

DIN EN 1793-5

ICS 17.140.30; 93.080.30

Einsprüche bis 2014-06-11
Vorgesehen als Ersatz für
DIN CEN/TS 1793-5:2003-08**Entwurf**

**Lärmschutzvorrichtungen an Straßen –
Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften –
Teil 5: Produktspezifische Merkmale – In-situ-Werte der Schallreflexion
in gerichteten Schallfeldern;
Deutsche Fassung prEN 1793-5:2014**

Road Traffic Noise reducing devices –
Test method for determining the acoustic performance –
Part 5: Intrinsic characteristics – In situ values of sound reflection under direct sound field
conditions;
German version prEN 1793-5:2014

Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier –
Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique –
Partie 5: Caractéristiques intrinsèques – Valeurs in-situ à réflexion acoustique dans des
conditions de champ acoustique direct;
Version allemande prEN 1793-5:2014

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-04-11 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 nabau@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 Bauwesen (NABau) im DIN, 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 60 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1793-5:2014) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 226 „Straßenausstattung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Der für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 005-10-26 AA „Lärmschutzeinrichtungen (SpA zu CEN/TC 226/WG 6), Gemeinschaftsausschuss mit FGSV“ im Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN verantwortlich.

Zu Beginn der Normungsarbeiten zur Reihe EN 1793 existierten nur die aus der Bauakustik stammenden Prüfverfahren zur Schallabsorption (Teil 1) und zur Luftschalldämmung (Teil 2). Dementsprechend erfolgten die Messungen in geschlossenen Laborprüfräumen mit (Mehrfach-) Reflexionen und nicht im Freien, wie für Lärmschutzwände typisch. Es bestand aber von Anfang an der Auftrag, neue Verfahren zur Anwendung *in situ* zu entwickeln (Teil 5).

Diese unter dem Arbeitsnamen Adrienne entwickelten und bekanntgewordenen Verfahren entsprachen weitgehend den typischen Anwendungssituationen im Freien und wurden deshalb unverzüglich in Form einer deutschen Vornorm bzw. einer Europäischen Technischen Spezifikation veröffentlicht, um dem Bedarf an Prüfverfahren *in situ* – z. B. zur Qualitätskontrolle oder Langzeitüberwachung ausgeführter Lärmschutzwände – entgegenzukommen und die Gewinnung von Erfahrungen und Erfahrungswerten zu ermöglichen.

Schließlich wurden konkrete Zahlenkriterien formuliert, um die Prüfungen und Ergebnisse für Situationen mit (Mehrfach-) Reflexionen gegenüber den Freifeldsituationen ohne (Mehrfach-) Reflexionen abzugrenzen.

Das Prüfverfahren zur Luftschalldämmung wurde als unkritisch angesehen und deshalb unverzüglich als Europäische Norm EN 1793-6 bzw. als deutsche Norm DIN EN 1793-6 veröffentlicht. Die offengebliebenen Fragen zur Prüfung der Schallabsorption bzw. der Schallreflexion konnten erst mit Abschluss des europäischen FuE-Projekts QUIESST geklärt und in einer separaten Europäischen Norm EN 1793-5 bzw. einer separaten deutschen Norm DIN EN 1793-5 Berücksichtigung finden.

Für die in diesem Dokument zitierte Internationale Norm wird im Folgenden auf die entsprechende Deutsche Norm hingewiesen:

IEC 60942 siehe DIN IEC 60942

Änderungen

Gegenüber CEN/TS 1793-5:2003-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) aus einer gemeinsamen Vornorm zur Schallabsorption und Luftschalldämmung wurden separate Normen zur Schallreflexion und Luftschalldämmung;
- b) die jeweiligen Einleitungskapitel grenzen die infragekommenden Anwendungssituationen systematisch gegeneinander ab: Diffuse Schallfelder (mit Reflexionen) bzw. gerichtete Schallfelder;
- c) die Anwendungsbereiche und die konkreten Inhalte der beiden Normen wurden nach den Erkenntnissen des Projekts QUIESST umfangreich überarbeitet.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN IEC 60942, *Schallkalibratoren*

Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 5: Produktspezifische Merkmale - In-situ-Werte der Schallreflexion in gerichteten Schallfeldern

Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier — Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique — Partie 5 : Caractéristiques intrinsèques - Valeurs in situ de réflexion acoustique dans des conditions de champ acoustique direct

Road Traffic Noise reducing devices — Test method for determining the acoustic performance — Part 5: Intrinsic characteristics — In situ values of sound reflection under direct sound field conditions

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.5a

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen	12
5 Messungen des Reflexionsindex	14
5.1 Allgemeines Prinzip	14
5.2 Messgröße	14
5.3 Prüfanordnung	17
5.4 Messapparatur	22
5.4.1 Komponenten des Messsystems	22
5.4.2 Schallquelle	23
5.4.3 Prüfsignal	23
5.5 Datenverarbeitung	24
5.5.1 Kalibrierung	24
5.5.2 Abtastrate	25
5.5.3 Hintergrundgeräusch	26
5.5.4 Signalsubtraktionsverfahren	26
5.5.5 Adrienne-Zeitfenster	29
5.5.6 Platzierung des Adrienne-Zeitfensters	31
5.5.7 Untere Grenzfrequenz und Prüfkörpergröße	32
5.6 Positionierung der Messeinrichtung	33
5.6.1 GröÙte der maximal abgetasteten Fläche	33
5.6.2 Auswahl der Messpositionen	34
5.6.3 Reflektierende Gegenstände	40
5.6.4 Sicherheitsaspekte	40
5.7 Prüfkörperoberfläche und Witterungsbedingungen	40
5.7.1 Zustand der Prüfkörperoberfläche	40
5.7.2 Wind	40
5.7.3 Lufttemperatur	40
5.8 Einzah-Angabe zur Schallreflexion DL_{RI}	40
5.9 Messunsicherheit	41
5.10 Ablauf der Messung	41
5.11 Prüfbericht	42
Anhang A (informativ) Messunsicherheit	44
A.1 Allgemeines	44
A.2 Messunsicherheit auf Grundlage von Daten der Vergleichpräzision	44
A.3 Standardabweichung der Wiederholpräzision und der Vergleichpräzision des Schallreflexionsindex	44
Anhang B (informativ) Vorlage für einen Prüfbericht zur Schallreflexion von Lärmschutzwänden an Straßen	46
B.1 Vorlage für einen Prüfbericht	46
B.2 Prüfaufbau (Beispiel)	48
B.3 Prüfkörper und Prüfsituation (Beispiel für eine andere Vorrichtung)	50
B.4 Ergebnisse (Beispiel)	52
B.4.1 Teil 1 – Ergebnisse in tabellarischer Form	52
B.4.2 Teil 2 – Ergebnisse in graphischer Form	53
Anhang C (informativ) Beziehung von akustischem Nah- und Fernfeld	54
C.1 Allgemeines	54
C.2 Verwendung des Arbeitsblattes	56
Literaturhinweise	58

Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1793-5:2014) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 226 „Straßenausstattung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm wurde unter der Federführung des Technischen Komitees CEN/TC 226 „Straßenausstattung“ durch die Arbeitsgruppe 6 „Lärmschutzvorrichtungen“ erarbeitet.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Es sollte in Verbindung mit folgenden Dokumenten gelesen werden:

EN 1793-1, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 1: Produktspezifische Merkmale der Schallabsorption*

EN 1793-2, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 2: Produktspezifische Merkmale der Luftschalldämmung in diffusen Schallfeldern*

EN 1793-3, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 3: Standardisiertes Verkehrslärmspektrum*

EN 1793-4, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 4: Produktspezifische Merkmale — In-situ-Werte der Schallbeugung*

CEN/TS 1793-6, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 6: Produktspezifische Merkmale — In-situ-Werte der Luftschalldämmung in gerichteten Schallfeldern*

Einleitung

Dieses Dokument beschreibt ein Prüfverfahren zur Bestimmung der produktspezifischen Merkmale der Schallreflexion von Lärmschutzvorrichtungen an Straßen in nicht halligen Umgebungen (ein Maß der produktspezifischen Eigenschaften). Es kann vor Ort angewendet werden, d. h. dort, wo Lärmschutzvorrichtungen aufgebaut sind. Das Verfahren kann ohne Beschädigung der Prüfkörperoberfläche angewendet werden.

Das Verfahren kann zur Qualifizierung von Produkten, die entlang von Straßen eingesetzt werden, sowie zum Nachweis der Übereinstimmung eingebauter Lärmschutzvorrichtungen mit der Bemessungsfestlegung verwendet werden. Die regelmäßige Anwendung des Verfahrens kann zum Nachweis der Langzeitwirksamkeit von Lärmschutzvorrichtungen verwendet werden.

Das Verfahren erfordert die Mittelwertbildung von Messergebnissen für verschiedene Punkte vor dem Prüfkörper und/oder für bestimmte Einfallswinkel. Es kann für die Untersuchung ebener und nicht ebener Produkte verwendet werden.

Die mit diesem Verfahren gewonnenen Messergebnisse zur Schallreflexion sind nicht direkt mit den Ergebnissen des Prüfstandverfahrens (z. B. EN 1793-1) vergleichbar und zwar hauptsächlich deshalb, weil das vorliegende Verfahren ein gerichtetes Schallfeld verwendet, während das Prüfstandverfahren ein diffuses Schallfeld voraussetzt. Das im vorliegenden Dokument beschriebene Prüfverfahren sollte nicht zur Bestimmung der produktspezifischen Eigenschaften der Schallreflexion von Lärmschutzvorrichtungen verwendet werden, die in halligen Umgebungen eingebaut werden, z. B. innerhalb von Tunneln oder in ausgeprägten Tieflagen.

Für die Anwendung des vorliegenden Dokuments wurde der Begriff der Halligkeit definiert über die Umhüllende e in einer Querschnittsebene durch Prüfkörper, Seitenhänge oder Gebäude (die Umhüllende umfasst nicht auch die Straßenoberfläche), wie durch die gestrichelten Linien in Bild 1 gezeigt wird. Die Umgebung gilt als hallig, wenn der offene Anteil der Umhüllenden höchstens 25 % beträgt, d. h.:

Halligkeit liegt vor bei $w/e \leq 0,25$, wobei $e = (w + h_1 + h_2)$.

Das vorliegende Verfahren führt die spezielle Größe des sogenannten Reflexionsindex ein, um die Schallreflexion einer Lärmschutzvorrichtung zu beschreiben, während Prüfstandverfahren einen Schallabsorptionsgrad ermitteln. Die im Prüfstand ermittelten Werte für den Schallabsorptionsgrad können in die üblichen Werte eines Schallreflexionsgrads umgerechnet werden, indem man auf das Komplement zu Eins übergeht. In diesem Fall lassen Forschungsstudien vermuten, dass zwischen Prüfstandsdaten, die nach EN 1793-1, und Felddaten, die nach dem im vorliegenden Dokument beschriebenen Verfahren gemessen wurden, eine ziemlich große Übereinstimmung besteht.

ANMERKUNG Das vorliegende Verfahren kann für die Qualifizierung von Lärmschutzvorrichtungen bei anderen Anwendungen, z. B. den Einbau in der Nähe von Industrieanlagen, verwendet werden. In diesem Fall sollten die Einzahlangaben anhand eines dafür geeigneten Spektrums berechnet werden.

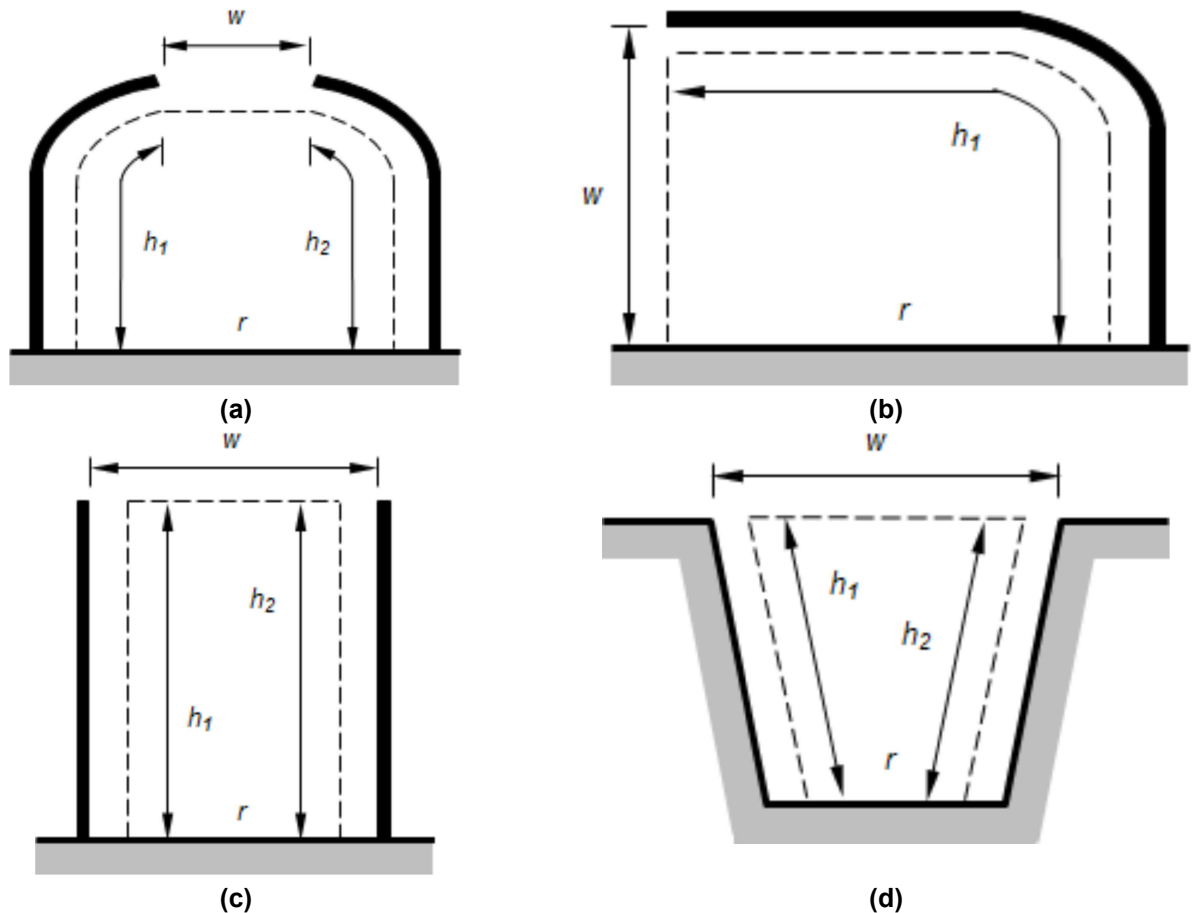


Bild 1 — (nicht maßstäblich) Schema zur Prüfung auf Halligkeit in vier Fällen.

(a) Teilabdeckung zu beiden Seiten der Straße, Umhüllende $e = w + h_1 + h_2$.

(b) Teilabdeckung auf einer Straßenseite, $e = w + h_1$.

(c) Umhüllende für tiefen Einschnitt, $e = w + h_1 + h_2$.

(d) Hohe Lärmschutzwände oder Gebäude, Einfassung $e = w + h_1 + h_2$.

In sämtlichen Fällen: r = Straßenoberfläche, w = Breite des offenen Raumes.

1 Anwendungsbereich

Das vorliegende Dokument beschreibt ein Prüfverfahren zur Messung einer Größe, die für die produktspezifischen Merkmale der Schallreflexion von Lärmschutzvorrichtungen an Straßen charakteristisch ist: den Reflexionsindex.

Das Prüfverfahren ist für folgende Anwendungen vorgesehen:

- Bestimmung der produktspezifischen Merkmale der Schallreflexion von Lärmschutzvorrichtungen, die entlang von Straßen einzubauen sind und die vor Ort oder an einem relevanten Abschnitt des Prüfkörpers zu messen sind;
- Bestimmung der vor Ort gegebenen akustischen Eigenschaften der Schallreflexion von Lärmschutzvorrichtungen im tatsächlichen Einsatz;
- Vergleich der Bemessungsspezifikationen mit den tatsächlichen Leistungsdaten nach Abschluss der Bauarbeiten;
- Überprüfung der Langzeitwirksamkeit von Lärmschutzvorrichtungen (durch wiederholtes Anwenden des Verfahrens).

Das Prüfverfahren ist nicht für folgende Anwendungen vorgesehen:

- Bestimmung der akustischen Eigenschaften der Schallreflexion von Lärmschutzvorrichtungen, die in halligen Umgebungen eingebaut werden, z. B. innerhalb von Tunneln oder in ausgeprägten Tieflagen.

Ergebnisse werden als Funktion der Frequenz in Terzbändern zwischen 100 Hz und 5 kHz angegeben. Falls es nicht möglich ist, gültige Messergebnisse über den gesamten Frequenzbereich zu gewinnen, müssen die Ergebnisse in einem eingeschränkten Frequenzbereich zusammen mit den Gründen der Einschränkung(en) eindeutig angegeben werden.

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).

EN 1793-1, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 1: Produktspezifische Merkmale der Schallabsorption*

EN 1793-2, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 2: Produktspezifische Merkmale der Luftschalldämmung*

EN 1793-3, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 3: Standardisiertes Verkehrslärmspektrum*

EN 1793-4, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 4: Produktspezifische Merkmale — In-situ-Werte der Schallbeugung*

EN 1793-6, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 6: Produktspezifische Merkmale — In-situ-Werte der Luftschalldämmung in gerichteten Schallfeldern*

IEC 60942:2003, *Electroacoustics — Sound calibrators*

IEC 61260:1995, *Electroacoustics — Octave-band and fractional-octave-band filters*

IEC 61672-1:2002, *Electroacoustics — Sound level meters — Part 1: Specifications*

ISO/IEC Guide 98, *Guide to the expression of uncertainty in measurement*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Lärmschutzvorrichtung

NRD

Vorrichtung zur Verringerung der Ausbreitung von Verkehrslärm an Straßen. Das kann eine Lärmschutzwand, eine Bekleidung, eine Straßenüberdeckung oder ein Wandaufsatz sein. Diese Vorrichtungen können sowohl Lärmschutzelemente als auch tragende Bauteilen umfassen

3.2

Lärmschutzwand

Lärmschutzvorrichtung, die die unmittelbare Übertragung des Luftschalls verhindert, der vom Straßenverkehr ausgeht

3.3

Lärmschutzelement

Bauteil, dessen Hauptfunktion darin besteht, die akustischen Eigenschaften der Lärmschutzvorrichtung zu erbringen

3.4

tragendes Bauteil

Bauteil, dessen Hauptfunktion darin besteht, Lärmschutzelemente zu tragen oder zu halten

3.5

Bekleidung

Lärmschutzvorrichtung, die an einer Wand oder einer anderen Konstruktion befestigt ist, um den reflektierten Schall zu verringern

3.6

Überdeckung

Lärmschutzvorrichtung, die die Straße in voller Breite oder teilweise überdeckt

3.7

zusätzliche Lärmschutzvorrichtung

zusätzliches Bauteil, das die akustischen Eigenschaften der gegebenen Lärmschutzvorrichtung beeinflusst (wirkt hauptsächlich auf die gebeugte Schallenergie)

3.8

straßenseitige Exposition

Verwendung des Produkts als eine entlang einer Straße installierte Lärmschutzvorrichtung

3.9

Schallreflexionsindex

Größe, die sich aus der durch Gleichung (1) beschriebenen Schallreflexionsprüfung ergibt

3.10

Messraster für Messungen des Schallreflexionsindex

vertikales Messraster aus neun, in einer quadratischen Anordnung von 3×3 gleichmäßig verteilten Mikrofonen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der orthogonale Abstand s zweier benachbarter Mikrofone beträgt sowohl senkrecht als auch waagrecht 0,40 m.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 3 und 5.6.

Anmerkung 3 zum Begriff: Mikrofone werden wie in Bild 3 b) nummeriert.

3.11

Bezugshöhe

Höhe h_S , die gleich der halben Höhe h_B der zu prüfenden Lärmschutzwand ist: $h_S = h_B/2$

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn die Höhe der zu prüfenden Vorrichtung höher als 4 m ist und es aus praktischen Gründen nicht ratsam ist, die Höhe der Schallquelle bei $h_S = h_B/2$ zu wählen, ist es möglich, unter Anerkennung der entsprechenden unteren Frequenzgrenze (siehe 5.5.7) $h_S = 2$ m zu verwenden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bilder 2 und 3.

3.12

Bezugsebene (für Schallquelle und Mikrofon) zur Messung des Schallreflexionsindex

Ebene, die der Beschallungsseite der Lärmschutzvorrichtung zugewandt ist und die die am meisten hervorstehenden Teile der zu prüfenden Vorrichtung innerhalb des Prüfbereichs berührt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bilder 2 und 4.

3.13

Schallquellen-Bezugsebene

bei aufgebauter Lärmschutzvorrichtung dem Lärm zugewandte Position, die sich in Bezugshöhe h_S befindet und so angeordnet ist, dass der waagerechte Abstand zwischen der Vorderseite der Schallquelle und der Bezugsebene $d_S = 1,50$ m beträgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bilder 2 und 4.

3.14

Bezugslage des Messrasters

Lage, für die sämtliche nachfolgenden Bedingungen zutreffen: i) das Messraster ist senkrecht angeordnet; ii) das Messraster befindet sich auf der Beschallungsseite der Lärmschutzvorrichtung, wenn die Vorrichtung aufgebaut ist; iii) das zentrale Mikrofon (Mikrofon Nr. 5) befindet sich auf Bezugshöhe h_S ; iv) der waagerechte Abstand zwischen zentralem Mikrofon und Bezugsebene beträgt $d_M = 0,25$ m; v) die Linie, die durch das Zentrum des Lautsprechers und das zentrale Mikrofon führt, verläuft senkrecht zur Bezugsebene.

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bilder 2, 3 und 4.

3.15

Bezugsabstand Lautsprecher-Messraster

Abstand zwischen der Vorderseite des Lautsprechers und dem zentralen Mikrofon (Mikrofon Nr. 5) des Messrasters (gehalten in senkrechter Lage)

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Bezugsabstand Lautsprecher-Messraster beträgt: $d_{SM} = 1,25$ m (siehe Bilder 2 und 4).

3.16

Freifeldmessung für die Messungen des Schallreflexionsindex

Messung, bei der sich Lautsprecher und Messraster in einem akustischen Freifeld befinden, damit nahe gelegene Objekte, einschließlich des Bodens, nicht miterfasst werden und wobei die Geometrie aus den Messungen vor der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung beibehalten wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 5.

3.17

größte abgetastete Fläche

auf die Vorderseite der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung projizierte Fläche, die frei von reflektierenden Objekten bleiben muss, welche bei Messungen zum Reflexionsindex zu Störreflexionen führen

3.18

Adrienne-Zeitfenster

unter 5.5.5 beschriebenes, zusammengesetztes Zeitfenster

3.19

Hintergrundgeräusch

Geräusch von anderen Schallquellen als der, die das Prüfsignal aussendet

3.20

Signal-Rausch-Verhältnis

S/N

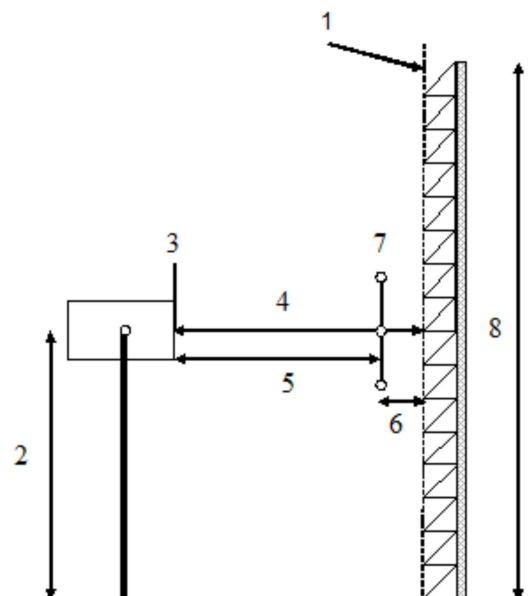
Differenz in Dezibel zwischen dem Prüfsignalpegel und dem Hintergrundgeräuschpegel zum Zeitpunkt der Erfassung des Prüfsignals (innerhalb des Adrienne-Zeitfensters)

3.21

Impulsantwort

Zeitsignal am Ausgang eines Systems, wenn eine Dirac-Funktion an den Eingang anlegt wird. Die Dirac-Funktion, auch δ -Funktion genannt, ist die mathematische Idealisierung eines zeitlich unendlich kurzen Signals, das den Energiewert Eins aufweist

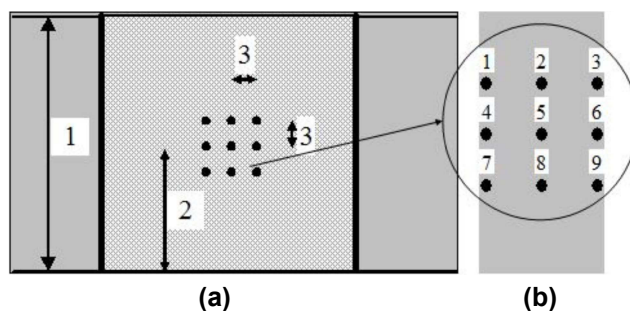
Anmerkung 1 zum Begriff: In der Praxis ist es unmöglich, echte Dirac-Delta-Funktionen zu erzeugen und abzustrahlen. Impulsförmiger Schall kann eine ausreichende Näherung bieten, ist jedoch nicht gut reproduzierbar. Eine alternative und im Allgemeinen genauere Messtechnik besteht darin, die Periode eines deterministischen Signals mit linearem Spektrum, wie z. B. eine Maximalfolge (MLS) oder einen exponentiellen Sinus-Sweep (ESS), zu nutzen und das gemessene Ansprechverhalten in eine Impulsantwort umzuwandeln.



Legende

- 1 Bezugsebene für Schallquelle und Mikrofon
- 2 Bezugshöhe h_s , in m
- 3 Vorderseite des Lautsprechers
- 4 Abstand zwischen der Vorderseite des Lautsprechers und der Bezugsebene d_s , in m
- 5 Abstand zwischen der Vorderseite des Lautsprechers und dem Messraster d_{SM} , in m
- 6 Abstand zwischen Messraster und Bezugsebene d_M , in m
- 7 Messraster
- 8 Höhe h_B der Lärmschutzeinrichtung, in m

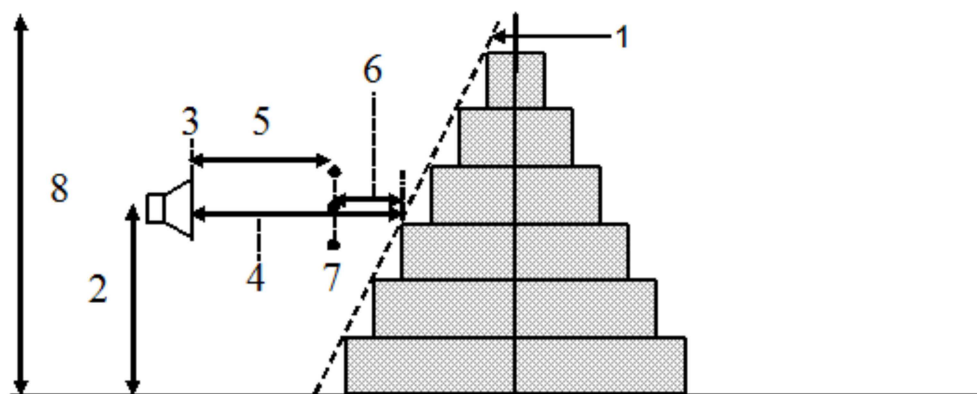
Bild 2 — (nicht maßstäblich) Skizze von Schallquelle und Messraster vor der zu prüfenden Lärmschutzeinrichtung bei den Messungen des Schallreflexionsindex



Legende

- 1 Höhe der Lärmschutzeinrichtung h_B , in m
- 2 Bezugshöhe h_s , in m
- 3 orthogonaler Abstand zwischen zwei benachbarten Mikrofonen s , in m

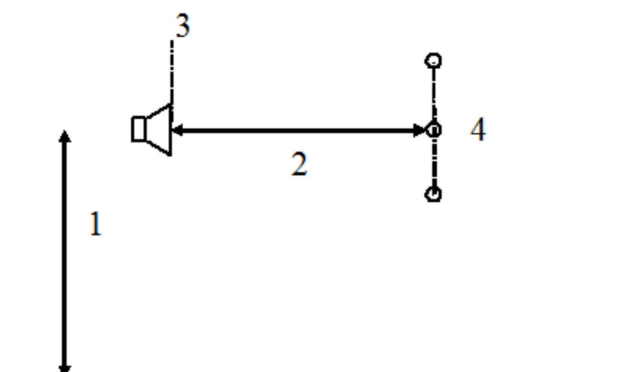
Bild 3 — (nicht maßstäblich) (a) Messraster für Messungen des Schallreflexionsindex (Beschallungsseite); (b) Nummerierung der Messpunkte, von der Schallquelle aus betrachtet



Legende

- 1 Bezugsebene für Schallquelle und Mikrofon
- 2 Bezugshöhe h_S , in m
- 3 Vorderseite des Lautsprechers
- 4 Abstand zwischen der Vorderseite des Lautsprechers und der Bezugsebene d_S , in m
- 5 Abstand zwischen der Vorderseite des Lautsprechers und dem Messraster d_{SM} , in m
- 6 Abstand zwischen Messraster und Bezugsebene d_M , in m
- 7 Messraster
- 8 Höhe h_B der Lärmschutzvorrichtung, in m

Bild 4 — (nicht maßstäblich) Anordnung von Schallquelle und Messraster zur Messung des Schallreflexionsindex bei einer geeigneten Lärmschutzvorrichtung (Seitenansicht)



Legende

- 1 Bezugshöhe h_S , in m
- 2 Abstand zwischen der Vorderseite des Lautsprechers und dem Messraster d_{SM} , in m
- 3 Vorderseite des Lautsprechers
- 4 Messraster

Bild 5 — (nicht maßstäblich) Skizze der Prüfanordnung zur Bezugsmessung des Schalls im „Freifeld“ zur Bestimmung des Schallreflexionsindex

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Abkürzungen und Symbole.

Tabelle 1 — Abkürzungen und Symbole

Symbol oder Abkürzung	Bezeichnung	Einheit
a	Hauptachse des Rotationsellipsoids, das zur Festlegung der größten abgetasteten Fläche bei schrägem Schalleinfall verwendet wird	m
a_0, a_1, a_2, a_3	Koeffizienten zur Angabe des viergliedrigen vollständigen Blackman-Harris-Fensters	—
b_s	Tiefe der Oberflächenstruktur des Prüfkörpers	m
b_m	Breite des Materialausschnittes des Prüfkörpers	m
c	Schallgeschwindigkeit in Luft	m/s
$C_{\text{geo},k}$	Korrekturfaktor für die geometrische Divergenz	—
$C_{\text{dir},k}$	Korrekturfaktor für die Richtwirkung der Schallquelle	—
$C_{\text{gain},k}$	Korrekturfaktor für Änderungen in der Verstärkung der Schallquelle	—
d_M	waagerechter Abstand der Bezugsebene von Schallquelle und Mikrofon zum Messraster; er entspricht $d_M = 0,25$ m	m
d_S	waagerechter Abstand der Bezugsebene von Schallquelle und Mikrofon zur Vorderseite der Lautsprecher; er beträgt $d_S = 1,50$ m	m
d_{SM}	waagerechter Abstand des Messrasters zur Vorderseite des Lautsprechers; er beträgt $d_{SM} = 1,25$ m	m
DL_{RI}	Einzahl-Angabe zur Schallreflexion	dB
δ_i	Eingabegröße für Abschätzungen der Messunsicherheit	—
Δf_g	Frequenzbereich, der die Terzbänder zwischen 500 Hz und 2 kHz umfasst	Hz
Δf_j	Breite des j -ten Terzbandes	Hz
Δt	Zeitschritt zwischen den an den diskreten Punkten der erfassten Daten (verknüpft über $\Delta t = 1/f_s$ mit der gegebenen Abtastrate)	ms
Δ_τ	Verschiebungsschritt der Freifeld-Impulsantwort beim Justiervorgang im verallgemeinerten Signalsubtraktionsverfahrens (siehe 5.5.4)	ms
Δt_{k5}	Zeitverzögerungsspanne zwischen dem Eintreffen des Direktschalls an Mikrofon k ($k \neq 5$) und an Mikrofon 5	ms
Δt_k	Zeitverzögerungsspanne zwischen dem Eintreffen des direkten und des reflektierten Schalls an Mikrofon k	ms
Δd_{k5}	Wegdifferenz zwischen dem Auftreffen des direkten Schalls auf Mikrofon k ($k \neq 5$) und Mikrofon 5	m
Δd_k	Wegdifferenz zwischen dem Auftreffen des direkten und des reflektierten Schalls auf Mikrofon k	m
ε_k	Zulässiger Weglängenunterschied am Mikrofon k	m

Symbol oder Abkürzung	Bezeichnung	Einheit
F	Symbol der Fourier-Transformation	—
f	Frequenz	Hz
$f_{\min}$	untere Frequenzgrenze bei Messungen des Schallreflexionsindex	Hz
f_s	Abtastrate	Hz
f_{co}	Grenzfrequenz des Anti-Aliasing-Filters	Hz
h_B	Höhe der Lärmschutzwand	m
h_S	Bezugshöhe	m
$h_{ik}(t)$	einfallende (Bezugs-)Komponente der Freifeld-Impulsantwort am k -ten Messpunkt	—
$h_{rk}(t)$	reflektierte Komponente der Impulsantwort am k -ten Messpunkt	—
j	Index des j -ten Terzbandes (zwischen 100 Hz und 5 kHz)	—
k_p	Erweiterungsfaktor	—
k_f	Konstante beim Anti-Aliasing-Filter	—
L_p	Abtastperiodenlänge bei einer nicht homogenen Lärmschutzeinrichtung	m
n_j	Zahl der Messpunkte, über die der Mittelwert gebildet wird	—
r	Radius der größten abgetasteten Fläche bei senkrechtem Schalleinfall	m
R_{sub}	Reduktionsfaktor	dB
RI_j	Schallreflexionsindex des j -ten Terzbandes	
s	orthogonaler Abstand zwischen zwei benachbarten Mikrofonen	m
s_r	Standardabweichung der Wiederholbarkeit	—
s_R	Standardabweichung der Reproduzierbarkeit	—
t	Zeit	s oder ms
$T_{W,BH}$	Länge der Blackman-Harris-Hinterflanke des Adrienne-Zeitfensters	ms
$T_{W,ADR}$	Gesamtlänge des Adrienne-Zeitfensters	ms
u	Standardmessunsicherheit	—
U	erweiterte Messunsicherheit	—
$w_{ik}(t)$	Zeitfenster für die Freifeld-Bezugskomponente (Adrienne-Zeitfenster) am k -ten Messpunkt	—
$w_{rk}(t)$	Zeitfenster (Adrienne-Zeitfenster) für die reflektierte Komponente am k -ten Messpunkt	—

5 Messungen des Reflexionsindex

5.1 Allgemeines Prinzip

Die Schallquelle strahlt eine impulsartige Schallwelle aus, die über die Position des Messrasters (Mikrofon) zu der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung läuft und durch diese reflektiert wird (Bilder 2 und 4). Jedes zwischen der Schallquelle und der zu prüfenden Vorrichtung angeordnete Mikrofon empfängt sowohl die von der Schallquelle zu der zu prüfenden Vorrichtung laufende, direkte Schalldruckwelle als auch die von der zu prüfenden Vorrichtung reflektierte (und gestreute) Schalldruckwelle. Die direkte Schalldruckwelle kann besser durch eine getrennte Freifeldmessung erfasst werden (siehe Bild 5). Die Leistungsspektren von direkter und reflektierter Komponente liefern die Grundlage zur Berechnung des Schallreflexionsindex.

Die Messung muss in einem im Wesentlichen freien Schallfeld in der direkten Umgebung der Lärmschutzvorrichtung, d. h. in einem Schallfeld durchgeführt werden, das frei ist von Reflexionen, die von anderen Oberflächen als derjenigen der zu prüfenden Vorrichtung stammen. Aus diesem Grund ist eine Impulsantwort anzustreben, deren Spitzen möglichst scharf sind: auf diese Weise können die von anderen Oberflächen als von der geprüften Vorrichtung herrührende Reflexionen anhand ihrer Zeitverzögerung identifiziert und ausgeblendet werden.

5.2 Messgröße

Zur Berechnung des Reflexionsindex RI als Funktion der Frequenz in Terzbändern wird folgender Ausdruck verwendet:

$$RI_j = \frac{1}{n_j} \sum_{k=1}^{n_j} \left[\frac{\int_{\Delta f_j} \left| F \left[t \cdot h_{r,k}(t) \cdot w_{r,k}(t) \right] \right|^2 df}{\int_{\Delta f_j} \left| F \left[t \cdot h_{i,k}(t) \cdot w_{i,k}(t) \right] \right|^2 df} \cdot C_{\text{geo},k} \cdot C_{\text{dir},k}(\Delta f_j) \cdot C_{\text{gain},k}(\Delta f_g) \right] \quad (1)$$

Dabei ist

- $h_{i,k}(t)$ der einfallende Bezugskomponente der Freifeld-Impulsantwort am k -ten Messpunkt;
- $h_{r,k}(t)$ die reflektierte Komponente der Impulsantwort am k -ten Messpunkt vor dem Prüfkörper;
- $w_{i,k}(t)$ das Zeitfenster (Adrienne-Zeitfenster) für die einfallende Bezugskomponente der Freifeld-Impulsantwort am k -ten Messpunkt;
- $w_{r,k}(t)$ das Zeitfenster (Adrienne-Zeitfenster) für die reflektierte Komponente am k -ten Messpunkt;
- F das Symbol für die Fourier-Transformation;
- j der Index der Terzbänder (zwischen 100 Hz und 5 kHz);
- Δf_j die Breite des j -ten Terzbands;
- k die Nummer der Mikrofone nach Bild 3(b) ($k = 1, \dots, 9$);
- n_j die Zahl der Mikrofonpositionen, über die der Mittelwert zu bilden ist ($n_j \geq 6$; siehe 5.6.2);
- $C_{\text{geo},k}$ der Korrekturfaktor für die geometrische Divergenz am k -ten Messpunkt;
- $C_{\text{dir},k}(\Delta f_j)$ der Korrekturfaktor für die Richtwirkung der Schallquelle am k -ten Messpunkt;
- $C_{\text{gain},k}(\Delta f_g)$ der Korrekturfaktor, um gegebenenfalls Änderungen in den Verstärkungseinstellungen des Lautsprechers und in den Empfindlichkeitseinstellungen der einzelnen Mikrofone beim Übergang zwischen den Messanordnungen „Freifeld“ und „vor dem Prüfkörper“ zu berücksichtigen (siehe 5.5.1 und Gleichung (4));
- Δf_g der Frequenzbereich, der die Terzbänder zwischen 500 Hz und 2 kHz umfasst.

Der Korrekturfaktor für die geometrische Divergenz $C_{\text{geo},k}$ ist gegeben durch:

$$C_{\text{geo},k} = \left(\frac{d_{r,k}}{d_{i,k}} \right)^2 \quad (2)$$

Dabei ist

- $d_{i,k}$ der Abstand der Vorderseite des Lautsprechers zum k -ten Messpunkt;
- $d_{r,k}$ der Abstand der Vorderseite des Lautsprechers zur Bezugsebene von Schallquelle und Mikrofon und zurück zum k -ten Messpunkt nach spiegelnder Reflexion;
- k die Nummer der Mikrofone nach Bild 3(b) ($k = 1, \dots, 9$);

ANMERKUNG Für Mikrofon Nr. 5 gilt: $d_{i,5} = d_{\text{SM}} = 1,25$ m.

Die Abstände $d_{i,k}$, $d_{r,k}$ und die Korrekturfaktoren $C_{\text{geo},k}$ sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2 — Abstände $d_{i,k}$, $d_{r,k}$ und Korrekturfaktoren $C_{\text{geo},k}$

k	$d_{i,k}$ m	$d_{r,k}$ m	$C_{\text{geo},k}$
1	1,37	1,84	1,80
2	1,31	1,80	1,87
3	1,37	1,84	1,80
4	1,31	1,80	1,87
5	1,25	1,75	1,96
6	1,31	1,80	1,87
7	1,37	1,84	1,80
8	1,31	1,80	1,87
9	1,37	1,84	1,80

ANMERKUNG Die Reflexionen von verschiedenen Teilen der zu prüfenden Oberfläche erreichen in Abhängigkeit des Laufweges vom Lautsprecher zur Position jedes Prüfoberflächenteils und zurück die Mikrofonposition zu verschiedenen Zeitpunkten. Je länger der Laufweg vom Lautsprecher zu einem Prüfoberflächenteil und zurück ist, umso größer ist die Zeitverzögerung. Folglich ist die an der Mikrofonposition gemessene Amplitude der reflektierten Schallwellen von verschiedenen Prüfoberflächenteilen umgekehrt proportional zur Laufzeit gedämpft. Bei unebenen, komplexen Vorrichtungen ist es schwierig, den genauen Laufweg jeder Schallwelle vorherzusagen, wenn auch noch die ungerichtete Streuung berücksichtigt wird; aus diesem Grund werden die Korrekturfaktoren für die geometrische Divergenz unter Zugrundelegung spiegelnder Reflexion an einer idealen, ebenen, reflektierenden Oberfläche berechnet.

Die Korrekturfaktoren für die Richtwirkung der Schallquelle sind gegeben durch:

$$C_{\text{dir},k}(\Delta f_j) = \frac{\int_{\Delta f_j}^{\Delta f_j} \left| F \left[h_{i,k}(t, \alpha_k) \cdot w_{i,k}(t) \right] \right|^2 df}{\int_{\Delta f_j}^{\Delta f_j} \left| F \left[h_{i,k}(t, \beta_k) \cdot w_{i,k}(t) \right] \right|^2 df} \quad (3)$$

Dabei ist

α_k	der Winkel den die Verbindungslinie zwischen der Mitte der Lautsprecher-Frontplatte und Mikrofon 5 mit der Verbindungslinie zwischen der Mitte der Lautsprecher-Frontplatte und Mikrofon k bildet (siehe Bild 6 a));
β_k	der Winkel, den die Verbindungslinie zwischen der Mitte der Lautsprecher-Frontplatte und Mikrofon 5 mit der Verbindungslinie zwischen der Mitte der Lautsprecher-Frontplatte und dem Weg der geometrischen Reflexion zu Mikrofon k bildet (siehe Bild 6 a));
$h_{i,k}(t, \alpha_k)$	die einfallende Bezugskomponente der Freifeld-Impulsantwort am k -ten Messpunkt;
$h_{i,k}(t, \beta_k)$	die einfallende Bezugskomponente der Freifeld-Impulsantwort in einem Punkt des Weges der geometrischen Reflexion für Mikrofon k im Abstand $d_{i,k}$ vom Mittelpunkt der Vorderseite des Lautsprechers;
$w_{i,k}(t)$	das Zeitfenster (Adrienne-Zeitfenster) für die einfallende Bezugskomponente der Freifeld-Impulsantwort am k -ten Messpunkt;
F	das Symbol für die Fourier-Transformation;
j	der Index der Terzbänder (zwischen 100 Hz und 5 kHz);
Δf_j	die Breite des j -ten Terzbands;
k	die Nummer der Mikrofone nach Bild 3(b) ($k = 1, \dots, 9$);

ANMERKUNG 1 Bei der Messung der Korrekturfaktoren für die Richtwirkung der Schallquelle müssen Zähler und Nenner von Gleichung (3) an zwei verschiedenen Punkten im konstanten Abstand $d_{i,k}$ (siehe Tabelle 2) vom Mittelpunkt der Vorderseite des Lautsprechers gemessen werden. Der erste Punkt befindet sich an der Mikrofonposition und der zweite Punkt befindet sich auf dem Weg der geometrischen Reflexion des Schalls, der durch den Lautsprecher emittiert wird (siehe Bild 6).

ANMERKUNG 2 Die Korrekturfaktoren für die Richtwirkung der Schallquelle müssen unter der Voraussetzung, dass sich die Richtcharakteristik nicht ändert, nur einmal je Schallquelle gemessen werden. Aus Genauigkeitsgründen können sie gelegentlich erneut gemessen werden (z. B. einmal je Jahr).