

DIN ISO 16063-22

ICS 17.160

Einsprüche bis 2013-08-24

Entwurf**Verfahren zur Kalibrierung von Schwingungs- und Stoßaufnehmern –
Teil 22: Stoßkalibrierung durch Vergleich mit einem Referenzaufnehmer
(ISO 16063-22:2005 + DAM 1:2013)**

Methods for the calibration of vibration and shock transducers –
Part 22: Shock calibration by comparison to a reference transducer (ISO 16063-22:2005 +
DAM 1:2013)

Méthodes pour l'étalonnage des transducteurs de vibrations et de chocs –
Partie 22: Étalonnage de chocs par comparaison avec un transducteur de référence
(ISO 16063-22:2005 + DAM 1:2013)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2013-06-24 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 Begriffe	7
4 Messunsicherheit.....	7
5 Geräte.....	8
5.1 Allgemeines	8
5.2 Amboss-Stoß-Kalibratoren (100 m/s ² bis 100 km/s ²)	8
5.3 Stoß-Kalibratoren mit Hopkinson-Stab	13
5.4 Oszilloskop	15
5.5 Transientenrekorder mit Rechner-Schnittstelle	15
5.6 Rechner mit Datenverarbeitungskapazität.....	15
5.7 Filter	15
5.8 Weitere Anforderungen	15
6 Umgebungsbedingungen	16
7 Vorzugswerte der Beschleunigung und Impulsdauer	16
8 Verfahren	16
8.1 Vorgehensweise bei der Kalibrierung	16
8.2 Datenerfassung	16
8.3 Datenverarbeitung	17
9 Ergebnisbericht der Kalibrierung.....	21
Anhang A (normativ) Ermittlung der Messunsicherheit bei Kalibrierungen.....	22
Anhang B (informativ) Beispiele für die ermittelte Messunsicherheit bei Kalibrierungen	25
Anhang C (informativ) Dispersion in Stäben	28
Literaturhinweise	30

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 16063-22:2005 „Methods for the calibration of vibration and shock transducers — Part 22: Shock calibration by comparison to a reference transducer“ und der Änderungsentwurf DAM 1:2013 sind 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.

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

Diejenigen Passagen des Textes von ISO 16063-22:2005, die durch den Änderungsentwurf DAM 1:2013 modifiziert wurden, sind durch senkrechte Striche am Seitenrand gekennzeichnet.

Unter dem Begriff Impuls ist die zeitliche Änderung einer physikalischen Größe zu verstehen, bei der dem Übergang von einem Wert zu einem anderen sofort oder nach einem bestimmten Zeitintervall die Rückkehr zum Ausgangswert folgt (siehe IEV 101).

Zu den in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 5348	siehe DIN ISO 5348
ISO 9001	siehe DIN EN ISO 9001
ISO 16063-21	siehe DIN ISO 16063-21
ISO/IEC 17025	siehe DIN EN ISO/IEC 17025

Die Deutschen Normen sind in Anhang NA aufgeführt.

Die Internationale Norm ISO 16063 mit dem Haupttitel *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 *)*
- *Part 41: Calibration of laser vibrometers*
- *Part 42: Calibration of seismometers with high accuracy using acceleration of gravity*

Weitere Teile sind vorgesehen, die Teile von ISO 5347 ersetzen können.

Die Internationale Norm ISO 5347 mit dem Haupttitel *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 EN ISO 9001, *Qualitätsmanagementsysteme — Anforderungen*

DIN EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien*

DIN ISO 5348, *Mechanische Schwingungen und Stöße — Mechanische Ankopplung von Beschleunigungsaufnehmern*

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

IEV 101, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch — Teil 101-11: Mathematik – Skalare und vektorielle Größen; Identisch mit IEC 60050-101. www.dke.de/de/Online-Service/DKE-IEV/Seiten/IEV-Woerterbuch.aspx*

Verfahren zur Kalibrierung von Schwingungs- und Stoßaufnehmern — Teil 22: Stoßkalibrierung durch Vergleich mit einem Referenzaufnehmer

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 16063 legt die Geräte und Vorgehensweisen zur sekundären Stoß-Kalibrierung von Translationsaufnehmern fest, wobei der zeitabhängige Stoßverlauf durch Referenzmessung der Beschleunigung, der Geschwindigkeit oder der Kraft bestimmt wird. Die Verfahren gelten in einem Impulsdauer-Bereich¹⁾ von 0,05 ms bis 8,0 ms und einem Dynamikbereich (d. h. Spitzenwertbereich) von 100 m/s^2 bis 100 km/s^2 (abhängig von der Impulsdauer). Die Verfahren ermöglichen die Ermittlung des Stoß-Übertragungskoeffizienten (d. h. Verhältnis des Spitzenwerts der Ausgangsgröße des Aufnehmers zum Spitzenwert der Beschleunigung).

Diese Verfahren sind nicht vorgesehen für die Kalibrierung dynamischer Kraftaufnehmer, die in der Modalanalyse Verwendung finden.

ANMERKUNG 1 Größere Beschleunigungen (Spitzenwerte) als 100 km/s^2 und kürzere Impulsdauern als 0,05 ms sind mit Rückführung auf ISO 16063-13 möglich, wenn folgende Bedingungen für die primäre Stoß-Kalibrierung erfüllt sind:

- Der Stoßerreger beruht auf Wellenfortpflanzung in einem langen dünnen Stab, wie in 16063-13:2001, 4.3, festgelegt.
- Anwendung finden ein interferometrisches Verfahren und eine Vorgehensweise, wie in ISO 16063-13:2001, 4.6, festgelegt, wobei die höchste messbare Geschwindigkeit zu beachten ist.
- Die in ISO 16063-13 festgelegten Anforderungen an die Messunsicherheit werden erfüllt.
- Der Bezug auf primäre Methoden (Rückführung) ist durch den maximalen Beschleunigungswert begrenzt, der bei der primären Kalibrierung angewendet worden ist.

ANMERKUNG 2 Die in diesem Teil von ISO 16063 festgelegten Verfahren beruhen auf der Messung der zeitabhängigen Beschleunigung. Diese Verfahren unterscheiden sich grundlegend von einem anderen Stoß-Kalibrierverfahren, das auf dem Prinzip der Geschwindigkeitsänderung beruht, wie in ISO 16063-1 beschrieben. Der Stoß-Übertragungskoeffizient unterscheidet sich daher grundlegend vom Stoß-Kalibrierfaktor, der nach dem letzteren Verfahren erhalten wird, stimmt jedoch mit dem in ISO 16063-13 angegebenen Stoß-Übertragungskoeffizienten überein.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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 2041, *Mechanical vibration, shock and condition monitoring — Vocabulary*

1) In Ausnahmefällen sind kürzere oder längere Impulsdauern möglich.

ISO 5347-22, *Methods for the calibration of vibration and shock pick-ups — Part 22: Accelerometer resonance testing – General methods* ²⁾

ISO 16063-1:1998, *Methods for the calibration of vibration and shock transducers — Part 1: Basic concepts*

ISO 16063-13:2001, *Methods for the calibration of vibration and shock transducers — Part 13: Primary shock calibration using laser interferometry*

ISO 18431-2, *Mechanical vibration and shock — Signal processing — Part 2: Time domain windows for Fourier Transform analysis*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 2041 und der folgende Begriff.

3.1

Spitzenwert

Maximalwert des Betrags oder des Absolutwerts des Stoß-Impulses

4 Messunsicherheit

Die Grenzen der Messunsicherheit des Stoß-Übertragungskoeffizienten sind in Tabelle 1 angegeben.

Die Messunsicherheit ist als erweiterte relative Messunsicherheit entsprechend ISO 16063-1 angegeben (kurz als "Unsicherheit" bezeichnet). Die festgelegten Unsicherheiten gelten für einen Erweiterungsfaktor $k = 2$ entsprechend einer Überdeckungswahrscheinlichkeit von etwa 95 %.

Tabelle 1 — Unsicherheits-Referenzbedingungen für die sekundäre Stoß-Kalibrierung

Stoß-Kalibrator	Beschleunigungs-Spitzenwert ^a km/s ²	Minimale Impulsdauer ^{a,b} ms	Unsicherheitsgrenze
Pendel	1,5	3	5 %
Fallende Kugel	100	0,100	5 %
Pneumatisch angetriebenes Projektil	100	0,100	5 %
Hopkinson-Stab mit Geschwindigkeitsvergleich	2 000 ^c	0,025 ^c	10 %
Hopkinson-Stab mit Beschleunigungsvergleich	2 000 ^c	0,025 ^c	6 %
geteilter Hopkinson-Stab mit Kraftvergleich	2 000 ^c	0,025 ^c	10 %
^a zulässige Abweichungen der Spitzenwerte und Impulsdauern: ± 10 %. ^b Impulsdauer, gemessen bei 10 % des Spitzenwerts (siehe Abschnitt 7) ^c Im Falle von Hopkinson-Stäben ist die minimale Impulsdauer durch die Bandbreite begrenzt, über die der Stab eine ideale Kompressionswellenleitung approximiert, was durch den Durchmesser und die Materialeigenschaften des Stabes bestimmt wird. Weitere Informationen siehe Anhang C.			

2) Diese Fußnote ist gestrichen.

Die Unsicherheits-Festlegungen nach Tabelle 1 können eingehalten werden, solange die spektrale Energie, die durch Anregung der Resonanz einer beliebigen Mode im Aufnehmer oder in der Stoßerreger-Struktur während der Kalibrierung entsteht, klein im Vergleich mit der im Frequenzbereich der Kalibrierung enthaltenen spektralen Energie ist.

ANMERKUNG Wenn bei der Kalibrierung von Aufnehmern hoher Genauigkeit (z. B. von Referenzaufnehmern) große Sorgfalt darauf verwendet wird, zur Einhaltung der Festlegungen (siehe Unsicherheitsbilanzen in Anhang A) alle Unsicherheitskomponenten ausreichend klein zu halten, sind kleinere Unsicherheiten erreichbar als in Tabelle 1 angegeben. So wurde bei einem Ringvergleich zwischen mehreren Kalibrierlaboratorien unter Anwendung verschiedener Stoß-Kalibratoren (z. B. Stoßpendel-Kalibrator, Kugelfall-Kalibrator und Stoß-Kalibrator mit pneumatisch angetriebenem Projektil) im Beschleunigungs-Spitzenwertbereich von 200 m/s^2 bis $2\,000 \text{ m/s}^2$ nachgewiesen, dass die von den Kalibrierlaboratorien jeweils spezifizierte Messunsicherheit von 1 % in allen Fällen eingehalten worden ist [1].

Der Beschleunigungs-Spitzenwert kann durch den genormten Wert der Fallbeschleunigung, Formelzeichen g_n , ausgedrückt werden ($1 g_n = 9,806\,65 \text{ m/s}^2$; $1,5 \text{ km/s}^2 \approx 150 g_n$).

Die vom Aufnehmer-Hersteller spezifizierte kürzeste anwendbare Impulsdauer muss beachtet werden, um eine Erhöhung der Messunsicherheit und Beschädigung oder Zerstörung des Aufnehmers zu vermeiden.

5 Geräte

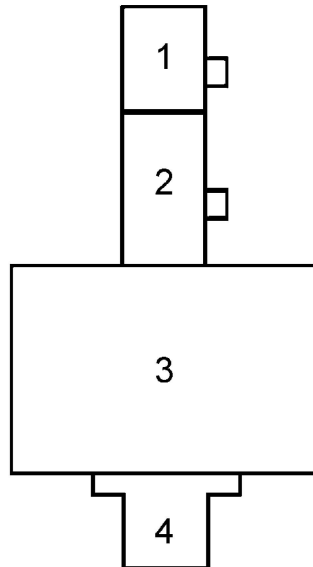
5.1 Allgemeines

Alle Flächen, an denen Aufnehmer (Referenzaufnehmer und zu kalibrierender Aufnehmer) angekoppelt werden, müssen poliert, eben und sauber sein. Die Fläche, an der der Aufnehmer angekoppelt wird, muss einen Mittenrauwert $R_a < 1 \text{ }\mu\text{m}$ aufweisen. Für die Ebenheit gilt, dass der Teil der Ankopplungsfläche, der von der größten Koppelfläche eines beliebigen zu kalibrierenden Aufnehmers bedeckt wird, zwischen zwei im Abstand von $5 \text{ }\mu\text{m}$ angeordneten parallelen Ebenen liegen muss. Die Gewindebohrung zur Befestigung des Aufnehmers muss eine Rechtwinkligkeits-Toleranz von $< 10 \text{ }\mu\text{m}$ einhalten, d. h. die Mittellinie der Bohrung muss innerhalb eines Zylinders mit $10 \text{ }\mu\text{m}$ Durchmesser und der Höhe gleich der Bohrungstiefe enthalten sein. Geeignete Anzugsdrehmomente findet man in der Literatur an vielen Stellen. Die Anzugsdrehmomente sind entsprechend dem Material der Ankopplungsfläche auszuwählen.

5.2 Amboss-Stoß-Kalibratoren (100 m/s^2 bis 100 km/s^2)

5.2.1 Allgemeines

Die in diesem Abschnitt empfohlenen Spezifikationen für Amboss-Stoß-Kalibratoren dienen der Erfüllung der Unsicherheits-Anforderungen nach Abschnitt 4. Wenn Kalibrierungen in Rücken-an-Rücken-Anordnung mittels eines Kugelfall-Stoß-Kalibrators oder eines Stoß-Kalibrators mit pneumatisch angetriebenem Projektil durchgeführt werden, wird empfohlen, den zu kalibrierenden Aufnehmer direkt auf der oberen Fläche des Referenzaufnehmers zu montieren, wie in Bild 1 gezeigt. Diese Ankopplungsart wird nicht empfohlen für Stoßpendel-Kalibratoren, siehe 5.2.2 und Bild 3. Bei höchsten Anforderungen an die Genauigkeit sollten die Abmessungen oder Massen der zu kalibrierenden Aufnehmer und von Montageelementen nicht erheblich größer als diejenigen des Referenzaufnehmers sein, weil der Übertragungskoeffizient und der Frequenzgang des Referenzaufnehmers von der angekoppelten Masse beeinflusst werden. Für alle Verfahren gilt, dass die Periodendauer der Eigenschwingungen des zu kalibrierenden Aufnehmers (gleich der reziproken Resonanzfrequenz) kleiner als das 0,2-Fache der Dauer des Halbsinus-Impulses des angewendeten Stoßes sein muss, um unzulässiges Überschwingen und "Klingeln" infolge von Resonanzanregung zu vermeiden.



Legende

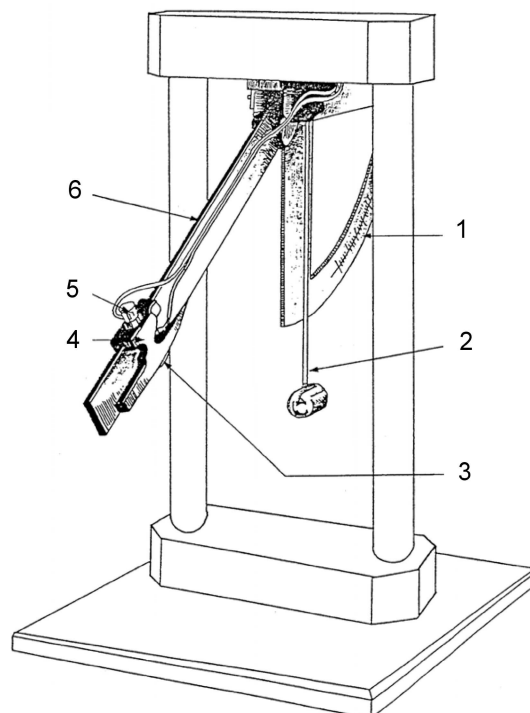
- 1 zu kalibrierender Aufnehmer
- 2 Referenzaufnehmer
- 3 Zusatzmasse
- 4 Amboss

Bild 1 — Empfohlene Ankopplung von Aufnehmern, Amboss und Zusatzmassen

5.2.2 Stoßpendel-Kalibrator

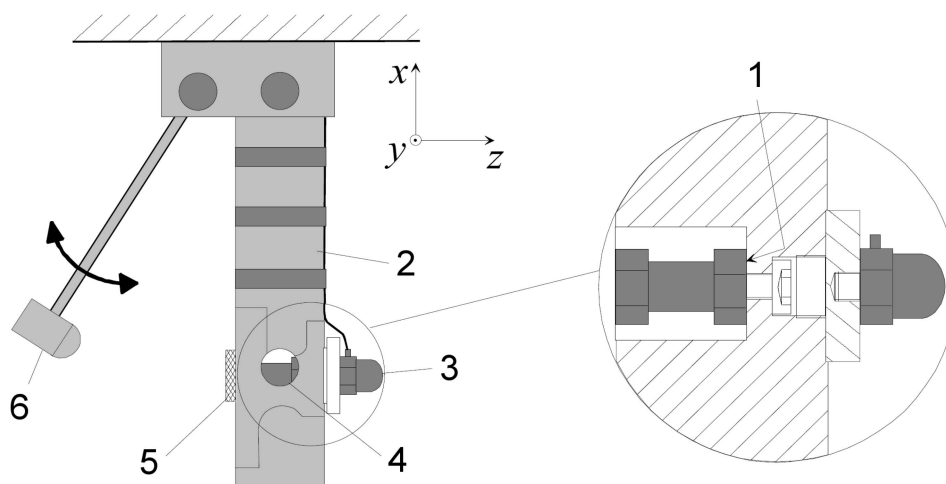
Der Stoßpendel-Kalibrator ermöglicht die Ermittlung des Stoß-Übertragungskoeffizienten sowie Bewertung der Amplitudenlinearität von Aufnehmern und ist geeignet, Kalibrierungen serienweise durchzuführen. Die Vergleichskalibrierungen erfolgen im Beschleunigungsbereich von 100 m/s^2 bis $1\,500 \text{ m/s}^2$ ($10 g_n$ bis $150 g_n$) bei Halbsinus-Impulsdauern (gemessen bei 10 % des Spitzenwertbetrags) zwischen 3 ms und 8 ms. Bild 2 zeigt eine schematische Darstellung des Stoßpendel-Kalibrators. Die Impulsdauer T ist vom Beschleunigungs-Spitzenwert abhängig; es gelten 3 ms für $1\,500 \text{ m/s}^2$ und 8 ms für 100 m/s^2 . Die Amplitudenlinearität (Linearitätsabweichung) kann gemessen werden über 4 bis 7 der abklingenden Stöße des Pendelsystems oder bei einer Anzahl einzelner Stöße mit verschiedenen gewählten Beschleunigungswerten.

Der Stoßpendel-Kalibrator besteht aus einem steifen Rahmen, einem Hammerpendel und einem Ambosspendel. Typische Abmessungen des Rahmens sind etwa $500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ für die quadratische Basisplatte und 780 mm für die Höhe. Die Masse der gesamten Konstruktion liegt bei etwa 60 kg. Die Länge des Ambosspendels beträgt etwa 400 mm. Wird das Hammerpendel bis zum gewünschten Winkel ausgelenkt und fallengelassen, gibt es einen Impuls an das Ambosspendel weiter. Die maximale Geschwindigkeitsänderung während des Stoßvorgangs ist kleiner als 3 m/s. Bild 3 zeigt die Befestigung eines Referenzaufnehmers und eines zu kalibrierenden Aufnehmers am Pendel. Eine Grad-Skale dient zur Einstellung der Hammerpendel-Auslenkung. Beide Pendel haben näherungsweise das gleiche Trägheitsmoment, sodass eine Serie von Stößen mit abnehmendem Spitzenwert entsteht. Eine Elastomer-Scheibe (Pulsformer) zwischen beiden Pendeln überträgt den Stoß mit bekannter Stoßform vom einen zum anderen Pendel. Die Härte der Elastomer-Scheibe bestimmt Form und Dauer des Impulses sowie die Anzahl der verwendbaren Stöße. Um die Impulsform "Halbsinus" zu erreichen, werden typischerweise 8 mm starke Butadien-Scheiben mit einer Härte von 56 Shore A verwendet. Der zu kalibrierende Aufnehmer und der Referenzaufnehmer sind am Ort des Schwingungsknotens der ersten axialen Schwingungsmode des Ambosspendels montiert, um den verfälschenden Einfluss von Strukturschwingungen zu vermeiden. Bei der Montage des zu kalibrierenden Aufnehmers am Ambosspendel ist darauf zu achten, dass der Schwerpunkt seiner seismischen Masse auf einer Linie mit der Messrichtung des Referenzaufnehmers liegt. Dies kann mittels einer Montage-Stiftschraube oder anderer optionaler Montage-Adapter erreicht werden [15].

**Legende**

- 1 Grad-Skala mit justierbarem Endanschlag
- 2 Hammerpendel
- 3 Elastomer-Scheibe (Pulsformer)

- 4 Referenzaufnehmer
- 5 zu kalibrierender Aufnehmer
- 6 Ambosspendel

Bild 2 — Beispiel eines Stoßpendel-Kalibrators für Aufnehmer**Legende**

- 1 Referenz- und Messfläche, verwendet bei primärer Kalibrierung
- 2 Ambosspendel
- 3 zu kalibrierender Aufnehmer

- 4 Referenzaufnehmer
- 5 Butadien-Scheibe (Pulsformer)
- 6 Hammerpendel

Bild 3 — Korrekte Aufnehmer-Ankopplung und Referenzfläche für den Referenzaufnehmer beim Stoßpendel-Kalibrator