

DIN ISO 16063-43

ICS 17.160

**Verfahren zur Kalibrierung von Schwingungs- und Stoßaufnehmern –
Teil 43: Kalibrierung von Beschleunigungsaufnehmern durch
modellgestützte Parameteridentifikation (ISO 16063-43:2015)**

Methods for the calibration of vibration and shock transducers –
Part 43: Calibration of accelerometers by model-based parameter identification
(ISO 16063-43:2015)

Méthodes pour l'étalonnage des transducteurs de vibrations et de chocs –
Partie 43: Étalonnage des accéléromètres par identification des paramètres à base de modèle
(ISO 16063-43:2015)

Gesamtumfang 26 Seiten

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

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich.....	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Formelzeichen	8
5 Typischer Frequenzgang und transiente Erregung.....	10
6 Allgemeine Vorgehensweise.....	12
7 Lineares Modell eines gedämpften Masse-Feder-Systems	12
7.1 Modell	12
7.2 Identifikation mit sinusförmigen Kalibrierdaten.....	13
7.3 Identifikation im Frequenzbereich mit Stoßkalibrierdaten	17
8 Praktische Erwägungen	22
8.1 Einfluss der Messkette.....	22
8.2 Synchronizität der Messkanäle	22
8.3 Eigenschaften der für die Identifikation verwendeten Primärdaten.....	22
8.4 Empirische Prüfung des Modells und Parametervalidierung.....	23
8.5 Statistische Prüfung der Modellgültigkeit.....	23
9 Ergebnisbericht.....	24
9.1 Allgemeine Erwägungen zum Bericht.....	24
9.2 Ergebnisse und Bedingungen, die in den Bericht aufzunehmen sind	24
Literaturhinweise.....	26

Nationales Vorwort

Dieser Deutschen Norm liegt die Internationale Norm ISO 16063-43:2015 in der korrigierten Fassung vom 2016-07-15 zugrunde, denn die ISO hat für die ursprünglich am 2015-11-15 erschienene, aber fehlerbehaftete Ausgabe eine korrigierte Fassung herausgegeben. Sie 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 Arbeitsausschuss NA 001-03-02 AA (NALS/VDI C 2) „Schwingungsmesstechnik“ des Normenausschusses Akustik, Lärmminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI.

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 Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 16063-21	siehe	DIN ISO 16063-21
ISO 16063-22	siehe	DIN ISO 16063-22
ISO/IEC Guide 98-3	siehe	DIN V ENV 13005
ISO/IEC Guide 98-3 Supplement 1	siehe	DIN V ENV 13005 Beiblatt 1

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 17: Primary calibration by centrifuge*
- *Part 21: Vibration calibration by comparison with a reference transducer*
- *Part 22: Shock calibration by comparison to a reference transducer*
- *Part 31: Testing of transverse vibration 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*

Die folgenden Teile sind in Vorbereitung:

- *Part 32: Resonance testing – Testing the frequency and the phase response of accelerometers by means of shock excitation*
- *Part 33: Testing of magnetic field sensitivity*
- *Part 44: Calibration of field vibration calibrators*
- *Part 45: In-situ calibration of transducers with built in calibration coil*

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

DIN V ENV 13005 Beiblatt 1, *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen — Beiblatt 1: Fortpflanzung von Verteilungen unter Verwendung einer Monte-Carlo-Methode**)

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*

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

Verfahren zur Kalibrierung von Schwingungs- und Stoßaufnehmern — Teil 43: Kalibrierung von Beschleunigungsaufnehmern durch modellgestützte Parameteridentifikation

Einleitung

Die Normenreihe ISO 16063 beschreibt in verschiedenen Teilen (ISO 16063-1, ISO 16063-11, ISO 16063-13, ISO 16063-21 und ISO 16063-22) die Geräte und Vorgehensweisen zur Kalibrierung von Schwingungsaufnehmern. Die Vorgehensweisen können in zwei Klassen eingeteilt werden: eine Klasse für die Verwendung stationärer Signale, insbesondere sinusförmige Erregung oder Multisinus-Erregung; und die andere Klasse für transiente Signale, insbesondere Stoßerregung. Während die erste Klasse aufgrund der intrinsischen und periodischen Wiederholbarkeit die geringsten Unsicherheiten bietet, ist die zweite Klasse für den Bereich mit hoher Schwingungsintensität vorgesehen, in welchem eine periodische Erregung aufgrund der begrenzten Leistung der Kalibriersysteme üblicherweise nicht durchführbar ist.

Die Ergebnisse der ersten Klasse werden in Form eines komplexen Übertragungskoeffizienten im Frequenzbereich angegeben und sind daher nicht direkt auf den Zeitbereich transienter Signale anwendbar.

Die Ergebnisse der zweiten Klasse werden als Einzelwerte (Spitzenwertverhältnis) im Zeitbereich angegeben, was die frequenzabhängige dynamische Antwort des Aufnehmers auf transiente Eingangssignale mit spektralen Komponenten im Resonanzbereich der Antwort des Aufnehmers (wessentlich) vernachlässigt. Als Folge dieser „Spitzenwertverhältnis-Kennzeichnung“ kann das Ergebnis der Kalibrierung eine starke Abhängigkeit von der Form des für die Kalibrierung verwendeten transienten Eingangssignals und demnach von der Kalibriereinrichtung aufweisen.

Dies hat zwei weitreichende Folgen:

- a) Die Kalibrierung mit Stoßerregung nach ISO 16063-13 oder ISO 16063-22 ist mit Blick auf die Weitergabe von Einheiten nur begrenzt anwendbar. Das bedeutet, dass die durch ein Kalibriergerät in einem Primärlabor ermittelten Stoß-Übertragungskoeffizienten S_{sh} auf das Gerät des Auftraggebers im sekundären Labor für die Kalibrierung möglicherweise nicht anwendbar sind. Dies ist auf eine unterschiedliche Form des Signals und demzufolge auf unterschiedliche spektrale Komponenten des Stoßerregungssignals des sekundären Geräts zurückzuführen.
- b) Ein Vergleich von Ergebnissen, die mit unterschiedlichen Kalibriereinrichtungen ermittelt wurden, ist in Bezug auf die Konsistenz der abgeschätzten Messunsicherheiten, z. B. für Validierungszwecke in einem Akkreditierungsprozess, nicht durchführbar, wenn die Einrichtungen Eingangssignale mit unterschiedlicher spektraler Zusammensetzung verwenden.

Bei der Vorgehensweise in dieser Norm handelt es sich um eine Beschreibung eines mathematischen Modells des Beschleunigungsaufnehmers als dynamisches System mit mechanischen Schwingungen am Eingang und elektrischen Schwingungen am Ausgang, wobei für letztere angenommen wird, dass sie sich proportional zu einer intrinsischen mechanischen Größe (z. B. Deformation) verhalten. Die abgeschätzten Werte der Parameter dieses Modells und die damit verbundenen Unsicherheiten werden dann auf Grundlage der mit bewährten Verfahren (nach ISO 16063-11, ISO 16063-13, ISO 16063-21 und ISO 16063-22)

ermittelten Kalibrierdaten bestimmt. Das vollständige Modell mit quantifizierten Parametern und den entsprechenden Unsicherheiten kann anschließend zur Berechnung der Antwort des Aufnehmers im Zeitbereich auf frei wählbare transiente Signale (einschließlich zeitabhängiger Unsicherheiten) oder als Ausgangspunkt für einen Prozess verwendet werden, bei dem das unbekannte transiente Eingangssignal des Aufnehmers aus dem gemessenen zeitabhängigen Ausgangssignal des Aufnehmers abgeschätzt wird (siehe ISO 16063-11 oder ISO 16063-13).

Als Nebeneffekt bietet das Verfahren üblicherweise auch eine Abschätzung eines kontinuierlichen Übertragungskoeffizienten des Modells im Frequenzbereich.

Kurz gefasst sind in dieser Norm Verfahren und Vorgehensweisen festgelegt, die dem Anwender Folgendes ermöglichen:

- Kalibrierung von Schwingungsaufnehmern für genaue Messungen transienter Eingangssignale;
- Durchführung von Vergleichsmessungen zur Validierung mithilfe transienter Erregung;
- Vorhersage transienter Eingangssignale und der zeitabhängigen Messunsicherheit;
- Ausgleichung der Auswirkungen der frequenzabhängigen Antwort von Schwingungsaufnehmern (in Echtzeit) und infolgedessen die Ausweitung der anwendbaren Bandbreite des Aufnehmers.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt Begriffe und Verfahren zur Abschätzung von Parametern fest, die in mathematischen Modellen verwendet werden, die die Eingangs-/Ausgangparameter von Schwingungsaufnehmern zusammen mit den entsprechenden Parameterunsicherheiten beschreiben. Mit den beschriebenen Verfahren werden die Parameter auf der Basis von Kalibrierdaten abgeschätzt, die mit genormten Kalibrierverfahren nach ISO 16063-11, ISO 16063-13, ISO 16063-21 und ISO 16063-22 gesammelt wurden. Die Spezifikation wird als Erweiterung der bestehenden Verfahren und Definitionen dieser Internationalen Normen bereitgestellt. Die beschriebene Abschätzung der Unsicherheit stimmt mit den Verfahren überein, die in ISO/IEC Guide 98-3 und ISO/IEC Guide 98-3/Supplement 1 festgelegt sind.

Mit der in dieser Norm dargelegten neuen Beschreibung wird beabsichtigt, die Qualität von Kalibrierungen und Messanwendungen mit breitbandigen bzw. transienten Eingangssignalen, z. B. Stoßimpulsen, zu verbessern. Die Norm ermöglicht eine Kennzeichnung der Antwort des Schwingungsaufnehmers auf ein transientes Eingangssignal und bietet somit eine Grundlage für die genaue Messung transienter Schwingungssignale mit der Vorhersage eines Eingangssignals aus einem aufgenommenen Ausgangssignal. Die auf dem vorgenannten Anwendungsgebiet verwendeten Kalibrierdaten für Beschleunigungsaufnehmer sollten zusätzlich in Übereinstimmung mit den nachfolgend beschriebenen Verfahren ausgewertet und dokumentiert werden, um Messmöglichkeiten und Unsicherheiten zu erfassen, die über die Einzelwert-Kennzeichnung nach ISO 16063-13 und ISO 16063-22 hinausgehen.

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 16063-11, *Methods for the calibration of vibration and shock transducers — Part 11: Primary vibration calibration by laser interferometry*

ISO 16063-13, *Methods for the calibration of vibration and shock transducers — Part 13: Primary shock calibration using laser interferometry*

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

ISO 16063-22, *Methods for the calibration of vibration and shock transducers — Part 22: Shock 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)*

ISO/IEC Guide 98-3/Supplement 1, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995) — Supplement 1: Propagation of distributions using a Monte Carlo method*

3 Begriffe

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

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

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: unter <http://www.iso.org/obp>