

Kombination der Schwingungen in drei translatorischen Richtungen, definiert als

$$a_{wv} = \sqrt{k_x a_{wx}^2 + k_y a_{wy}^2 + k_z a_{wz}^2} \quad (7)$$

Dabei ist

a_{wx} , a_{wy} und a_{wz} Werte der Schwingungen in den drei orthogonalen Richtungen x , y und z

k_x , k_y und k_z Gewichtungsfaktoren, die von der Aufgabenstellung der Messung abhängen

3.1.5.8

Schwingungsspitzenwert

betragsmäßig größter Wert der momentanen (positiven oder negativen) Spitzenwerte der frequenzbewerteten Beschleunigung

3.1.5.9**Scheitelfaktor**

Kenngröße für ein Zeitintervall, definiert als das Verhältnis des Schwingungsspitzenwerts zum Effektivwert der Beschleunigung, wobei beide Werte mit derselben Funktion frequenzbewertet sind

3.1.6**Linearitätsbereich**

in jedem (Teil-)Messbereich der Bereich zwischen einer unteren und einer oberen Grenze, in dem die Linearitätsabweichung die zutreffenden, in dieser Internationalen Norm festgelegten Fehlergrenzen einhält

3.1.7**Übersteuerung**

Zustand, der besteht, wenn die obere Grenze des Linearitätsbereichs überschritten ist

3.1.8**Fehlaussteuerung****zu geringe Aussteuerung**

Zustand, der besteht, wenn das Schwingungssignal unter der unteren Grenze des Linearitätsbereichs liegt

3.1.9**Referenzmessbereich**

festgelegter (Teil-)Messbereich für die Prüfung der Eigenschaften des Schwingungsmessers

ANMERKUNG Dieser (Teil-)Messbereich ist derjenige, in dem das Referenz-Schwingungssignal gemessen wird.

3.1.10**Referenz-Schwingungssignal**

harmonische Schwingung, deren Frequenz und Amplitude für die Prüfung der elektromechanischen Eigenschaften des Human-Schwingungsmessers in dieser Internationalen Norm festgelegt sind

ANMERKUNG Für die verschiedenen Anwendungsgebiete der Messeinrichtung werden unterschiedliche Referenz-Schwingungssignale vorgegeben.

3.1.11**Kalibrierfrequenz**

festgelegte Frequenz zur Prüfung der Empfindlichkeit der Messeinrichtung für die Eingangsgröße Schwingungen

3.1.12**Tonimpuls**

eine oder mehrere vollständige Schwingungen eines harmonischen Signals, die im Nulldurchgang beginnen und enden

3.1.13**Signalimpuls**

eine oder mehrere vollständige Schwingungen eines periodischen Signals (z. B. Sägezahnsignal), die im Nulldurchgang beginnen und enden

3.1.14**Schwingungsmesseinrichtung**

Schwingungsaufnehmer, Signalverarbeitungseinheit und Anzeige als Kompaktgerät oder Gerätezusammenschaltung, die Kenngrößen der Schwingungseinwirkung auf den Menschen messen kann

ANMERKUNG Siehe Bild 1.

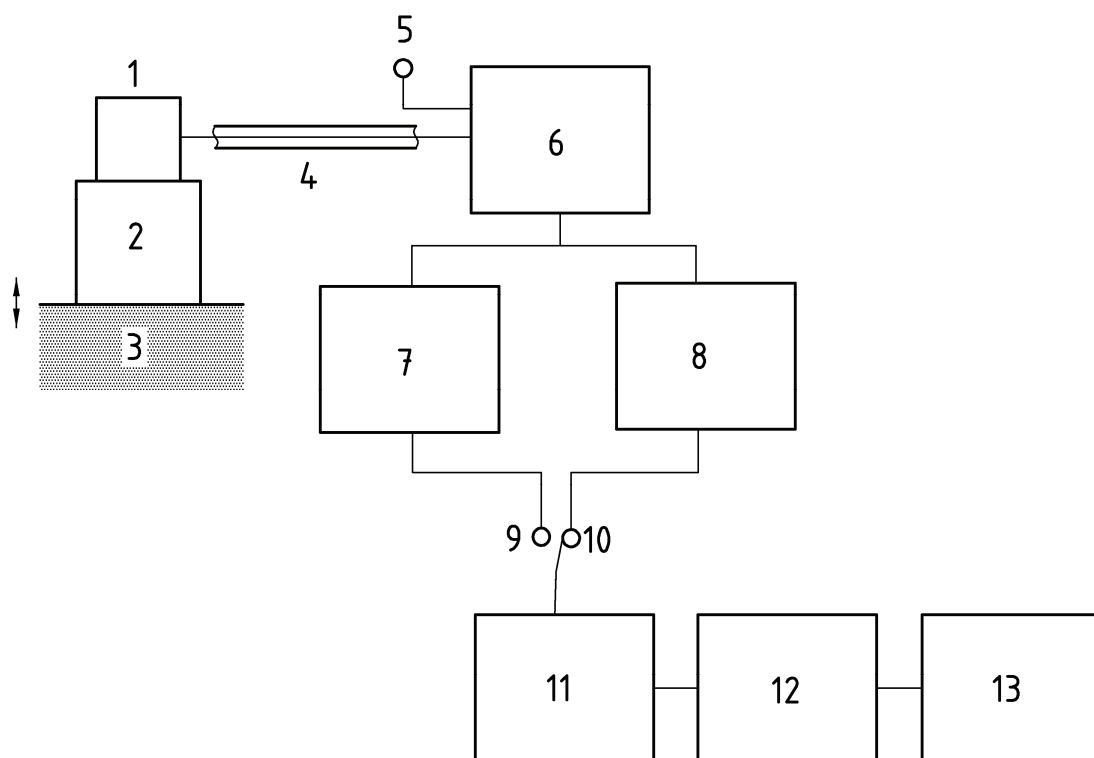
3.1.15**technische Unterlagen**

Handbuch, Bedienungsanleitung oder andere Unterlagen, die den Anwendern der Schwingungsmesseinrichtung zur Verfügung gestellt werden

3.2 Formelzeichen

Für die Anwendung dieses Dokuments werden die folgenden Formelzeichen und Abkürzungen benutzt.

a_w	zeitgemittelte frequenzbewertete Schwingbeschleunigung in einer Richtung
$a_w(t), a_w(\xi)$	frequenzbewertete momentane translatorische oder rotatorische Beschleunigung in einer Richtung zum Zeitpunkt t oder ξ
f	Frequenz
H	Gesamtfrequenzgang einer Frequenzbewertung
k_i	Gewichtungsfaktor, mit dem bei Ganzkörper-Schwingungen die Werte der frequenzbewerteten Beschleunigung in der Richtung i multipliziert werden
n	Nummer des Terzbandes
t oder ξ	momentane Zeit



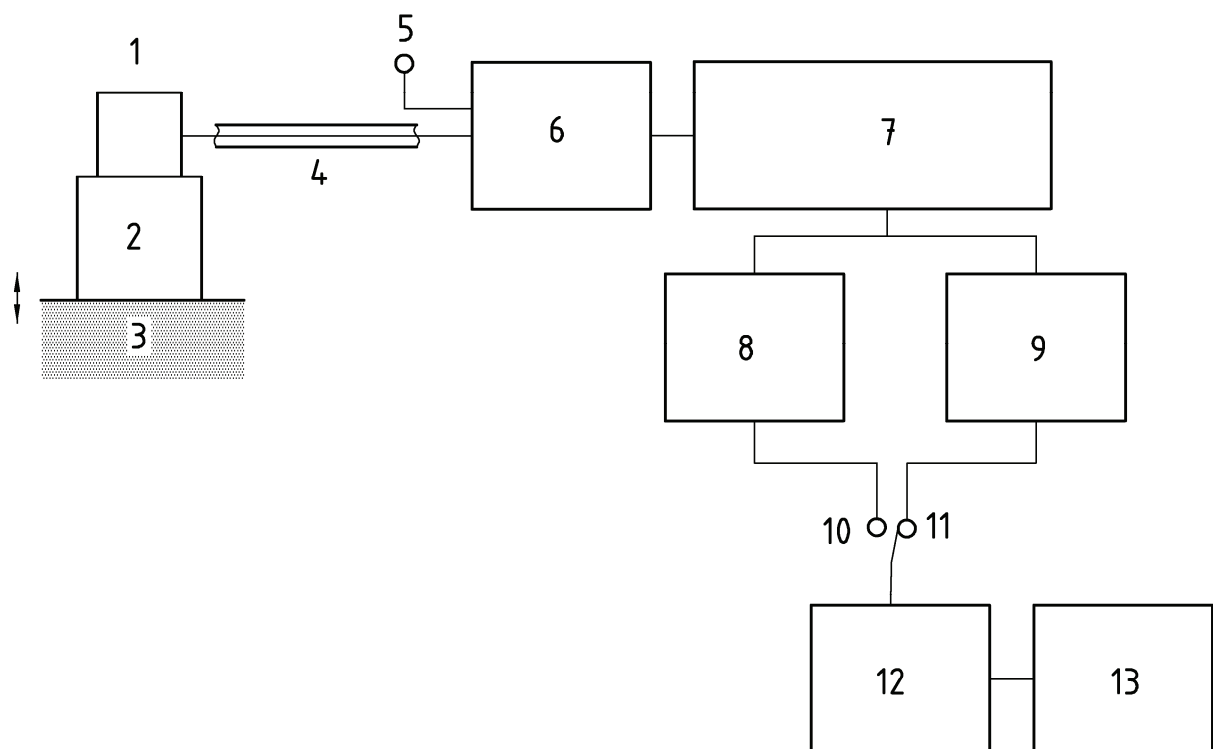
Legende

1	Aufnehmer	8	Frequenzbewertung (einschließlich Bandbegrenzung)
2	Ankopplungssystem	9	Ausgang, bandbegrenzt
3	zu Schwingungen angeregte Fläche	10	Ausgang, frequenzbewertet
4	Leitung	11	Zeitbewertung
5	elektrischer Eingang	12	weitere Signalverarbeitung
6	Signalumformung und -verstärkung	13	Anzeige
7	Bandbegrenzung		

a) Signalverarbeitung im Zeitbereich

Bild 1 — Schematische Darstellung des grundlegenden Signalpfads eines Schwingungsmessers oder einer Schwingungsmesseinrichtung

T	Mittelungsdauer (Messdauer)
s	Variable der Laplace-Transformierten
W_x	Frequenzbewertung x
Φ	Einwirkungsdauer
$\Delta\varphi$	Phasenabweichung
τ	Zeitkonstante der exponentiellen Mittelung
θ	Integrationsdauer des gleitenden Rechteck-Zeitfensters
MTVV	Höchstwert des gleitenden Effektivwerts
MSDV	Kinetose-Dosiswert
VDV	Schwingungsdosiswert.



Legende

1	Aufnehmer	8	Bandbegrenzung (berechnet)
2	Ankopplungssystem	9	Frequenzbewertung, einschließlich Bandbegrenzung (berechnet)
3	zu Schwingungen angeregte Fläche	10	Ausgang, bandbegrenzt
4	Leitung	11	Ausgang, frequenzbewertet
5	elektrischer Eingang	12	Zusammenfassung der Frequenzbänder
6	Signalumformung und -verstärkung	13	Anzeige
7	Frequenzanalyse Zeitbewertung Zeitmittelung		

b) Signalverarbeitung im Frequenzbereich (gilt nicht für die Bildung eines VDV-Werts)

Bild 1 (fortgesetzt)

4 Referenz-Umgebungsbedingungen

Die Referenz-Umgebungsbedingungen für die Spezifikation der Leistungsmerkmale eines Schwingungsmessers sind:

- Lufttemperatur 23 °C,
- relative Feuchte 50 %.

5 Spezifikation der Leistungsmerkmale

5.1 Allgemeines zu den Eigenschaften

Die in diesem Abschnitt getroffene Spezifikation der Leistungsmerkmale gilt unter den Referenz-Umgebungsbedingungen.

Human-Schwingungsmesseinrichtungen müssen mindestens Folgendes anzeigen können:

- den Intervall-Effektivwert der bewerteten Schwingbeschleunigung über die Mittelungsdauer,
- den Intervall-Effektivwert der unbewerteten, aber bandbegrenzten Schwingbeschleunigung über die Mittelungsdauer,
- die Mittelungsdauer.

An der Human-Schwingungsmesseinrichtung muss auch eine Vorkehrung vorhanden sein, mit der angezeigt wird, ob während der Mittelungsdauer (Messdauer) eine Übersteuerung eingetreten ist.

Die Human-Schwingungsmesseinrichtung muss eine Möglichkeit zur Einstellung und Justierung der Empfindlichkeit für die Eingangsgröße Schwingungen (mechanische Empfindlichkeit) bieten.

Schwingungsmesseinrichtungen dürfen einige oder alle der Merkmale aufweisen, die in dieser Internationalen Norm spezifiziert sind, müssen aber für die vorhandenen Leistungsmerkmale die jeweilige Spezifikation erfüllen.

Wenn die Schwingungsmesseinrichtung über mehr als nur einen Messbereich verfügt, müssen in den technischen Unterlagen die vorhandenen Teilmessbereiche aufgeführt und die Funktionsweise der Messbereichsumschaltung beschrieben werden. In den technischen Unterlagen muss darüber hinaus angegeben werden, welcher der Referenzmessbereich ist.

Die Frequenzen und Effektivwerte der Referenz-Schwingungssignale sind in Tabelle 1 angegeben.

Sofern die Messeinrichtung Höchstwerte (z. B. MTVV) und Spitzenwerte messen kann, ist eine Speicherung des größten Werts vorzusehen. Die technischen Unterlagen müssen eine Beschreibung der Funktionsweise dieser Speicherung und das Vorgehen zur Löschung einer selbsthaltenden Anzeige enthalten.

Bei zahlreichen Spezifikationen und Prüfungen nach dieser Internationalen Norm wird das Signal des Schwingungsaufnehmers durch ein elektrisches Signal ersetzt. In den technischen Unterlagen muss festgelegt werden, wie das Signal des Schwingungsaufnehmers durch ein äquivalentes elektrisches Signal ersetzt wird, um die komplette Messeinrichtung ohne einen Schwingungsaufnehmer elektrisch prüfen zu können. Sofern angebracht, dürfen in den technischen Unterlagen auch alternative Prüfverfahren für die spezifizierten Betriebsarten des Human-Schwingungsmessers beschrieben werden.

ANMERKUNG Der Hersteller des Human-Schwingungsmessers darf einen Eingangsprüfpunkt vorsehen oder eine Ersatzschaltung für den Schwingungsaufnehmer mit bekannter Quellimpedanz (Dummy) oder einen entsprechenden Eingangsadapter (elektrisch oder nicht) anbieten, um die Messeinrichtung elektrisch prüfen zu können.

Tabelle 1 — Frequenzen und Effektivwerte der Referenz-Schwingungssignale

Anwendungsgebiet	Frequenzbewertung	Tabelle im Anhang (informativ)	Nomineller Frequenzbereich Hz	Referenzwert		Bewertungsfaktor bei der Referenzfrequenz	Anzeigewert der bewerteten Beschleunigung bei den Referenzwerten für Frequenz und Effektivwert m/s ²
				Frequenz	Effektivwert der Beschleunigung m/s ²		
Hand-Arm	W_h	B.6	8 bis 1 000	500 rad/s (79,58 Hz)	10	0,202 0	2,020
Ganzkörper	W_b	B.1	0,5 bis 80	100 rad/s (15,915 Hz)	1	0,812 6	0,812 6
	W_c	B.2				0,514 5	0,514 5
	W_d	B.3				0,126 1	0,126 1
	W_e	B.4				0,062 87	0,062 87
	W_j	B.7				1,019	1,019
	W_k	B.8				0,771 8	0,771 8
	W_m	B.9	1 bis 80			0,336 2	0,336 2
Ganzkörper, tieffrequent	W_f	B.5	0,1 bis 0,5	2,5 rad/s (0,3979 Hz)	0,1	0,388 8	0,038 88

In den technischen Unterlagen müssen der größte Schwingungsspitzenwert am Schwingungsaufnehmer und die größte Schwingungsbreite (Spitze-Tal-Wert) des Eingangssignals (z. B. Ladung oder Spannung) angegeben werden, die in den elektrischen Eingang eingespeist werden dürfen. Dieser größte Schwingungswert und dieser größte Spitze-Tal-Wert der Spannung dürfen nicht zu einem Schaden an der Messeinrichtung führen.

Die in dieser Internationalen Norm angegebenen Fehlergrenzen enthalten die zugehörige erweiterte Messunsicherheit, nach dem GUM berechnet für einen Erweiterungsfaktor von 2, was einem Vertrauensniveau von etwa 95 % entspricht.

5.2 Anzeige des Messsignals

5.2.1 Allgemeines

Bei Messeinrichtungen, die mehr als eine Messgröße anzeigen können, muss die Möglichkeit zum eindeutigen Erkennen der jeweils angezeigten Messgröße vorhanden sein, vorzugsweise durch Darstellung genormter Abkürzungen oder Formelzeichen.

Die Größen, die von dem Human-Schwingungsmesser angezeigt werden können, müssen in den technischen Unterlagen angegeben werden, wobei auch die zugehörigen Erkennungsmerkmale auf der oder den Anzeigen zu beschreiben sind.

Die Schwingungsmesseinrichtung muss die frequenzbewertete Beschleunigung anzeigen. Zusätzlich darf sie die mit einem Gewichtungsfaktor k nach ISO 2631-1 multiplizierte frequenzbewertete Beschleunigung anzeigen. Wird ein Gewichtungsfaktor verwendet, muss dies in der Anzeige der Messeinrichtung deutlich zu erkennen sein, und der oder die Gewichtungsfaktoren müssen angezeigt werden können.

Wenn ein Messwert zusammengefasster Größen angezeigt wird, wie z. B. der Schwingungsgesamtwert nach Gleichung (7), muss die Messeinrichtung auch die verwendeten Gewichtungsfaktoren anzeigen können.

Sofern Messergebnisse über einen Digitalausgang ausgegeben werden, muss in den technischen Unterlagen das Verfahren zum Übertragen von digitalen Daten auf einen externen Datenspeicher oder eine externe Anzeigeeinrichtung beschrieben werden. Die technischen Unterlagen müssen Angaben zu dem Rechnerprogramm (Software) und zum Anschluss an der Schnittstelle (Hardware) machen.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, dass die Schnittstelle zu einem international genormten Datenbus kompatibel ist.

Jede alternativ zu benutzende Anzeige eines Messsignals, die in den technischen Unterlagen als übereinstimmend mit den Spezifikationen dieser Internationalen Norm bezeichnet wird, wird als integraler Bestandteil der Messeinrichtung angesehen. Alle derartigen alternativen Anzeigeeinheiten gehören daher zu den Komponenten, die für eine Prüfung auf Übereinstimmung der Messeinrichtung mit den Merkmalspezifikationen nach diesem Abschnitt und mit den Umgebungsspezifikationen nach Abschnitt 7 notwendig sind. Beispiele für solche alternativen Anzeigeeinheiten sind Pegelschreiber und Monitore von Rechnern.

Wenn bei einer Messeinrichtung der Anzeigebereich der benutzten Anzeige kleiner als der Linearitätsbereich nach 5.7 ist, ist in den technischen Unterlagen ein Weg zur Prüfung der Linearität außerhalb des Anzeigebereichs zu beschreiben.

5.2.2 Auflösung und Aktualisierungsrate

Die in den technischen Unterlagen aufgeführten Anzeige(n) müssen Messungen mit einer Auflösung von 1 % des Anzeigewerts oder feiner erlauben.

Wenn eine Messeinrichtung nur über eine Analog- oder Quasianaloganzeige verfügt, die fortlaufend anzeigt, muss diese Anzeige Schwingungswerte auf einer logarithmischen Skala anzeigen. Der Anzeigebereich einer analogen Anzeige muss mindestens 2 Dekaden umfassen, die jeweils mindestens 10 mm breit sind. Wenn der Anzeigebereich kleiner als der Linearitätsbereich der Schwingungsmesseinrichtung ist, muss die Anzeige umschaltbar sein, um den gesamten Linearitätsbereich ansehen zu können.

Wenn eine Digitalanzeige vorhanden ist und es sich bei der angezeigten Messgröße um eine Schwingungsgröße handelt, muss die Anzeige in regelmäßigen Abständen aktualisiert werden. Die Abstände zwischen den Aktualisierungen müssen zu der angezeigten Messgröße passend sein. Der Anzeigebereich einer digitalen Anzeige muss mindestens den Linearitätsbereich umfassen.

Bei Messeinrichtungen mit Digitalanzeigen, die in regelmäßigen Abständen aktualisiert werden, muss der Anzeigewert bei jeder Aktualisierung der jeweilige Wert der vom Anwender gewählten Größe zum Aktualisierungszeitpunkt sein. Weitere Anzeigefunktionen zu den Aktualisierungszeitpunkten dürfen in den technischen Unterlagen genannt werden, deren Betriebsweise dann dort auch erläutert werden muss. Die technischen Unterlagen müssen angeben, welche von diesen Funktionen den Spezifikationen dieser Internationalen Norm entsprechen.

5.2.3 Anzeigegültigkeit und Zeiten für Stabilisierung und Messbeginn

Unter den gegebenen Umgebungsbedingungen darf die Zeitspanne, bis sich der Schwingungsmesser nach dem Einschalten stabilisiert hat und betriebsbereit ist, nicht länger als 2 min sein.

Die Betriebsbereitschaft nach dem Einschalten, nach einer Messbereichsumschaltung oder nach Auswahl eines anderen Frequenzbewertungsfilters muss von der Anzeigeeinheit angezeigt werden.

Die Zeitspanne zwischen der Einleitung einer Messung durch den Anwender und dem Beginn der Messwert-erfassung darf nicht länger als 0,5 s sein.

ANMERKUNG Insbesondere bei tieffrequenten Ganzkörper-Schwingungen kann dazu eine der eigentlichen Messung vorausgehende Initialisierungsroutine erforderlich sein, d. h. eine Betriebsphase, durch die erreicht wird, dass sich die Messeinrichtung nach dem Ende einer gerade erfolgten Messung stabilisiert.

Vor der Bereitstellung eines Messergebnisses muss auf der Anzeige der Schwingungsmesseinrichtung deutlich angezeigt werden, ob gerade eine Messung läuft oder eine Initialisierung stattfindet.

5.3 Elektrischer Ausgang

Sofern ein Wechselspannungsausgang vorhanden ist, müssen die Kennwerte der Ausgangssignale in den technischen Unterlagen angegeben werden. Zu diesen Kennwerten gehören mindestens

- der Bereich der Spitze-Tal-Werte der Spannung, der mindestens 1 V (Spitze-Tal-Wert) betragen muss,
- die Quellimpedanz an den Ausgangsklemmen,
- die kleinste Lastimpedanz,
- die Frequenzbewertungen der Ausgangssignale.

Der Anschluss einer passiven Impedanz ohne gespeicherte elektrische Energie oder ein Kurzschluss an dem elektrischen Ausgang darf eine laufende Messung nicht um mehr als 2 % verfälschen.

5.4 Empfindlichkeit für die Eingangsgröße Schwingungen (mechanische Empfindlichkeit)

In den technischen Unterlagen muss mindestens ein Typ eines Schwingungskalibrators zur Verwendung am Einsatzort spezifiziert werden, um die mechanische Empfindlichkeit der Human-Schwingungsmesseinrichtung nachzuprüfen und einzustellen. Dieser Schwingungskalibrator muss den Spezifikationen nach Anhang A entsprechen.

Die technischen Unterlagen der Schwingungsmesseinrichtung müssen die Vorgehensweise zur Justierung der bei der Benutzung des spezifizierten Schwingungskalibrators angezeigten Schwingungswerte beschreiben. Zweck der Justierung ist, dass die Schwingungsmesseinrichtung den Spezifikationen dieser Internationalen Norm entspricht. Eine Justierung muss für alle Schwingungsaufnehmer-Typen möglich sein, die in den technischen Unterlagen zur Verwendung mit dem Schwingungsmesser empfohlen werden. Eine Justierung muss ebenso für alle Leitungen, Stecker und anderen Zusatzeinrichtungen möglich sein, die von dem Hersteller des Schwingungsmessers zum Anschluss eines Schwingungsaufnehmers an den Schwingungsmesser angeboten werden.

5.5 Genauigkeit der Anzeige bei der Referenzfrequenz unter Referenzbedingungen

Die Grenzabweichungen der angezeigten Ergebnisse sind in Tabelle 2 angegeben. Diese Grenzabweichungen der Anzeige gelten bei den jeweiligen Referenzwerten für Frequenz und Effektivwert nach Tabelle 1, sofern die Messeinrichtung auf den Referenzmessbereich eingestellt ist und harmonische mechanische Schwingungen auf die Ankopplungsfläche des Schwingungsaufnehmers oder einer spezifizierten Ankopplungsvorrichtung aufgebracht werden. Diese Anforderungen gelten für alle in dieser Internationalen Norm festgelegten Frequenzbewertungen, nachdem nach 5.4 justiert worden und die angegebene Zeit für die Stabilisierung verstrichen ist.

Tabelle 2 — Grenzabweichungen der Anzeige bei den Referenzwerten für Frequenz und Effektivwert

Parameter	Grenzabweichungen
Grenzabweichungen der Anzeige bei der Referenzfrequenz unter Referenz-Umgebungsbedingungen	± 4 % bei Hand-Arm- und Ganzkörper-Schwingungen
	± 5 % bei tieffrequenten Ganzkörper-Schwingungen
Abweichungen zwischen dem angezeigten Wert einer beliebig frequenz-bewerteten Messgröße und dem angezeigten, lediglich entsprechend band-begrenzten Messwert nach Multiplikation mit dem betreffenden Bewertungs-faktor (für stationäre harmonische Schwingungssignale mit den Referenz-werten für Frequenz und Effektivwert)	± 3 %
Abweichungen zwischen dem angezeigten bandbegrenzten gleitenden Effektivwert und dem angezeigten bandbegrenzten Intervall-Effektivwert bei beliebiger Mittelungsdauer (für stationäre harmonische Schwingungssignale mit den Referenzwerten für Frequenz und Effektivwert)	± 2 %

5.6 Frequenzbewertungen und Frequenzgänge

5.6.1 Parameter

Ein Human-Schwingungsmesser muss mindestens eine der in Tabelle 1 genannten Frequenzbewertungen mit der zugehörigen Bandbegrenzung aufweisen. Die Frequenzbewertungen sind durch die Gleichungen (8) bis (12) festgelegt, deren Parameter in Tabelle 3 angegeben sind.

Tabelle 3 — Parameter der Übertragungsfunktion der Frequenzbewertungen

Bewer- tung	Bandbegrenzung				Übergang Beschleunigung/Schnelle			Stufe				Vergröße- rungs- faktor K
	f_1 Hz	Q_1	f_2 Hz	Q_2	f_3 Hz	f_4 Hz	Q_4	f_5 Hz	Q_5	f_6 Hz	Q_6	
W_b	0,4	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	16	16	0,55	2,5	0,9	4	0,95	1,024
W_c	0,4	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	8	8	0,63	∞	1	∞	1	1
W_d	0,4	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	2	2	0,63	∞	1	∞	1	1
W_e	0,4	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	1	1	0,63	∞	1	∞	1	1
W_f	0,08	$1/\sqrt{2}$	0,63	$1/\sqrt{2}$	∞	0,25	0,86	0,062 5	0,80	0,10	0,80	1
W_h	$10^{8/10}$	$1/\sqrt{2}$	$10^{31/10}$	$1/\sqrt{2}$	$100/(2\pi)$	$100/(2\pi)$	0,64	∞	1	∞	1	1
W_j	0,4	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	∞	∞	1	3,75	0,91	5,32	0,91	1
W_k	0,4	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	12,5	12,5	0,63	2,37	0,91	3,35	0,91	1
W_m	$10^{-0,1}$	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	$1/(0,028 \times 2\pi)$	$1/(0,028 \times 2\pi)$	0,5	∞	1	∞	1	1

ANMERKUNG 1 In Tabelle A.1 von ISO 2631-4:2001 ist der Wert des Parameters Q_1 der Frequenzbewertung W_b auf zwei Dezimalstellen gerundet. Der hier angegebene Parameterwert ist exakt.

ANMERKUNG 2 In Tabelle A.1 von ISO 5349-1:2001 sind der Wert des Parameters Q_1 der Frequenzbewertung W_h auf zwei Dezimalstellen und die Werte der Parameter f_1 , f_2 , f_3 und f_4 auf fünf signifikante Stellen gerundet. Die hier angegebenen Parameterwerte sind exakt.

Die Kreisfrequenzen $\omega_1, \dots, \omega_6$ (festgelegt durch $\omega_i = 2\pi f_i$, wobei f_i die Frequenzen $f_1, \dots, f_6$ nach Tabelle 3 sind) und die Resonanzüberhöhung Q_1, Q_2, Q_4, Q_5 und Q_6 sind Parameter der durch die Gleichungen (8) bis (12) festgelegten Übertragungsfunktionen, die den Gesamtfrequenzgang der Beschleunigung bestimmen. Der Gesamtfrequenzgang ist das Produkt aus dem Bandbegrenzungs-, dem Übergangs- und dem Stufenfilter.

5.6.2 Bandbegrenzungsfilter

Die Bandbegrenzung ist eine Kombination aus einem Hochpass- und einem Tiefpassfilter zweiter Ordnung mit Butterworth-Charakteristik. Diese Komponenten sind wie folgt definiert.

a) Hochpass:

$$H_h(s) = \frac{1}{1 + \frac{\omega_1}{Q_1 s} + \left(\frac{\omega_1}{s}\right)^2} \quad (8)$$

b) Tiefpass:

$$H_l(s) = \frac{1}{1 + \frac{s}{Q_2 \omega_2} + \left(\frac{s}{\omega_2}\right)^2} \quad (9)$$

Das Produkt $H_h(s) \cdot H_l(s)$ ist die Übertragungsfunktion des Bandbegrenzungsfilters.

5.6.3 Übergangsfiler Beschleunigung/Schnelle

Das Übergangsfiler ist zu tiefen Frequenzen proportional zur Beschleunigung, zu hohen Frequenzen proportional zur Schnelle:

$$H_t(s) = \frac{\left(1 + \frac{s}{\omega_3}\right) K}{1 + \frac{s}{Q_4 \omega_4} + \left(\frac{s}{\omega_4}\right)^2} \quad (10)$$

ANMERKUNG $H_t(s) = 1$ wenn sowohl f_3 als auch f_4 (ω_3 und ω_4) unendlich sind.

5.6.4 Filter für die Stufe

Das Filter für die Stufe hat eine Steilheit von ungefähr 6 dB/Oktave und ist proportional zum Ruck:

$$H_s(s) = \frac{1 + \frac{s}{Q_5 \omega_5} + \left(\frac{s}{\omega_5}\right)^2}{1 + \frac{s}{Q_6 \omega_6} + \left(\frac{s}{\omega_6}\right)^2} \left(\frac{\omega_5}{\omega_6}\right)^2 \quad (11)$$

ANMERKUNG $H_s(s) = 1$ wenn sowohl f_5 als auch f_6 (ω_5 und ω_6) unendlich sind.

5.6.5 Gesamtfrequenzgang

Der Gesamtfrequenzgang jeder Frequenzbewertung W_x ist das Produkt aus dem Bandbegrenzungs-, dem Übergangs- und dem Stufenfilter, d. h.:

$$H(s) = H_h(s) \cdot H_l(s) \cdot H_t(s) \cdot H_s(s) \quad (12)$$

Es ist üblich, diese Gleichungen im Frequenzbereich zu interpretieren. Dann geben sie den Betrag und die Phase der Frequenzbewertungen als Funktion der imaginären Kreisfrequenz $s = j2\pi f$ an.

ANMERKUNG 1 Gelegentlich wird anstelle von s das Formelzeichen p verwendet.

ANMERKUNG 2 Die Größe s kann als Variable der Laplace-Transformierten gedeutet werden.

Die Tabellen und Bewertungskurven in Anhang B zeigen den Betrag und die Phase der durch die Gleichungen (8) bis (12) und Tabelle 3 festgelegten Frequenzbewertungen als Funktion der Frequenz f .

Wenn ein Human-Schwingungsmesser über einen oder mehrere weitere Frequenzgänge verfügt, müssen die Sollwerte dieser Frequenzgänge und die Grenzabweichungen, die vom Gerät eingehalten werden, in den technischen Unterlagen angegeben werden. Ist ein solcher weiterer Frequenzgang in einer Internationalen Norm festgelegt, müssen die Sollwerte dieses Frequenzgangs jener Internationalen Norm entsprechen.

Die durch die Gleichungen (8) bis (12) und Tabelle 3 festgelegten Filter lassen sich durch die Zusammenschaltung einfacher analoger Filter realisieren. Anhang C zeigt an Beispielen, wie sich die Frequenzbewertungen sowohl im Zeitbereich als auch im Frequenzbereich digital realisieren lassen.

5.6.6 Grenzabweichungen

Die Grenzabweichungen der Frequenzbewertungen sind in den Tabellen 4 und 5 angegeben. Die Grenzabweichungen nach Tabelle 5 gelten für die Bewertungsfunktionen einschließlich der zugehörigen Bandbegrenzung in allen (Teil-)Messbereichen. Die Grenzabweichungen schließen den Maximalwert der zugehörigen erweiterten Messunsicherheit ein.

Tabelle 4 — Grenzfrequenzen für die Festlegung der Grenzabweichungen der Frequenzbewertungen

Frequenzbewertung	Grenzfrequenzen			
	Hz			
	f_{t1}	f_{t2}	f_{t3}	f_{t4}
W_b	$10^{-6/10}$ (0,251 2)	$10^{-2/10}$ (0,631)	$10^{18/10}$ (63,1)	$10^{22/10}$ (158,5)
W_c	$10^{-6/10}$ (0,251 2)	$10^{-2/10}$ (0,631)	$10^{18/10}$ (63,1)	$10^{22/10}$ (158,5)
W_d	$10^{-6/10}$ (0,251 2)	$10^{-2/10}$ (0,631)	$10^{18/10}$ (63,1)	$10^{22/10}$ (158,5)
W_e	$10^{-6/10}$ (0,251 2)	$10^{-2/10}$ (0,631)	$10^{18/10}$ (63,1)	$10^{22/10}$ (158,5)
W_f	$10^{-13/10}$ (0,050 12)	$10^{-9/10}$ (0,125 9)	$10^{-4/10}$ (0,398 1)	$10^{0/10}$ (1)
W_h	$10^{6/10}$ (3,981)	$10^{10/10}$ (10)	$10^{29/10}$ (794,3)	$10^{33/10}$ (1 995)
W_j	$10^{-6/10}$ (0,251 2)	$10^{-2/10}$ (0,631)	$10^{18/10}$ (63,1)	$10^{22/10}$ (158,5)
W_k	$10^{-6/10}$ (0,251 2)	$10^{-2/10}$ (0,631)	$10^{18/10}$ (63,1)	$10^{22/10}$ (158,5)
W_m	$10^{-3/10}$ (0,501 2)	$10^{1/10}$ (1,259)	$10^{18/10}$ (63,1)	$10^{22/10}$ (158,5)

Tabelle 5 — Grenzabweichungen der Frequenzbewertungen

Frequenz f	Grenzabweichungen des Betrags ^a	Charakteristische Phasenabweichung ^a $\Delta\varphi_0$
$f \leq f_{t1}$	+26 %, -100 %	$\pm \infty$
$f_{t1} < f < f_{t2}$	+26 %, -21 %	$\pm 12^\circ$
$f_{t2} \leq f \leq f_{t3}$	+12 %, -11 %	$\pm 6^\circ$
$f_{t3} < f < f_{t4}$	+26 %, -21 %	$\pm 12^\circ$
$f_{t4} \leq f$	+26 %, -100 %	$\pm \infty$
^a Die Werte für die charakteristische Phasenabweichung gelten nur für Schwingungsmesseinrichtungen, die solche Messgrößen messen, die nicht auf Effektivwerten basieren.		

Der Phasenfrequenzgang einer Schwingungsmesseinrichtung ist bei solchen Messgrößen kritisch, die nicht auf Effektivwerten basieren, wie z. B. beim Spitzenwert, MTVV und VDV. Der Phasenfrequenzgang ist durch die Gleichungen (8) bis (12) festgelegt, jedoch sind Messabweichungen aufgrund von Abweichungen des Phasenfrequenzgangs nicht von der absoluten Phasenabweichung, sondern von der Änderungsrate der

Phasenabweichung über der Frequenz abhängig. Daher wird der Phasenfrequenzgang anhand der charakteristischen Phasenabweichung $\Delta\varphi_0$ beurteilt, die definiert ist als

$$\Delta\varphi_0 = \left| \frac{f_n \Delta\varphi_{n+1} - f_{n+1} \Delta\varphi_n}{f_{n+1} - f_n} \right| \quad (13)$$

Dabei ist

f_n Mittenfrequenz des Terzbands mit der Nummer n

$\Delta\varphi_n$ Phasenabweichung bei der Mittenfrequenz des Terzbands mit der Nummer n .

5.7 Amplitudenlinearität

Das angezeigte Signal muss über den gesamten Messbereich eine lineare Funktion der mechanischen Schwingungen am Aufnehmer sein. Diese Vorgabe gilt für alle Frequenzen innerhalb des Frequenzbereichs der Messeinrichtung und für alle implementierten Frequenzbewertungen oder Frequenzgänge. Die Spezifikationen der Amplitudenlinearität gelten für die komplette Messeinrichtung einschließlich des Schwingungsaufnehmers und für alle Schwingungsmessgrößen.

Über den gesamten Messbereich darf die Linearitätsabweichung 6 % vom Eingangswert nicht überschreiten. Im Referenzmessbereich muss sich der Linearitätsbereich bei der Referenzfrequenz mindestens über 60 dB erstrecken.

ANMERKUNG Für die Messung von stark stoßhaltigen Hand-Arm-Schwingungen kann ein größerer Linearitätsbereich notwendig sein.

In den technischen Unterlagen muss der Bereich von Schwingungswerten angegeben werden, innerhalb dessen die Linearitätsabweichung ohne Anzeige von Fehlaussteuerung oder Übersteuerung 6 % nicht überschreitet. Diese Anforderung gilt für stationäre harmonische Signale bei allen Frequenzen innerhalb des nominellen Frequenzbereichs.

Bei Messeinrichtungen mit mehreren und manuell umschaltbaren Teilmessbereichen muss die Überlappung nebeneinander liegender Teilmessbereiche mindestens 40 dB betragen.

In den technischen Unterlagen muss für jeden (Teil-)Messbereich der Bereich von Schwingungswerten angegeben werden, die ohne Fehlaussteuerung oder Übersteuerung gemessen werden können, d. h. die untere und die obere Grenze des jeweiligen Linearitätsbereichs.

5.8 Eigenrauschen

Für zeitgemittelte frequenzbewertete Schwingungsgrößen müssen die technischen Unterlagen die typischen Anzeigewerte nennen, wenn der Schwingungsaufnehmer der Messeinrichtung an einen ruhenden Gegenstand angekoppelt ist, von dem keine signifikanten Anzeigewerte hervorgerufen werden. Diese zu nennenden Anzeigewerte müssen ein Maß für das Eigenrauschen der Komponenten des Human-Schwingungsmessers und des oder der angeschlossenen empfohlenen Schwingungsaufnehmer sein, zumindest unter den Referenz-Umgebungsbedingungen.

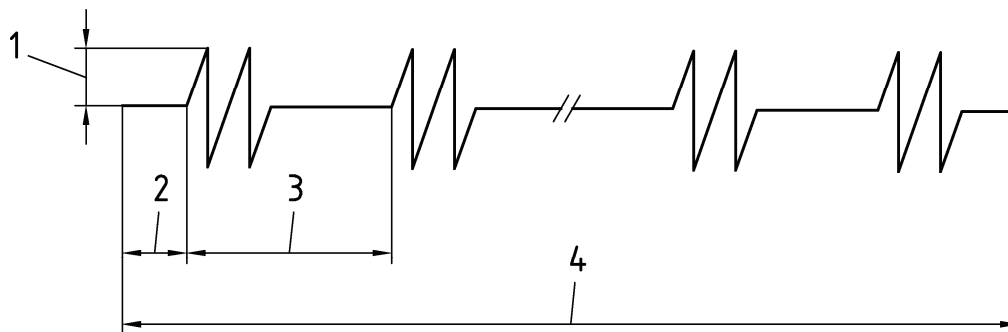
5.9 Antwort auf Signalimpulsfolgen

Die Spezifikation der Antwort von Human-Schwingungsmesseinrichtungen auf Signalimpulsfolgen erfolgt in Form der Antwort auf ein Sägezahnsignal mit der Referenzfrequenz.

Das Sägezahn-Prüfsignal ist in Bild 2 dargestellt. Die Prüfung wird mit einem Sägezahnsignal durchgeführt, dessen Kennwerte in Tabelle 6 aufgeführt sind. Die in den Tabellen 7 bis 9 angegebenen Antworten gelten für ein Signal mit der Amplitude 1 m/s^2 und sind mit der tatsächlichen Amplitude des angelegten Prüfsignals zu multiplizieren.

ANMERKUNG 1 Die Antworten auf die Sägezahnsignale wurden über eine digitale Simulation der Filtercharakteristiken ermittelt.

ANMERKUNG 2 Es wurde ein Sägezahnsignal gewählt, da dadurch sichergestellt ist, dass die Signalimpulse Frequenzanteile mit bekannter Phasenbeziehung enthalten. Die Prüfung mit Sägezahnsignalen stellt daher sicher, dass der bezogene Phasenfrequenzgang der Frequenzbewertung bei verschiedenen Frequenzen geprüft wird.



Legende

- 1 Amplitude
- 2 Verzögerung
- 3 Wiederholperiodendauer
- 4 Signaldauer

Bild 2 — Sägezahn-Prüfsignal (dargestellt ist ein Signalimpuls mit 2 Schwingungen)

Tabelle 6 — Kennwerte des Sägezahn-Prüfsignals

Anwendungsgebiet	Frequenzbewertung	Kreisfrequenz rad/s	Verzögerung s	Anzahl der Schwingungen	Wiederholperiodendauer s	Signaldauer s
Hand-Arm	W_h	500 (79,58 Hz)	0,2	1, 2, 4, 8, 16	2	12
Ganzkörper	$W_b, W_c, W_d, W_e, W_j, W_k, W_m$	100 (15,915 Hz)	1		10	60
Ganzkörper, tieffrequent	W_f	2,5 (0,3979 Hz)	40		400	2400

Tabelle 7 — Antwort von Messeinrichtungen für Hand-Arm-Schwingungen auf die Sägezahnsignale

Bewertung	Anzahl der Sägezahn-Schwingungen je Signalimpuls	Effektivwert	Fehlergrenze %
nur Bandbegrenzung	1	0,0448	10
	2	0,0633	10
	4	0,0895	10
	8	0,127	10
	16	0,179	10
	Dauersignal	0,565	10
W_h	1	0,0103	10
	2	0,0133	10
	4	0,0168	10
	8	0,0224	10
	16	0,0309	10
	Dauersignal	0,0946	10

Tabelle 8 — Antwort von Messeinrichtungen für Ganzkörper-Schwingungen auf die Sägezahnsignale

Bewer- tung	Anzahl der Sägezahn- Schwingungen je Signalimpuls	Effektiv- wert	Fehler- grenze %	VDV	Fehler- grenze %	MTVV, gleitendes Zeitfenster	Fehler- grenze %	MTVV, exponentiell gemittelt	Fehler- grenze %
nur Band- be- gren- zung	1	0,0433	10	0,498	12	0,137	10	0,135	10
	2	0,0612	10	0,593	12	0,193	10	0,188	10
	4	0,0865	10	0,705	12	0,274	10	0,258	10
	8	0,122	10	0,838	12	0,387	10	0,344	10
	16	0,173	10	0,996	12	0,547	10	0,437	10
	Dauersignal	0,546	10	1,77	12	0,547	10	0,549	10
W_b	1	0,0314	10	0,342	12	0,0991	10	0,0968	10
	2	0,0435	10	0,403	12	0,137	10	0,132	10
	4	0,0614	10	0,482	12	0,194	10	0,182	10
	8	0,0867	10	0,575	12	0,274	10	0,243	10
	16	0,123	10	0,685	12	0,387	10	0,309	10
	Dauersignal	0,387	10	1,22	12	0,388	10	0,388	10
W_c	1	0,0222	10	0,244	12	0,0703	10	0,0684	10
	2	0,0292	10	0,275	12	0,0923	10	0,0885	10
	4	0,0397	10	0,318	12	0,126	10	0,117	10
	8	0,055	10	0,374	12	0,174	10	0,153	10
	16	0,077	10	0,445	12	0,243	10	0,192	10
	Dauersignal	0,24	10	0,788	12	0,243	10	0,242	10
W_d	1	0,00669	10	0,0779	12	0,0212	10	0,0197	10
	2	0,00906	10	0,0852	12	0,0286	10	0,0264	10
	4	0,0116	10	0,0923	12	0,0366	10	0,033	10
	8	0,0148	10	0,101	12	0,0469	10	0,04	10
	16	0,0197	10	0,115	12	0,0611	10	0,0481	10
	Dauersignal	0,059	10	0,197	12	0,0611	10	0,0594	10
W_e	1	0,00342	10	0,0409	12	0,0108	10	0,00992	10
	2	0,00478	10	0,0452	12	0,0151	10	0,0135	10
	4	0,00637	10	0,0493	12	0,0201	10	0,0176	10
	8	0,00816	10	0,0535	12	0,0255	10	0,0214	10
	16	0,0102	10	0,0592	12	0,0311	10	0,0244	10
	Dauersignal	0,0295	10	0,0987	12	0,0311	10	0,0297	10
W_j	1	0,0435	10	0,517	12	0,138	10	0,135	10
	2	0,0616	10	0,609	12	0,195	10	0,189	10
	4	0,0874	10	0,723	12	0,277	10	0,261	10
	8	0,124	10	0,859	12	0,392	10	0,349	10
	16	0,175	10	1,02	12	0,554	10	0,443	10
	Dauersignal	0,554	10	1,81	12	0,555	10	0,557	10
W_k	1	0,0299	10	0,323	12	0,0944	10	0,0922	10
	2	0,0411	10	0,38	12	0,13	10	0,125	10
	4	0,0577	10	0,455	12	0,182	10	0,171	10
	8	0,0814	10	0,543	12	0,257	10	0,228	10
	16	0,115	10	0,648	12	0,363	10	0,289	10
	Dauersignal	0,362	10	1,15	12	0,364	10	0,363	10
W_m	1	0,0149	10	0,165	12	0,0472	10	0,0456	10
	2	0,0197	10	0,185	12	0,0623	10	0,0594	10
	4	0,0264	10	0,211	12	0,0836	10	0,0775	10
	8	0,0363	10	0,247	12	0,115	10	0,101	10
	16	0,0507	10	0,294	12	0,16	10	0,126	10
	Dauersignal	0,158	10	0,52	12	0,16	10	0,159	10

Tabelle 9 — Antwort von Messeinrichtungen für tieffrequente Ganzkörper-Schwingungen auf die Sägezahnsignale

Bewertung	Anzahl der Sägezahn-Schwingungen je Signalimpuls	Effektivwert	Fehlergrenze %	MSDV	Fehlergrenze %
nur Band-begrenzung	1	0,0341	10	1,671	10
	2	0,0487	10	2,386	10
	4	0,069	10	3,38	10
	8	0,0982	10	4,811	10
	16	0,139	10	6,81	10
	Dauersignal	0,439	10	21,51	10
W_f	1	0,0197	10	0,9651	10
	2	0,0236	10	1,156	10
	4	0,0304	10	1,489	10
	8	0,0416	10	2,038	10
	16	0,0571	10	2,797	10
	Dauersignal	0,176	10	8,622	10

5.10 Übersteuerungsanzeige

Der Human-Schwingungsmesser muss eine Übersteuerungsanzeige haben, die alle zutreffenden Anzeigefunktionen überwachen muss, indem sie eine Übersteuerung an allen kritischen Stellen auf dem Messsignalpfad erkennt. Eine Übersteuerung des Schwingungsaufnehmers ist unter allen Umständen zu vermeiden, z. B. durch Auswahl eines für die durchzuführende Messung geeigneten Aufnehmers, durch in den Aufnehmer integrierte elektrische Übersteuerungsmelder oder durch den Einsatz eines mechanischen Filters.

Übersteuerung muss angezeigt werden, bevor die Fehlergrenzen der Amplitudenlinearität oder der Antwort auf Signalimpulsfolgen bei über die spezifizierte obere Grenze anwachsendem Signalpegel überschritten werden. Diese Anforderung gilt für alle Frequenzen innerhalb des nominellen Frequenzbereichs.

Die Übersteuerungsanzeige muss sowohl auf positive als auch auf negative Signalausschläge reagieren. Der Unterschied zwischen Signalen mit positiven und solchen mit negativen Halbwellen, die gerade eine Übersteuerung hervorrufen, darf nicht größer als 15 % sein.

Werden mit dem Schwingungsmesser zeitgemittelte Schwingungswerte gemessen, muss die Übersteuerungsanzeige zum Zeitpunkt einer Übersteuerung ansprechen und so lange gehalten werden, bis die Messergebnisse zurückgesetzt werden. Diese Anforderung gilt auch für die Messung des Höchstwerts, des Spitzenwerts und anderer Schwingungskennwerte, die während der Messzeit berechnet oder nach ihrem Ablauf angezeigt werden.

Werden mit dem Schwingungsmesser zeitbewertete Schwingungswerte, d. h. gleitende Effektivwerte gemessen, muss Übersteuerung angezeigt werden, wenn sie auftritt. Darüber hinaus muss Übersteuerung so lange angezeigt werden, wie sie den angezeigten Messwert beeinflusst (das ist beim gleitenden Rechteck-Zeitfenster die Integrationsdauer und bei der exponentiellen Mittelung das Doppelte der Zeitkonstanten). Nach dem Auftreten der Übersteuerung muss sie bei Hand-Arm-Schwingungen noch 1 s und bei Ganzkörper-Schwingungen und tieffrequenten Ganzkörper-Schwingungen noch 8 s angezeigt werden.

In den technischen Unterlagen müssen die Funktionsweise der Übersteuerungsanzeige und ihre Deutung sowie das Vorgehen zur Löschung einer selbsthaltenden Anzeige beschrieben werden.

5.11 Fehlaussteuerungsanzeige

Liegt ein zeitbewerteter oder zeitgemittelter Schwingungswert unter der unteren Grenze des Linearitätsbereichs, muss die Fehlaussteuerungsanzeige (Anzeige zu geringer Aussteuerung) ansprechen, bevor die Fehlergrenze der Amplitudenlinearität überschritten wird. Fehlaussteuerung muss so lange angezeigt werden,

wie sie auftritt oder den angezeigten Messwert beeinflusst, jedoch mindestens 1 s bei Hand-Arm-Schwingungen und 8 s bei Ganzkörper-Schwingungen und tieffrequenten Ganzkörper-Schwingungen.

5.12 Zeitmittelung (Intervall-Effektivwert)

Es muss möglich sein, dass die Mittelungsdauer für die zeitgemittelte bewertete Beschleunigung vom Anwender an der Schwingungsmesseinrichtung eingestellt oder von ihm gesteuert werden kann.

5.13 Zeitbewertung (gleitender Effektivwert)

Bei Schwingungsmesseinrichtungen, die den gleitenden Effektivwert der Beschleunigung messen können, ist die Zeitkonstante zu überprüfen, indem ein stationäres harmonisches elektrisches Signal mit der Referenzfrequenz an den Eingang angelegt und dann abrupt abgeschaltet wird. Vor dem Abschalten muss dieses stationäre Signal beim gleitenden Rechteck-Zeitfenster mindestens fünfmal so lange wie die Integrationsdauer bzw. bei der exponentiellen Mittelung 20-mal so lange wie die Zeitkonstante anliegen (siehe Anhang D zu Einzelheiten des gleitenden Effektivwerts mit gleitendem Zeitfenster und mit exponentieller Mittelung).

Der vom Schwingungsmesser angezeigte Messwert muss beim gleitenden Zeitfenster mit den in Tabelle 10 und bei der exponentiellen Mittelung (sofern implementiert) mit den in Tabelle 11 spezifizierten Raten abfallen. Dabei ist die Abfallrate vom Beginn des Abfalls über eine Zeitspanne zu messen, bis der angezeigte Wert unter 10 % des Ausgangswerts gesunken ist. Diese Anforderung gilt für den Referenzmessbereich.

Tabelle 10 — Abfallrate der Zeitbewertung beim gleitenden Zeitfenster

Zeitkonstante s	Dauer des Abfalls auf 10 % des Ausgangswerts s
0,125	0,124 ± 0,005
1	0,99 ± 0,05
8	7,92 ± 0,2

Tabelle 11 — Abfallrate der Zeitbewertung bei der exponentiellen Mittelung

Zeitkonstante s	Dauer des Abfalls auf 10 % des Ausgangswerts s	Entsprechende Abfallrate dB/s
0,125	0,58 ± 0,03	31 bis 40
1	4,61 ± 0,25	3,8 bis 4,9
8	36,8 ± 2	0,48 bis 0,62

5.14 Zurücksetzen (Reset)

Schwingungsmesser, die zeitgemittelte Schwingungswerte, den Höchstwert des gleitenden Effektivwerts oder Schwingungsdosiswerte messen können, müssen bei allen implementierten Frequenzbewertungen eine Vorkehrung zum Löschen des Datenspeichers und zum Start einer neuen Messung aufweisen. In den technischen Unterlagen muss angegeben werden, ob beim Zurücksetzen auch die Übersteuerungsanzeige gelöscht wird. In den technischen Unterlagen muss des Weiteren die Funktionsweise dieser Vorkehrung zum Zurücksetzen beschrieben sowie angegeben werden, wie lang es nominell zwischen dem manuell oder ferngesteuert ausgelösten Zurücksetzen und dem Start einer Messung dauert.

Das Zurücksetzen darf auf keiner Anzeigeeinheit unerwünschte Anzeigen verursachen.

5.15 Zeitmessung

Eine Messeinrichtung, die zeitgemittelte Schwingungswerte misst, muss die seit dem Beginn der Mittelung verstrichene Zeit anzeigen. Darüber hinaus darf die Möglichkeit vorhanden sein, eine Mittelungsdauer in 1-s-Schritten vorab einzustellen.

Die Fehlergrenze für die Anzeige der verstrichenen Zeit beträgt 0,1 %. Die Auflösung der Anzeige der verstrichenen Zeit muss mindestens 1 s betragen.

In den technischen Unterlagen muss die kürzeste und die längste Mittelungsdauer für die Messung zeitgemittelter Schwingungswerte beliebiger Signalstärke innerhalb des Anzeigebereichs angegeben werden.

5.16 Übersprechen (Kanaltrennung)

Wenn eine Messeinrichtung über mehr als einen Eingang (oder Kanal) zur gleichzeitigen Messung von Schwingungssignalen verfügt, dann muss das Übersprechen eines Signals auf einem beliebigen Kanal auf jeden beliebigen anderen Kanal unter 0,5 % der Größe des Eingangssignals liegen.

5.17 Eigenschaften des Schwingungsaufnehmers

Der Schwingungsaufnehmer muss entsprechend dem Einsatzbereich gewählt werden (weitere Hinweise siehe Anhang E).

5.18 Stromversorgung

Bei batteriebetriebenen Schwingungsmesseinrichtungen muss eine Anzeige vorhanden sein, die angibt, ob die Stromversorgung zum Betrieb der Messeinrichtung unter Einhaltung der Spezifikationen dieser Internationalen Norm ausreicht. Eine Überprüfung des Zustands der Stromversorgung darf eine laufende Messung nicht beeinträchtigen.

Bei Einwirkung einer Kalibrierschwingung auf den Schwingungsaufnehmer darf sich das angezeigte Signal um höchstens 3 % ändern, wenn die Versorgungsspannung des Schwingungsmessers vom Nennwert auf die in den technischen Unterlagen angegebene Mindestspannung verringert wird.

Erfolgt die Stromversorgung des Human-Schwingungsmessers aus eingesetzten Batterien, müssen die technischen Unterlagen passende Batterietypen empfehlen und die entsprechende Betriebsdauer bei ununterbrochenem Einsatz des Schwingungsmessers angeben, die mit vollen Batterien unter Referenz-Umgebungsbedingungen zu erwarten ist.

Bei batteriebetriebenen Messeinrichtungen, die imstande sind, Schwingungen über Zeitintervalle zu messen, die größer als die Nennbetriebsdauer mit eingesetzten Batterien sind, müssen die technischen Unterlagen geeignete Maßnahmen zum Betrieb des Schwingungsmessers an einer externen Stromquelle beschreiben. Zu dieser Beschreibung gehört auch die Angabe des zulässigen Spannungsbereichs und der Welligkeit (einschließlich hochfrequenter Spannungsspitzen).

6 Aufnehmerankopplung

Sofern ein bestimmtes mechanisches Filter, eine bestimmte Ankopplungsvorrichtung oder Verbindungsleitung mitgeliefert wird oder erforderlich ist, muss in den technischen Unterlagen angegeben werden, dass die Messeinrichtung die Spezifikation der jeweiligen Frequenzbewertung nur dann einhält, wenn diese speziellen Zusatzeinrichtungen benutzt werden.

Die mit dem Schwingungsmesser zur Verfügung gestellten Ankopplungsmöglichkeiten oder die zur Anwendung empfohlenen Ankopplungsverfahren müssen die allgemeinen Anforderungen von ISO 5348 einhalten. Hinweise zur Prüfung von Ankopplungsvorrichtungen sind in Anhang F zu finden.

Die technischen Unterlagen müssen die Anwendungsgebiete nennen, für die die mitgelieferten Ankopplungsvorrichtungen geeignet sind, sowie die Umstände näher bezeichnen, unter denen die Verwendung einer dieser Ankopplungsvorrichtungen gewöhnlicherweise zu einer größeren Messunsicherheit führt.

7 Störfestigkeit, Störaussendung und Empfindlichkeit auf Umgebungsbedingungen

7.1 Allgemeines

Alle Spezifikationen der Empfindlichkeit auf die verschiedenen Umgebungsbedingungen gelten für und beziehen sich auf die Empfindlichkeit für die Eingangsgröße Schwingungen (mechanische Empfindlichkeit) bei der Kalibrierfrequenz unter Referenz-Umgebungsbedingungen. In den technischen Unterlagen muss die typischerweise erforderliche Zeitspanne angegeben werden, innerhalb derer sich der Schwingungsmesser nach Änderungen der Umgebungsbedingungen stabilisiert hat.

Bei individuellen Messsystemen kann der Bereich zulässiger Umgebungsbedingungen eingeschränkt sein. Wenn ein solcher Bereich eingeschränkt ist, muss das in den technischen Unterlagen angegeben werden.

ANMERKUNG Individuelle Messsysteme sind solche, die aus einzelnen Komponenten zusammengesetzt sind, wie Signalumformer und -verstärker, Analysator (Aufzeichnungsgerät) und Anzeigeeinheit, wobei für jede Systemkomponente nach zutreffenden Normen oder Herstellerspezifikationen eine Baumusterprüfung erfolgt ist.

7.2 Lufttemperatur

Der Einfluss von Änderungen der Lufttemperatur auf die Empfindlichkeit für die Eingangsgröße Schwingungen ist für den Bereich von -10 °C bis 50 °C spezifiziert. Der Einfluss von Änderungen der Lufttemperatur auf die mechanische Empfindlichkeit darf in dem jeweils spezifizierten Temperaturbereich $\pm 5\%$ nicht überschreiten.

Die Spezifikation des Einflusses von Änderungen der Lufttemperatur gilt für die komplette Schwingungsmesseinrichtung oder nur für diejenigen Komponenten, die regelmäßig großen Änderungen der Lufttemperatur ausgesetzt werden.

Der Temperaturbereich darf für solche in den technischen Unterlagen bezeichneten Komponenten einer Schwingungsmesseinrichtung, die für den Einsatz unter kontrollierten Umgebungsbedingungen (z. B. in geschlossenen Räumen) vorgesehen sind, auf 5 °C bis 30 °C beschränkt werden. Dieser eingeschränkte Temperaturbereich gilt nicht für die komplette Schwingungsmesseinrichtung.

In den spezifizierten Lufttemperaturbereichen müssen die Linearitätsabweichung bei der Referenzfrequenz und die Größe des Linearitätsbereichs im Referenzmessbereich die in 5.7 angegebenen Werte einhalten.

7.3 Oberflächentemperatur

Der Einfluss von Änderungen der Temperatur der Oberfläche des Messobjekts auf die Empfindlichkeit für die Eingangsgröße Schwingungen ist für den Bereich von -10 °C bis 50 °C spezifiziert. Der Einfluss von Änderungen der Oberflächentemperatur auf die mechanische Empfindlichkeit darf in diesem Temperaturbereich $\pm 4\%$ nicht überschreiten.

Die Spezifikation des Einflusses von Änderungen der Oberflächentemperatur gilt für den Beschleunigungsaufnehmer, die Leitungen und Ankopplungsvorrichtungen, die mit den zu Schwingungen angeregten Oberflächen des Messobjekts in Kontakt kommen können.

In dem in diesem Abschnitt spezifizierten Oberflächen-Temperaturbereich müssen die Linearitätsabweichung bei der Referenzfrequenz und die Größe des Linearitätsbereichs im Referenzmessbereich die in 5.7 angegebenen Werte einhalten.

7.4 Elektrostatische Entladung

Der Einfluss elektrostatischer Entladungen auf den Betrieb eines Schwingungsmessers oder von relevanten Komponenten eines Messsystems muss so weit, wie es praktikabel ist, minimiert werden.

Eine Schwingungsmesseinrichtung muss den vorgesehenen Betrieb fortsetzen, wenn sie einer elektrostatischen Entladung mit einer Spannung bis ± 4 kV bei Berührung oder bis ± 8 kV über eine Luftstrecke ausgesetzt wurde. Die Polarität der elektrostatischen Spannung gilt gegenüber dem Erdpotential.

Die in diesem Abschnitt spezifizierten elektrostatischen Entladungen dürfen bei Einwirkung auf die Schwingungsmesseinrichtung weder eine Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit noch einen Funktionsausfall hervorrufen, es sei denn, solche werden in den technischen Unterlagen aufgeführt. Die technischen Unterlagen dürfen angeben, dass eine Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit oder ein Funktionsausfall der Schwingungsmesseinrichtung als Folge der Einwirkung elektrostatischer Entladungen eintreten kann. Die zu spezifizierende Beeinträchtigung oder der Funktionsausfall darf folgende Dinge nicht betreffen: Änderung des Betriebszustands, Änderung der Konfiguration, Zerstörung oder Verlust gespeicherter Daten sowie permanente Betriebseinschränkung.

7.5 Hochfrequente Störaussendung und Störung des Stromnetzes

Die hochfrequente Störaussendung (Funkstörung) einer Schwingungsmesseinrichtung muss so weit, wie es praktikabel ist, unterdrückt werden.

Wenn an dem Human-Schwingungsmesser Anschlüsse für Datenübertragungs- oder Verbindungsleitungen vorhanden sind, müssen in den technischen Unterlagen typische Leitungslängen empfohlen und muss die Art all der Geräte beschrieben werden, an die die Leitungen angeschlossen werden können.

Der Pegel der hochfrequenten elektrischen Feldstärke, die von den Gehäuseanschlüssen des Schwingungsmessers ausgesandt wird, darf bei den Frequenzen von 30 MHz bis 230 MHz 30 dB (bezogen auf $1 \mu\text{V/m}$) und bei den Frequenzen über 230 MHz bis 1 GHz 37 dB nicht überschreiten. In den technischen Unterlagen sind die Betriebsart(en) des Schwingungsmessers und diejenigen Verbindungseinrichtungen anzugeben, die die stärkste hochfrequente Störaussendung verursachen.

Die stärkste in das Stromnetz übertragene Störung (Netzurückwirkung) darf die in Tabelle 12 angegebenen Grenzen für Quasispitzen- und gemittelte Spannungen am Netzanschluss nicht überschreiten. Wenn der Schwingungsmesser bei Messung mit einem Quasispitzen-Detektor die Grenzwerte für die gemittelte Spannung der übertragenen Störung einhält, ist die Einhaltung sowohl der Grenzwerte für die Quasispitzen-Spannung als auch derjenigen der gemittelten Spannung anzunehmen.

Tabelle 12 — Grenzwerte für die in das Stromnetz übertragene Störung

Frequenzbereich MHz	Grenzwerte für den Spannungspegel der Störung dB (bezogen auf $1 \mu\text{V}$)	
	Quasispitzen	gemittelt
0,15 bis 0,50	66 bis 56	56 bis 46
0,50 bis 5	56	46
5 bis 30	60	50
ANMERKUNG 1 Merkmale von Quasispitzen-Detektoren siehe CISPR 16-1-1.		
ANMERKUNG 2 An den Übergängen von einem Frequenzbereich zum nächsten gelten jeweils die niedrigeren Grenzwerte für den Spannungspegel.		
ANMERKUNG 3 Die Grenzwerte für den Spannungspegel nehmen im Bereich von 0,15 MHz bis 0,50 MHz linear mit dem Logarithmus der Frequenz ab.		

7.6 Störfestigkeit gegenüber netzfrequenten und hochfrequenten Feldern

Die spezifizierten netzfrequenten und hochfrequenten Felder dürfen bei Einwirkung auf die komplette Schwingungsmesseinrichtung (oder auf relevante und in den technischen Unterlagen aufgeführte Komponenten) weder eine Änderung des Betriebszustands noch eine Änderung der Konfiguration oder Zerstörung oder Verlust gespeicherter Daten hervorrufen. Diese Anforderung gilt für alle Betriebsarten, die üblichem Betrieb entsprechen. In den technischen Unterlagen sind die Betriebsart(en) der Schwingungsmesseinrichtung und diejenigen Verbindungseinrichtungen anzugeben, die die geringste Störfestigkeit gegenüber netzfrequenten und hochfrequenten Feldern haben (d. h. am empfindlichsten reagieren).

Die Störfestigkeit gegenüber netzfrequenten Feldern bezieht sich auf die Einwirkung einer gleichmäßigen magnetischen Feldstärke mit dem Effektivwert 80 A/m bei den Frequenzen 50 Hz und 60 Hz. Die Gleichmäßigkeit der magnetischen Feldstärke wird vor dem Einbringen des Schwingungsmessers nachgewiesen. Die Orientierung des Schwingungsmessers in dem Feld muss der Angabe in den technischen Unterlagen für die maximale Empfindlichkeit auf netzfrequente Felder entsprechen.

Die Störfestigkeit gegenüber hochfrequenten Feldern im Bereich der Trägerfrequenzen von 26 MHz bis 1 GHz bezieht sich auf ein Signal bei der Trägerfrequenz des hochfrequenten Feldes, das mit einem harmonischen Signal mit der oder den für das Anwendungsgebiet des Schwingungsmessers zutreffenden Referenzfrequenz(en) und einem Hub von 80 % amplitudenmoduliert ist. Ohne Modulation und ohne den Schwingungsmesser muss das hochfrequente Feld eine gleichmäßige elektrische Feldstärke mit dem Effektivwert 10 V/m haben.

ANMERKUNG In den technischen Unterlagen darf angegeben werden, dass der Schwingungsmesser auch bei solchen elektrischen Feldstärken die Spezifikationen dieser Internationalen Norm einhält, die ohne Modulation einen Effektivwert von mehr als 10 V/m haben.

Wenn ein netzfrequentes oder hochfrequentes Feld einwirkt, darf die Änderung des angezeigten Schwingungswerts $\pm 10\%$ nicht überschreiten.

Bei Schwingungsmesseinrichtungen mit Netzanschluss oder einem Netzspannungsausgang bezieht sich die Störfestigkeit gegenüber hochfrequenten asymmetrischen Einstrahlungen auf den Frequenzbereich von 0,15 MHz bis 80 MHz.

Bei Schwingungsmesseinrichtungen mit Signal- oder Steueranschlüssen, bei denen auch nur eine Verbindungsleitung zwischen Systemkomponenten länger als 3 m ist, bezieht sich die Störfestigkeit gegenüber hochfrequenten asymmetrischen Einstrahlungen auf den Frequenzbereich von 0,15 MHz bis 80 MHz.

7.7 Dichtheit gegen Staub und Wasser

Der Schwingungsmesser muss staub- und wasserdicht sein. Der Hersteller muss die Schutzklasse der Schwingungsmesseinrichtung angeben (IP-Code). Die Schutzklasse muss für den vorgesehenen Einsatzbereich des Schwingungsmessers angemessen sein, z. B. erfordert die Ermittlung der Schwingungseinwirkung auf den Menschen in einer Fabrik IP 65, während Messungen unter Laborbedingungen lediglich IP 42 erfordern.

ANMERKUNG Die IP-Codes der Gehäuseschutzklasse eines Messgeräts sind in IEC 60529 festgelegt.

8 Anschluss von Zusatzeinrichtungen

Kann eine vom Hersteller des Schwingungsmessers angebotene zusätzliche Verlängerungsleitung zwischen dem Beschleunigungsaufnehmer und den anderen Komponenten des Schwingungsmessers angeschlossen werden, müssen die technischen Unterlagen Einzelheiten zu Korrekturen enthalten, die auf die Ergebnisse von derart durchgeführten Messungen anzuwenden sind.

Die technischen Unterlagen müssen Angaben darüber enthalten, welche nominelle Auswirkung Zusatzeinrichtungen haben, die vom Hersteller des Schwingungsmessers geliefert werden. Angaben müssen zu allen relevanten Eigenschaften des Schwingungsmessers gemacht werden, die sich aus der Installation der Zusatzeinrichtungen ergeben. Zu solchen Zusatzeinrichtungen zählen auch Ankopplungsvorrichtungen für

Beschleunigungsaufnehmer und mechanische Filter. Die technischen Unterlagen müssen Angaben über die typische Auswirkung auf die Empfindlichkeit und den Frequenzgang enthalten.

In den technischen Unterlagen muss angegeben werden, ob der Schwingungsmesser den Spezifikationen dieser Internationalen Norm entspricht, wenn Zusatzeinrichtungen installiert sind.

Falls Anschlüsse für externe Filter vorhanden sind, muss in den technischen Unterlagen beschrieben werden, wie die Verbindungen herzustellen sind und wie die Schwingungsmesseinrichtung zu benutzen ist, um extern gefilterte Schwingungssignale zu messen.

Die technischen Unterlagen müssen detaillierte Angaben über den Anschluss von Zusatzgeräten an den Schwingungsmesser und über die eventuellen Auswirkungen solcher Zusatzgeräte auf die elektrischen Eigenschaften der Schwingungsmesseinrichtung enthalten. Zu solchen Zusatzgeräten zählen auch Drucker, Rechner und Magnetbandgeräte.

9 Kennzeichnung

Eine Schwingungsmesseinrichtung, die allen zutreffenden Spezifikationen dieser Internationalen Norm entspricht, ist mit der Nummer und dem Ausgabejahr dieser Internationalen Norm zu kennzeichnen oder muss dies anzeigen. Die Kennzeichnung muss den Namen oder das Markenzeichen des Lieferanten enthalten, der für die auf die komplette Messeinrichtung zutreffenden technischen Daten verantwortlich ist. Weiterhin muss die Kennzeichnung die Typbezeichnung und die Seriennummer enthalten.

Wenn die Schwingungsmesseinrichtung aus mehreren einzelnen Geräten besteht, muss, soweit praktikabel, jedes wesentliche Gerät oder Komponente wie in diesem Abschnitt beschrieben gekennzeichnet werden. Alle wesentlichen Geräte, die zusammen eine komplette Schwingungsmesseinrichtung bilden, müssen genannt werden.

10 Technische Unterlagen

Mit jedem Schwingungsmesser oder jeder gleichwertigen Schwingungsmesseinrichtung, die die Spezifikationen dieser Internationalen Norm einhält, müssen technische Unterlagen mitgeliefert werden.

Wenn die Messeinrichtung aus mehreren einzelnen Komponenten besteht, müssen technische Unterlagen für die Zusammenschaltung, die die komplette Schwingungsmesseinrichtung ergeben, zur Verfügung gestellt werden. In diesen technischen Unterlagen müssen sowohl alle notwendigen Komponenten als auch ihre wechselseitige Beeinflussung beschrieben werden.

Alle Spezifikationen der Schwingungsmesseinrichtung müssen nach dem internationalen Einheitensystem (SI-Einheiten) angegeben werden.

Die technischen Unterlagen müssen die in Anhang G genannten Angaben enthalten, soweit sie auf die jeweilige Schwingungsmesseinrichtung zutreffen.

11 Prüfung und Kalibrierung

In dieser Internationalen Norm sind drei Stufen von Prüfungen der Leistungsmerkmale festgelegt:

- a) Baumusterprüfung (diese Prüfung betrifft den Hersteller): Sie ist umfassend und besteht aus Prüfungen, die an einigen Baumustern eines Gerätetyps durchzuführen sind. Die Baumusterprüfung kann eine Typprüfung sein oder zur Bauartzulassung einer Schwingungsmesseinrichtung dienen. Der Zweck dieser Prüfungen besteht in dem Nachweis, dass ein bestimmter Gerätetyp die in dieser Internationalen Norm festgelegten Spezifikationen einhalten kann;
- b) periodische Nachprüfung (diese Prüfung betrifft den Hersteller und den Anwender): Sie ist eine Zwischenprüfung reduzierten Umfangs und besteht aus Prüfungen, die durchzuführen sind
 - in periodischen Zeitabständen (z. B. vor oder zum Zeitpunkt der Auslieferung und danach alle 1 oder 2 Jahre), um nachzuprüfen, ob die in dieser Internationalen Norm festgelegten Spezifikationen weiterhin eingehalten werden,