

DIN EN ISO 8041-2

ICS 13.160

Ersatzvermerk
siehe unten

**Schwingungseinwirkung auf den Menschen –
Messeinrichtung –
Teil 2: Messgeräte für die personenbezogene Schwingungseinwirkung
(ISO 8041-2:2021);
Deutsche Fassung EN ISO 8041-2:2021**

Human response to vibration –
Measuring instrumentation –
Part 2: Personal vibration exposure meters (ISO 8041-2:2021);
German version EN ISO 8041-2:2021

Réponse des individus aux vibrations –
Appareillage de mesure –
Partie 2: Instruments de mesure de l'exposition des personnes aux vibrations
(ISO 8041-2:2021);
Version allemande EN ISO 8041-2:2021

Ersatzvermerk

Mit DIN EN ISO 8041-1:2017-10 Ersatz für die 2017-10 zurückgezogene Norm DIN EN ISO 8041:2006-06 und die 2017-10 zurückgezogene Norm DIN EN ISO 8041 Berichtigung 1:2008-11

Gesamtumfang 71 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 8041-2:2021) 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 (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 001-03-02 AA „Schwingungstechnik“ im DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS).

DIN EN ISO 8041 besteht unter dem allgemeinen Titel *Schwingungseinwirkung auf den Menschen — Mess-einrichtung* aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: *Schwingungsmesser für allgemeine Anwendungen*
- Teil 2: *Messgeräte für die personenbezogene Schwingungseinwirkung*

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

CISPR 16-1-1	siehe	DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1)
CISPR 22:2008*	siehe	DIN EN 55022 (VDE 0878-22):2011-12
IEC 60529	siehe	DIN EN 60529 (VDE 0470-1)
IEC 61000-4-2:2008	siehe	DIN EN 61000-4-2 (VDE 0847-4-2):2009-12
IEC 61000-4-3:2006	siehe	DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3):2006-12**
IEC 61000-4-6	siehe	DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6)
IEC 61000-6-2:2016	siehe	DIN EN IEC 61000-6-2 (VDE 0839-6-2):2019-11
ISO 5349-1:2001	siehe	DIN EN ISO 5349-1:2001-12
ISO 5349-2:2001	siehe	DIN EN ISO 5349-2:2001-12***
ISO 8041-1:2017	siehe	DIN EN ISO 8041-1:2017-10
ISO 10326-1	siehe	DIN EN ISO 10326-1
ISO 16063-16	siehe	DIN ISO 16063-16
ISO 16063-21	siehe	DIN ISO 16063-21
ISO 16063-22	siehe	DIN ISO 16063-22
ISO 16063-43	siehe	DIN ISO 16063-43
ISO 16063-44	siehe	DIN ISO 16063-44
ISO/TR 19664	siehe	DIN CEN ISO/TR 19664 (DIN SPEC 35844)

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

* Zurückgezogen. Nachfolgedokument ist CISPR 32:2015, siehe DIN EN 55032 (VDE 0878-32):2016-02.

** Zurückgezogen. Nachfolgedokument ist DIN EN IEC 61000-4-3:2021-11.

*** Zurückgezogen. Nachfolgedokument ist DIN EN ISO 5349-2:2015-12.

Änderungen

Gegenüber der 2017-10 zurückgezogenen Norm DIN EN ISO 8041:2006-06 und der 2017-10 zurückgezogenen Norm DIN EN ISO 8041 Berichtigung 1:2008-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Normnummer und Titel geändert;
- b) Norm aufgeteilt in zwei Teile;
- c) Anwendungsbereich durch diesen 2. Teil erweitert;
- d) normative Verweisungen und Literaturhinweise aktualisiert;
- e) Dokument redaktionell überarbeitet.

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, 2006-06
 DIN EN ISO 8041 Berichtigung 1: 2008-11

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN CEN ISO/TR 19664 (DIN SPEC 35844), *Schwingungseinwirkung auf den Menschen — Anleitung und Fachausdrücke für Messgeräte und Hilfseinrichtungen zur Beurteilung der Tages-Schwingungsbelastung am Arbeitsplatz entsprechend den Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen*

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 (CISPR 16-1-1)*

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) (IEC 60529)*

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):2006-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-3: Prüf- und Messverfahren — Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder (IEC 61000-4-3:2006); Deutsche Fassung EN 61000-4-3:2006*

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 (IEC 61000-4-6)*

DIN EN IEC 61000-6-2 (VDE 0839-6-2):2019-11, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 6-2: Fachgrundnormen — Störfestigkeit für Industriebereiche (IEC 61000-6-2:2016); Deutsche Fassung EN IEC 61000-6-2:2019*

DIN EN ISO 5349-1:2001-12, *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 8041-1:2017-10, *Schwingungseinwirkung auf den Menschen — Messeinrichtung — Teil 1: Schwingungsmesser für allgemeine Anwendungen (ISO 8041-1:2017); Deutsche Fassung EN ISO 8041-1:2017*

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

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 Referenzaufnehmer*

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

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*

Deutsche Fassung

Schwingungseinwirkung auf den Menschen —
Messeinrichtung —
Teil 2: Messgeräte für die personenbezogene
Schwingungseinwirkung (ISO 8041-2:2021)

Human response to vibration —
Measuring instrumentation —
Part 2: Personal vibration exposure meters
(ISO 8041-2:2021)

Réponse des individus aux vibrations —
Appareillage de mesure —
Partie 2: Instruments de mesure de l'exposition des
personnes aux vibrations (ISO 8041-2:2021)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 24. Mai 2021 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, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, 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: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Referenz-Umgebungsbedingungen	11
5 Spezifikation der Leistungsmerkmale	11
5.1 Allgemeine Merkmale	11
5.1.1 Gemeinsame Merkmale	11
5.1.2 Besondere Merkmale für die Messung von Ganzkörper-Schwingungen	13
5.1.3 Besondere Merkmale für die Messung von Hand-Arm-Schwingungen	14
5.2 Anzeige	14
5.3 Elektrischer Ausgang	15
5.4 Empfindlichkeit für die Eingangsgröße Schwingungen	15
5.5 Genauigkeit der Anzeige bei der Referenzfrequenz unter Referenzbedingungen	15
5.6 Frequenzbewertungen und Frequenzgänge	16
5.6.1 Parameter	16
5.6.2 Bandbegrenzungsfilter	17
5.6.3 Übergangsfilter Beschleunigung/Schnelle	17
5.6.4 Stufenfilter	17
5.6.5 Gesamtfrequenzbewertung	18
5.6.6 Grenزابweichungen	18
5.7 Amplitudenlinearität	20
5.8 Eigenrauschen	20
5.9 Antwort auf Signalimpulsfolgen	20
5.10 Übersteuerungsanzeige	24
5.11 Anzeige einer Messbereichsunterschreitung	24
5.12 Zeitmittelung	24
5.13 Gleitender Effektivwert der Beschleunigung	24
5.14 Löschen von Daten und des Zustands der Messeinrichtung („Zurücksetzen“)	25
5.15 Zeitmessung	25
5.16 Elektrisches Übersprechen	25
5.17 Eigenschaften des Schwingungsaufnehmers	25
5.18 Stromversorgung	25
5.19 Bediener-Erkennungssystem	26
5.20 Erkennung von transienten Beschleunigungsartefakten	26
5.21 Protokollierfunktionen	26
5.22 Kontaktkraftmessung	27
5.23 Warnanzeige	27
5.23.1 Allgemeines	27
5.23.2 Obligatorische Warnanzeigen	27
5.23.3 Optionale Warnanzeigen	28
5.24 Schnittstelle zum Menschen und ergonomische Aspekte	29

6	Aufnehmerankopplung	29
7	Umgebungsbedingungen und elektromagnetische Anforderungen	29
7.1	Allgemeines	29
7.2	Lufttemperatur.....	29
7.3	Oberflächentemperatur.....	30
7.4	Elektrostatische Entladung.....	30
7.5	Hochfrequente Störaussendung (Funkstörung) und Störung des Stromnetzes	30
7.6	Störfestigkeit gegenüber netzfrequenten und hochfrequenten Feldern.....	31
7.7	Eindringen von Staub und Wasser	32
8	Anschluss von Zusatzeinrichtungen.....	32
9	Kennzeichnung der Messeinrichtung	32
10	Technische Unterlagen.....	33
11	Leistungsprüfung.....	33
12	Baumusterprüfung.....	35
12.1	Allgemeines	35
12.2	Prüfanforderungen.....	35
12.3	Einreichung zur Prüfung.....	36
12.4	Kennzeichnung der Messeinrichtung und Angaben in den technischen Unterlagen.....	36
12.5	Obligatorische Funktionen und allgemeine Anforderungen	36
12.6	Erste Vorbereitung der Messeinrichtung	36
12.7	Anzeige bei der Referenzfrequenz unter Referenzbedingungen	37
12.8	Elektrisches Übersprechen (Kanaltrennung).....	38
12.9	Schwingungsaufnehmer.....	38
12.10	Amplitudenlinearität.....	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	Konformitätsbewertung	43
12.12	Eigenrauschen	43
12.13	Antwort auf Signalimpulsfolgen	44
12.14	Übersteuerungsanzeige	44
12.15	Zurücksetzen.....	44
12.16	Messwert zusammengefasster Größen	45
12.17	Wechselspannungsausgang.....	45
12.18	Zeitmessung	45
12.19	Stromversorgung.....	45
12.20	Prüfung zu Störfestigkeit, Störaussendungen und Umgebungsbedingungen.....	45
12.20.1	Allgemeines	45
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.....	46
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	Bediener-Erkennungssystem.....	50
12.22	Protokollierfunktionen.....	50
12.23	Warnanzeige (obligatorisch)	50

12.24	Prüfbericht.....	51
13	Periodische Nachprüfung	51
13.1	Allgemeines	51
13.2	Prüfanforderungen	51
13.3	Messgegenstand	52
13.4	Einreichung zur Prüfung.....	52
13.5	Vorausgehende Sichtprüfung.....	52
13.6	Kennzeichnung der Messeinrichtung und Angaben in den technischen Unterlagen.....	52
13.7	Prüfverfahren	53
13.8	Prüfparameter	53
13.8.1	Schwingungsmesskette für Hand-Arm-Schwingungen.....	53
13.8.2	Schwingungsmesskette für Ganzkörper-Schwingungen.....	54
13.8.3	Schwingungsmesskette für tieffrequente Ganzkörper-Schwingungen	54
13.9	Durchführung der Prüfung	54
13.10	Prüfbericht.....	55
14	Prüfung am Einsatzort.....	55
14.1	Allgemeines	55
14.2	Vorausgehende Sichtprüfung.....	56
14.3	Empfindlichkeit für die Eingangsgröße Schwingungen (Vor-Ort-Kalibrierung)	56
	Anhang A (informativ) Handhabung von transienten Beschleunigungsartefakten	57
A.1	Bestimmung und Handhabung von Artefakten	57
A.2	Grundsätze der Handhabung von Artefakten	57
A.3	Handhabung von Artefakten	57
A.3.1	Allgemeines	57
A.3.2	Ausschneiden des Artefakts	58
A.3.3	Linearisieren des Artefakts	58
A.3.4	Ersetzen des Artefakts.....	59
A.4	Beispiel für die Handhabung von Hand-Arm-Artefakten	59
A.5	Beispiel für die Handhabung von Ganzkörper-Artefakten	59
	Anhang B (informativ) Einfluss der Kopplungskraft auf die Evaluierung von Hand-Arm-Schwingungen	62
B.1	Allgemeines	62
B.2	Messung von Kopplungskräften.....	63
	Anhang C (informativ) Schnittstelle zum Menschen	66
	Literaturhinweise.....	67

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 8041-2:2021) 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 gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2021, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2021 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 Republik Nordmazedonien, 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 8041-2:2021 wurde von CEN als EN ISO 8041-2:2021 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von 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 staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) 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. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten 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 erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 108, *Mechanical vibration, shock and condition monitoring*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 231, *Mechanische Schwingungen und Stöße*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 8041 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

ISO 8041-1 legt Messeinrichtungen zur Messung der Schwingungseinwirkung auf Personen fest. Diese Messeinrichtungen werden für temporäre Kurzzeitmessungen oder kontrollierte Messungen verwendet.

Dieses Dokument legt Messgeräte für die personenbezogene Schwingungseinwirkung (PVEM, en: personal vibration exposure meter) zur Messung der Schwingungseinwirkung auf Personen über lange Zeiträume, z. B. eine komplette Arbeitsschicht, fest.

Es ist nicht erforderlich, dass PVEM alle Festlegungen nach ISO 8041-1 erfüllen. Andererseits müssen sie andere Anforderungen erfüllen, die nicht kontrollierte oder eigenständige Messungen über längere Zeiträume ermöglichen. In Kombination mit Alarmfunktionen können PVEM es ermöglichen, dass der Anwender gewarnt wird, bevor die Schwingungseinwirkung bestimmte Werte (Auslösewert, Grenzwert) erreicht. Aus diesem Grund müssen PVEM von den in ISO 8041-1 festgelegten Messeinrichtungen abgegrenzt werden.

Obwohl in den informativen Anhängen einige mögliche Anwendungen und Artefakte behandelt werden, ist diese Norm eine Gerätenorm und deckt nicht alle möglichen Anwendungen von PVEM ab. Es sollten zusätzlich Messnormen und Leitfäden konsultiert werden, um weitere Informationen zu erhalten.

In Anhang A wird die Handhabung von transienten Beschleunigungsartefakten beschrieben. In Anhang B und Anhang C werden mögliche Erweiterungsmerkmale mit zusätzlichen Informationen zum Messverfahren beschrieben.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Mindestanforderungen an Messgeräte für die personenbezogene Schwingungseinwirkung fest.

Dieses Dokument ist anwendbar für Messeinrichtungen, die für die Messung von Ganzkörper-Schwingungen im Rahmen der Arbeitshygiene (nach ISO 2631-1, ISO 2631-2 und ISO 2631-4) und/oder Hand-Arm-Schwingungen (nach ISO 5349-1) zusammen mit den zugehörigen Expositionszeiten ausgelegt sind.

Dieses Dokument enthält Festlegungen zu Sollwerten und zulässigen Grenzwerten, die die Mindestleistungsfähigkeit und die funktionellen Anforderungen von Messeinrichtungen zur Messung der täglichen personenbezogenen Schwingungseinwirkung festlegen.

Dieses Dokument ist nicht anzuwenden für Messeinrichtungen, die für die Messung oder Protokollierung der Einwirkungsdauer ausgelegt sind, ohne gleichzeitig eine Schwingungsmessung durchzuführen. Messeinrichtungen dieser Art werden in ISO/TR 19664 beschrieben.

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 2041, *Mechanical vibration, shock and condition monitoring — 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 (all parts), *Methods for the calibration of vibration and shock pick-ups*

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

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

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

ISO 10326-1, *Mechanical vibration — Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration — Part 1: Basic requirements*

ISO 15230-1, *Mechanical vibration and shock — Coupling forces at the man-machine interface for hand-transmitted vibration*

ISO 16063 (all parts), *Methods for the calibration of vibration and shock transducers*

ISO 16063-21, *Methods for the calibration of vibration and shock transducers — Part 21: Vibration calibration by comparison to a reference transducer*

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 61000-6-2:2016, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-2: Generic standards — Immunity standard for industrial environments*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 2041, ISO 2631-1, ISO 5349-1, ISO 5805, ISO 8041-1 und die folgenden Begriffe.

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

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

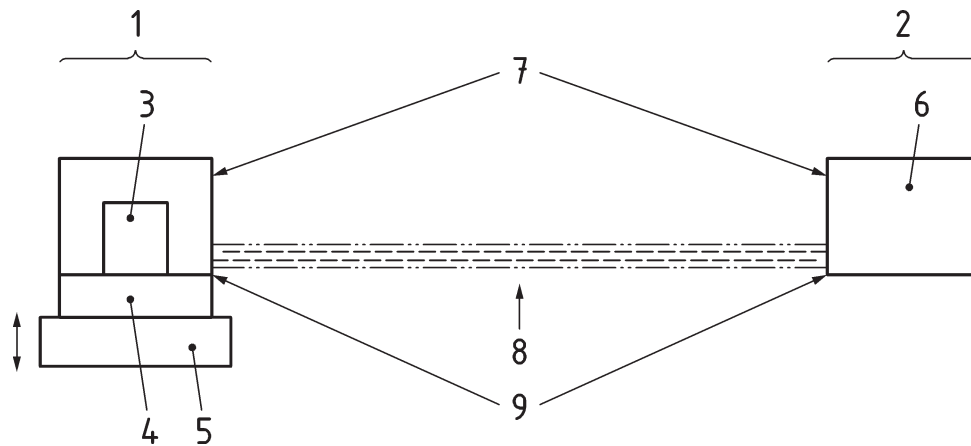
3.1

Messgerät für die personenbezogene Schwingungseinwirkung

PVEM, en: personal vibration exposure meter

Messeinrichtung zur Messung und Protokollierung der personenbezogenen Schwingungseinwirkung durch Erkennen des Auftretens von Schwingungseinwirkungen und Messen der damit verbundenen Humanschwingungen zusammen mit der Einwirkungsdauer

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Hauptkomponenten eines Messgeräts für die personenbezogene Schwingungseinwirkung sind in Bild 1 dargestellt.



Legende

1 Teil A	6 Anzeige und Steuerung
2 Teil B	7 Protokollierung, Signalverarbeitung
3 Schwingungsaufnehmer	8 feste oder temporäre drahtgebundene oder drahtlose Schnittstelle
4 Ankopplung	9 Bediener-Erkennungssystem (ODS, en: operator detection system)
5 schwingende Oberfläche	

Bild 1 — Hauptkomponenten eines PVEM

3.2

dauerhafte Messeinrichtung

Einrichtung, die fest in eine Maschine eingebaut oder an einer Maschine angebracht ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine dauerhafte Messeinrichtung ist nicht dafür ausgelegt, routinemäßig auf andere schwingende Maschinen übertragen zu werden.

3.3

nicht dauerhafte Messeinrichtung

Einrichtung, die für den Einsatz an mehreren Maschinen oder anderen vibrierenden Objekten vorgesehen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine nicht dauerhafte Messeinrichtung bietet die Möglichkeit, routinemäßig von einer schwingenden Maschine oder einem schwingenden Objekt auf eine andere Maschine bzw. ein anderes Objekt übertragen zu werden.

3.4

Anwender

für den Betrieb eines *PVEM* (3.1) autorisierte Person

3.5

Bediener

Arbeiter

Person, die eine Arbeitsaufgabe an einem Arbeitsplatz ausführt

3.6

Protokollierung

Speichern der gemessenen Beschleunigungswerte in regelmäßigen Zeitabständen

3.7

Protokollierungsschritt

Zeitabstand zwischen dem Beginn von zwei aufeinanderfolgenden Protokollierungszeiträumen (*Protokollierung* (3.6))

3.8

Messzeitraum

Dauer aller Messungen, die der Dauer der Einwirkung auf den *Arbeiter* (3.5) entspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Messzeitraum umfasst in der Regel zahlreiche *Protokollierungsschritte* (3.7).

3.9

transientes Beschleunigungsartefakt

Ereignis oder Auswirkung, das bzw. die die Berechnung der täglichen Schwingungseinwirkung von *Arbeitern* (3.5) verändern kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Für ein *PVEM* (3.1) ist es unerlässlich, dass genügend Informationen protokolliert werden, um transiente Beschleunigungsartefakte zu bestimmen und sie in Echtzeit oder nachträglich zu verarbeiten.

4 Referenz-Umgebungsbedingungen

Die Referenz-Umgebungsbedingungen für die Spezifikation der Leistungsmerkmale eines Messgeräts für die personenbezogene Schwingungseinwirkung sind folgende:

- Lufttemperatur: 23 °C;
- relative Luftfeuchte: 50 %.

5 Spezifikation der Leistungsmerkmale

5.1 Allgemeine Merkmale

5.1.1 Gemeinsame Merkmale

Ein Messgerät für die personenbezogene Schwingungseinwirkung (PVEM) ist eine Schwingungsmesseinrichtung, die die relevanten Anforderungen nach ISO 8041-1 erfüllt und zusätzlich die Möglichkeit bietet, die Einwirkung auf eine Person für die Dauer von bis zu einem vollen Arbeitstag zu überwachen.

Da Messgeräte für die personenbezogene Schwingungseinwirkung dafür ausgelegt sind, die tägliche Schwingungseinwirkung zu messen und zu berechnen, sind sie einfach zu bedienen und zu implementieren (interne Komplexität bleibt dem Anwender verborgen) und arbeiten automatisch (d. h. sie erfordern keine manuelle Nachbearbeitung oder Berechnungen), während sie gleichzeitig genaue und zuverlässige Ergebnisse anzeigen. Im Vergleich zu universellen Schwingungsmessern müssen PVEM daher Algorithmen ausführen, die die erforderliche manuelle Signalnachbearbeitung so weit wie möglich ersetzen.

Insbesondere besteht ein Sollwert darin, Messereignisse oder -zeiträume zu bestimmen, die möglicherweise verworfen werden müssen und die bei der Berechnung der Schwingungseinwirkung mithilfe von Algorithmen zur Artefaktunterdrückung automatisch vernachlässigt werden könnten. Diese Algorithmen zur automatischen Artefaktunterdrückung sind ein zusätzliches Merkmal von PVEM im Vergleich zu Schwingungsmessern für allgemeine Anwendungen. Im Betrieb werden PVEM typischerweise unbeaufsichtigt gelassen.

In 5.19 bis 5.24 sind zusätzliche Empfehlungen und Festlegungen für PVEM angegeben.

Das PVEM darf aus separaten Teilen bestehen (siehe Bild 1, Teile A und B). Teil B des PVEM bietet die Mittel zur Darstellung der Messergebnisse. Die Ergebnisse dürfen in jeder geeigneten Form dargestellt werden, z. B. als kontinuierliche „Live“-Anzeige oder durch Hochladen der Messwerte auf ein spezielles Anzeigegerät oder einen Computer am Ende des Messzeitraums. Teil B ist ein inhärenter Bestandteil des PVEM und

obligatorisch für eine Baumusterprüfung und die periodische Nachprüfung des PVEM. Er muss für die Dauer der Einwirkungsmessung jedoch nicht zusammen mit Teil A verwendet werden.

Zusätzlich zu den einschlägigen Anforderungen nach ISO 8041-1 muss ein PVEM

- die Schwingungseinwirkung durch Messung der Schwingungswerte und der direkt damit verbundenen Einwirkungszeiten ableiten,
- Schwingungen in drei Richtungen (x, y, z) gleichzeitig messen,
- die Möglichkeit bieten, Messungen über die Dauer eines Arbeitstages (mindestens 12 h) ohne Eingriff des Anwenders durchzuführen,
- eine Echtzeituhr enthalten,
- Schwingungsdaten über der Zeit kontinuierlich über die gesamte Messdauer in geeigneten programmierbaren Intervallen aufzeichnen, die nicht größer als 1 s sind,

ANMERKUNG Geeignete Protokollierungsschritte können den in ISO 2631-4 festgelegten Schritten entsprechen oder vom Anwender ausgewählt werden. Der Hersteller kann je nach Art der Messung eine Auswahl an Protokollierungszeiträumen vorgeben.

- die aufgezeichneten Schwingungseinwirkungsdaten in einem nichtflüchtigen Speicher speichern, sodass die Daten nicht beeinträchtigt werden, wenn die Stromversorgung unterbrochen wird (z. B. bei niedrigem Ladezustand der Batterie oder wenn die Batterie ausgetauscht wird),
- Informationen über die protokollierten Schwingungswerte, die entsprechende Echtzeit, die gesamte tägliche Schwingungseinwirkung und die tägliche Einwirkungsdauer ausgeben und
- Informationen bereitstellen, die den Anwender dabei unterstützen, transiente Beschleunigungsartefakte aus den Einwirkungsmessungen auszuschließen (siehe Anhang A).

Bei der Einrichtung zum Ablesen der Messdaten von der Messeinrichtung kann es sich um eine direkte Anzeige an der Messeinrichtung, eine Fernanzeige oder um beides handeln.

Wenn das PVEM bei einer Überschreitung der Einwirkungsgrenzen Alarme ausgibt, muss der Hersteller Informationen über die Bedingungen für die Alarmauslösepunkte und über die Möglichkeit zur Anpassung der einwirkungsbedingten Auslöseschwellen bereitstellen.

Die Werte der Referenzschwingungssignale und Referenzfrequenzen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Es ist nicht erforderlich, alle Frequenzbewertungen aus Tabelle 1 in einem PVEM zu implementieren, und es dürfen auch zusätzliche Frequenzbewertungen (siehe ISO/TR 18570) implementiert werden. Der Hersteller muss angeben, welche Frequenzbewertungen implementiert sind.

Tabelle 1 — Referenz-Schwingungswerte und -frequenzen

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

5.1.2 Besondere Merkmale für die Messung von Ganzkörper-Schwingungen

Bei Messeinrichtungen, die für Ganzkörper-Schwingungen ausgelegt sind, muss das PVEM

- die Schwingungen an der Schnittstelle zwischen Maschine und Körper des Bedieners messen (nach ISO 2631-1),
- in der Lage sein, auf Schwingungsspitzenwerte bis zu 50 m/s² zu reagieren,

ANMERKUNG In speziellen Anwendungen wurden Schwingungsspitzenwerte bis zu 200 m/s² beobachtet.

- Einwirkungseigenschaften auf der Grundlage von A(8)-Einwirkungen messen,
- optional die Einwirkungseigenschaften auf der Grundlage des Schwingungsdosiswertes (VDV, en: vibration dose value) messen,
- optional die Einwirkungseigenschaften auf der Grundlage des Höchstwerts des gleitenden Effektivwerts (MTVV, en: maximum transient vibration value) messen,
- optional die Einwirkungseigenschaften auf der Grundlage des Kinetose-Dosiswerts (MSDV, en: motion sickness dose value) messen,
- zulassen, dass alle Komponenten von Teil A (siehe Bild 1) unauffällig entweder am Maschensitz oder am Maschinenbediener angebracht werden,
- (bei nicht dauerhaften und optional bei dauerhaften Messeinrichtungen) Teil A der Messeinrichtung in ein Sitzpolster integrieren, das die Anforderungen nach ISO 10326-1 erfüllt, und
- (bei dauerhaften Messeinrichtungen, die kein Sitzpolster verwenden) Teil A des PVEM so in eine Sitzstruktur integrieren, dass die Sitzfederung oder der Komfort des Fahrers nicht beeinträchtigt wird, dabei aber dennoch Messungen möglich sind, die den in ISO 2631-1 für gesundheitliche Auswirkungen geforderten Messungen gleichwertig sind.

Die Richtungen der drei orthogonalen Achsen müssen auf dem Schwingungsaufnehmer gekennzeichnet werden.

5.1.3 Besondere Merkmale für die Messung von Hand-Arm-Schwingungen

Bei Messeinrichtungen, die für Hand-Arm-Schwingungen ausgelegt sind, muss das PVEM:

- die Schwingungen an der Schnittstelle zwischen Maschine und Hand des Bedieners messen (nach ISO 5349-1). Die Richtungen der drei orthogonalen Achsen müssen auf dem Schwingungsaufnehmer gekennzeichnet werden.
- den Anwendungsbereich des PVEM auf der Grundlage des größten Schwingungsspitzenwerts der Messeinrichtung festlegen. In jedem Fall muss der Schwingungsaufnehmer mindestens auf Spitzenbeschleunigungen von bis zu 2 000 m/s² ansprechen können.

ANMERKUNG Für Messungen an Maschinen mit Stoßaufkommen ist ein höheres Spitzenbeschleunigungsvermögen erforderlich (z. B. bis zu 30 000 m/s²).

- zulassen, dass alle Komponenten von Teil A (siehe Bild 1) unauffällig entweder am Maschinenbediener oder an der schwingenden Maschine angebracht werden (siehe ISO 5349-2).

Teil A der Messeinrichtung muss den Anforderungen nach ISO 5349-1 entsprechen und die Leitlinien in ISO 5349-2 berücksichtigen. Teil A der Messeinrichtung darf in eine Maschine oder ein kraftbetriebenes Werkzeug eingebaut oder an einer Maschine oder einem kraftbetriebenen Werkzeug angebracht sein. Wenn Teil A in das Gerät eingebaut ist, kann ein Bediener-Identifizierungssystem erforderlich sein.

Wenn das PVEM für die Bewertung von Kopplungskräften ausgelegt ist, muss es den zutreffenden Anforderungen nach ISO 15230-1 entsprechen.

5.2 Anzeige

Teil B der Messeinrichtung sollte zumindest für Prüfzwecke den Schwingungswert und andere vom PVEM gemessene Ergebnisse anzeigen (siehe Bild 1).

Für die Typgenehmigung und die periodische Nachprüfung muss die Messeinrichtung die frequenzbewertete Beschleunigung anzeigen.

Das/die in den technischen Unterlagen aufgeführte(n) Anzeigegerät(e) muss/müssen angezeigte Messwerte mit einer Auflösung von nicht mehr als 1 % des Anzeigewerts erlauben.

Unter den gegebenen Umgebungsbedingungen muss die bis zur Stabilisierung und Betriebsbereitschaft erforderliche Zeitspanne dokumentiert werden.

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 PVEM angezeigt werden können, müssen in den technischen Unterlagen zusammen mit den für sie verwendeten Anzeigen auf dem/den Anzeigegerät(en) beschrieben werden.

Sofern Messergebnisse über einen Digitalausgang ausgegeben werden, muss in den technischen Unterlagen das Verfahren zum Übertragen oder Herunterladen von digitalen Daten auf einen externen Datenspeicher oder ein externes Anzeigegerät, z. B. einen Computer, beschrieben werden. Die technischen Unterlagen müssen Angaben zur Software und zum Anschluss an der Schnittstelle (Hardware) enthalten. Es wird empfohlen, dass die Schnittstelle mit einem international genormten Datenbus kompatibel ist.

Bei Messeinrichtungen mit digitalen Anzeigevorrichtungen, die in regelmäßigen Abständen aktualisiert werden, muss bei jeder Aktualisierung der Anzeige die zum Zeitpunkt der Aktualisierung der Anzeige vom Anwender ausgewählte Größe angezeigt werden. Andere Anzeigemodi zum Zeitpunkt der Aktualisierung der Anzeige dürfen in den technischen Unterlagen angegeben sein und, wenn dies der Fall ist, muss ihre Funktionsweise darin erläutert werden. In den technischen Unterlagen muss angegeben werden, welche Modi mit den Festlegungen dieses Dokuments übereinstimmen und welche nicht.

5.3 Elektrischer Ausgang

Für das PVEM ist kein Wechselspannungsausgang erforderlich.

5.4 Empfindlichkeit für die Eingangsgröße Schwingungen

In den technischen Unterlagen muss mindestens ein Typ eines Schwingungskalibrators zur Verwendung am Einsatzort spezifiziert werden, mit dem die mechanische Empfindlichkeit des PVEM überprüft und aufrechterhalten werden kann. Der Schwingungskalibrator zur Verwendung am Einsatzort muss den Festlegungen in ISO 8041-1:2017, Anhang A, entsprechen. Der Hersteller muss die mit dem Schwingungskalibrator verwendeten Anbauten und Vorrichtungen in der Bedienungsanleitung beschreiben.

Die technischen Unterlagen der Schwingungsmesseinrichtung müssen die Vorgehensweise zur Justierung der angezeigten Schwingungswerte entsprechend den Festlegungen in diesem Dokument durch Benutzung des spezifizierten Schwingungskalibrators zur Verwendung am Einsatzort beschreiben. Eine Justierung muss für alle Schwingungsaufnehmer-Typen möglich sein, die in den technischen Unterlagen zur Verwendung mit dem PVEM empfohlen werden. Eine Justierung muss ebenso für alle Leitungen, Stecker und anderen Zusatzeinrichtungen möglich sein, die von dem Hersteller der Messeinrichtung zum Anschluss eines Schwingungsaufnehmers an die Messeinrichtung angeboten werden.

5.5 Genauigkeit der Anzeige bei der Referenzfrequenz unter Referenzbedingungen

Die Anforderungen an 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 und 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	Grenzabweichung
Grenzabweichung der Anzeige bei der Referenzfrequenz unter Referenz-Umgebungsbedingungen	$\pm 4 \%$ bei Hand-Arm- und Ganzkörper-Schwingungen
	$\pm 5 \%$ bei tieffrequenten Ganzkörper-Schwingungen
Abweichungen zwischen dem angezeigten Wert einer beliebigen frequenzbewerteten Messgröße und dem angezeigten Wert der entsprechenden bandbegrenzten Messung nach Multiplikation mit dem betreffenden Bewertungsfaktor (für stationäre harmonische Schwingungssignale mit den Referenzwerten für Frequenz und Effektivwert) (siehe auch Tabelle 11)	$\pm 3 \%$

5.6 Frequenzbewertungen und Frequenzgänge

5.6.1 Parameter

Ein PVEM muss mindestens eine der in Tabelle 1 genannten Frequenzbewertungen mit der zugehörigen Bandbegrenzung aufweisen. Die Frequenzbewertungen sind durch Gleichung (1) bis Gleichung (5) sowie die Parameter in Tabelle 3 festgelegt.

Tabelle 3 — Parameter und Übertragungsfunktionen für die Frequenzbewertungen

Be- wer- tung	Bandbegrenzung				Übergang Beschleunigung/Schnelle			Stufe				Vergröße- rungs- faktor <i>K</i>
	<i>f</i> ₁ Hz	<i>Q</i> ₁	<i>f</i> ₂ Hz	<i>Q</i> ₂	<i>f</i> ₃ Hz	<i>f</i> ₄ Hz	<i>Q</i> ₄	<i>f</i> ₅ Hz	<i>Q</i> ₅	<i>f</i> ₆ Hz	<i>Q</i> ₆	
<i>W</i> _b	0,4	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	16	16	0,55	2,5	0,9	4	0,95	1,024
<i>W</i> _c	0,4	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	8	8	0,63	∞	1	∞	1	1
<i>W</i> _d	0,4	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	2	2	0,63	∞	1	∞	1	1
<i>W</i> _e	0,4	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	1	1	0,63	∞	1	∞	1	1
<i>W</i> _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
<i>W</i> _h	$10^{8/10}$	$1/\sqrt{2}$	$10^{31/10}$	$1/\sqrt{2}$	$100/(2\pi)$	$100/(2\pi)$	0,64	∞	1	∞	1	1
<i>W</i> _j	0,4	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	∞	∞	1	3,75	0,91	5,32	0,91	1
<i>W</i> _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
<i>W</i> _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 Gleichung (1) bis Gleichung (5) festgelegten Übertragungsfunktionen, die die Gesamtfrequenzbewertungen der Schwingbeschleunigung bestimmen. Die Gesamtfunktion für die Frequenzbewertung 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 Gleichung (1) und Gleichung (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 Beschleunigung/Schnelle ist bei tiefen Frequenzen proportional zur Beschleunigung, bei 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 Stufenfilter

Das Stufenfilter 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 Gesamtfrequenzbewertung

Für jede Bewertung W_x ist die Gesamtfunktion für die Frequenzbewertung das Produkt aus dem Bandbegrenzungs-, dem Übergangs- und dem Stufenfilter, wie in Gleichung (5) angegeben:

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

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 ISO 8041-1:2017, Anhang B, zeigen den Betrag und die Phase der durch Gleichung (1) bis Gleichung (5) und Tabelle 3 festgelegten Frequenzbewertungen als Funktion der Frequenz f .

Wenn ein PVEM einen oder mehrere optionale Frequenzgänge bietet, müssen die technischen Unterlagen den Sollwert für diese Frequenzgänge und die Grenzabweichungen, die bezüglich dieser Sollwerte eingehalten werden, angeben. Ist ein optionaler Frequenzgang in einer Internationalen Norm festgelegt, müssen die Sollwerte für diesen Frequenzgang jener Internationalen Norm entsprechen.

Die durch Gleichung (1) bis Gleichung (5) und Tabelle 3 festgelegten Filter dürfen durch die Zusammenschaltung einfacher analoger Filter realisiert werden. ISO 8041-1:2017, 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 Tabelle 4 und Tabelle 5 angegeben. Die Grenzabweichungen nach Tabelle 5 gelten für die Bewertungsfunktionen, einschließlich der zugehörigen Bandbegrenzung, in allen Messbereichen. Die Grenzabweichungen schließen die Höchstwerte der zugehörigen erweiterten Messunsicherheit ein.

Der Phasenfrequenzgang einer Schwingungsmesseinrichtung ist bei solchen Messgrößen kritisch, die nicht auf gemittelten Effektivwerten basieren, wie z.B. beim Spitzenwert, MTVV und VDV. Der Phasenfrequenzgang ist durch Gleichung (1) bis Gleichung (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 .