

DIN EN ISO 8041-2

ICS 13.160

Entwurf

Einsprüche bis 2020-05-13
Ersatzvermerk
siehe unten

**Schwingungseinwirkung auf den Menschen –
Messeinrichtung –
Teil 2: Messgeräte für die personenbezogene Schwingungseinwirkung
(ISO/DIS 8041-2:2020);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 8041-2:2020**

Human response to vibration –
Measuring instrumentation –
Part 2: Personal vibration exposure meters (ISO/DIS 8041-2:2020);
German and English version prEN ISO 8041-2:2020

Réponse des individus aux vibrations –
Appareillage de mesure –
Partie 2: Instrument de mesure de l'exposition des personnes aux vibrations
(ISO/DIS 8041-2:2020);
Version allemande et anglaise prEN ISO 8041-2:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-03-13 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nals@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS), 10772 Berlin, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Ersatzvermerk

Vorgesehen mit DIN EN ISO 8041-1:2017-10 als Ersatz für die 2017-10 zurückgezogene Norm
DIN EN ISO 8041 Berichtigung 1:2008-11;
vorgesehen als teilweiser Ersatz für die 2017-10 zurückgezogene Norm DIN EN ISO 8041:2006-06

Gesamtumfang 128 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 8041-2:2020) 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 „Schwingungsmesstechnik“ im DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

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 internationalen 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 EN ISO 16063-16
ISO 16063-21	siehe	DIN EN ISO 16063-21
ISO 16063-22	siehe	DIN EN ISO 16063-22
ISO 16063-43	siehe	DIN EN ISO 16063-43
ISO 16063-44	siehe	DIN EN ISO 16063-44
ISO/TR 19664	siehe	DIN CEN ISO/TR 19664 (DIN SPEC 35844)

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

** Zurückgezogen. Nachfolgedokument ist DIN EN 61000-4-3:2011-04.

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

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

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

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

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

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

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

Schwingungseinwirkung auf den Menschen — Messeinrichtung — Teil 2: Messgeräte für die personenbezogene Schwingungseinwirkung (ISO/DIS 8041-2:2020)

Réponse des individus aux vibrations — Appareillage de mesure — Partie 2 : Instrument de mesure de l'exposition des personnes aux vibrations (ISO/DIS 8041-2:2020)

Human response to vibration — Measuring instrumentation — Part 2: Personal vibration exposure meters (ISO/DIS 8041-2:2020)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

STD Version 2.10b

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.....	16
5.6.3 Übergangsfilter Beschleunigung/Schnelle.....	17
5.6.4 Stufenfilter.....	17
5.6.5 Gesamtfrequenzbewertung.....	17
5.6.6 Grenزابweichungen.....	18
5.7 Amplitudenlinearität.....	19
5.8 Eigenrauschen.....	19
5.9 Antwort auf Signalimpulsfolgen.....	20
5.10 Übersteuerungsanzeige.....	23
5.11 Anzeige einer Messbereichsunterschreitung.....	23
5.12 Zeitmittelung.....	24
5.13 Gleitender Effektivwert der Beschleunigung.....	24
5.14 Löschen von Daten und des Zustands der Messeinrichtung („Zurücksetzen“).....	24
5.15 Zeitmessung.....	24
5.16 Elektrisches Übersprechen.....	24
5.17 Eigenschaften des Schwingungsaufnehmers.....	24
5.18 Stromversorgung.....	24
5.19 Bediener-Erkennungssystem.....	25
5.20 Erkennung von transienten Beschleunigungsartefakten.....	25
5.21 Protokollierfunktionen.....	26
5.22 Kontaktkraftmessung.....	26
5.23 Warnanzeige.....	26
5.23.1 Allgemeines.....	26
5.23.2 Obligatorische Warnanzeigen.....	26
5.23.3 Optionale Warnanzeigen.....	27
5.24 Schnittstelle zum Menschen und ergonomische Aspekte.....	28

6	Aufnehmerankopplung	28
7	Umgebungsbedingungen und elektromagnetische Anforderungen.....	28
7.1	Allgemeines	28
7.2	Lufttemperatur	28
7.3	Oberflächentemperatur	29
7.4	Elektrostatische Entladung	29
7.5	Hochfrequente Störaussendung und Störung des Stromnetzes.....	29
7.6	Störfestigkeit gegenüber netzfrequenten und hochfrequenten Feldern	30
7.7	Eindringen von Staub und Wasser	31
8	Anschluss von Zusatzeinrichtungen.....	31
9	Kennzeichnung der Messeinrichtung	31
10	Technische Unterlagen	31
11	Leistungsprüfung	32
12	Baumusterprüfung.....	33
12.1	Allgemeines	33
12.2	Prüfanforderungen	34
12.3	Einreichung zur Prüfung	35
12.4	Kennzeichnung der Messeinrichtung und Angaben in den technischen Unterlagen.....	35
12.5	Obligatorische Funktionen und allgemeine Anforderungen	35
12.6	Erste Vorbereitung der Messeinrichtung	35
12.7	Anzeige bei der Referenzfrequenz unter Referenzbedingungen.....	36
12.8	Elektrisches Übersprechen (Kanaltrennung)	36
12.9	Schwingungsaufnehmer	37
12.10	Amplitudenlinearität	37
12.10.1	Elektrische Prüfung der Amplitudenlinearität.....	37
12.10.2	Mechanische Prüfung der Amplitudenlinearität	38
12.11	Frequenzbewertungen und Frequenzgänge.....	39
12.11.1	Allgemeines	39
12.11.2	Mechanische Prüfung der Frequenzgänge	40
12.11.3	Elektrische Prüfung der Frequenzgänge	41
12.11.4	Konformitätsbewertung.....	42
12.12	Eigenrauschen	42
12.13	Antwort auf Signalimpulsfolgen	42
12.14	Übersteuerungsanzeige.....	43
12.15	Zurücksetzen (Reset)	43
12.16	Messwert zusammengefasster Größen	43
12.17	Wechselspannungsausgang	44
12.18	Zeitmessung	44
12.19	Stromversorgung.....	44
12.20	Prüfung zu Störfestigkeit, Störaussendungen und Umgebungsbedingungen.....	44
12.20.1	Allgemeines	44
12.20.2	Erweiterte Messunsicherheit für die Messung der Umgebungsbedingungen	45
12.20.3	Anforderungen an die Akklimatisierung bei der Prüfung des Einflusses der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte	45
12.20.4	Prüfung des kombinierten Einflusses von Lufttemperatur und relativer Luftfeuchte.....	45
12.20.5	Einfluss der Oberflächentemperatur	45
12.20.6	Einfluss elektrostatischer Entladungen	46
12.20.7	Hochfrequente Störaussendung und Störung des Stromnetzes.....	46
12.20.8	Störfestigkeit gegenüber netzfrequenten und hochfrequenten Feldern	47
12.21	Bediener-Erkennungssystem	48
12.22	Protokollierfunktionen	49
12.23	Warnanzeige (obligatorisch)	49
12.24	Prüfbericht	49

13	Periodische Nachprüfung	49
13.1	Allgemeines	49
13.2	Prüfanforderungen	50
13.3	Messgegenstand	50
13.4	Einreichung zur Prüfung	50
13.5	Vorausgehende Sichtprüfung	51
13.6	Kennzeichnung der Messeinrichtung und Angaben in den technischen Unterlagen	51
13.7	Prüfverfahren	51
13.8	Prüfparameter	52
13.8.1	Schwingungsmesskette für Hand-Arm-Schwingungen	52
13.8.2	Schwingungsmesskette für Ganzkörper-Schwingungen	52
13.8.3	Schwingungsmesskette für tieffrequente Ganzkörper-Schwingungen	53
13.9	Durchführung der Prüfung	53
13.10	Prüfbericht	54
14	Prüfung am Einsatzort	54
14.1	Allgemeines	54
14.2	Vorausgehende Sichtprüfung	54
14.3	Empfindlichkeit für die Eingangsgröße Schwingungen (Vor-Ort-Kalibrierung)	54
Anhang A (informativ) Handhabung von transienten Beschleunigungsartefakten		55
A.1	Bestimmung und Handhabung von Artefakten	55
A.2	Grundsätze der Handhabung	55
A.3	Handhabung von Artefakten	55
A.3.1	Allgemeines	55
A.3.2	Ausschneiden des Artefakts	56
A.3.3	Linearisieren des Artefakts	56
A.3.4	Mitteln des Artefakts	57
A.4	Beispiel für die Handhabung von Hand-Arm-Artefakten	57
A.5	Beispiel für die Handhabung von Ganzkörper-Artefakten	58
Anhang B (informativ) Einfluss der Kopplungskraft auf die Evaluierung von Hand-Arm-Schwingungen		60
B.1	Allgemeines	60
B.2	Messen von Kopplungskräften	61
Anhang C (informativ) Schnittstelle zum Menschen		64
Literaturhinweise		65

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 8041-2:2020) 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.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 8041:2005 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 8041-2:2020 wurde von CEN als prEN ISO 8041-2:2020 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 [oder Projektkomitee] ISO/TC 108, *Mechanical vibration, shock and condition monitoring*, 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 von Schwingungen fest, denen Menschen ausgesetzt sind. Diese Messeinrichtungen werden für temporäre Kurzzeitmessungen oder kontrollierte Messungen verwendet.

Das vorliegende 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.

PVEM brauchen nicht alle Festlegungen nach ISO 8041-1 erfüllen. Andererseits müssen sie andere Anforderungen erfüllen, um nicht kontrollierte oder eigenständige Messungen über längere Zeiträume zu ermöglichen. In Kombination mit Alarmfunktionen können sie in der Lage sein, den Anwender zu informieren, bevor die Schwingungseinwirkung bestimmte Werte (Auslösewert, Grenzwert) erreicht. Aufgrund dieser Tatsache müssen PVEM von den in ISO 8041-1 festgelegten Messeinrichtungen abgegrenzt werden.

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 auf 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 Grenzabweichungen, die die Mindestleistungsfähigkeit und die funktionellen Anforderungen von Messeinrichtungen zur Messung der täglichen personenbezogenen Schwingungseinwirkung definieren.

Messeinrichtungen, die die Anforderungen in diesem Dokument erfüllen, müssen über Protokollierungsfunktionen verfügen. Es werden zusätzliche Informationen darüber bereitgestellt, wie die Messeinrichtungen die protokollierten Daten für die Nachbearbeitung nutzen können, z. B. um bei der Messung aufgetretene transiente Beschleunigungsartefakte zu bestimmen, sodass sie von den Schwingungseinwirkungswerten und der Bewertung der genauen Dauer der Schwingungseinwirkung ausgeschlossen werden können.

ANMERKUNG Dieses Dokument gilt nicht 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 5349-1:2001, *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 15230¹, *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

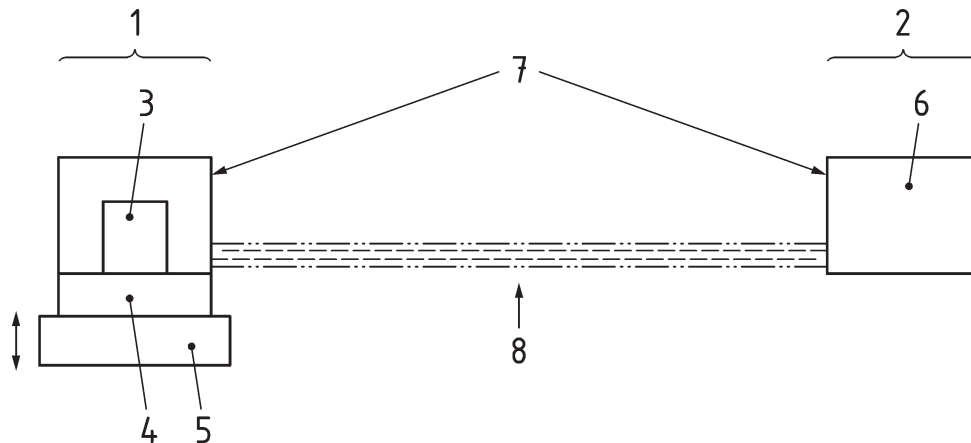
PVEM

(en: personal vibration exposure meter)

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

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

1 Wird ersetzt werden durch ISO 15230-1, *Mechanical vibration and shock — Coupling forces at the man-machine interface for hand-transmitted vibration — Part 1: Measurement and evaluation*.



Legende

1	Teil A	5	Schwingende Oberfläche
2	Teil B	6	Anzeige und Steuerung
3	Schwingungsaufnehmer	7	Protokollierung, Signalverarbeitung
4	Ankopplung	8	Feste oder temporäre drahtgebundene oder drahtlose Schnittstelle

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 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

3.8

Messzeitraum

Dauer aller Messungen, die der Dauer der Einwirkung auf den Arbeiter entspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Messzeitraum umfasst in der Regel zahlreiche Protokollierungsschritte.

3.9

transientes Beschleunigungsartefakt

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Für ein PVEM 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 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 einzuführen (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 braucht 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 Protokollierungsintervalle dürfen den in ISO 2631-4 festgelegten Intervallen entsprechen oder vom Anwender ausgewählt werden. Der Hersteller darf 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;
- 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 brauchen nicht alle Frequenzbewertungen aus Tabelle 1 in einem PVEM implementiert werden, und es dürfen auch zusätzliche Frequenzbewertungen (siehe z. B. 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;
- 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;

- (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 definieren. 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 Anwenderidentifizierungssystem erforderlich sein.

Wenn das PVEM für die Bewertung von Kopplungskräften ausgelegt ist, muss es den zutreffenden Anforderungen nach ISO 15230 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 Schwingungsmesseinrichtung die frequenzbewertete Beschleunigung anzeigen.

Das/die in den technischen Unterlagen aufgeführte(n) Anzeigegerät(e) muss/müssen Messungen 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.

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 nachgeprüft und eingestellt 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.

ANMERKUNG Bei der Bezugnahme auf ISO 8041-1:2017, Abschnitt A.3, ist zu beachten, dass es die Norm ISO 16063-44 gibt, die die Norm ISO 16063-21 erweitert.

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 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	Grenzabweichungen
Grenzabweichungen 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 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)	$\pm 3 \%$

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				Ver- größe- rungs- faktor <i>K</i>
	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 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 Übergangsfiler Beschleunigung/Schnelle

Das Übergangsfiler 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:

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

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 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, angegeben. 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 .

Tabelle 4 — Grenzfrequenzen für die Festlegung der Grenzabweichungen der Frequenzbewertungen

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)	$10^{33/10}$ (1995)
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 Grenzwerte für die charakteristische Phasenabweichung gelten nur für Schwingungsmesseinrichtungen, die solche Messgrößen messen, die nicht auf Effektivwerten basieren.		

5.7 Amplitudenlinearität

Das angezeigte Signal muss über den gesamten Messbereich eine lineare Funktion der mechanischen Schwingungen am Schwingungsaufnehmer sein. Dieser Sollwert gilt für alle Frequenzen innerhalb des Frequenzbereichs der Messeinrichtung und für alle implementierten Frequenzbewertungen und Frequenzgänge. Die Spezifikationen der Amplitudenlinearität gelten für die komplette Messeinrichtung einschließlich des Schwingungsaufnehmers und für alle gemessenen Schwingungsparameter.

Über die gesamte Breite aller Messbereiche darf die Linearitätsabweichung 6 % vom Eingangswert nicht überschreiten. Im Referenzmessbereich muss sich der linearer Arbeitsbereich bei der Referenzfrequenz mindestens über 70 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 der Übersteuerung 6 % nicht überschreitet. Diese Anforderung gilt für stationäre harmonische Signale bei allen Frequenzen innerhalb des nominellen Frequenzbereichs.

In den technischen Unterlagen muss für den Messbereich der Bereich der Schwingungswerte angegeben werden, die ohne Übersteuerung gemessen werden können, d. h. die obere Grenze der linearen Arbeitsbereiche.

5.8 Eigenrauschen

Für zeitgemittelte frequenzbewertete Schwingungsgrößen müssen die technischen Unterlagen die typischen Anzeigewerte nennen, die am Anzeigegerät abzulesen sind, wenn der Schwingungsaufnehmer der Messeinrichtung an einem nicht schwingenden Gegenstand angebracht ist, der selbst nicht signifikant zu den Anzeigewerten beiträgt. Diese Anzeigewerte müssen mindestens für die Referenz-Umgebungsbedingungen ein Maß für das Gesamteigenrauschen sein, das sich aus der Kombination des/der empfohlenen Schwingungsaufnehmer(s) und der anderen Komponenten des PVEM ergibt.

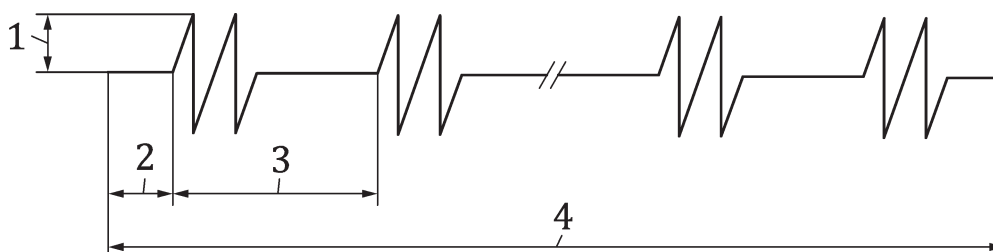
5.9 Antwort auf Signalimpulsfolgen

Die Antwort von Messeinrichtungen für Humanschwingungen auf Signalimpulsfolgen wird als die Antwort auf Sägezahn-Signale mit der Referenzfrequenz spezifiziert.

Das Sägezahn-Prüfsignal ist in Bild 2 dargestellt. Die Prüfungen werden mit einer Sägezahn-Signalimpulsfolge durchgeführt, deren Kennwerte in Tabelle 6 aufgeführt sind. Die in Tabelle 7 bis Tabelle 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 Antwort auf die Sägezahn-Signalimpulsfolge wird über eine digitale Simulation der Filtercharakteristiken ermittelt.

ANMERKUNG 2 Die Sägezahn-Wellenform wurde gewählt, da dadurch sichergestellt ist, dass die Signalimpulsfolge Frequenzkombinationen mit bekannter Phasenbeziehung enthält. Die Prüfung mit Sägezahn-Signalimpulsfolgen stellt daher sicher, dass der relative Phasengang der Frequenzbewertung bei verschiedenen Frequenzen geprüft wird.



Legende

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

**Bild 2 — Theoretische Sägezahn-Signalimpulsfolge als Prüfsignal
(dargestellt ist eine Signalimpulsfolge mit 2 Schwingungen)**

Tabelle 6 — Kennwerte einer Sägezahn-Signalfolge als Prüfsignal

Einsatzbereich	Bewertung	Kreisfrequenz rad/s	Anlaufzeit s	Anzahl der Prüfzyklen	Wiederholperiodendauer s	Signaldauer s
Hand-Arm	W_h	500 (79,58 Hz)	0,2	1, 2, 4, 8, 16	2	12
Ganzkörper	$W_b, W_c, W_d, W_e, W_j, W_k, W_m$	100 (15,915 Hz)	1		10	60
Ganzkörper, tieffrequent	W_f	2,5 (0,397 9 Hz)	40		400	2 400

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

Bewertung	Anzahl der Sägezahn-Schwingungen je Signalimpulsfolge	Effektivwert	Grenzabweichung %
Bandbegrenzung	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 Sägezahn-Signalimpulsfolge bei Messungen von Ganzkörper-Schwingungen

Bewertung	Anzahl der Sägezahn-Schwingungen je Signalimpulsfolge	Effektivwert	Grenzabweichung %	VDV	Grenzabweichung %	MTVV, gleitendes Zeitfenster	Grenzabweichung %	MTVV, exponentiell gemittelt	Grenzabweichung %
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

Bewertung	Anzahl der Sägezahn-Schwingungen je Signalimpulsfolge	Effektivwert	Grenzabweichung %	VDV	Grenzabweichung %	MTVV, gleitendes Zeitfenster	Grenzabweichung %	MTVV, exponentiell gemittelt	Grenzabweichung %
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 Sägezahn-Signalimpulsfolge bei Messungen von tieffrequenten Ganzkörper-Schwingungen

Bewertung	Anzahl der Sägezahn-Schwingungen je Signalimpulsfolge	Effektivwert	Grenzabweichung %	MSDV	Grenzabweichung %
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

Das PVEM muss eine Übersteuerungsanzeige haben und muss eine Übersteuerung an allen kritischen Stellen auf dem Signalpfad der Schwingung erkennen. Eine Übersteuerung des Schwingungsaufnehmers muss durch geeignete Mittel vermieden werden (z. B. durch Auswahl eines für die durchzuführende Messung geeigneten Aufnehmers, durch einen in den Aufnehmer integrierten elektrischen Übersteuerungsmelder oder durch den Einsatz eines mechanischen Filters).

Übersteuerung muss angezeigt werden, bevor die Grenzüberschreitungen der Linearität oder der Antwort auf Signalimpulsfolgen bei über die festgelegte obere Grenze hinaus anwachsenden Signalwerten überschritten werden. Diese Anforderung gilt für alle Frequenzen innerhalb des nominellen Frequenzbereichs.

Die Übersteuerungsanzeige muss während einer Übersteuerung festgehalten werden. Dieser festgehaltene Zustand muss so lange andauern, bis die Messergebnisse in der Messeinrichtung gelöscht werden. Diese Anforderung gilt auch für Messungen von Schwingungshöchstwerten, Schwingungsspitzenwerten oder anderen Größen, die während der Messdauer berechnet oder nach der Messdauer angezeigt werden. Die Übersteuerungsbedingungen müssen für jeden Protokollierungsschritt protokolliert werden.

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

ANMERKUNG Es ist sinnvoll, dass die Messeinrichtung anzeigen kann, wie lange in jedem Kanal eine Übersteuerung (im Verhältnis zur Messdauer) angedauert hat.

5.11 Anzeige einer Messbereichsunterschreitung

Nicht gefordert für PVEM.

5.12 Zeitmittelung

Es muss möglich sein, dass die Messdauer für die zeitgemittelte bewertete Beschleunigung vom Anwender an der Schwingungsmesseinrichtung eingestellt oder von ihm gesteuert werden kann. Ein PVEM muss die Möglichkeit zur Berechnung von Einwirkungswerten über mindestens 12 h hinweg bieten.

5.13 Gleitender Effektivwert der Beschleunigung

Gilt nicht für PVEM.

5.14 Löschen von Daten und des Zustands der Messeinrichtung („Zurücksetzen“)

Messeinrichtungen, mit denen zeitgemittelte Humanschwingungswerte, der Höchstwert des gleitenden Effektivwerts oder Schwingungsdosiswerte gemessen werden sollen, müssen für alle verfügbaren Frequenzbewertungen eine Vorkehrung zum Stoppen der Messung, zum Löschen des Datenspeichers und zum Starten 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 Verwendung dieser Rücksetzfunktion beschrieben und die nominelle Verzögerung zwischen dem manuell oder ferngesteuert ausgelösten Zurücksetzen und dem Start einer Messung angegeben werden. Die Verwendung einer Rücksetzfunktion darf auf dem/den Anzeigegerät(en) keine zufälligen Anzeigen verursachen.

5.15 Zeitmessung

Wenn eine Messeinrichtung die Dauer der seit Beginn der Integration verstrichenen Zeit anzeigt, gelten die folgenden Anforderungen.

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 Integrationszeit für die Messung zeitgemittelter Schwingungswerte für jeden Signalwert innerhalb des Anzeigebereichs eines Anzeigegeräts angegeben werden.

5.16 Elektrisches Übersprechen

Elektrisches Übersprechen ist die Reaktion auf einem beliebigen Kanal (Achse) auf ein Signal auf einem der anderen Eingangskanäle. Es muss weniger als 0,5 % des Eingangssignalwerts betragen.

Dieses elektrische Übersprechen zwischen Messkanälen sollte von der Querempfindlichkeit des Aufnehmers, die üblicherweise mehr als 0,5 % beträgt (siehe ISO 8041-1:2017, Tabelle E.1), unterschieden werden. Die Querempfindlichkeit kann sich als relevant herausstellen, vor allem bei mehrkanaligen Aufnehmern.

5.17 Eigenschaften des Schwingungsaufnehmers

Die Eigenschaften des Schwingungsaufnehmers müssen entsprechend dem Einsatzbereich gewählt werden (weitere Hinweise siehe ISO 8041-1:2017, 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 eines Kalibrierschwingungssignals auf den Schwingungsaufnehmer darf sich der angezeigte Signalwert um höchstens 3 % ändern, wenn die Versorgungsspannung für den Betrieb des Schwingungsmessers vom Nennwert auf die in den technischen Unterlagen angegebene Mindestspannung verringert wird.

Erfolgt die Stromversorgung des PVEM mittels eingesetzten Batterien, müssen die technischen Unterlagen passende Batterietypen empfehlen und die entsprechende Betriebsdauer bei ununterbrochenem Einsatz der Messeinrichtung 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 der Messeinrichtung über eine externe Stromquelle beschreiben. Zu dieser Beschreibung gehört auch die Angabe des zulässigen Spannungsbereichs und der Welligkeit (einschließlich hochfrequenter Spannungsspitzen) der Stromversorgung.

Die interne Batterie des PVEM muss einen Dauerbetrieb von mindestens 12 h sicherstellen.

ANMERKUNG Für den Anwender ist es hilfreich, wenn angezeigt wird, ob mindestens 90 % der Batteriekapazität zur Verfügung stehen.

5.19 Bediener-Erkennungssystem

Das PVEM darf über ein Bediener-Erkennungssystem (ODS, en: operator detection system) verfügen, das die Anwesenheit eines Bedieners erkennt, auf den Schwingungen einwirken.

Das Ziel der Verwendung des ODS ist es, Fehler bei der Bewertung der Schwingungseinwirkung zu vermeiden, indem Zeiten ohne Schwingungseinwirkung eliminiert werden.

Es sind verschiedene Bediener-Erkennungssysteme möglich, die auf verschiedenen Methoden (Kontaktkraft, optisch, Funksignal usw.) basieren können.

Die vom ODS bereitgestellten Informationen müssen mit einer maximalen Verzögerung von 1 s und sollten zusammen mit den Messergebnissen protokolliert werden.

Die automatische Bedieneridentifizierung, d. h. die Erkennung, welcher Bediener die Maschine verwendet, ist ein optionales Merkmal eines PVEM.

Die Bedienung des ODS sollte in den technischen Unterlagen beschrieben werden.

5.20 Erkennung von transienten Beschleunigungsartefakten

Ein PVEM sollte in der Lage sein, transiente Beschleunigungsartefakte zu erkennen und das Messsignal entsprechend zu kennzeichnen. Das PVEM sollte in der Lage sein, während der Messdauer den zeitlichen Anteil der Artefakte in Prozent zu berechnen.

BEISPIEL Transiente Beschleunigungsartefakte äußern sich z. B. durch ein Null- oder Fehlersignal (lose Aufnehmerbefestigung, Leitungsbruch) oder durch Spitzen im Messsignal (unbelegter Sitz, der auf den Endanschlag auftrifft). Da der VDV jedoch Stöße hervorhebt, sind nicht alle Spitzen auf transiente Beschleunigungsartefakte zurückzuführen.

Wenn ein automatischer Algorithmus zur Handhabung von Artefakten vorgesehen ist, muss in den technischen Unterlagen zur Messeinrichtung beschrieben werden, wie transiente Beschleunigungsartefakte gehandhabt werden und wie Zeiträume mit Artefakten während der Nachbearbeitung gehandhabt werden können. Für optionale Prüfzwecke muss der Hersteller angeben, wie die Artefakte gehandhabt werden.

Beispiele für die Identifizierung von Artefakten können Anhang A entnommen werden.

5.21 Protokollierfunktionen

Ein PVEM muss über einen nichtflüchtigen Speicher verfügen, der in der Lage ist, alle gemessenen Daten über mindestens 12 h hinweg zu protokollieren, wobei die Protokollierungsschritte nicht länger als 1 s dauern dürfen. Die protokollierten Daten müssen auch Echtzeit-Datenstempel enthalten.

Der Inhalt der Protokolldatei muss zur Überprüfung und Nachbearbeitung (z. B. Handhabung von Artefakten) verfügbar sein. Die Art und Weise des Zugriffs auf die protokollierten Daten muss in den technischen Unterlagen zur Messeinrichtung beschrieben werden.

5.22 Kontaktkraftmessung

Kopplungskräfte zwischen dem Hand-Arm-System und handgehaltenen oder handgeführten Maschinen sind sehr wichtige Faktoren für die Bewertung von handübertragenen Schwingungen. In ISO 5349-1 wird darauf hingewiesen, dass die Ankopplung der Hand an die schwingende Oberfläche die gemessenen Schwingungswerte erheblich beeinflussen kann.

ANMERKUNG Siehe ISO 5349-1:2001, 4.3, und ISO 5349-2:2001, Einleitung.

Weitere Informationen zur Messung der Handkontaktkraft enthält Anhang B.

Wenn die Messung der Kontaktkraft durch das PVEM erfolgt, sollte sie zusammen mit den Schwingungsmessungen protokolliert werden.

5.23 Warnanzeige

5.23.1 Allgemeines

Das PVEM muss eine Funktion für die automatische Ausgabe von Warnungen bieten, um den Anwender während der Messung bestmöglich zu unterstützen. Damit der Anwender die aktuelle Schwingungssituation erkennen und Informationen über den Status des PVEM erhalten kann, muss das PVEM über bestimmte Warnanzeigen verfügen (siehe 5.23.2) und kann zusätzliche Warnanzeigen umfassen (siehe 5.23.3). Die Warnschwellen müssen programmierbar sein. Die Warnanzeigen dürfen abgeschaltet werden.

5.23.2 Obligatorische Warnanzeigen

Um Fehlmessungen zu vermeiden, sind bestimmte Systemwarnungen erforderlich. Es muss angezeigt werden, dass das PVEM nicht in der Lage ist oder bald nicht in der Lage sein wird, die Aufgabe zu erfüllen.

Deshalb müssen die folgenden Anzeigen verfügbar sein:

- a) Informationen zur Einsatzbereitschaft des PVEM;
- b) Batterieanzeige;
- c) Übersteuerungsanzeige.

Die Art und Weise, wie der Anwender informiert wird, kann unterschiedlich sein. Folgende Alarmer sind z. B. möglich:

- visuell, z. B. mit LEDs;
- akustisch;
- per Vibration.

5.23.3 Optionale Warnanzeigen

Es dürfen z. B. folgende zusätzliche Warnanzeigen bereitgestellt werden:

- Temperaturbereichsanzeige;
- Fehler in der Kommunikation mit dem Schwingungsabnehmer;
- Anzeige, wenn das System nicht ordnungsgemäß im Koordinatensystem ausgerichtet ist, insbesondere bei Ganzkörpermessungen;
- bei PVEM mit der Fähigkeit, den zugewiesenen Bediener zu identifizieren, eine Warnung, wenn der falsche Bediener die Maschine verwendet;
- Warnung, wenn der Auslösewert erreicht werden könnte.

Ein PVEM kann in der Lage sein, Warnungen anzuzeigen, wenn der entsprechende Auslösewert während oder am Ende der Arbeitsschicht erreicht werden könnte. Es liegt in der Verantwortung des Herstellers, geeignete Algorithmen bereitzustellen, die diese Anforderung abdecken. In Bild 3 ist das Erkennungsprinzip für Ganzkörper-Schwingungen und in Bild 4 für Hand-Arm-Schwingungen jeweils für die A(8)-Bewertung dargestellt.

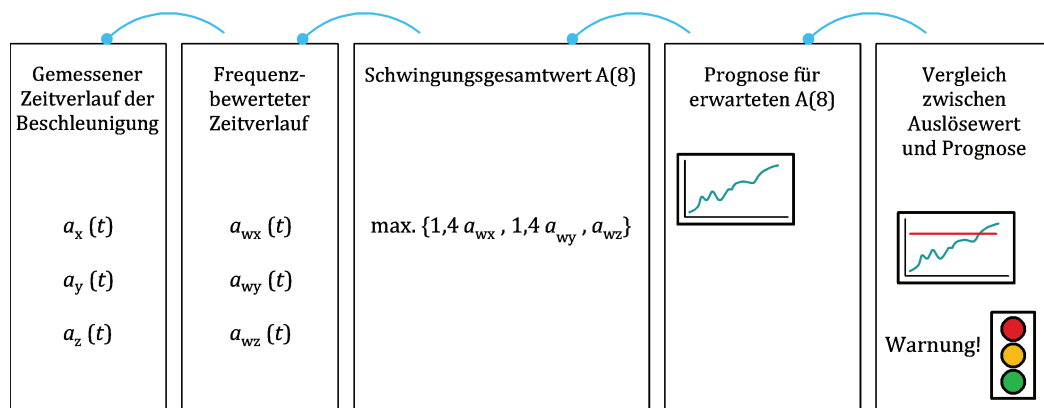


Bild 3 — Beispiel einer Warnung für Ganzkörper-Schwingungen, wenn der Auslösewert erreicht werden wird

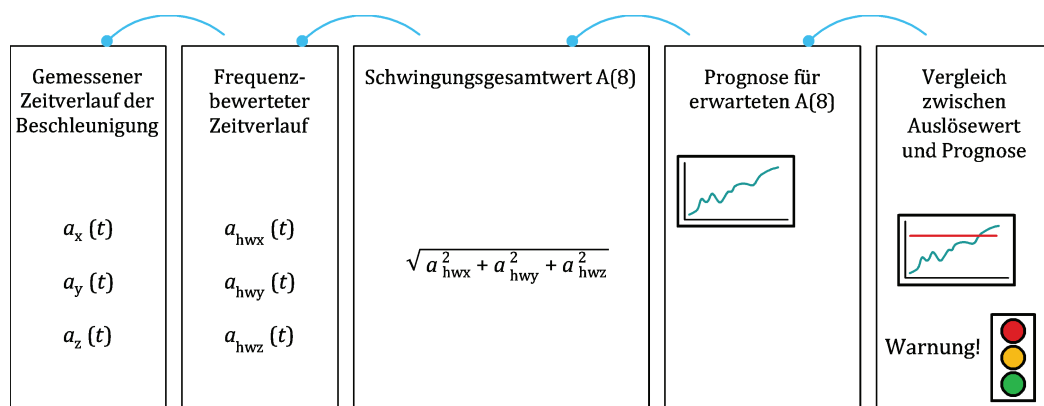


Bild 4 — Beispiel einer Warnung für Hand-Arm-Schwingungen, wenn der Auslösewert erreicht werden wird

5.24 Schnittstelle zum Menschen und ergonomische Aspekte

Im Vergleich zur Lärmmessung am Arbeitsplatz mit einem Messgerät für die personenbezogene Lärmexposition führt die Schwingungsmessung eher dazu, die Ausführung der Arbeitsaufgabe zu stören. Insbesondere bei Hand-Arm-Schwingungen kann der an einer Maschine oder in den Handschuhen montierte Schwingungsaufnehmer den Bediener bei der Ausführung seiner Arbeitsaufgabe stören (siehe ISO 5349-2:2001, 6.1.4.1). Der PVEM-Hersteller muss daher die ergonomischen Aspekte der Konstruktion, die den Anwender bei seiner Aufgabe beeinträchtigen würden, genau berücksichtigen.

Informationen zur Schnittstelle zum Menschen sind in Anhang C angegeben.

ANMERKUNG Für Informationen zur Befestigung siehe ISO 8041-1:2017, Anhang F.

6 Aufnehmerankopplung

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 wahrscheinlich zu einer größeren Messunsicherheit führt.

7 Umgebungsbedingungen und elektromagnetische Anforderungen

7.1 Allgemeines

Alle Spezifikationen der Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Betriebsumgebungen gelten für und stehen im Verhältnis zur mechanischen Empfindlichkeit unter den Referenz-Umgebungsbedingungen und bei der Kalibrierprüffrequenz. In den technischen Unterlagen muss die typischerweise erforderliche Zeitspanne angegeben werden, innerhalb derer sich das PVEM nach Änderungen der Umgebungsbedingungen stabilisiert hat.

7.2 Lufttemperatur

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

Die Spezifikation des Einflusses von Änderungen der Lufttemperatur gilt für das komplette PVEM oder nur für diejenigen Komponenten eines PVEM, die regelmäßig großen Änderungen der Lufttemperatur ausgesetzt sein können.

Für Komponenten eines PVEM, die den technischen Unterlagen zufolge für den Einsatz unter kontrollierten Umgebungsbedingungen (z. B. in geschlossenen Räumen) vorgesehen sind, darf der Temperaturbereich auf 5 °C bis 30 °C beschränkt werden. Dieser eingeschränkte Temperaturbereich gilt nicht für ein komplettes PVEM.

In den spezifizierten Lufttemperaturbereichen müssen die Linearitätsabweichung bei der Referenzfrequenz und die Ausdehnung des linearen Arbeitsbereichs über den Referenzmessbereich die in 5.7 angegebenen Grenzabweichungen einhalten.

7.3 Oberflächentemperatur

Der Einfluss von Änderungen der Temperatur der Messfläche 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 Empfindlichkeit für die Eingangsgröße Schwingungen darf in dem spezifizierten Temperaturbereich $\pm 4\%$ nicht überschreiten.

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

In dem in diesem Unterabschnitt spezifizierten Oberflächentemperaturbereich müssen die Linearitätsabweichung bei der Referenzfrequenz und die Ausdehnung des linearen Arbeitsbereichs über den Referenzmessbereich die in 5.7 angegebenen Grenzwerte einhalten.

7.4 Elektrostatische Entladung

Der Einfluss elektrostatischer Entladungen auf den Betrieb eines PVEM oder von relevanten Komponenten eines PVEM muss so weit wie praktisch möglich reduziert werden.

Ein PVEM muss den vorgesehenen Betrieb fortsetzen, wenn sie einer Kontaktentladung mit einer elektrostatischen Spannung bis $\pm 4\text{ kV}$ oder einer Luftentladung mit einer elektrostatischen Spannung bis $\pm 8\text{ kV}$ ausgesetzt wurde. Die Polarität der elektrostatischen Spannung gilt gegenüber dem Erdpotential.

Die in diesem Unterabschnitt spezifizierten elektrostatischen Entladungen dürfen bei Einwirkung auf das PVEM 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 des PVEM als Folge der Einwirkung elektrostatischer Entladungen eintreten kann. Die spezifizierte Beeinträchtigung bzw. der spezifizierte Funktionsausfall darf folgende Dinge nicht betreffen: Änderung des Betriebszustands, Änderung der Konfiguration, Beschädigung oder Verlust gespeicherter Daten sowie dauerhafte Betriebseinschränkung.

7.5 Hochfrequente Störaussendung und Störung des Stromnetzes

Die hochfrequente Störaussendung (Funkstörung) eines PVEM muss so weit wie praktisch möglich, unterdrückt werden.

Wenn am PVEM Anschlüsse für Datenübertragungs- oder Verbindungsleitungen vorhanden sind, müssen in den technischen Unterlagen typische Leitungslängen empfohlen und muss die Art aller Geräte beschrieben werden, an die die Leitungen angeschlossen werden dürfen.

Der Pegel der hochfrequenten elektrischen Feldstärke, die von den Gehäuseanschlüssen der Messeinrichtung ausgesandt wird, darf bei Frequenzen von 30 MHz bis 230 MHz den Wert von 30 dB (bezogen auf $1\text{ }\mu\text{V/m}$) und bei Frequenzen über 230 MHz bis 2 GHz den Wert von 37 dB nicht überschreiten. In den technischen Unterlagen sind die Betriebsart(en) der Messeinrichtung und die Verbindungseinrichtungen anzugeben, die jeweils die stärkste hochfrequente Störaussendung verursachen.

Die stärkste in das Stromnetz übertragene Störung (Netzurückwirkung) darf die in Tabelle 10 angegebenen Grenzwerte für Quasispitzen- und gemittelte Spannungen an einem Wechselstromanschluss (Netzanschluss) nicht überschreiten. Wenn das PVEM 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 10 — Grenzwerte für die in das Stromnetz übertragene Spannungsstörung

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 Zu Merkmalen 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 das komplette PVEM (oder auf relevante, in den technischen Unterlagen aufgeführte Komponenten) weder eine Änderung des Betriebszustands noch eine Änderung der Konfiguration oder Beschädigung 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 die Verbindungseinrichtungen anzugeben, die jeweils 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 PVEM nachgewiesen. Die Ausrichtung der Messeinrichtung in dem Feld muss der Spezifikation in den technischen Unterlagen für die höchste Empfindlichkeit auf netzfrequente Felder entsprechen.

Die Störfestigkeit gegenüber hochfrequenten Feldern gilt für den Trägerfrequenzbereich von 26 MHz bis 2 GHz, wobei das Signal bei der Trägerfrequenz des hochfrequenten Feldes mit einem harmonischen Signal mit der oder den für das Anwendungsgebiet der Messeinrichtung zutreffenden Referenzfrequenz(en) und einem Hub von 80 % amplitudenmoduliert ist. Ohne Modulation und ohne das PVEM muss das hochfrequente Feld eine gleichmäßige elektrische Feldstärke mit dem Effektivwert 10 V/m haben.

ANMERKUNG 1 In den technischen Unterlagen kann angegeben werden, dass das PVEM auch bei solchen elektrischen Feldstärken den Spezifikationen dieses Dokuments entspricht, 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 ± 10 % nicht überschreiten.

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

Bei Messeinrichtungen mit Signal- oder Steueranschlüssen, bei denen eine Verbindungsleitung zwischen Komponenten des PVEM länger als 3 m ist, bezieht sich die Störfestigkeit gegenüber hochfrequenten asymmetrischen Einkopplungen auf den Frequenzbereich von 0,15 MHz bis 80 MHz.

ANMERKUNG 2 Es können landesspezifische Vorschriften gelten (z. B. Richtlinie 2014/53/EU).

7.7 Eindringen von Staub und Wasser

Das PVEM muss einen Schutz gegen das Eindringen von Staub und Wasser bieten. Der Hersteller muss die Schutzklasse der Messeinrichtung angeben (IP-Code). Die Schutzklasse der Messeinrichtung muss für den vorgesehenen Einsatzbereich der Messeinrichtung angemessen sein (z. B. kann die Ermittlung der Schwingungseinwirkung auf den Menschen in einer Fabrik IP 65 erfordern).

ANMERKUNG Die IP-Codes der Gehäuseschutzklasse einer Messeinrichtung sind in IEC 60529 festgelegt.

8 Anschluss von Zusatzeinrichtungen

Kann eine vom Hersteller des PVEM angebotene zusätzliche Verlängerungsleitung zwischen dem Beschleunigungsaufnehmer und den anderen Komponenten des PVEM 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 PVEM geliefert werden. Angaben müssen zu allen relevanten Eigenschaften der Messeinrichtung 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 das PVEM den Spezifikationen dieses Dokuments entspricht, wenn die Zusatzeinrichtungen installiert sind.

Die technischen Unterlagen müssen detaillierte Angaben über den Anschluss von Zusatzgeräten an das PVEM und über die eventuellen Auswirkungen solcher Zusatzgeräte auf die elektrischen Eigenschaften der Messeinrichtung enthalten. Zu solchen Zusatzgeräten zählen Aufzeichnungsgeräte, Drucker, Rechner und Anzeigegeräte (siehe auch 5.2).

9 Kennzeichnung der Messeinrichtung

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 Seriennummern enthalten.

Wenn die Messeinrichtung aus mehreren einzelnen Geräten besteht (siehe z. B. Bild 1), muss, soweit praktikabel, jedes wesentliche Gerät bzw. jede wesentliche Komponente wie in diesem Abschnitt beschrieben gekennzeichnet werden. Alle wesentlichen Geräte, die zusammen eine komplette Messeinrichtung bilden, müssen genannt werden.

10 Technische Unterlagen

Mit jedem Messgerät für die personenbezogene Schwingungseinwirkung, das den Spezifikationen dieses Dokuments entspricht, müssen technische Unterlagen mitgeliefert werden.

Wenn die Messeinrichtung aus mehreren einzelnen Komponenten besteht (siehe z. B. Bild 1), müssen technische Unterlagen für die Zusammenschaltung, die das komplette PVEM ergibt, 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 ISO 8041-1:2017, Anhang G, genannten Angaben enthalten, soweit sie auf die jeweilige Messeinrichtung zutreffen.

Die technischen Unterlagen zur Messeinrichtung müssen typische Anwendungen beschreiben.

Der Hersteller muss alle für die Überprüfung der Spezifikationen erforderlichen Informationen und, wenn ein Gerät Funktionen nach Anhang A hat, auch die Beschreibung der angewandten Verfahren bereitstellen.

11 Leistungsprüfung

In diesem Dokument sind drei Stufen der Leistungsprüfung festgelegt.

- a) Die Baumusterprüfung (diese Prüfung betrifft den Hersteller) besteht aus einer vollständigen Reihe von Prüfungen an Stichproben eines Messeinrichtungstyps. Diese Prüfung kann durchgeführt werden und dient der Typprüfung oder der Bauartzulassung einer Produktionsserie von PVEM. Der Zweck dieser Prüfung besteht in dem Nachweis, dass mit einer bestimmten Bauweise der Messeinrichtung die in diesem Dokument festgelegten Spezifikationen erfüllt werden können.
- b) Die periodische Nachprüfung (diese Prüfung betrifft den Hersteller und den Anwender) ist eine Reihe von Zwischenprüfungen, die
 - in periodischen Zeitabständen (z. B. vor oder zum Zeitpunkt der Auslieferung und danach spätestens alle 2 Jahre) durchgeführt werden können, um nachzuprüfen, ob die Leistungsmerkmale die in diesem Dokument festgelegten Spezifikationen weiterhin erfüllen, und/oder
 - nach einer Veränderung (z. B. Verwendung eines anderen Aufnehmers) oder Reparatur durchgeführt werden sollten, die Auswirkungen auf die Leistungsmerkmale der Messeinrichtung haben kann.
- c) Die Prüfung am Einsatzort (diese Prüfung betrifft den Anwender) ist eine überschlägige Prüfung, die aussagt, ob das PVEM wahrscheinlich innerhalb der geforderten Spezifikation der Leistungsmerkmale funktionieren wird. Diese Prüfung ist unmittelbar vor und nach den Messungen durchzuführen.

Diese Prüfungen dienen dazu, die in Abschnitt 5 bis Abschnitt 10 festgelegten Leistungsmerkmale und Spezifikationen zu bewerten. Tabelle 11 zeigt den Zusammenhang zwischen den Spezifikationen und den zugehörigen Prüfanforderungen.

Für optionale Funktionen werden in diesem Dokument keine Prüfverfahren festgelegt.

Tabelle 11 — Übersicht über Merkmale eines PVEM und Prüfanforderungen

Abschnitt	Relevante Merkmale Leistungsmerkmal	Prüfanforderungen		
		Baumuster- prüfung	Periodische Nachprüfung	Prüfung am Einsatzort
5.1	Allgemeine Merkmale	X	X	X
5.2	Anzeige des Messsignals	X		
5.4	Empfindlichkeit für die Eingangsgröße Schwingungen	X	X	X
5.5	Genauigkeit der Anzeige bei der Referenz- frequenz unter Referenzbedingungen	X		

Abschnitt	Relevante Merkmale	Prüfanforderungen		
	Leistungsmerkmal	Baumuster- prüfung	Periodische Nachprüfung	Prüfung am Einsatzort
5.6	Frequenzbewertungen und Frequenzgänge	X	X	
5.7	Amplitudenlinearität	X	X	
5.8	Eigenrauschen	X		
5.9	Antwort auf Signalimpulsfolgen	X		
5.10	Übersteuerungsanzeige	X		
5.12	Zeitmittelung	X		
5.14	Zurücksetzen	X		
5.15	Zeitmessung	X		
5.16	Elektrisches Übersprechen	X		
5.2	Messwert zusammengefasster Größen	X		
5.17	Eigenschaften des Schwingungsaufnehmers	X		
5.18	Stromversorgung	X		
5.19	Bediener-Erkennungssystem	X		
5.21	Protokollierfunktionen	X		
5.23.2	obligatorische Warnanzeigen	X		
6	Aufnehmerankopplung	X		
7	Störfestigkeit, Störaussendung und Empfindlichkeit auf Umgebungsbedingungen	X		
8	Anschluss von Zusatzeinrichtungen	X		
9	Kennzeichnung der Messeinrichtung	X	X	
10	Technische Unterlagen	X	X	
Optionale Funktionen				
5.19	Bedieneridentifizierung	Keine Prüfungen festgelegt		
5.20, A	Erkennung von transienten Beschleunigungsartefakten			
5.22, B	Kontaktkraftmessung			
5.23.3	Warnanzeige (optional)			
5.24, C	Schnittstelle zum Menschen und ergonomische Aspekte			

12 Baumusterprüfung

12.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beschreibt detailliert die Prüfungen einschließlich der anzuwendenden Prüfverfahren zum Nachweis der Übereinstimmung des PVEM mit allen obligatorischen Spezifikationen nach diesem Dokument.

Die Übereinstimmung mit einer Spezifikation nach diesem Dokument gilt als nachgewiesen, wenn die gemessene Abweichung von dem jeweiligen Sollwert, erweitert um die vorhandene erweiterte Messunsicherheit des Prüflabors, die festgelegten Grenzwerte nicht überschreitet.

Die Messunsicherheiten müssen in Übereinstimmung mit dem ISO/IEC Guide 98-3 ermittelt werden. Die vorhandenen erweiterten Messunsicherheiten müssen von dem Prüflabor mit einem Erweiterungsfaktor von mindestens 2 berechnet werden.

Die in diesem Abschnitt angegebenen Werte der erweiterten Messunsicherheit sind Höchstwerte, die bei dem nach diesem Abschnitt erfolgenden Nachweis der Übereinstimmung mit den Spezifikationen dieses Dokuments nicht überschritten werden dürfen. Prüflabors dürfen Prüfungen zum Nachweis der Übereinstimmung mit den Spezifikationen dieses Dokuments nur dann durchführen, wenn ihre vorhandenen erweiterten Messunsicherheiten die zulässigen Höchstwerte nicht überschreiten.

Keine der in diesem Abschnitt festgelegten Prüfungen darf weggelassen werden, außer wenn die untersuchte Schwingungsmesseinrichtung die zu prüfende Funktion nicht aufweist.

Sofern nicht anderslautend festgelegt, gelten bei einer mehrkanaligen Schwingungsmesseinrichtung die in diesem Abschnitt beschriebenen Prüfungen für jeden Kanal.

12.2 Prüfanforderungen

Die bei der Baumusterprüfung eingesetzten Messeinrichtungen, die in funktionalem Zusammenhang mit der Unsicherheit von Prüfergebnissen stehen, müssen eine gültige Kalibrierung aufweisen, die auf national oder international anerkannte Normale rückführbar ist.

Die Frequenz der Eingangssignale muss den Sollwert auf $\pm 0,2$ % einhalten.

Der Wert von mechanischen Eingangssignalen muss den Sollwert auf ± 2 % einhalten.

ANMERKUNG 1 Derzeit ist in den veröffentlichten Teilen der Normreihe ISO 16063 kein Verfahren zur Kalibrierung unterhalb von 0,4 Hz festgelegt.

Zum Zeitpunkt der Prüfung müssen die Umgebungsbedingungen innerhalb der folgenden Bereiche liegen:

- Lufttemperatur: 20 °C bis 26 °C;
- relative Luftfeuchte: 10 % bis 75 % (nicht kondensierend).

Bei Prüfsignalen für harmonische mechanische Schwingungen darf die Gesamtverzerrung d nicht größer als 5 % sein.

Bei harmonischen elektrischen Prüfsignalen darf die Gesamtverzerrung d nicht größer als 0,1 % sein.

ANMERKUNG 2 Die als Prozentsatz angegebene Gesamtverzerrung d ist wie in Gleichung (7) angegeben definiert:

$$d = \frac{\sqrt{a_{\text{tot}}^2 - a_1^2}}{a_1} \times 100 \% \quad (7)$$

Dabei ist

a_1 der Effektivwert der Beschleunigung bei der Anregungsfrequenz;

a_{tot} der Gesamteffektivwert der Beschleunigung innerhalb der Bandbegrenzung (einschließlich a_1).

12.3 Einreichung zur Prüfung

Das PVEM muss zur Prüfung zusammen mit seinen technischen Unterlagen und allen Zusatzeinrichtungen oder Zubehörteilen eingereicht werden, die in den technischen Unterlagen als unabdingbare Komponenten der kompletten Messeinrichtung in der Zusammenschaltung für den üblichen Einsatz bezeichnet sind. Zu solchen Zusatzeinrichtungen oder Zubehörteilen zählen z. B. ein Beschleunigungsaufnehmer, eine Ankopplungsvorrichtung und eine Verbindungsleitung.

Die Messeinrichtung ist für die Prüfung zusammen mit Messausrüstung (z. B. Adaptern) einzureichen, die für die Einspeisung bzw. das Abgreifen elektrischer Signale an Ein- und Ausgängen geeignet ist.

Ein Schwingungskalibrator zur Verwendung am Einsatzort sollte mit dem PVEM eingereicht werden.

12.4 Kennzeichnung der Messeinrichtung und Angaben in den technischen Unterlagen

Es muss nachgeprüft werden, ob die Messeinrichtung entsprechend den Spezifikationen in Abschnitt 9 gekennzeichnet ist.

Bevor Prüfungen durchgeführt werden, muss nachgeprüft werden, ob die technischen Unterlagen alle in Abschnitt 10 geforderten Angaben enthalten, die für die bei dem PVEM vorhandenen Funktionen notwendig sind.

Nach Abschluss aller Prüfungen müssen diese Angaben überprüft werden, um sicherzustellen, dass sie richtig sind und die zutreffenden Grenzübergreifungen eingehalten werden.

12.5 Obligatorische Funktionen und allgemeine Anforderungen

Es ist nachzuprüfen, ob das PVEM die Anforderungen von 5.1 erfüllt.

Bei Messeinrichtungen mit mehreren Teilmessbereichen muss nachgeprüft werden, ob die Überlappung benachbarter Teilmessbereiche die Anforderungen von 5.7 erfüllt.

Es ist nachzuprüfen, ob die Anzeige die Festlegungen von 5.2 einhält.

Wenn in den technischen Unterlagen bestimmte Batterietypen festgelegt sind, müssen solche Batterien eingesetzt werden.

Falls die Messeinrichtung die in diesem Abschnitt aufgeführten Anforderungen nicht erfüllt, dürfen keine Prüfungen zum Nachweis der Übereinstimmung mit den Leistungsspezifikationen dieses Dokuments durchgeführt werden.

12.6 Erste Vorbereitung der Messeinrichtung

Vor der Durchführung der Prüfungen muss die Schwingungsmesseinrichtung an eine Stromversorgung angeschlossen bzw. mit einer Stromversorgung ausgestattet werden, deren Betriebswerte innerhalb der vom Hersteller angegebenen Grenzen liegen. Die Messeinrichtung, der Aufnehmer und der Schwingungskalibrator zur Verwendung am Einsatzort (falls eingereicht) sind einer Sichtprüfung zu unterziehen, und alle relevanten Bedienelemente sind zu betätigen, um ihre Funktionsfähigkeit sicherzustellen.

Die Empfindlichkeit der Schwingungsmesseinrichtung für die Eingangsgröße Schwingungen bei der Kalibrierfrequenz ist nach der in den technischen Unterlagen angegebenen Vorgehensweise einzustellen. Entsprechend den Anforderungen von 5.4 und den Angaben in den technischen Unterlagen ist die Empfindlichkeit der Messeinrichtung so zu justieren, dass unter Referenz-Umgebungsbedingungen der richtige Schwingungswert (Sollwert) angezeigt wird.