

DIN EN ISO 8041-1

ICS 13.160

Ersatz für
DIN EN ISO 8041:2006-06 und
DIN EN ISO 8041
Berichtigung 1:2008-11

**Schwingungseinwirkung auf den Menschen –
Messeinrichtung –
Teil 1: Schwingungsmesser für allgemeine Anwendungen
(ISO 8041-1:2017);
Deutsche Fassung EN ISO 8041-1:2017**

Human response to vibration –
Measuring instrumentation –
Part 1: General purpose vibration meters (ISO 8041-1:2017);
German version EN ISO 8041-1:2017

Réponse des individus aux vibrations –
Appareillage de mesure –
Partie 1: Instrument de mesure à usage général (ISO 8041-1:2017);
Version allemande EN ISO 8041-1:2017

Gesamtumfang 122 Seiten

DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS)

Nationales Vorwort

Diese Norm beinhaltet die Deutsche Fassung der Europäischen Norm EN ISO 8041-1, die in der Arbeitsgruppe WG 33 des ISO/TC 108 „Mechanical vibration, shock and condition monitoring“ unter deutscher Projektleitung erstellt und parallel im CEN/TC 231 „Mechanische Schwingungen und Stöße“ abgestimmt wurde. Die deutsche Mitarbeit erfolgte durch den Arbeitsausschuss NA 001-03-02 AA (NALS/VDI C 2) „Schwingungsmesstechnik“ des DIN/VDI-Normenausschusses Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS).

Die in Tabelle I.3 angegebene Gesamtunsicherheit ist ein Beispiel für ein gutes Messgerät, für das die einzelnen Messunsicherheiten nach I.2 ermittelt wurden. Messgeräte ohne diese Einzelermittlung, die die zulässigen Grenzwerte nach der vorliegenden Norm voll ausschöpfen können, weisen eine wesentlich höhere Gesamtunsicherheit auf.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 1683	siehe	DIN EN ISO 1683
ISO 5348	siehe	DIN ISO 5348
ISO 5349-1:2001	siehe	DIN EN ISO 5349-1:2001-12
ISO 10326-1	siehe	DIN EN ISO 10326-1
Normen der Reihe ISO 16063	siehe	Normen der Reihe DIN ISO 16063
ISO/IEC Guide 98-3 (GUM)	siehe	DIN V ENV 13005
ISO/IEC Guide 99 (VIM)	siehe	ISO/IEC-Leitfaden 99
IEC 60529	siehe	DIN EN 60529
IEC 61000-4-2:2008	siehe	DIN EN 61000-4-2:2009-12
IEC 61000-4-3:2006	siehe	DIN EN 61000-4-3:2011-04
IEC 61000-4-6	siehe	DIN EN 61000-4-6
IEC 61000-6-2:2005	siehe	DIN EN 61000-6-2:2006-03
IEC 61260-1	siehe	DIN EN 61260-1
IEC 61672-1	siehe	DIN EN 61672-1
CISPR 16-1-1	siehe	DIN EN 55016-1-1
CISPR 22:2008	siehe	DIN EN 55022:2011-12

Die Deutschen Normen sind in Anhang NA aufgeführt.

ISO 8041 mit dem Titel *Human response to vibration — Measuring instrumentation* besteht aus folgenden Teilen:

— *Part 1: General purpose vibration meters*

Der folgende Teil befindet sich in Vorbereitung:

— *Part 2: Personal vibration exposure meters*

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 8041:2006-06 und DIN EN ISO 8041 Berichtigung 1:2008-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Normnummer und Titel geändert;
- b) Einleitung mit Erläuterungen der Gründe für diese Überarbeitung ergänzt;
- c) Validierung für individuelle Geräte ergänzt;
- d) Überarbeitung und Vereinfachung der Nachprüfung;
- e) Ergänzung des Anhangs I, der beispielhaft die Abschätzung der Gerätemessunsicherheit angibt;
- f) Korrektur von Fehlern in Gleichungen, Zahlen und Bildern.

Frühere Ausgaben

DIN 45671-1: 1990-09
DIN V ENV 28041: 1993-06
DIN 45671-3: 1997-12
DIN V ENV 28041/A1: 2001-06
DIN EN ISO 8041: 2005-07, 2006-06
DIN EN ISO 8041 Berichtigung 1: 2008-11

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1), *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*

DIN EN 55022 (VDE 0878-22):2011-12, *Einrichtungen der Informationstechnik — Funkstöreigenschaften — Grenzwerte und Messverfahren (CISPR 22:2008, modifiziert); Deutsche Fassung EN 55022:2010*

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

*) Zwar zurückgezogen, aber als deutsche Ausgabe sehr hilfreich und über den Beuth-Verlag weiterhin erhältlich.

DIN EN 61000-4-2 (VDE 0847-4-2):2009-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-2: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität (IEC 61000-4-2:2008); Deutsche Fassung EN 61000-4-2:2009*

DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3):2011-04, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-3: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder (IEC 61000-4-3:2006 + A1:2007 + A2:2010); Deutsche Fassung EN 61000-4-3:2006 + A1:2008 + A2:2010*

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

DIN EN 61000-6-2 (VDE 0839-6-2):2006-03, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 6-2: Fachgrundnormen – Störfestigkeit für Industriebereiche (IEC 61000-6-2:2005); Deutsche Fassung EN 61000-6-2:2005*

DIN EN 61260-1, *Elektroakustik — Bandfilter für Oktaven und Bruchteile von Oktaven — Teil 1: Anforderungen*

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

DIN EN ISO 1683, *Akustik — Bevorzugte Bezugswerte für Pegel in der Akustik und Schwingungstechnik*

DIN EN ISO 5349-1:2011-12, *Mechanische Schwingungen — Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen (ISO 5349-1:2001); Deutsche Fassung EN ISO 5349-1:2001*

DIN EN ISO 10326-1, *Mechanische Schwingungen — Laborverfahren zur Bewertung der Schwingungen von Fahrzeugsitzen — Teil 1: Grundlegende Anforderungen*

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

DIN ISO 16063-16, *Verfahren zur Kalibrierung von Schwingungs- und Stoßaufnehmern — Teil 16: Kalibrierung mittels der Erdbeschleunigung*

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

DIN ISO 16063-22, *Verfahren zur Kalibrierung von Schwingungs- und Stoßaufnehmern — Teil 22: Stoßkalibrierung durch Vergleich mit einem Referenzempfänger*

DIN ISO 16063-43, *Verfahren zur Kalibrierung von Schwingungs- und Stoßaufnehmern — Teil 43: Kalibrierung von Beschleunigungsaufnehmern durch modellgestützte Parameteridentifikation*

DIN ISO 16063-44, *Verfahren zur Kalibrierung von Schwingungs- und Stoßaufnehmern — Teil 44: Kalibrierung von Schwingungskalibratoren für den Einsatz vor Ort^{**})*

ISO/IEC-Leitfaden 99, *Internationales Wörterbuch der Metrologie (VIM)*. Beuth, Berlin Wien Zürich

^{**}) Z. Z. Entwurf

Deutsche Fassung

Schwingungseinwirkung auf den Menschen —
Messeinrichtung —
Teil 1: Schwingungsmesser für allgemeine Anwendungen
(ISO 8041-1:2017)

Human response to vibration —
Measuring instrumentation —
Part 1: General purpose vibration meters
(ISO 8041-1:2017)

Réponse des individus aux vibrations —
Appareillage de mesure —
Partie 1: Instrument de mesure à usage général
(ISO 8041-1:2017)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 22. April 2017 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 CEN-CENELEC-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, 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, Serbien, 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
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe und Formelzeichen.....	9
3.1 Begriffe	9
3.1.1 Allgemeines.....	9
3.1.2 Kenngrößen der frequenzbewerteten Schwingung.....	11
3.2 Formelzeichen.....	14
4 Referenz-Umgebungsbedingungen	15
5 Spezifikation der Leistungsmerkmale	15
5.1 Allgemeines zu den Eigenschaften	15
5.2 Anzeige des Messsignals.....	17
5.2.1 Allgemeines.....	17
5.2.2 Auflösung und Aktualisierungsrate	18
5.2.3 Anzeigegültigkeit und Zeiten für Stabilisierung und Messbeginn.....	18
5.3 Elektrischer Ausgang.....	18
5.4 Empfindlichkeit für die Eingangsgröße Schwingungen (mechanische Empfindlichkeit)	19
5.5 Genauigkeit der Anzeige bei der Referenzfrequenz unter Referenzbedingungen.....	19
5.6 Frequenzbewertungen und Frequenzgänge	19
5.6.1 Parameter	19
5.6.2 Bandbegrenzungsfilter	20
5.6.3 Übergangsfilter Beschleunigung/Schnelle	21
5.6.4 Filter für die Stufe.....	21
5.6.5 Gesamtfrequenzgang.....	21
5.6.6 Grenزابweichungen	21
5.7 Amplitudenlinearität.....	23
5.8 Eigenrauschen.....	23
5.9 Antwort auf Signalimpulsfolgen.....	23
5.10 Übersteuerungsanzeige.....	26
5.11 Fehlaussteuerungsanzeige	27
5.12 Zeitmittelung (Intervall-Effektivwert)	27
5.13 Zeitbewertung (gleitender Effektivwert)	27
5.14 Zurücksetzen (Reset)	28
5.15 Zeitmessung.....	28
5.16 Übersprechen (Kanaltrennung)	28
5.17 Eigenschaften des Schwingungsaufnehmers.....	28
5.18 Stromversorgung	28
6 Aufnehmerankopplung.....	29
7 Störfestigkeit, Störaussendung und Empfindlichkeit auf Umgebungsbedingungen	29
7.1 Allgemeines.....	29
7.2 Lufttemperatur	29
7.3 Oberflächentemperatur	30
7.4 Elektrostatische Entladung	30
7.5 Hochfrequente Störaussendung und Störung des Stromnetzes	30
7.6 Störfestigkeit gegenüber netzfrequenten und hochfrequenten Feldern	31
7.7 Dichtheit gegen Staub und Wasser	32

8	Anschluss von Zusatzeinrichtungen	32
9	Kennzeichnung	32
10	Technische Unterlagen	33
11	Prüfung und Kalibrierung	33
12	Baumusterprüfung.....	35
12.1	Allgemeines.....	35
12.2	Prüfanforderungen	35
12.3	Einreichung zur Prüfung.....	36
12.4	Kennzeichnung des Schwingungsmessers und Angaben in den technischen Unterlagen.....	36
12.5	Obligatorische Leistungsmerkmale und allgemeine Anforderungen	36
12.6	Vorbereitende Maßnahmen	36
12.7	Anzeige bei der Referenzfrequenz unter Referenzbedingungen.....	37
12.8	Übersprechen (Kanaltrennung).....	38
12.9	Schwingungsaufnehmer.....	38
12.10	Amplitudenlinearität und Fehlaussteuerungsanzeige	38
12.10.1	Elektrische Prüfung der Amplitudenlinearität.....	38
12.10.2	Mechanische Prüfung der Amplitudenlinearität	39
12.11	Frequenzbewertungen und Frequenzgänge.....	40
12.11.1	Allgemeines.....	40
12.11.2	Mechanische Prüfung der Frequenzgänge	41
12.11.3	Elektrische Prüfung der Frequenzgänge.....	42
12.11.4	Prüfkriterium bei der Baumusterprüfung	43
12.12	Eigenrauschen.....	43
12.13	Antwort auf Signalimpulsfolgen.....	44
12.14	Übersteuerungsanzeige.....	44
12.15	Zurücksetzen (Reset)	45
12.16	Messwert zusammengefasster Größen	45
12.17	Wechselspannungsausgang	45
12.18	Zeitmessung.....	45
12.19	Stromversorgung.....	45
12.20	Störfestigkeit, Störaussendung und Empfindlichkeit auf Umgebungsbedingungen	46
12.20.1	Allgemeines.....	46
12.20.2	Erweiterte Messunsicherheit für die Messung der Umgebungsbedingungen.....	46
12.20.3	Anforderungen an die Akklimatisierung bei der Prüfung des Einflusses der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte	46
12.20.4	Prüfung des kombinierten Einflusses von Lufttemperatur und relativer Luftfeuchte.....	47
12.20.5	Einfluss der Oberflächentemperatur	47
12.20.6	Einfluss elektrostatischer Entladungen	47
12.20.7	Hochfrequente Störaussendung und Störung des Stromnetzes	48
12.20.8	Störfestigkeit gegenüber netzfrequenten und hochfrequenten Feldern.....	49
12.21	Prüfbericht.....	50
13	Validierung individueller Messeinrichtungen.....	50
13.1	Allgemeines.....	50
13.2	Prüfanforderungen	51
13.3	Prüfling.....	51
13.4	Einreichung zur Prüfung.....	51
13.5	Kennzeichnung der individuellen Messeinrichtung und Angaben in den technischen Unterlagen.....	52
13.6	Obligatorische Leistungsmerkmale und allgemeine Anforderungen	52
13.7	Vorbereitende Maßnahmen	52
13.8	Prüfverfahren.....	52
13.9	Anzeige bei der Referenzfrequenz unter Referenzbedingungen.....	53
13.10	Prüfparameter	54

13.10.1	Schwingungsmesskette für Hand-Arm-Schwingungen.....	54
13.10.2	Schwingungsmesskette für Ganzkörper-Schwingungen.....	54
13.10.3	Schwingungsmesskette für tieffrequente Ganzkörper-Schwingungen	55
13.11	Durchführung der Prüfung.....	55
13.12	Eigenrauschen.....	56
13.13	Übersprechen (Kanaltrennung)	56
13.14	Übersteuerungsanzeige.....	56
13.15	Zeitmessung.....	57
13.16	Prüfbericht	57
14	Periodische Nachprüfung	57
14.1	Allgemeines.....	57
14.2	Prüfanforderungen	57
14.3	Prüfling	58
14.4	Einreichung zur Prüfung.....	58
14.5	Vorausgehende Sichtprüfung.....	58
14.6	Kennzeichnung des Schwingungsmessers und Angaben in den technischen Unterlagen	58
14.7	Prüfverfahren.....	59
14.8	Prüfparameter	59
14.8.1	Schwingungsmesskette für Hand-Arm-Schwingungen.....	59
14.8.2	Schwingungsmesskette für Ganzkörper-Schwingungen.....	60
14.8.3	Schwingungsmesskette für tieffrequente Ganzkörper-Schwingungen	60
14.9	Durchführung der Prüfung.....	61
14.10	Prüfbericht	61
15	Prüfung am Einsatzort	62
15.1	Allgemeines.....	62
15.2	Vorausgehende Sichtprüfung.....	62
15.3	Empfindlichkeit für die Eingangsgröße Schwingungen (Vor-Ort-Kalibrierung)	62
Anhang A (normativ)	Spezifikation von Schwingungskalibratoren zur Verwendung am Einsatzort.....	63
Anhang B (informativ)	Frequenzbewertungen	65
Anhang C (informativ)	Realisierung von Frequenzbewertungsfiltern.....	84
Anhang D (informativ)	Bildung des gleitenden Effektivwerts.....	88
Anhang E (informativ)	Eigenschaften des Schwingungsaufnehmers.....	91
Anhang F (informativ)	Prüfung von Ankopplungsvorrichtungen	94
Anhang G (normativ)	Technische Unterlagen.....	98
Anhang H (normativ)	Anforderungen an den Phasenfrequenzgang bei der Messung von Größen, die nicht auf Effektivwerten basieren	104
Anhang I (informativ)	Anleitung zur Abschätzung der Gerätemessunsicherheit	112
Literaturhinweise.....		118

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 8041-1:2017) 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 von DIN geführt wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis November 2017, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis November 2017 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 8041:2005.

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, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 8041-1:2017 wurde von CEN als EN ISO 8041-1:2017 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von Technischen Komitees der ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Freiwilligkeit von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf die Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch die ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 108, *Mechanical vibration, shock and condition monitoring*, Unterkomitee SC 3, *Use and calibration of vibration and shock measuring instruments* erarbeitet.

Diese erste Ausgabe ersetzt ISO 8041:2005, die inhaltlich überarbeitet wurde. Sie enthält auch die Berichtigung ISO 8041:2005/Cor.1:2007. Die folgenden wesentlichen Änderungen wurden vorgenommen:

- Einleitung mit Erläuterungen der Gründe für diese Überarbeitung ergänzt;
- Validierung für individuelle Geräte ergänzt;
- Überarbeitung und Vereinfachung der Nachprüfung;
- Ergänzung des Anhangs I, der beispielhaft die Abschätzung der Gerätemessunsicherheit angibt;
- Korrektur von Fehlern in Gleichungen, Zahlen und Bildern.

Eine Auflistung der Teile der Normenreihe ISO 8041 ist auf der Internetseite der ISO zu finden.

Einleitung

Bis 2005, als die Vorgängerausgabe dieses Dokuments veröffentlicht wurde, bestand eine Messeinrichtung für die Schwingungseinwirkung auf den Menschen (Schwingungsmesser) in der Regel aus einem Gerät für die Signalverarbeitung und einem abnehmbaren Schwingungsaufnehmer. Nach den jüngsten Entwicklungen jedoch kann ein Teil der Signalverarbeitungsschritte in der Aufnehmereinheit integriert sein, sodass auf das Signal, das aus dem Sensorelement des Aufnehmers kommt und in die Signalaufbereitung geleitet wird, nicht mehr zugegriffen werden kann. Solche Aufnehmer sind z. B. IEPE- und MEMS-Aufnehmer.

Einige der in diesem Dokument festgelegten Prüfverfahren setzen allerdings voraus, dass dieser Punkt im Signalpfad zugänglich ist (elektrischer Eingang). Da solch ein Eingang nicht vorgeschrieben ist, können diese Prüfungen nur mit Schwingungsmessern mit elektrischem Eingang oder technischen Veränderungen der Messeinrichtung durchgeführt werden, z. B. durch den Zugriff auf interne Signalfade. Oder diese Prüfungen können nur mechanisch durchgeführt werden, was in bestimmten Fällen die Veränderung einiger Prüfverfahren erfordert. Solche Veränderungen von Prüfverfahren gehen allerdings über den derzeitigen Anwendungsbereich dieses Dokuments hinaus.

Einige der in diesem Dokument festgelegten Prüfverfahren können nur durchgeführt werden, wenn ein elektrischer Ausgang vorhanden ist, siehe z. B. 5.13. Da solch ein Ausgang nicht vorgeschrieben ist, können diese Prüfungen nur bei Schwingungsmessern mit elektrischem Ausgang oder technischen Veränderungen der Messeinrichtung durchgeführt werden, z. B. durch den Zugriff auf interne Signalfade.

Die jetzt in diesem Dokument festgelegte Nachprüfung ist praktikabel und hat das Ziel, bei angemessenen Kosten für das Kalibrierlabor und kostengünstig für den Endanwender herauszufinden, ob ein Schwingungsmesser für die vorgesehenen Anwendungen in geeigneter Weise kalibriert und für seinen Zweck geeignet ist. Daher ist der Umfang der Nachprüfung im Vergleich zu einer umfassenden Baumusterprüfung oder Validierung stark reduziert und prüft lediglich die wesentlichen Eigenschaften eines Schwingungsmessers.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument spezifiziert die Leistungsmerkmale und die Fehlergrenzen von Messeinrichtungen, die die Schwingungen zum Zwecke der Beurteilung der Schwingungseinwirkung auf den Menschen messen. Es enthält auch Vorgaben für die Baumusterprüfung oder Validierung, die periodische Nachprüfung (Einzelprüfung) und die Prüfung am Einsatzort sowie die Spezifikation von Schwingungskalibratoren für die Prüfung am Einsatzort.

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

Die in diesem Dokument 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 und 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 diesem Dokument sind drei Stufen von Prüfungen festgelegt:

- a) Baumusterprüfung oder Validierung:
 - 1) Baumusterprüfung, d. h. eine umfassende Prüfung, ob die Messeinrichtung die in diesem Dokument festgelegten Spezifikationen erfüllt;
 - 2) Validierung individueller Schwingungsmesser, d. h. eine begrenzte Anzahl von Prüfungen einer einzelnen Schwingungsmesseinrichtung gegen die relevanten Spezifikationen dieses Dokuments;
- 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 Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 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 2631-4:2001, *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*

ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

IEC 61000-4-2:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3:2006, *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 61000-6-2:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

CISPR 22:2008, *Information technology equipment — Radio disturbance characteristics — Limits and methods of measurement*

3 Begriffe und Formelzeichen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 2041, dem ISO/IEC Guide 99 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>

— ISO Online browsing platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1.1 Allgemeines

3.1.1.1

Schwingbeschleunigung

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

3.1.1.2

Bandbegrenzung der Frequenzbewertung

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

3.1.1.3

Frequenzbereich der Bandbegrenzung

Frequenzbereich, der durch die Bandbegrenzung der Frequenzbewertung festgelegt wird

3.1.1.4

nomineller Frequenzbereich

interessierender Frequenzbereich, der in der entsprechenden Messverfahrensnorm festgelegt ist

3.1.1.5

Linearitätsbereich

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

3.1.1.6

Übersteuerung

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

3.1.1.7

Fehlaussteuerung

zu geringe Aussteuerung

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

3.1.1.8

Referenzmessbereich

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser (Teil-)Messbereich ist derjenige, in dem das Referenz-Schwingungssignal gemessen wird.

3.1.1.9

Referenz-Schwingungssignal

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die verschiedenen Anwendungsgebiete der Messeinrichtung werden unterschiedliche Referenz-Schwingungssignale vorgegeben.

3.1.1.10

Kalibrierfrequenz

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

3.1.1.11

Tonimpuls

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

3.1.1.12

Signalimpuls

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

3.1.1.13

Schwingungsmesseinrichtung

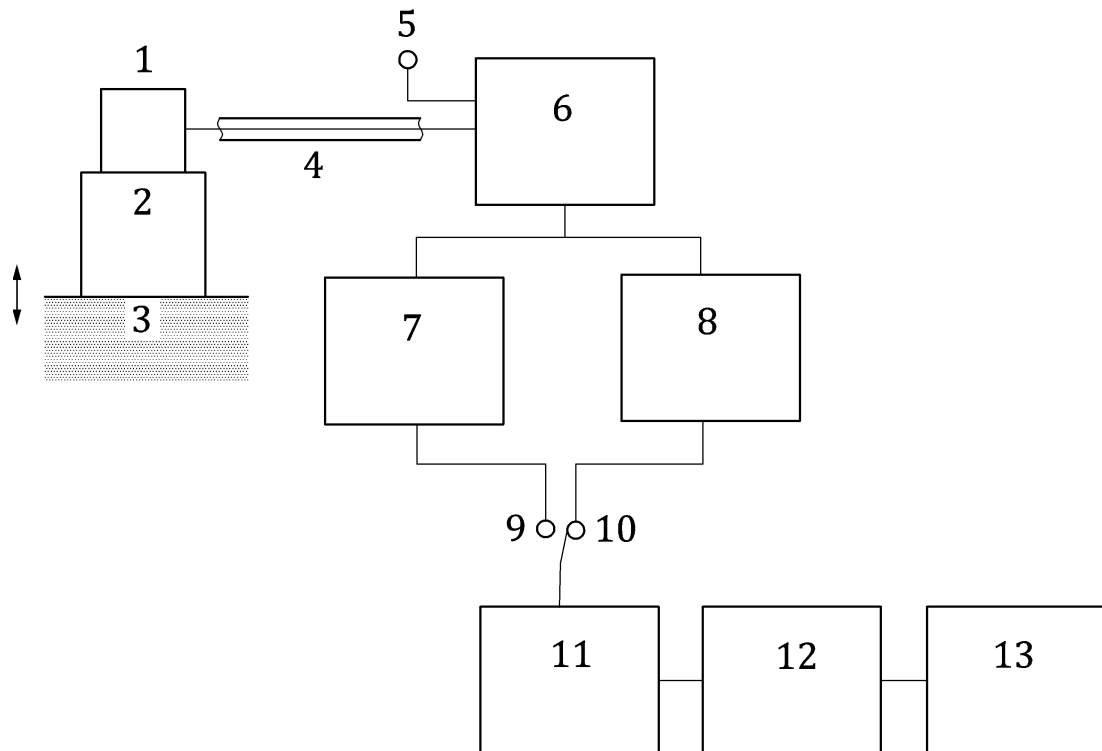
Schwingungsaufnehmer, Signalverarbeitungseinheit und Anzeige als Kompaktgerät oder Gerätezusammenschaltung, die Kenngrößen der Schwingungseinwirkung auf den Menschen messen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bilder 1 und 2.

3.1.1.14

technische Unterlagen

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



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 | |

Bild 1 — Beispiel einer schematischen Darstellung des grundlegenden Signalpfads eines Schwingungsmessers oder einer Schwingungsmesseinrichtung: Signalverarbeitung im Zeitbereich

3.1.2 Kenngrößen der frequenzbewerteten Schwingung

3.1.2.1

Intervall-Effektivwert der bewerteten Beschleunigung

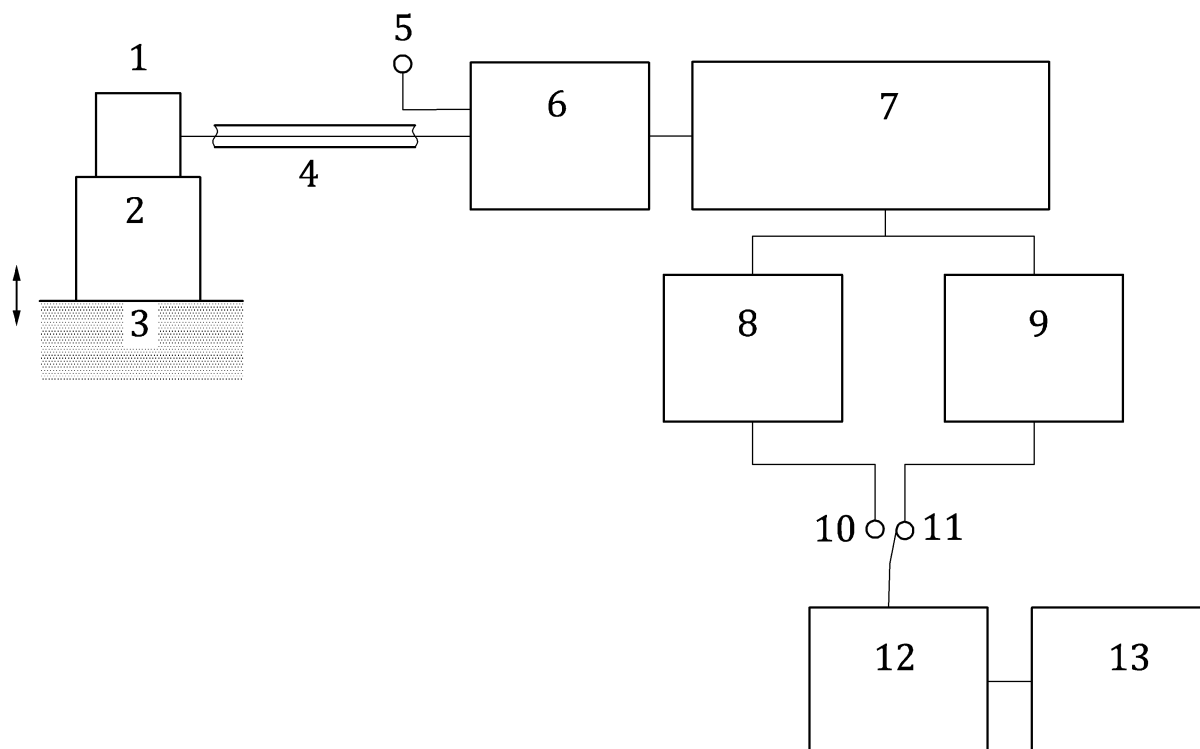
Effektivwert a_w der frequenzbewerteten Schwingbeschleunigung in m/s^2 oder rad/s^2 in einer festgelegten Richtung bzw. um eine festgelegte Achse, definiert als

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

Dabei ist

$a_w(\xi)$ die frequenzbewertete translatorische oder rotatorische Schwingbeschleunigung in m/s^2 bzw. rad/s^2 in einer festgelegten Richtung bzw. um eine festgelegte Achse als Funktion der momentanen Zeit ξ ;

T die Mittelungsdauer.



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 | |

Bild 2 — Beispiel einer schematischen Darstellung des grundlegenden Signalpfads eines Schwingungsmessers oder einer Schwingungsmesseinrichtung: Signalverarbeitung im Frequenzbereich (gilt nicht für die Bildung eines VDV-Werts)

3.1.2.2

Pegel der bewerteten Beschleunigung

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

$$L_w = 20 \lg \frac{a_w}{a_0} \text{ dB}$$

Dabei ist

a_w der Effektivwert der frequenzbewerteten Beschleunigung;

a_0 die Bezugsbeschleunigung (in ISO 1683 für translatorische Beschleunigung festgelegt zu 10^{-6} m/s^2).

3.1.2.3

gleitender Effektivwert der Beschleunigung

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

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

Dabei ist

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

θ die Integrationsdauer;

t die momentane Zeit.

Anmerkung 1 zum Begriff: 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:

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

Dabei ist

τ die Zeitkonstante.

3.1.2.4

Höchstwert des gleitenden Effektivwerts

MTVV

(en: maximum transient vibration value)

Höchstwert des gleitenden Effektivwerts der Schwingbeschleunigung mit der Integrationsdauer 1 s

3.1.2.5

Kinetose-Dosiswert

MSDV

(en: motion sickness dose value)

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

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

Dabei ist

Φ die Zeitspanne, während der Schwingungen auftreten können.

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

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

3.1.2.6**Schwingungsdosiswert****VDV**

(en: vibration dose value)

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

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

Dabei ist

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Schwingungsdosiswert betont einzelne Spitzen stärker als der Effektivwert.

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

3.1.2.7**Schwingungsgesamtwert**

Kombination der Schwingungen in drei translatorischen Richtungen, definiert als

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

Dabei sind

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

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

3.1.2.8**Schwingungsspitzenwert**

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

3.1.2.9**Scheitelfaktor**

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

3.2 Formelzeichen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Formelzeichen und Abkürzungen:

a_w zeitgemittelte frequenzbewertete Schwingbeschleunigung in einer Richtung oder um eine Achse

$a_w(t)$, $a_w(\xi)$ frequenzbewertete momentane translatorische oder rotatorische Beschleunigung in einer Richtung bzw. um eine Achse 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
s	Variable der Laplace-Transformierten
t oder ξ	momentane Zeit
T	Mittelungsdauer (Messdauer)
W_x	Frequenzbewertung
Φ	Einwirkungsdauer
$\Delta P_{\max}$	Höchstwert der Spitzenwertabweichung
$\Delta\varphi$	Phasenabweichung
$\Delta\vartheta$	Phasenlaufzeit-Differenz
τ	Zeitkonstante der exponentiellen Mittelung
θ	Integrationsdauer des gleitenden Rechteck-Zeitfensters
MSDV	Kinetose-Dosiswert
MTVV	Höchstwert des gleitenden Effektivwerts
VDV	Schwingungsdosiswert.

4 Referenz-Umgebungsbedingungen

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

- Lufttemperatur 23 °C, und
- relative Luftfeuchte 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 a_w der bewerteten Schwingbeschleunigung über die Mittelungsdauer,
- den Intervall-Effektivwert der unbewerteten, aber bandbegrenzten Schwingbeschleunigung über die Mittelungsdauer, und
- die Mittelungsdauer T .

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 diesem Dokument 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.

Tabelle 1 — Frequenzen und Effektivwerte der Referenz-Schwingungssignale

Anwendungsgebiet	Frequenzbewertung	Siehe dazu	Nomineller Frequenzbereich	Referenzwert		Bewertungsfaktor bei der Referenzfrequenz	Anzeigewert der bewerteten Beschleunigung bei den Referenzwerten für Frequenz und Effektivwert
				Frequenz	Effektivwert der Beschleunigung		
			Hz		m/s ²		m/s ²
Hand-Arm	W_h	Tabelle B.6	8 bis 1 000	500 rad/s (79,58 Hz)	10	0,202 0	2,020
Ganzkörper	W_b	Tabelle B.1	0,5 bis 80	100 rad/s (15,915 Hz)	1	0,812 6	0,812 6
	W_c	Tabelle B.2				0,514 5	0,514 5
	W_d	Tabelle B.3				0,126 1	0,126 1
	W_e	Tabelle B.4				0,062 87	0,062 87
	W_j	Tabelle B.7				1,019	1,019
	W_k	Tabelle B.8				0,771 8	0,771 8
	W_m	Tabelle B.9	1 bis 80			0,336 2	0,336 2
Ganzkörper, tieffrequent	W_f	Tabelle B.5	0,1 bis 0,5	2,5 rad/s (0,397 9 Hz)	0,1	0,388 8	0,038 88

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 diesem Dokument 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 Es ist dem Hersteller des Human-Schwingungsmessers freigestellt, einen Eingangsprüfpunkt vorzusehen oder eine Ersatzschaltung für den Schwingungsaufnehmer mit bekannter Quellimpedanz (Dummy-Abschluss) oder einen entsprechenden Eingangsadapter (elektrisch oder nicht) anzubieten, um die Messeinrichtung elektrisch prüfen zu können.

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 können. Dieser größte Schwingungswert und dieser größte Spitze-Tal-Wert der Spannung dürfen nicht zu einem Schaden an der Messeinrichtung führen.

Die in diesem Dokument angegebenen Fehlergrenzen enthalten die zugehörige erweiterte Messunsicherheit, nach dem ISO/IEC Guide 98-3 berechnet für einen Erweiterungsfaktor von 2, was einer Überdeckungswahrscheinlichkeit von etwa 95 % entspricht. Eine Anleitung zur Abschätzung der Gerätemessunsicherheit ist in Anhang I enthalten.

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 3.1.2.7, 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. 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 dieses Dokuments bezeichnet wird, wird als integraler Bestandteil der Messeinrichtung angesehen. Alle derartigen alternativen Anzeigeeinheiten müssen daher zu den Komponenten gezählt, 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 höchstens 1 % des Anzeigewerts 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 zwei 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 dieses Dokuments 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. Diese Kennwerte müssen Folgendes umfassen:

- der Bereich der Spitze-Tal-Werte der Spannung, der mindestens 1 V betragen muss,
- die Quellimpedanz an den Ausgangsklemmen,
- die kleinste Lastimpedanz, und
- 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 dieses Dokuments 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 diesem Dokument 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 frequenzbewerteten Messgröße und dem angezeigten, lediglich entsprechend bandbegrenzten Messwert nach Multiplikation mit dem betreffenden Bewertungsfaktor (für stationäre harmonische Schwingungssignale mit den Referenzwerten 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 (1) bis (5) festgelegt, deren Parameter in Tabelle 3 angegeben sind.

Tabelle 3 — Parameter der Übertragungsfunktion der Frequenzbewertungen

Bewer- tung	Bandbegrenzung				Übergang Beschleunigung/Schnelle			Stufe				Ver- größe- 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 ISO 2631-4:2001, Tabelle A.1, ist der Wert des Parameters Q_1 der Frequenzbewertung W_b auf zwei Dezimalstellen gerundet. Der hier angegebene Parameterwert ist exakt.

ANMERKUNG 2 In ISO 5349-1:2001, Tabelle A.1, 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 (1) bis (5) 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 definiert, wie in den Gleichungen (1) und (2) angegeben.

a) Hochpass:

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

b) Tiefpass:

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

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

5.6.3 ÜbergangsfILTER Beschleunigung/Schnelle

Das ÜbergangsfILTER ist zu tiefen Frequenzen proportional zur Beschleunigung, zu hohen Frequenzen proportional zur Schnelle, wie in Gleichung (3) angegeben.

$$H_t(s) = \frac{\left(1 + \frac{s}{\omega_3}\right) K}{1 + \frac{s}{Q_4 \omega_4} + \left(\frac{s}{\omega_4}\right)^2} \quad (3)$$

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, wie in Gleichung (4) angegeben.

$$H_s(s) = \frac{1 + \frac{s}{Q_5 \omega_5} + \left(\frac{s}{\omega_5}\right)^2}{1 + \frac{s}{Q_6 \omega_6} + \left(\frac{s}{\omega_6}\right)^2} \left(\frac{\omega_5}{\omega_6}\right)^2 \quad (4)$$

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, wie in Gleichung (5) angegeben.

$$H(s) = H_h(s) \cdot H_l(s) \cdot H_t(s) \cdot H_s(s) \quad (5)$$

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 (1) bis (5) 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 (1) bis (5) und Tabelle 3 festgelegten FILTER dürfen durch die Zusammenschaltung einfacher analoger FILTER realisiert werden. Anhang C zeigt an Beispielen, wie die Frequenzbewertungen sowohl im Zeitbereich als auch im Frequenzbereich digital realisiert werden können.

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

Frequenz- bewertung	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	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 Schwingungs- messeinrichtungen, 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 (1) bis (5) 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 nach Gleichung (6) definiert ist als

$$\Delta\varphi_0 = \left| \frac{f_n \Delta\varphi_{n+1} - f_{n+1} \Delta\varphi_n}{f_{n+1} - f_n} \right| \quad (6)$$

Dabei ist

f_n die Mittenfrequenz des Terzbands mit der Nummer n ;

$\Delta\varphi_n$ die 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.

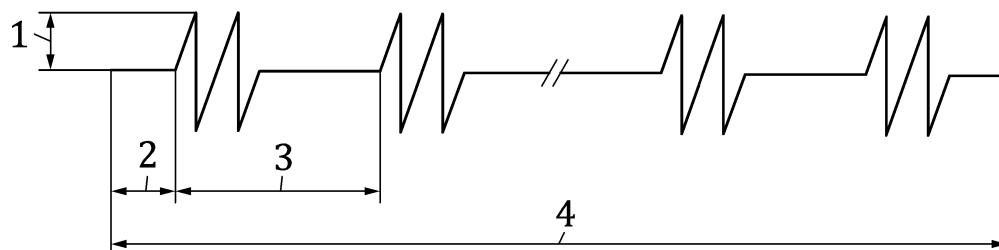
5.9 Antwort auf Signalimpulsfolgen

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 3 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 3 — Sägezahn-Prüfsignal (dargestellt ist ein Signalimpuls mit 2 Schwingungen)

Tabelle 6 — Kennwerte des Sägezahn-Prüfsignals

Anwendungs- gebiet	Frequenz- bewertung	Kreis- frequenz rad/s	Verzö- gerung s	Anzahl der Schwingungen	Wiederhol- periodendauer s	Signal dauer 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 (0,397 9 Hz)	40		400	2 400

Tabelle 7 — Antwort auf die Sägezahnsignale bei Messungen von Hand-Arm-Schwingungen

Bewertung	Anzahl der Sägezahn- Schwingungen je Signalimpuls	Effektiv- wert	Fehlergrenze %
nur Band- begrenzung	1	0,044 8	10
	2	0,063 3	10
	4	0,089 5	10
	8	0,127	10
	16	0,179	10
	Dauersignal	0,565	10
W_h	1	0,010 3	10
	2	0,013 3	10
	4	0,016 8	10
	8	0,022 4	10
	16	0,030 9	10
	Dauersignal	0,094 6	10

Tabelle 8 — Antwort auf die Sägezahnsignale bei Messungen von Ganzkörper-Schwingungen

Bewertung	Anzahl der Sägezahn-Schwingungen je Signalimpuls	Effektivwert	Fehlergrenze %	VDV	Fehlergrenze %	MTVV, gleitendes Zeitfenster	Fehlergrenze %	MTVV, exponentiell gemittelt	Fehlergrenze %
nur Bandbegrenzung	1	0,043 3	10	0,498	12	0,137	10	0,135	10
	2	0,061 2	10	0,593	12	0,193	10	0,188	10
	4	0,086 5	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	0,031 4	10	0,342	12	0,099 1	10	0,096 8	10
	2	0,043 5	10	0,403	12	0,137	10	0,132	10
	4	0,061 4	10	0,482	12	0,194	10	0,182	10
	8	0,086 7	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	0,022 2	10	0,244	12	0,070 3	10	0,068 4	10
	2	0,029 2	10	0,275	12	0,092 3	10	0,088 5	10
	4	0,039 7	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	0,006 69	10	0,077 9	12	0,021 2	10	0,019 7	10
	2	0,009 06	10	0,085 2	12	0,028 6	10	0,026 4	10
	4	0,011 6	10	0,092 3	12	0,036 6	10	0,033	10
	8	0,014 8	10	0,101	12	0,046 9	10	0,04	10
	16	0,019 7	10	0,115	12	0,061 1	10	0,048 1	10
	Dauersignal	0,059	10	0,197	12	0,061 1	10	0,059 4	10
W_e	1	0,003 42	10	0,040 9	12	0,010 8	10	0,009 92	10
	2	0,004 78	10	0,045 2	12	0,015 1	10	0,013 5	10
	4	0,006 37	10	0,049 3	12	0,020 1	10	0,017 6	10
	8	0,008 16	10	0,053 5	12	0,025 5	10	0,021 4	10
	16	0,010 2	10	0,059 2	12	0,031 1	10	0,024 4	10
	Dauersignal	0,029 5	10	0,098 7	12	0,031 1	10	0,029 7	10
W_j	1	0,043 5	10	0,517	12	0,138	10	0,135	10
	2	0,061 6	10	0,609	12	0,195	10	0,189	10
	4	0,087 4	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	0,029 9	10	0,323	12	0,094 4	10	0,092 2	10
	2	0,041 1	10	0,38	12	0,13	10	0,125	10
	4	0,057 7	10	0,455	12	0,182	10	0,171	10
	8	0,081 4	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	0,014 9	10	0,165	12	0,047 2	10	0,045 6	10
	2	0,019 7	10	0,185	12	0,062 3	10	0,059 4	10
	4	0,026 4	10	0,211	12	0,083 6	10	0,077 5	10
	8	0,036 3	10	0,247	12	0,115	10	0,101	10
	16	0,050 7	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 auf die Sägezahnsignale bei Messungen von tieffrequenten Ganzkörper-Schwingungen

Bewertung	Anzahl der Sägezahn-Schwingungen je Signalimpuls	Effektivwert	Fehlergrenze %	MSDV	Fehlergrenze %
nur Bandbegrenzung	1	0,034 1	10	1,671	10
	2	0,048 7	10	2,386	10
	4	0,069	10	3,38	10
	8	0,098 2	10	4,811	10
	16	0,139	10	6,81	10
	Dauersignal	0,439	10	21,51	10
W_f	1	0,019 7	10	0,965 1	10
	2	0,023 6	10	1,156	10
	4	0,030 4	10	1,489	10
	8	0,041 6	10	2,038	10
	16	0,057 1	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 den Werten von Signalen mit einer positiven und Signalen mit einer negativen Halbwelle, 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 mindestens 1 s und bei Ganzkörper-Schwingungen und tieffrequenten Ganzkörper-Schwingungen mindestens 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.

ANMERKUNG Es ist sinnvoll, dass der Schwingungsmesser in jedem Kanal die Dauer einer Übersteuerung (im Verhältnis zum Zeitintervall der Messung) anzeigen kann.

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 mindestens 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 5-mal 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	$0,124 \pm 0,005$
1	$0,99 \pm 0,05$
8	$7,92 \pm 0,2$

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	$0,58 \pm 0,03$	31 bis 40
1	$4,61 \pm 0,25$	3,8 bis 4,9
8	$36,8 \pm 2$	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 darf nicht gröber als 1 s sein.

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.

Dieses Übersprechen zwischen Messkanälen sollte von der Querempfindlichkeit des Aufnehmers, die üblicherweise mehr als 0,5 % beträgt (siehe Tabelle E.1), unterschieden werden. Die Querempfindlichkeit kann sich als relevant herausstellen, vor allem bei mehrkanaligen Aufnehmern.

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 dieses Dokuments 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 Schwingungsmesssysteme 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 oder Validierung erfolgt ist, siehe 13.1.

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 sein können.

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 $\pm 4\text{ kV}$ bei Berührung oder bis $\pm 8\text{ kV}$ 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 sind gegebenenfalls 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 $1\text{ }\mu\text{V/m}$) 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 µV)	
	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 kann angegeben werden, dass der Schwingungsmesser auch bei solchen elektrischen Feldstärken die Spezifikationen dieses Dokuments 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 Einkopplungen 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 Einkopplungen auf den Frequenzbereich von 0,15 MHz bis 80 MHz.

7.7 Dichtheit gegen Staub und Wasser

Der Schwingungsmesser muss einen Schutz gegen das Eindringen von Staub und Wasser bieten. Der Hersteller muss die Schutzklasse der Schwingungsmesseinrichtung angeben (IP-Code). Die Schutzklasse muss für den vorgesehenen Einsatzbereich des Schwingungsmessers angemessen sein, z. B. kann die Ermittlung der Schwingungseinwirkung auf den Menschen in einer Fabrik IP 65 erfordern, während Messungen unter Laborbedingungen lediglich IP 42 erfordern können.

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 dieses Dokuments 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 Speichergeräte.

9 Kennzeichnung

Eine Schwingungsmesseinrichtung, die allen zutreffenden Spezifikationen dieses Dokuments entspricht, ist mit der Nummer und dem Ausgabejahr dieses Dokuments 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 dieses Dokuments 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 diesem Dokument sind drei Stufen von Prüfungen der Leistungsmerkmale festgelegt.

a) Baumusterprüfung oder Validierung:

- 1) die Baumusterprüfung (diese Prüfung betrifft den Hersteller) ist umfassend und besteht aus Prüfungen, die an einigen Baumustern eines Gerätetyps durchzuführen sind. Diese Prüfung dient der Typprüfung oder der Bauartzulassung einer Produktionsserie von Schwingungsmesseinrichtungen. Der Zweck dieser Prüfung besteht in dem Nachweis, dass ein bestimmter Gerätetyp die in diesem Dokument festgelegten Spezifikationen einhalten kann;
- 2) die Validierung individueller Geräte (diese Prüfung betrifft Laboranwender oder Wissenschaftler) ist eine begrenzte Reihe von Prüfungen, um nachzuweisen, dass eine einzelne Schwingungsmesseinrichtung die relevanten Spezifikationen dieses Dokuments erfüllt.

b) Die periodische Nachprüfung (diese Prüfung betrifft den Hersteller und den Anwender) 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 spätestens alle 2 Jahre), um nachzuprüfen, ob die in diesem Dokument festgelegten Spezifikationen weiterhin eingehalten werden, oder
- nach einer Veränderung (z. B. Verwendung eines anderen Aufnehmers) oder Reparatur der Messeinrichtung, die Auswirkungen auf die Leistungsmerkmale haben kann.

c) Die Prüfung am Einsatzort (diese Prüfung betrifft den Anwender) ist eine überschlägige Prüfung, die aussagt, ob die Schwingungsmesseinrichtung in dem spezifizierten Bereich ihrer Leistungsmerkmale richtig funktioniert. Diese Prüfung ist unmittelbar vor und nach den Messungen durchzuführen.

Diese Prüfungen dienen dazu, die Einhaltung der in den Abschnitten 5 bis 10 festgelegten Leistungsmerkmale und Spezifikationen zu beurteilen. Tabelle 13 enthält die Querverweise zwischen den Spezifikationen und den Abschnitten mit den zugehörigen Prüfungen.

Übereinstimmung mit den Spezifikationen dieses Dokuments ist gegeben, wenn nachgewiesen wird, dass bei einer Baureihe (Produktionsserie) alle als Teil der Baumusterprüfung festgelegten Anforderungen erfüllt werden und das entsprechend Anhang G dokumentiert ist bzw. bei einem einzelnen Gerät dieser Baureihe die Anforderungen der periodischen Nachprüfung erfüllt werden. Zum anderen kann die Übereinstimmung mit den Anforderungen der Validierung individueller Geräte dazu dienen, die Übereinstimmung mit den Spezifikationen dieses Dokuments für ein bestimmtes individuelles Gerät zu zeigen. Selbst die erfolgreiche Durchführung einer jeglichen Prüfung am Einsatzort ist hingegen kein Nachweis der Übereinstimmung mit den Spezifikationen dieses Dokuments.