

Akustik und Schwingungstechnik
Laborverfahren zur Messung der vibro-akustischen Transfereigenschaften
elastischer Elemente
Teil 3: Indirektes Verfahren für die Bestimmung der dynamischen Steifigkeit elastischer Elemente für translatorische
Schwingungen (ISO 10846-3:2002)
Deutsche Fassung EN ISO 10846-3:2002

DIN**EN ISO 10846-3**

ICS 17.140.01

Acoustics and vibrations — Laboratory measurement of the vibro-acoustic properties of resilient elements —

Part 3: Indirect method for determination of the dynamic stiffness of resilient supports for translatory motion (ISO 10846-3:2002);
German version EN ISO 10846-3:2002

Acoustique et vibrations — Mesurage en laboratoire des propriétés de transfert vibro-acoustique des éléments élastiques —

Partie 3: Raideur dynamique en translation des supports élastiques
(Méthode indirecte) (ISO 10846-3:2002);
Version allemande EN ISO 10846-3:2002

Die Europäische Norm EN ISO 10846-3:2002 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 10846-3 wurde in ISO/TC 43 (Akustik) in Zusammenarbeit mit ISO/TC 108 (Mechanische Schwingungen und Stöße) auf Antrag von CEN/TC 211 (Akustik) erarbeitet. Von deutscher Seite wurde die Erarbeitung durch das Spiegelgremium NALS B 2 AK 3 (Sekundärer Schallschutz für Körper- und Flüssigkeitsschall) begleitet.

Die Erarbeitung dieser Norm, deren Anwendung sich auf die Fachbereiche der Akustik und Schwingungstechnik erstreckt, hat gezeigt, dass vor allem bei der Übersetzung von Fachbegriffen in die deutsche Sprache Abstimmungen und Entscheidungen erforderlich waren. Bezogen auf die Deutsche Fassung dieser Norm besteht diesbezüglich z. B. für die gewählte Übersetzung von „stiffness“ mit „Steifigkeit“ Erläuterungsbedarf. Zur Eigenschaft „steif“ ist in der Akustik analog zum Begriff „Masse“ der Begriff „Steife“ geprägt worden. In der Deutschen Fassung der Norm wurde jedoch der englische Ausdruck „stiffness“ mit dem in der Mechanik üblichen Begriff „Steifigkeit“ übersetzt.

In gleicher Weise sind auch andere gewählte Übersetzungen von Begriffen zu betrachten. Beispiele dafür sind: Transfer, Sperrmasse und feste Einspannung.

Gegenüber dem Entwurf wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Nebenwegübertragung werden eingehender betrachtet.
- b) Die dynamische Erregung kann auch mittels Piezoeerger erfolgen.
- c) Ergänzende Festlegungen zur Unterdrückung unerwünschter Schwingungen in Normalen- und Transversalrichtung.
- d) Im Messbericht ist zusätzlich die relative Luftfeuchte in Prozent anzugeben.

Fortsetzung Seite 2
und 43 Seiten EN

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

- e) Der Ergebnisbericht muss ergänzend Aussagen enthalten zu: Real- und Imaginärteil der Transfersteifigkeit; vereinfachte Angaben zur oberen Grenze von Eingangspegeln, für die die Prüfdaten als gültig angesehen werden (d. h. Höchstwert des Effektivwerts der Auslenkung); Grenzübergänge der Temperatur des Prüfkörpers, innerhalb derer die größte Messunsicherheit eingehalten wird; relative Feuchte in Prozent; Beschreibungen von Prüfungen des möglichen Einflusses von Hintergrundgeräusch; Beschreibungen von Prüfungen des möglichen Einflusses von Nebenwegübertragung.
- f) Es liegt in der Verantwortung des Anwenders dieses Teils von ISO 10846, hinreichende Informationen zur Genauigkeit der schmalbandigen Daten zu Phasenlage und Verlustfaktor zur Verfügung zu stellen.

Für die im Abschnitt 2 in Bezug genommenen Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen.

ISO 266	siehe DIN EN ISO 266:1997-08
ISO 2041	siehe DIN 1311 Beiblatt 1:1999-11, DIN 1311-1:2000-02, DIN 1311-2:1974-02, E DIN 1311-2:1999-06, DIN 1311-3:2000-02, DIN 1311-4:1974-02, DIN 5483-1:1983-06, DIN 45661:1998-06
ISO 5347-3	siehe —
ISO 5348	siehe DIN ISO 5348:1999-07
ISO 7626-1	siehe —
ISO 7626-2	siehe —

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN 1311-1:2000-02, *Schwingungen und schwingungsfähige Systeme — Teil 1: Grundbegriffe, Einteilung.*

E DIN 1311 Beiblatt 1:1999-11, *Schwingungen und schwingungsfähige Systeme — Schwingungen und Stöße — Begriffe.*

DIN 1311-2:1974-12, *Schwingungslehre — Einfache Schwinger.*

E DIN 1311-2:1999-06, *Schwingungen und schwingungsfähige Systeme — Teil 2: Lineare, zeitinvariante schwingungsfähige Systeme mit einem Freiheitsgrad.*

DIN 1311-3:2000-02, *Schwingungen und schwingungsfähige Systeme — Teil 3: Lineare, zeitinvariante schwingungsfähige Systeme mit endlich vielen Freiheitsgraden.*

DIN 1311-4:1974-02, *Schwingungslehre — Schwingende Kontinua, Wellen.*

DIN EN ISO 266:1997-08, *Akustik — Normfrequenzen (ISO 266:1997); Deutsche Fassung EN ISO 266:1997.*

DIN ISO 5348 (1999-07), *Mechanische Schwingungen und Stöße — Mechanische Ankopplung von Beschleunigungsaufnehmern (ISO 5348:1998).*

DIN 5483-1:1983-06, *Zeitabhängige Größen — Benennungen der Zeitabhängigkeit.*

DIN 45661:1998-05, *Schwingungsmesseinrichtungen — Begriffe.*

Deutsche Fassung

Akustik und Schwingungstechnik
**Laborverfahren zur Messung der vibro-akustischen
Transfereigenschaften elastischer Elemente**
Teil 3: Indirektes Verfahren für die Bestimmung der dynamischen Steifigkeit elastischer
Elemente für translatorische Schwingungen (ISO 10846-3:2002)

Acoustics and vibration —
Laboratory measurement of vibro-acoustic transfer
properties of resilient elements —
Part 3: Indirect method for determination of the dynamic
stiffness of resilient supports for translatory motion
(ISO 10846-3:2002)

Acoustique et vibrations —
Mesurage en laboratoire des propriétés de transfert vibro-
acoustique des éléments élastiques —
Partie 3: Raideur dynamique en translation des supports
élastiques (Méthode indirecte) (ISO 10846-3:2002)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 29. Mai 2002 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe.....	7
4 Grundlagen	10
5 Prüfaufbau und Messgeräte.....	10
5.1 Schwingungen in Normalenrichtung	10
5.1.1 Übersicht.....	10
5.1.2 Sperrmasse.....	10
5.1.3 System zur Aufbringung einer statischen Vorlast.....	11
5.1.4 Beschleunigungsmesssysteme.....	11
5.1.5 System zur dynamischen Anregung.....	14
5.1.6 Eingangsseitige Erregermasse.....	14
5.2 Transversalschwingungen.....	14
5.2.1 Übersicht.....	14
5.2.2 Sperrmasse.....	14
5.2.3 System zur Aufbringung einer statischen Vorlast.....	15
5.2.4 Beschleunigungsmesssysteme.....	15
5.2.5 Systeme zur dynamischen Anregung.....	15
5.2.6 Eingangsseitige Erregermasse.....	15
5.3 Unterdrückung unerwünschter Schwingungen.....	15
5.3.1 Übersicht.....	15
5.3.2 Normalenrichtung	16
5.3.3 Transversale Richtung	16
6 Kriterien für die Eignung des Prüfaufbaus.....	20
6.1 Frequenzbereich.....	20
6.2 Bestimmung der oberen Grenzfrequenz f_3	20
6.2.1 Effektive Masse	20
6.2.2 Verwendung einer vorgegebenen Masse	21
6.2.3 Experimentelle Bestimmung der effektiven Masse	22
6.3 Nebenwegübertragung	23
6.4 Unerwünschte eingangsseitige Schwingungen	23
6.5 Beschleunigungsaufnehmer.....	24
6.6 Kraftaufnehmer.....	25
6.7 Addition von Signalen	25
6.8 Analysatoren.....	25
7 Prüfverfahren.....	25
7.1 Einbau der Prüfkörper	25
7.2 Befestigung und Ankopplung der Beschleunigungsaufnehmer	26
7.3 Befestigung und Ankopplung des Schwingungserregers	26
7.4 Anregungssignal.....	26
7.5 Messungen.....	26
7.5.1 Allgemeines	26
7.5.2 Gültigkeit der Messungen	27
7.5.3 Messunsicherheit.....	27
7.6 Prüfung auf Linearität.....	27
8 Auswertung der Prüfergebnisse.....	28
8.1 Berechnung der dynamischen Transfersteifigkeit	28
8.2 Terzbandwerte der frequenzgemittelten dynamischen Transfersteifigkeit	28
8.3 Darstellung von Terzbandwerten	28
8.4 Darstellung von Schmalbandwerten	29

	Seite
9 Messbericht	30
10 Ergebnisbericht.....	30
Anhang A (informativ) Transfersteifigkeit für Rotationsschwingungsanteile.....	32
A.1 Allgemeines	32
A.2 Theorie	32
A.3 Transfersteifigkeiten für eine translatorische und eine rotatorische Komponente.....	35
A.4 Transfersteifigkeiten für zwei rotatorische Komponenten	36
Anhang B (informativ) Auswirkungen von Symmetrien auf die Matrix der Transfersteifigkeiten	40
Anhang C (informativ) Statische Federkennlinie.....	41
Literaturhinweise	42
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....	43

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom CEN/TC 211 „Akustik und Schwingungstechnik“ in Zusammenarbeit mit dem ISO/TC 43 "Akustik" erarbeitet, das von DS gehalten wird.

Dieses Europäische Dokument muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2002, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2002 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm ISO 10846-3:2002 wurde vom CEN ohne irgendeine Änderung genehmigt.

„Akustik und Schwingungstechnik — Laborverfahren zur Messung der vibro-akustischen Transfereigenschaften elastischer Elemente“:

- *Teil 1: Grundlagen und Übersicht*
- *Teil 2: Bestimmung der dynamischen Transfersteifigkeit elastischer Stützelemente für translatorische Schwingungen – Direktes Verfahren*
- *Teil 3: Indirektes Verfahren für die Bestimmung der dynamischen Transfersteifigkeit elastischer Stützelemente für translatorische Schwingungen*
- *Teil 4: Dynamische Steifigkeit von Elementen für translatorische Schwingungen mit Ausnahme von Stützelementen für translatorische Schwingungen*
- *Teil 5: Anregungspunktverfahren für die Bestimmung der niederfrequenten dynamischen Steifigkeit von Stützelementen*

Die Anhänge A, B und C dieses Teils von ISO 10846 dienen nur der Information.

Einleitung

Passive Schwingungsisolatoren verschiedener Arten werden verwendet, um die Übertragung von Schwingungen zu vermindern. Beispiele hierfür sind Befestigungen von Fahrzeugmotoren, elastische Aufstellungen von Gebäuden, elastische Aufstellungen und nachgiebige Wellenkupplungen von Schiffsantrieben sowie kleine Isolatoren an Haushaltsgeräten.

Dieser Teil von ISO 10846 enthält Festlegungen für ein direktes und ein indirektes Verfahren zur Bestimmung der dynamischen Transfersteifigkeitsfunktion von linearen elastischen Elementen (mit Ausnahme elastischer Stützelemente) wie z. B. elastischen Balgen, Schläuchen, Wellenkupplungen, Stromkabeln und Rohrsätteln. Dieser Teil von ISO 10846 gehört zu einer Reihe von Internationalen Normen über Laborverfahren zur Messung von vibro-akustischen Eigenschaften elastischer Elemente, darunter auch Normen über Messgrundlagen und ein direktes, ein indirektes und ein Anregungspunktverfahren für elastische Stützelemente. ISO 10846-1 ist eine allgemeine Anleitung für die Auswahl der geeigneten Internationalen Norm.

Die in diesem Teil von ISO 10846 beschriebenen Laborbedingungen beinhalten die Anwendung statischer Vorlast, wo dies angemessen ist.

Das in diesem Teil von ISO 10846 beschriebene Verfahren liefert brauchbare Ergebnisse bei solchen elastischen Elementen, die zur Minderung der Übertragung von Körperschall (überwiegend Frequenzen oberhalb 20 Hz) verwendet werden. Elemente, die zur Minderung von tieffrequenten Schwingungen oder von Stoßvorgängen dienen, werden durch dieses Verfahren nicht vollständig beschrieben.

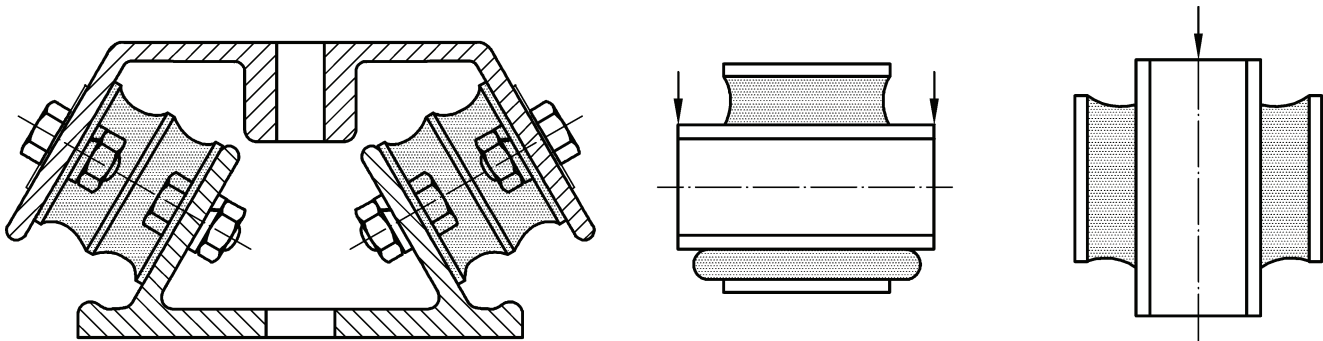
1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 10846 legt für elastische Stützelemente ein Verfahren zur Bestimmung der dynamischen Transfersteifigkeit für Translationsbewegungen unter vorgegebener Vorlast fest. Das Laborverfahren betrifft die Messung der Schwingungsübertragung und heißt Indirektes Verfahren. Das Verfahren ist anwendbar auf Prüfkörper mit parallelen Anschlussflächen (siehe Bild 1).

ANMERKUNG 1 Schwingungsisolatoren, für die dieser Teil von ISO 10846 zutrifft, werden verwendet, um die Übertragung von Schwingungen im Hörfrequenzbereich (Körperschall, 20 Hz bis 20 kHz) auf eine Struktur zu verringern, die z. B. unerwünschten Fluidschall (Luft-, Wasser- oder anderen Schall) abstrahlen kann.

ANMERKUNG 2 In der Praxis kann die Größe der zur Verfügung stehenden Prüfstände die Prüfung sehr kleiner und sehr großer elastischer Stützelemente einschränken.

ANMERKUNG 3 Dieses Verfahren gilt auch für Prüfmuster großflächiger Stützelemente in Streifen und Mattenform. Ob durch das Prüfmuster das Verhalten des gesamten Systems ausreichend beschrieben wird, liegt in der Verantwortung des Anwenders dieses Teils von ISO 10846.



ANMERKUNG 1 Falls ein elastisches Stützelement über keine parallelen Anschlussflächen verfügt, sind mittels zusätzlicher Befestigungselemente als Teil des Prüfkörpers parallele Anschlussflächen zu schaffen.

ANMERKUNG 2 Die Pfeile kennzeichnen die Belastungsrichtung.

**Bild 1 — Beispiele für elastische Stützelemente mit parallelen Anschlussflächen
(Pfeile deuten die Richtung der Belastung an)**

Dieser Teil von ISO 10846 gilt für Messungen von Translationsbewegungen, die sowohl normal als auch transversal (parallel) zu den Anschlussflächen verlaufen. Anhang A enthält Hinweise zur Messung der Transfersteifigkeit, welche auch Rotationskomponenten beinhalten.

Das Verfahren gilt für den Frequenzbereich zwischen f_2 und f_3 . Die Werte von f_2 und f_3 werden durch den Prüfstand und den zu prüfenden Isolator bestimmt. Üblicherweise gilt $20 \text{ Hz} \leq f_2 \leq 50 \text{ Hz}$ und $2 \text{ kHz} \leq f_3 \leq 5 \text{ kHz}$.

Die nach dem Verfahren in diesem Teil von ISO 10846 ermittelten Daten können verwendet werden für

- Produktinformationen, die Hersteller und Lieferanten zur Verfügung stellen;
- Informationen während der Produktentwicklung;
- Qualitätskontrolle;
- die Berechnung der Übertragung von Schwingungen über Isolatoren.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil des vorliegenden Teils von ISO 10846 sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Internationalen Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf diesem Teil von ISO 10846 basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im Folgenden genannten Normen angewendet werden können. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

ISO 266, *Acoustics — Preferred frequencies*.

ISO 2041:1990, *Vibration and shock — Vocabulary*.

ISO 5347-3¹⁾, *Methods for the calibration of vibration and shock pick-ups — Part 3: Secondary vibration calibration*.

ISO 5348, *Mechanical vibration and shock — Mechanical mounting of accelerometers*.

ISO 7626-1, *Vibration and shock — Experimental determination of mechanical mobility — Part 1: Basic definitions and transducers*.

ISO 7626-2, *Vibration and shock — Experimental determination of mechanical mobility — Part 2: Measurements using single-point translation excitation with an attached vibration exciter*.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teils von ISO 10846 gelten die Definitionen in ISO 2041 sowie die folgenden.

3.1

Schwingungsisolator elastisches Element

Isolator, der dazu ausgelegt ist, die Übertragung von Schwingungen in einem bestimmten Frequenzbereich zu mindern

[ISO 2041:1990, 2.110]

3.2

elastisches Stützelement

Schwingungsisolator, der geeignet ist, einen Teil der Masse einer Maschine, eines Gebäudes oder einer andersartigen zu tragen

3.3

Prüfkörper

das geprüfte elastische Stützelement einschließlich der Anschlussflächen und gegebenenfalls vorhandener zusätzlicher Befestigungen

3.4

Kraft bei fester Einspannung

F_b

Wechselkraft an der Ausgangsseite eines Schwingungsisolators, bei der am Ausgang keine Auslenkung auftritt

3.5

dynamische Transfersteifigkeit

$k_{2,1}$

das Verhältnis der komplexen Kraft am festgehaltenen eingespannten Ausgang eines elastischen Elements zur eingangsseitigen komplexen Auslenkung während einfacher harmonischer Schwingungen

ANMERKUNG 1 Die Indizes „1“ und „2“ entsprechen der Eingangs- bzw. Ausgangsseite.

1) In Überarbeitung als ISO 16063-21

ANMERKUNG 2 Der Wert von $k_{2,1}$ kann von der statischen Vorlast, der Temperatur oder anderen Bedingungen abhängig sein. Bei tiefen Frequenzen wird $k_{2,1}$ allein von der Federkraft und der Dämpfungskraft bestimmt, und es ist $k_{2,1} = k_{1,1}$. ($k_{1,1}$ bezeichnet das Verhältnis von Kraft zu Auslenkung an der Eingangsseite.)

ANMERKUNG 3 Bei höheren Frequenzen spielen Trägheitskräfte im elastischen Element ebenfalls eine Rolle und $k_{2,1} \neq k_{1,1}$.

3.6 Verlustfaktor des elastischen Elements

η
Quotient aus dem Imaginärteil von $k_{2,1}$ und dem Realteil von $k_{2,1}$ (d. h. der Tangens des Phasenwinkels von $k_{2,1}$) im tieffrequenten Bereich, innerhalb dessen Trägheitskräfte im Element vernachlässigt werden können

3.7 frequenzgemittelte dynamische Transfersteifigkeit

k_{av}
der Mittelwert der dynamischen Transfersteifigkeit als Funktion der Frequenz über ein Frequenzband Δf (siehe 8.2)

3.8 Punktkontakt

Kontaktfläche, die wie die Oberfläche eines starren Körpers schwingt

3.9 Schwingung in Normalenrichtung

translatorische Schwingung senkrecht zu einer Anschlussfläche eines elastischen Elements

3.10 Schwingung in Transversalrichtung

translatorische Schwingung in einer Richtung senkrecht zu der Schwingung in Normalenrichtung

3.11 Linearität

Eigenschaft des dynamischen Verhaltens eines elastischen Elements, wenn dieses das Superpositionsprinzip erfüllt

ANMERKUNG 1 Die Gültigkeit des Superpositionsprinzips kann folgendermaßen festgestellt werden: Wenn ein Eingangssignal $x_1(t)$ ein Ausgangssignal $y_1(t)$ hervorruft und in einem weiteren Versuch das Eingangssignal $x_2(t)$ das Ausgangssignal $y_2(t)$ hervorruft, gilt das Superpositionsprinzip, wenn das Eingangssignal $[ax_1(t) + bx_2(t)]$ das Ausgangssignal $[ay_1(t) + by_2(t)]$ hervorruft. Dies muss für alle Werte a , b und $x_1(t)$ und $x_2(t)$ gelten; a und b sind beliebige Konstanten.

ANMERKUNG 2 In der Praxis ist die oben genannte Prüfung auf Linearität nicht durchführbar, und es wird eine eingeschränkte Prüfung auf Linearität durchgeführt, indem die dynamische Transfersteifigkeit in einem Bereich von Eingangswerten gemessen wird. Tatsächlich wird durch dieses Vorgehen geprüft, ob die Systemantwort proportional zur Anregung ist (siehe 7.6).

3.12 direktes Verfahren

Verfahren, bei dem entweder die Auslenkung oder die Schnelle oder die Beschleunigung eingangsseitig und die Kraft am fest eingespannten Ausgang gemessen werden

3.13 indirektes Verfahren

Verfahren, bei dem der Schwingungsübertragungsfaktor (für Auslenkung, Schnelle oder Beschleunigung) eines elastischen Elements gemessen wird, wobei dieses ausgangsseitig mit einem kompakten Körper bekannter Masse belastet wird

ANMERKUNG Der Begriff „indirektes Verfahren“ kann so interpretiert werden, dass Lasten beliebiger bekannter Impedanz eingeschlossen sind, auch wenn diese Impedanz keine Massenimpedanz ist. In diesem Teil von ISO 10846 werden jedoch solche Verfahren nicht betrachtet.

3.14**Übertragungsfaktor** T

der Quotient $\underline{u}_2/\underline{u}_1$ der komplexen ausgangsseitigen Auslenkung $\underline{u}_2$ und eingangsseitigen Auslenkung $\underline{u}_1$ des Prüfkörpers bei einfacher harmonischer Schwingung

ANMERKUNG Der Übertragungsfaktor ist in ähnlicher Weise für die Schnelle v und die Beschleunigung a definiert und hat denselben Wert.

3.15**Kraftpegel** L_F

der nach der folgenden Gleichung berechnete Pegel

$$L_F = 10 \lg \frac{F^2}{F_0^2} \text{ dB}$$

Dabei ist F^2 der Effektivwert der Kraft in einem festgelegten Frequenzband, und $F_0 = 1 \mu\text{N}$ ist die Bezugskraft.

3.16**Beschleunigungspegel** L_a

der nach der folgenden Gleichung berechnete Pegel

$$L_a = 10 \lg \frac{a^2}{a_0^2} \text{ dB}$$

Dabei ist a^2 der Effektivwert der Beschleunigung in einem festgelegten Frequenzband, und $a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$ ist die Bezugsbeschleunigung.

3.17**Pegelmaß der dynamischen Transfersteifigkeit** $L_{k_{2,1}}$

der nach der folgenden Gleichung berechnete Pegel

$$L_{k_{2,1}} = 10 \lg \frac{|k_{2,1}|^2}{k_0^2} \text{ dB}$$

Dabei ist $|k_{2,1}|^2$ das Quadrat des Betrags der dynamischen Transfersteifigkeit (siehe 3.5) bei einer festgelegten Frequenz, und $k_0 = 1 \text{ Nm}^{-1}$ ist die Bezugssteifigkeit.

3.18**Pegelmaß der über ein Frequenzband gemittelten dynamischen Transfersteifigkeit** $L_{k_{av}}$

der nach der folgenden Gleichung berechnete Pegel

$$L_{k_{av}} = 10 \lg \frac{k_{av}^2}{k_0^2} \text{ dB}$$

Dabei ist k_{av} nach 3.7 definiert, und k_0 bezeichnet die Bezugssteifigkeit ($= 1 \text{ Nm}^{-1}$).

3.19

Nebenwegübertragung

ausgangsseitige Kräfte und Beschleunigungen, die zwar vom eingangsseitigen Schwingungserreger verursacht werden, jedoch über andere Ausbreitungswege fortgeleitet wurden als durch den Prüfkörper

4 Grundlagen

Die Grundlage der Messung nach dem indirekten Verfahren wird in ISO 10846-1 diskutiert.

Grundlage des Verfahrens ist die Tatsache, dass die Kraft bei fester Einspannung (festgehaltener Ausgang) aus Beschleunigungsmessungen an einer kompakten Masse m_2 abgeleitet wird, mit der sich hinreichend kleine Schwingungsamplituden auf der Ausgangsseite des Prüfkörpers ergeben. Diese Masse muss von den anderen Teilen des Prüfaufbaus dynamisch entkoppelt werden, um eine Nebenwegübertragung zu verhindern.

Für einfache harmonische Schwingungen und unter Verwendung der komplexen Schreibweise ergibt sich die Beziehung zwischen der dynamischen Transfersteifigkeit (siehe 3.6) des Prüfkörpers und dem gemessenen Schwingungsübertragungsfaktor (siehe 3.15) nach folgender Gleichung:

$$k_{2,1} = \underline{F}_{2,b} / \underline{u}_1 \approx -(2\pi f)^2 (m_2 + m_f) T \quad \text{für } |T| \ll 1 \quad (1)$$

Dabei ist:

m_f die Masse des ausgangsseitigen Flansches des Prüfkörpers;

die Indizes „1“ und „2“ bezeichnen die Eingangs- bzw. Ausgangsseite.

Eine gültige indirekte Bestimmung der ausgangsseitigen Kraft bei fester Einspannung im rechten Teil von Gleichung (1) ist nur möglich, wenn allein die ausgangsseitige Kraft bei fester Einspannung die entsprechende an der Sperrmasse gemessene Schwingung bestimmt. Daher ist grundsätzlich die Schwingung am Massenschwerpunkt des kompakten Körpers, der sich aus Sperrmasse und ausgangsseitigem Flansch des Prüfkörpers zusammensetzt, in Richtung der gewünschten Kraft zu messen.

5 Prüfaufbau und Messgeräte

5.1 Schwingungen in Normalenrichtung

5.1.1 Übersicht

Die Bilder 2 bis 4 zeigen beispielhaft Prüfaufbauten für elastische Stützelemente, die in normaler Lastrichtung zu translatorischen Schwingungen angeregt werden. Der Prüfkörper ist so anzubringen, wie es dem üblichen praktischen Gebrauch entspricht.

ANMERKUNG Die Zusammenstellung der Beispiele ist keineswegs erschöpfend und soll keine Einschränkung für Prüfaufbauprinzipien darstellen.

Damit der Prüfaufbau für die Messungen nach diesem Teil von ISO 10846 geeignet ist, muss er die in 5.1.2 bis 5.1.6 beschriebenen Komponenten umfassen.

5.1.2 Sperrmasse

Ausgangsseitig wird eine Sperrmasse an den Prüfkörper angeschlossen. Eine Funktion dieser Masse besteht darin, den Ausgang fest einzuspannen. Die ausgangsseitige Kraft bei fester Einspannung wird durch Messung der Beschleunigung dieser Masse bestimmt. Eine weitere Funktion dieser Masse besteht darin, eine gleichförmige Schwingung der ausgangsseitigen Anschlussfläche des Prüfkörpers zu bewirken.

5.1.3 System zur Aufbringung einer statischen Vorlast

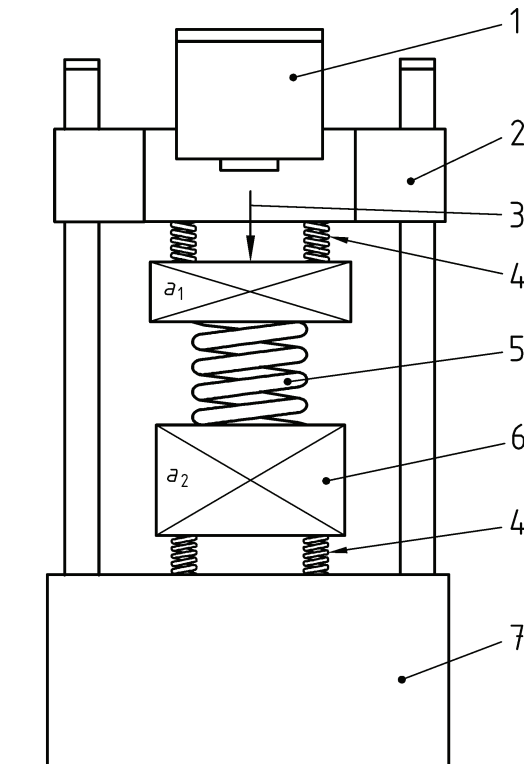
Bei den Messungen muss der Prüfkörper einer repräsentativen und festgelegten Vorlast ausgesetzt sein. Beispiele für Verfahren zur Aufbringung der statischen Vorlast sind im Folgenden genannt:

- Ein Hydraulikaktuator, der gleichzeitig als Schwingungserreger dient. Er wird zusammen mit dem Prüfkörper und der ausgangsseitigen Sperrmasse im Lastrahmen angebracht. Die Sperrmasse wird, um sie vom Lastrahmen zu entkoppeln, auf zusätzlichen Schwingungsisolatoren gelagert. Die gesamte dynamische Steifigkeit dieser zusätzlichen Isolatoren bei niedrigen Frequenzen liegt in derselben Größenordnung wie die des Prüfkörpers.
- Ein Rahmen, der lediglich die statische Vorlast liefert, siehe Bilder 2 und 3. Wird ein solcher benutzt, müssen zusätzliche Schwingungsisolatoren an der Eingangsseite des Prüfkörpers verwendet werden, um ihn vom Rahmen zu entkoppeln.
- Vorlast durch die Gewichtskraft einer auf dem Prüfkörper ruhenden Sperrmasse (mit oder ohne Stützrahmen; siehe Bild 4).

5.1.4 Beschleunigungsmesssysteme

Beschleunigungsaufnehmer sind auf der Eingangs- und Ausgangsseite des Prüfkörpers und an dem die Sperrmasse tragenden Fundament anzubringen. Falls der jeweilige Mittelpunkt nicht zugänglich ist, muss die Beschleunigung am Mittelpunkt indirekt durch geeignete Summation von Signalen bestimmt werden, z. B. durch Bildung des linearen Mittelwerts der beiden Signale, die von zwei symmetrisch angeordneten Beschleunigungsaufnehmern stammen.

Unter der Voraussetzung, dass ihr Frequenzbereich hinreichend groß ist, dürfen anstelle von Beschleunigungsaufnehmern Weg- oder Schnelleaufnehmer verwendet werden [siehe Bilder 2b) und 4].

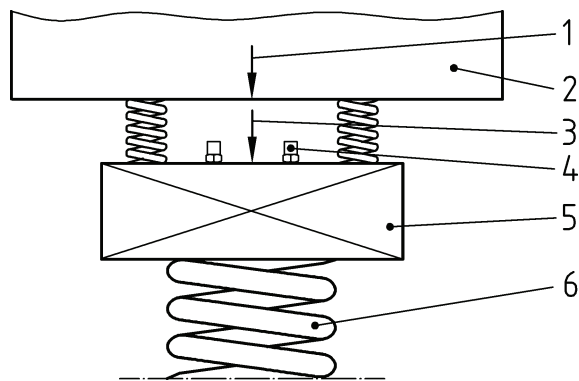


Legende

- | | |
|---|---------------------|
| 1 Erreger | 5 Prüfkörper |
| 2 Traverse | 6 Sperrmasse |
| 3 Stößel | 7 starres Fundament |
| 4 Federn zur dynamischen Entkopplung, statische Vorlast | |

a) Übersicht

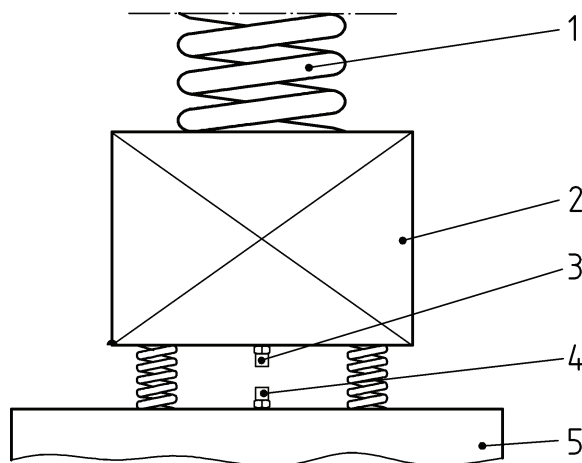
Bild 2 — Beispiel 1 für einen Prüfaufbau im Labor zur Messung der dynamischen Transfersteifigkeit für Translationsbewegungen in Normalenrichtung (fortgesetzt)



Legende

- | | |
|-----------------------|------------------------------------|
| 1 statische Vorlast | 4 Beschleunigungsmessung (a_1) |
| 2 Traverse | 5 Erregermasse |
| 3 dynamische Anregung | 6 Prüfkörper |

b) Eingangsseite (Details)



Legende

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1 Prüfkörper | 4 Beschleunigungsmessung (a_3) |
| 2 Sperrmasse (m_1) | 5 starres Fundament |
| 3 Beschleunigungsmessung (a_2) | |

c) Ausgangsseite (Details)

Bild 2 — Beispiel 1 für einen Prüfaufbau im Labor zur Messung der dynamischen Transfersteifigkeit für Translationsbewegungen in Normalenrichtung