

DIN ISO 16063-16

ICS 17.160

Einsprüche bis 2015-05-27

Entwurf

**Verfahren zur Kalibrierung von Schwingungs- und Stoßaufnehmern –
Teil 16: Kalibrierung mittels der Erdbeschleunigung
(ISO 16063-16:2014);
Text Deutsch und Englisch**

Methods for the calibration of vibration and shock transducers –
Part 16: Calibration by Earth's gravitation (ISO 16063-16:2014);
Text in German and English

Méthodes pour l'étalonnage des transducteurs de vibrations et de chocs –
Partie 16: Étalonnage par gravitation tellurique (ISO 16063-16:2014);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-03-27 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI, 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 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.

Gesamtumfang 31 Seiten

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

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Messunsicherheit.....	6
4 Anforderungen an die Geräte und die weiteren Bedingungen	7
4.1 Allgemeines	7
4.2 Umgebungsbedingungen	7
4.3 Ankopplungstisch.....	7
4.4 Messgeräte für das Ausgangssignal des Beschleunigungsaufnehmers	8
4.5 Erdbeschleunigung	8
5 Verfahren	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Prüfverfahren bei 0° und 180°.....	9
5.3 Prüfverfahren für Bruchteile der Erdbeschleunigung	9
5.4 Betrachtungen zum Gleichspannungsoffset	10
5.5 Kalibrieraufbau.....	11
6 Ergebnisbericht der Kalibrierung.....	13
Anhang A (normativ) Unsicherheitsanteile der Kalibrierung mittels der Erdbeschleunigung	14
Literaturhinweise	16

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 16063-16:2014 ist vom Technischen Komitee ISO/TC 108 „Mechanical vibration, shock and condition monitoring“, Unterkomitee SC 3 „Use and calibration of vibration and shock measuring instruments“, dessen Sekretariat von DS (Dänemark) geführt wird, erarbeitet worden. Die deutsche Mitarbeit erfolgte durch den Ausschuss NA 001-03-02 (NALS/VDI C 2) „Schwingungsmesstechnik“ des Normenausschusses Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung von ISO 16063-16 entsprechend der diesbezüglich durch die ISO erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfs gelten gleichermaßen auch für den englischen ISO-Text.

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

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Publikationen wird im Folgenden auf die entsprechende Deutsche Norm und Publikation hingewiesen:

ISO/IEC Guide 98-3 siehe DIN V ENV 13005

ISO/IEC Guide 99 siehe ISO/IEC-Leitfaden 99

Die Deutsche Norm und die Publikation sind in Anhang NA aufgeführt.

ISO 16063 mit dem Titel *Methods for the calibration of vibration and shock transducers* besteht aus folgenden Teilen:

- *Part 1: Basic concepts*
- *Part 11: Primary vibration calibration by laser interferometry*
- *Part 12: Primary vibration calibration by the reciprocity method*
- *Part 13: Primary shock calibration using laser interferometry*
- *Part 15: Primary angular vibration calibration by laser interferometry*
- *Part 16: Calibration by Earth's gravitation*
- *Part 21: Vibration calibration by comparison to a reference transducer*
- *Part 22: Shock calibration by comparison to a reference transducer*
- *Part 31: Testing of transverse vibration sensitivity*
- *Part 32: Resonance testing – Testing the frequency and the phase response of accelerometers by means of shock excitation ^{*)}*

^{*)} In Vorbereitung

- *Part 33: Testing of magnetic field sensitivity* ^{*)}
- *Part 41: Calibration of laser vibrometers*
- *Part 42: Calibration of seismometers with high accuracy using acceleration of gravity*
- *Part 43: Calibration of accelerometers by model-based parameter identification* ^{*)}

Weitere Teile sind vorgesehen, die Teile der Normenreihe ISO 5347 ersetzen können.

ISO 5347 mit dem Titel *Methods for the calibration of vibration and shock pick-ups* besteht aus folgenden Teilen:

- *Part 7: Primary calibration by centrifuge*
- *Part 8: Primary calibration by dual centrifuge*
- *Part 12: Testing of transverse shock sensitivity*
- *Part 13: Testing of base strain sensitivity*
- *Part 14: Resonance frequency testing of undamped accelerometers on a steel block*
- *Part 15: Testing of acoustic sensitivity*
- *Part 16: Testing of mounting torque sensitivity*
- *Part 17: Testing of fixed temperature sensitivity*
- *Part 18: Testing of transient temperature sensitivity*
- *Part 19: Testing of magnetic field sensitivity*
- *Part 22: Accelerometer resonance testing – General methods*

^{*)} In Vorbereitung

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

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*

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

Verfahren zur Kalibrierung von Schwingungs- und Stoßaufnehmern — Teil 16: Kalibrierung mittels der Erdbeschleunigung

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 16063 legt die zur Primärkalibrierung von Beschleunigungsaufnehmern mittels der Erdbeschleunigung zu verwendende Geräteausrüstung und Vorgehensweise fest. Er gilt für Translationsaufnehmer mit statischem Ausgangssignal (d. h. bei der Frequenz 0 Hz), wie z. B. Dehnungsmessstreifen, piezoresistive Aufnehmer, Aufnehmer mit variabler Kapazität sowie Servo-Beschleunigungsaufnehmer.

Dieser Teil von ISO 16063 gilt für die betragsmäßige Kalibrierung des Übertragungskoeffizienten bei 0 Hz mit Bezug auf die örtlich vorliegende Erdbeschleunigung.

Bei Verwendung geeigneter Kalibriergeräte kann dieser Teil von ISO 16063 auf die betragsmäßige Kalibrierung des Übertragungskoeffizienten mit Bezug auf Bruchteile der örtlich vorliegenden Erdbeschleunigung bei 0 Hz angewendet werden. Die Spezifikation der verwendeten Geräteausrüstung umfasst Anforderungen an die Umgebungsbedingungen sowie spezifische Anforderungen an die einzusetzenden Geräte.

Der bei Anwendung dieses Teils von ISO 16063 für Beschleunigungsaufnehmer mit statischem Ausgangssignal erhaltene Übertragungskoeffizient kann für den bei niedrigen Frequenzen ebenen Teil des Beschleunigungsaufnehmer-Frequenzgangs herangezogen werden. Der Grad der Ebenheit des zutreffenden Frequenzbereichs ist bei der Messunsicherheit (MU) zu berücksichtigen.

Dieser Teil von ISO 16063 gilt für Bezugsnormal- und Gebrauchsnormal-Beschleunigungsaufnehmer sowie für die gesamte Beschleunigungsmesskette (Beschleunigungsaufnehmer samt Verstärker und Anzeigeeinheit).

2 Normative Verweisungen

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

ISO 16063-1, *Methods for the calibration of vibration and shock transducers — Part 1: Basic concepts*

3 Messunsicherheit

Von allen Anwendern dieses Teils von ISO 16063 wird erwartet, dass sie eine Unsicherheitsbilanz nach Anhang A aufstellen, um die Abschätzung ihrer Messunsicherheit (MU) dokumentieren zu können. Ein Beispiel einer Kalibrieranordnung ist angegeben, um eine Hilfestellung bei der Erstellung von Aufbauten zu bieten, die unterschiedliche Anforderungen an die Unsicherheit erfüllen.

Sofern der örtlich vorliegende (lokale) Wert g_1 der Erdbeschleunigung bekannt ist und angesetzt wird, kann eine MU von 0,1 % erreicht werden.

Sofern der örtlich vorliegende Wert g_l der Erdbeschleunigung nicht bekannt ist und stattdessen die Standard-Erdbeschleunigung g_n angesetzt wird (wobei der Einfluss der Höhenlage und der geographischen Breite ignoriert wird), kann eine MU von 0,5 % erreicht werden. Bei dieser Näherung wird von einem Wert der Erdbeschleunigung von $(9,806\,65 \pm 0,026) \text{ m/s}^2$ ausgegangen.

Die in diesem Abschnitt genannten Unsicherheitsgrenzen gelten bei Aufnehmern mit einer maximalen Querempfindlichkeit von 5 %.

Eine ausführlichere Beschreibung der Unsicherheitsanteile ist in Anhang A angegeben.

Die Messunsicherheit wird nach ISO 16063-1 als erweiterte Messunsicherheit angegeben (kurz als Unsicherheit bezeichnet).

4 Anforderungen an die Geräte und die weiteren Bedingungen

4.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt enthält empfohlene Spezifikationen für die Geräte, die erforderlich sind, um den Anwendungsbereich nach Abschnitt 1 zu erfüllen und die Unsicherheiten nach Abschnitt 3 einzuhalten. Das ist der Fall, wenn jedes Gerät die nachstehend aufgelisteten empfohlenen Spezifikationen erfüllt.

Die Dokumentation der erweiterten Unsicherheit mithilfe der Verfahren nach Anhang A ist verbindlich.

4.2 Umgebungsbedingungen

Die Kalibrierung ist unter den folgenden Umgebungsbedingungen durchzuführen:

- a) Raumtemperatur: $(23 \pm 3) ^\circ\text{C}$;
- b) relative Luftfeuchte: maximal 75 % RH.

Es ist darauf zu achten, dass die Qualität der Messungen nicht durch Schwingungen und Geräusche von außen beeinträchtigt wird.

4.3 Ankopplungstisch

Der Ankopplungstisch ist so anzuordnen, dass die Empfindlichkeitsachse des Beschleunigungsaufnehmers zwischen 0° und 180° relativ zur Richtung des Vektors der Erdbeschleunigung gedreht und angepasst werden kann.

In den Messpositionen muss in allen Richtungen der Winkel des Tisches in Bezug auf die vertikale Ebene innerhalb von $\pm 0,1^\circ$ eingehalten werden.

Bei der Durchführung von Messungen in Positionen, die Bruchteilen der örtlich vorliegenden Erdbeschleunigung entsprechen (Ankopplungswinkel $> 0^\circ$ und $< 180^\circ$), sind die bevorzugten Ankopplungswinkel nach Tabelle 1 zu verwenden.

Tabelle 1 — Bevorzugte Ankopplungswinkel

Ankopplungswinkel θ	Betrag der örtlich vorliegenden Erdbeschleunigung
-30° und $+30^\circ$ $+150^\circ$ und $+210^\circ$	$0,866\,0\,g_l$
-45° und $+45^\circ$ $+135^\circ$ und $+225^\circ$	$0,707\,1\,g_l$
$\pm 60^\circ$ $+120^\circ$ und 240°	$0,500\,0\,g_l$

$$a_\theta = g_l \cos \theta \quad (1)$$

Dabei ist

- a_θ der Betrag der örtlich vorliegenden Erdbeschleunigung bei Ankopplung des Beschleunigungsaufnehmers in einem bestimmten Winkel, in Meter je Quadratsekunde;
- θ der Ankopplungswinkel des Beschleunigungsaufnehmers, in Grad;
- g_l der Betrag der örtlich vorliegenden Erdbeschleunigung, in Meter je Quadratsekunde.

4.4 Messgeräte für das Ausgangssignal des Beschleunigungsaufnehmers

Ein Spannungsmessgerät zur Messung des Ausgangssignals des Beschleunigungsaufnehmers mit den folgenden Merkmalen ist zu verwenden:

- a) Frequenz: 0 Hz (Gleichspannung);
- b) maximale Unsicherheit: 0,05 % des Ablesewerts.

4.5 Erdbeschleunigung

Es sind der positive und der negative Betrag der örtlich vorliegenden Erdbeschleunigung, angegeben in Meter je Quadratsekunde (m/s^2), zu verwenden.

Der Wert des Betrags der örtlich vorliegenden Erdbeschleunigung g_l kann durch Messung mit Absolut- oder Relativgravimetern [17], mithilfe geodätischer Formeln [16] oder durch Recherche ermittelt werden.

$$g_l(\phi, H) = 9,780\,318\,4 (1 + 0,005\,302\,4 \sin^2 \phi - 0,000\,005\,9 \sin^2 2\phi) - 0,000\,003\,086\,H \quad (2)$$

Dabei ist

- g_l der Betrag der Erdbeschleunigung bei einer gegebenen Höhenlage und geographischen Breite, in Meter je Quadratsekunde;
- ϕ die gegebene geographische Breite, in Radiant;
- H die gegebene Höhenlage, in Meter über dem Meeresspiegel.

Unter Anwendung von Formel (2) kann g_l mit einer Unsicherheit von 0,01 % ($k = 1$) bestimmt werden.

Ist der Betrag der örtlich vorliegenden Erdbeschleunigung nicht bekannt, ist die Standard-Erdbeschleunigung g_n anzusetzen [10]:

$$g_n = 9,806\,65 \text{ m/s}^2 \quad (3)$$

5 Verfahren

5.1 Allgemeines

Da sich die Erdbeschleunigung mit dem Standort und der Höhenlage ändert (typische Werte der örtlich vorliegenden Erdbeschleunigung an den Standorten metrologischer Institute liegen im Bereich von $9,78 \text{ m/s}^2$ bis $9,83 \text{ m/s}^2$), ist der örtlich vorliegende Wert mit vier signifikanten Stellen anzusetzen.

5.2 Prüfverfahren bei 0° und 180°

Die Empfindlichkeitsachse des Beschleunigungsaufnehmers ist auf einen Winkel von 0° gegenüber dem Vektor der Erdbeschleunigung einzustellen und die Ausgangsspannung u_0 des Beschleunigungsaufnehmers aufzuzeichnen. Der Ankopplungstisch ist so zu drehen, dass sich die Empfindlichkeitsachse des Beschleunigungsaufnehmers in einem Winkel von 180° relativ zum Vektor der Erdbeschleunigung befindet. Die Ausgangsspannung u_{180} des Beschleunigungsaufnehmers ist aufzuzeichnen.

Der Übertragungskoeffizient S_g des Beschleunigungsaufnehmers in Volt je Meter je Quadratsekunde $[V/(m/s^2)]$ ist nach Formel (4) zu berechnen:

$$S_g = \frac{u_0 - u_{180}}{2g} \quad (4)$$

Dabei ist

u_0	der Wert der Ausgangsspannung des Beschleunigungsaufnehmers (V), gemessen am ersten Rotationsendpunkt 0° ;
u_{180}	der Wert der Ausgangsspannung des Beschleunigungsaufnehmers (V), gemessen am zweiten Rotationsendpunkt 180° ;
g	der für das Laboratorium angesetzte Betrag g_n oder g_l der Erdbeschleunigung, in Meter je Quadratsekunde.

5.3 Prüfverfahren für Bruchteile der Erdbeschleunigung

Die Empfindlichkeitsachse des Beschleunigungsaufnehmers ist auf $+\alpha$ und $-\alpha$ relativ zur vertikalen Ebene einzustellen, und nach einer ausreichenden Beruhigungszeit sind die Ausgangsspannungen $u_{+\alpha}$ und $u_{-\alpha}$ des Beschleunigungsaufnehmers aufzuzeichnen. Dann ist der Ankopplungstisch so zu drehen, dass sich die Empfindlichkeitsachse des Beschleunigungsaufnehmers in einem Winkel von $180^\circ + \alpha$ und $180^\circ - \alpha$ relativ zur vertikalen Ebene befindet. Nach ausreichender Beruhigungszeit sind die Ausgangsspannungen $u_{180+\alpha}$ und $u_{180-\alpha}$ des Beschleunigungsaufnehmers aufzuzeichnen.

Der Übertragungskoeffizient S_g des Beschleunigungsaufnehmers in Volt je Meter je Quadratsekunde $[V/(m/s^2)]$ ist nach Formel (5) zu berechnen: ^{N1)}

$$S_g = \frac{u_{+\alpha} + u_{-\alpha} - u_{180+\alpha} - u_{180-\alpha}}{4 g \cos \alpha} \quad (5)$$

Dabei ist

- S_g der Übertragungskoeffizient des Beschleunigungsaufnehmers, kalibriert bei einer Beschleunigung von $g \cos \alpha$;
- $u_{+\alpha}$ der Wert des Ausgangssignals des Beschleunigungsaufnehmers in der ersten Rotationsposition $+\alpha$, in Volt (V);
- $u_{-\alpha}$ der Wert des Ausgangssignals des Beschleunigungsaufnehmers in der vierten Rotationsposition $-\alpha$, in Volt (V);
- $u_{180+\alpha}$ der Wert des Ausgangssignals des Beschleunigungsaufnehmers in der zweiten Rotationsposition $180^\circ + \alpha$, in Volt (V);
- $u_{180-\alpha}$ der Wert des Ausgangssignals des Beschleunigungsaufnehmers in der dritten Rotationsposition $180^\circ - \alpha$, in Volt (V);
- g der für das Laboratorium angesetzte Betrag g_n oder g_l der Erdbeschleunigung, in Meter je Quadratsekunde (m/s^2);
- α der Winkel zwischen dem Vektor der Erdbeschleunigung und der Empfindlichkeitsachse des Beschleunigungsaufnehmers, in Grad ($^\circ$).

5.4 Betrachtungen zum Gleichspannungsoffset

Eine charakteristische Eigenschaft eines Beschleunigungsaufnehmers mit statischem Ausgangssignal ist der Gleichspannungsoffset u_{a0} , sofern keine Beschleunigung am Eingang vorliegt. Der Gleichspannungsoffset ist beispielsweise bei Anwendungen von Bedeutung, bei denen die Integration der Ausgangsspannung des Beschleunigungsaufnehmers erforderlich ist.

Die Gesamt-Ausgangsspannung u des Beschleunigungsaufnehmers ist:

$$u = S \cdot a + u_{a0} \quad (6)$$

Dabei ist

- u die Ausgangsspannung des Beschleunigungsaufnehmers;
- S der Übertragungskoeffizient des Beschleunigungsaufnehmers;
- a die Beschleunigung;
- u_{a0} die bei nicht vorhandener Beschleunigung gemessene Ausgangsspannung.

^{N1)} Nationale Fußnote: In ISO 16063-16:2014 lautet die Formel fälschlicherweise $S_g = \frac{u_{+\alpha} + u_{-\alpha} + u_{180+\alpha} + u_{180-\alpha}}{4 g \cos \alpha}$