

DIN EN 1793-4



ICS 17.140.30; 93.080.30

EntwurfEinsprüche bis 2023-09-21
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 1793-4:2015-05

**Lärmschutzvorrichtungen an Straßen –
Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften –
Teil 4: Produktspezifische Merkmale – In-situ-Werte der
Schallbeugung;
Deutsche und Englische Fassung prEN 1793-4:2023**

Road traffic noise reducing devices –
Test method for determining the acoustic performance –
Part 4: Intrinsic characteristics – In situ values of sound diffraction;
German and English version prEN 1793-4:2023

Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier –
Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique –
Partie 4: Caractéristiques intrinsèques – Valeurs in-situ de la diffraction acoustique;
Version allemande et anglaise prEN 1793-4:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-07-21 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe 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/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, 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 88 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1793-4:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 226 „Straßenausstattung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-10-26 AA „Lärmschutzvorrichtungen (SpA zu CEN/TC 226/WG 6) Gemeinschaftsausschuss mit FGSV“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1793-4:2015-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Titel geändert;
- b) Aktualisierung von Abschnitt 2 „Normative Verweisungen“;
- c) Aktualisierung von Abschnitt 3 „Begriffe“ und Abschnitt 4 „Symbole und Abkürzungen“;
- d) Einzelwert $DL_{\Delta DI}$ wird jetzt mit einer Dezimalstelle angegeben;
- e) neuer Anhang A „Grenzwert für niedrige Frequenzen und Fensterbreite“ hinzugefügt;
- f) neuer Anhang C mit Vorlage für den Prüfbericht hinzugefügt;
- g) bisheriger Anhang A in Anhang D verschoben;
- h) Aktualisierung des Literaturverzeichnisses.

Lärmschutzvorrichtungen an Straßen – Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften – Teil 4: Produktspezifische Merkmale – In-situ-Werte der Schallbeugung

Road traffic noise reducing devices – Test method for determining the acoustic performance – Part 4: Intrinsic characteristics – In situ values of sound diffraction

Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier – Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique – Partie 4: Caractéristiques intrinsèques – Valeurs in-situ de la diffraction acoustique

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen	9
5 Messung der Schallbeugungsindex-Differenz	11
5.1 Kurzbeschreibung	11
5.2 Maße und Spezifikationen	11
5.2.1 Wandaufsätze	11
5.2.2 Bezugswände	11
5.2.3 In-situ-Prüfungen	12
5.3 Anordnung der Schallquelle	12
5.4 Anordnung des Mikrofons/der Mikrofone	13
5.5 Freifeld-Messungen	14
5.6 Messgröße	19
5.7 Messvorrichtung	19
5.7.1 Komponenten des Messsystems	19
5.7.2 Schallquelle	20
5.7.3 Prüfsignal	21
5.8 Datenverarbeitung	21
5.8.1 Kalibrierung	21
5.8.2 Abtastrate	22
5.8.3 Hintergrundgeräusch	22
5.8.4 Messpunkte	22
5.8.5 Adrienne-Zeitfenster	22
5.8.6 Anordnung des Adrienne-Zeitfensters	24
5.8.7 Untere Frequenzgrenze und Prüfkörpergröße	25
5.9 Anordnung der Messvorrichtung	26
5.9.1 Auswahl der Messstellen	26
5.9.2 Reflektierende Gegenstände	27
5.9.3 Sicherheitsaspekte	27
5.10 Prüfkörperoberfläche und Witterungsbedingungen	27
5.10.1 Zustand der Prüfkörperoberfläche	27
5.10.2 Wind	27
5.10.3 Lufttemperatur	27
5.11 Schallbeugungsindex-Differenz	27
5.12 Einzahl-Angabe der Schallbeugungsindex-Differenz	28
6 Messunsicherheit	29
7 Ablauf der Messung	29
7.1 Prüfbericht	30
Anhang A (informativ) Untere Frequenzgrenze und Fensterbreite	32
A.1 Allgemeines	32
Anhang B (informativ) Messunsicherheit	37
B.1 Allgemeines	37
B.2 Ausdruck zur Berechnung des Schallbeugungsindex	37
B.3 Beiträge zur Messunsicherheit	38
B.4 Erweiterte Messunsicherheit	38
B.5 Messunsicherheit auf Grundlage von Daten der Vergleichpräzision	39
Anhang C (normativ) Vorlage für den Prüfbericht über die Schallbeugungsindex-Differenz von Wandaufsätzen	40

C.1	Allgemeines	40
Anhang D (informativ)	Innenraummessungen zur Produktqualifizierung	43
D.1	Störreflexionen	43
D.2	Nachhallzeit des Raums	43
	Literaturhinweise	44

Bilder

Bild 1	Quellen- und Mikrofonanordnung in einem Längsschnitt des Prüfaufbaus ohne Wandaufsatz	14
Bild 2	Quellen- und Mikrofonanordnung in der Draufsicht der Prüfanordnung ohne Wandaufsatz	15
Bild 3	Mikrofonanordnung in einer vertikalen Rückansicht der Empfängerseite des Prüfaufbaus ohne Wandaufsatz	16
Bild 4	Quellen- und Mikrofonanordnung in einem Längsschnitt des Prüfaufbaus mit Wandaufsatz	16
Bild 5	Quellen- und Mikrofonanordnung in der Draufsicht der Prüfanordnung mit Wandaufsatz	17
Bild 6	Mikrofonanordnung in einer vertikalen Rückansicht der Empfängerseite des Prüfaufbaus mit Wandaufsatz	17
Bild 7	Quellen- und Mikrofonanordnung bei der Freifeld-Messung im Längsschnitt (Beispiel für Quellenposition S1 und Mikrofonposition M1)	18
Bild 8	Maximales horizontales Maß des Wandaufsatzes	18
Bild 9	Skizze mit den wesentlichen Komponenten des Messsystems	20
Bild 10	Das Adrienne-Zeitfenster	24
Bild 11	Beispiel für die Anwendung des Adrienne-Zeitfensters auf die durchtretende Komponente einer Impulsantwort	25
Bild 12	Untere Frequenzgrenze bei Messungen des Schallbeugungsindex als Funktion der Höhe des Prüfaufbaus bei der verbindlichen Quellenposition S1 (senkrechter Einfall)	26
Bild A.1	Fourier-Transformierte des Adrienne-Fensters mit einer Breite von 7,9 ms	33
Bild A.2	Untere Frequenzgrenze des Adrienne-Zeitfensters in Abhängigkeit von der Fensterbreite	34
Bild D.1	Freiraum um die Bezugswand mit Wandaufsatz im Längsschnitt	43

Tabellen

Tabelle 1	Symbole und Abkürzungen	9
Tabelle 2	Mindestwerte des Schalldämmungsindex der Bezugswand, gemessen nach EN 1793-6, zulässige Abweichung $\pm 0,5$ dB	12
Tabelle 3	Mindestwerte des Schallabsorptionsgrades zur Aufbereitung der Absorptionsfähigkeit der Bezugswand, gemessen im Hallraum, zulässige Abweichung $\pm 0,05$ dB	12
Tabelle A.1	Auf die nächste ganze Zahl gerundete untere Frequenzgrenze des Adrienne-Zeitfensters in Abhängigkeit von der Fensterbreite	34
Tabelle B.1	Angaben zur Ableitung der Gesamtunsicherheit	38
Tabelle C.1	Vorlage für den Prüfbericht über die Schallbeugungsindex-Differenz von Wandaufsätzen	40

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1793-4:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 226 „Straßenausstattung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 1793-4:2015 ersetzen.

Gegenüber dem ersetzten Dokument wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- der Titel wurde geändert;
- der Abschnitt „Verweisungen“ wurde aktualisiert;
- der Abschnitt „Begriffe“ und der Abschnitt „Symbole und Abkürzungen“ wurden aktualisiert;
- die Einzahl-Angabe $DL_{\Delta DI}$ wird jetzt mit einer Dezimalstelle angegeben;
- Anhang A „Untere Frequenzgrenze und Fensterbreite“ wurde hinzugefügt;
- Anhang C mit einer Vorlage des Prüfberichts wurde hinzugefügt;
- vorheriger Anhang A wurde in Anhang D verschoben;
- der Abschnitt „Literaturhinweise“ wurde aktualisiert.

EN 1793-4 ist Teil einer Normenreihe und sollte in Verbindung mit den anderen Normteilen gelesen werden. Alle Teile werden folgendermaßen aufgeführt:

- EN 1793-1:2023, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 1: Produktspezifische Merkmale — Schallabsorption unter den Bedingungen eines diffusen Schallfeldes*
- EN 1793-2:2023, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 2: Produktspezifische Merkmale — Luftschalldämmung unter den Bedingungen eines diffusen Schallfeldes*
- EN 1793-3:2023, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 3: Standardisiertes Verkehrslärmspektrum*
- EN 1793-4:2023, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 4: Produktspezifische Merkmale — In-situ-Werte der Schallbeugung*
- EN 1793-5:2023, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 5: Produktspezifische Merkmale — Schallabsorption in gerichteten Schallfeldern*
- EN 1793-6:2023, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 6: Produktspezifische Merkmale — Luftschalldämmung in gerichteten Schallfeldern*

Einleitung

Ein Teil des Marktes der Lärmschutzvorrichtungen an Straßen besteht aus Produkten, die zusätzlich auf diesen Lärmschutzvorrichtungen an Straßen verwendet werden und zur Schallschwächung beitragen sollen, wobei sie hauptsächlich auf das gebeugte Schallfeld einwirken. Diese Produkte werden im Folgenden als Wandaufsätze bezeichnet. Dieses Dokument wurde erarbeitet, um ein Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften von Wandaufsätzen festzulegen.

Das Prüfverfahren kann in situ angewendet werden, d. h. dort, wo Lärmschutzvorrichtungen an Straßen und Wandaufsätze montiert sind. Das Verfahren kann ohne Beschädigung der Lärmschutzvorrichtungen an Straßen oder der Wandaufsätze angewendet werden.

Das Verfahren kann zur Qualifizierung von Produkten, bevor diese entlang von Straßen eingesetzt werden, sowie zum Nachweis der Übereinstimmung montierter Wandaufsätze mit der Bemessungsspezifikation verwendet werden. Die wiederholte Anwendung des Verfahrens kann zum Nachweis der Langzeitwirksamkeit von Wandaufsätzen genutzt werden.

Zum Gegenstand dieses Dokuments ist keine weitere nationale oder Internationale Norm vorhanden.

Dieses Verfahren kann zur Qualifizierung von Lärmschutzvorrichtungen für die Anwendung unter anderen Bedingungen angewendet werden, z. B. in der Nähe von Industriegeländen. In diesen Fällen können die Einzahlangaben vorzugsweise unter Verwendung eines geeigneten Spektrums berechnet werden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt ein Prüfverfahren zur Bestimmung der produktspezifischen Merkmale der Schallbeugung bei Wandaufsätzen, die auf Lärmschutzvorrichtungen an Straßen montiert werden. Das Prüfverfahren sieht Messungen des Schalldruckpegels an mehreren Bezugspunkten nahe der Oberkante der Lärmschutzvorrichtung an Straßen mit und ohne montierte Wandaufsätze vor. Die Wirksamkeit des Wandaufsatzes berechnet sich aus der Differenz aus den mit und ohne Wandaufsatz gemessenen Werten unter Berücksichtigung der Änderungen der Höhe (das beschriebene Verfahren hebt den akustischen Nutzwert gegenüber einer einfachen Schutzvorrichtung derselben Höhe hervor; allerdings kann der Wandaufsatz in der Praxis die Höhe vergrößern, wodurch wiederum in Abhängigkeit von Sender- und Empfangsposition eine zusätzliche Abschirmung bereitgestellt werden kann).

Das Prüfverfahren ist für folgende Anwendungen vorgesehen:

- im Freien und in Innenräumen erfolgende Vorqualifizierung der Wandaufsätze, die auf Lärmschutzvorrichtungen an Straßen montiert werden;
- Bestimmung der Schallbeugungsindex-Differenz von Wandaufsätzen in der Praxis;
- Vergleich der Bemessungsspezifikationen mit den tatsächlichen Leistungsdaten nach Abschluss der Bauarbeiten;
- Überprüfung der Langzeitwirksamkeit von Wandaufsätzen (durch wiederholtes Anwenden des Verfahrens);
- interaktives Konstruktionsverfahren neuer Produkte, einschließlich der Erstellung von Montagehandbüchern.

Das Prüfverfahren kann sowohl in situ als auch an Prüfkörpern, die speziell für die Prüfung unter Verwendung des hier beschriebenen Verfahrens hergestellt wurden, angewendet werden.

Ergebnisse werden als Funktion der Frequenz in Terzbändern zwischen 100 Hz und 5 kHz angegeben. Ist es nicht möglich, gültige Messergebnisse über den gesamten Frequenzbereich zu gewinnen, müssen die Ergebnisse für den eingeschränkten Frequenzbereich zusammen mit den Gründen für die Einschränkung(en) klar angegeben werden. Aus den Frequenzdaten wird eine Einzahl-Angabe berechnet.

Hinsichtlich Messungen in Innenräumen siehe Anhang A.

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).

EN ISO 354:2003, *Akustik — Messung der Schallabsorption in Hallräumen (ISO 354:2003)*

EN 1793-1:2022, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 1: Produktspezifische Merkmale — Schallabsorption unter den Bedingungen eines diffusen Schallfeldes*

EN 1793-3:2022, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 3: Standardisiertes Verkehrslärmspektrum*

EN 1793-5:2022, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 5: Produktspezifische Merkmale — Schallabsorption in gerichteten Schallfeldern*

EN 1793-6:2022, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 6: Produktspezifische Merkmale — Luftschalldämmung in gerichteten Schallfeldern*

EN 61672-1:2013, *Elektroakustik — Schallpegelmesser — Teil 1: Anforderungen (IEC 61672-1:2013)*

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Lärmschutzvorrichtung an Straßen

RTNRD, en: road traffic noise reducing device

Vorrichtung zur Verringerung der Ausbreitung von Verkehrslärm an Straßen

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine RTNRD kann entweder nur Lärmschutzelemente (3.2) oder sowohl Lärmschutzelemente als auch tragende Bauteile (3.3) umfassen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Anwendungen von RTNRD schließen Lärmschutzwände (3.5), Bekleidungen (3.6), Überdeckungen (3.7) und Wandaufsätze (3.8) ein.

3.2

Lärmschutzelement

akustisches Element

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

3.3

tragendes Bauteil

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

3.4

selbsttragendes Lärmschutzelement

Lärmschutzelement, das über ein eigenes tragendes Bauteil verfügt, um sich selbst zu stützen

3.5

Lärmschutzwand

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

3.6

Bekleidung

Lärmschutzvorrichtung an Straßen, die an einer Wand oder an einem anderen Bauwerk befestigt ist und den reflektierten Schall vermindert

3.7

Überdeckung

Lärmschutzvorrichtung an Straßen, die die Straße in voller Breite oder teilweise überdeckt

3.8

Wandaufsatz

zusätzliches Bauteil, das die akustische Leistung der vorhandenen Lärmschutzvorrichtung an Straßen beeinflusst

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Wandaufsatz wirkt hauptsächlich auf die gebeugte Energie.

3.9

straßenseitige Beanspruchung

Verwendung des Produkts als eine an einer Straße entlang aufgestellte Lärmschutzvorrichtung

3.10

Schallbeugungsindex

Größe, die die Menge des Schalls darstellt, der von der zu prüfenden Vorrichtung gebeugt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies ist das Ergebnis einer Schallbeugungsprüfung nach dem vorliegenden Dokument.

Anmerkung 2 zum Begriff: Das Symbol des Schallbeugungsindex umfasst Informationen zum Versuchsaufbau. $DI_{x,refl}$ bezieht sich auf Messungen an einer reflektierenden Bezugswand. $DI_{x,abs}$ bezieht sich auf Messungen an einer absorbierenden Bezugswand. $DI_{x,situ}$ bezieht sich auf In-situ-Messungen; dabei steht anstatt des x eine „0“, wenn der Wandaufsatz nicht auf dem Prüfaufbau montiert ist und „ad“ steht für x , wenn sich der Wandaufsatz auf dem Prüfaufbau befindet (siehe Tabelle 1).

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Prüfung wird durch Gleichung (1) festgelegt.

3.11

Schallbeugungsindex-Differenz

Differenz aus den Ergebnissen der Schallbeugungsprüfungen an derselben Bezugswand mit und ohne Wandaufsatz

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies wird durch die Gleichung (5a), Gleichung (5b) und Gleichung (5c) beschrieben.

3.12

Prüfaufbau

Aufbau, auf dem sich der Wandaufsatz befindet

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei In-situ-Messungen handelt es sich um eine montierte Lärmschutzvorrichtung an Straßen; bei Güteprüfungen handelt es sich um eine Bezugswand (siehe 5.2).

3.13

Bezugsebene des Prüfaufbaus

vertikale Ebene, die durch den Mittelpunkt der Oberkante des Aufbaus verläuft (Bezugswand oder montierte Lärmschutzvorrichtung an Straßen), auf den der Wandaufsatz gestellt werden muss

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1, Bild 2, Bild 4, Bild 5, Bild 8.

3.14

Bezugshöhe des Prüfaufbaus ohne Wandaufsatz

Höhe des höchsten Punktes des Prüfaufbaus im Verhältnis zur umgebenden Bodenfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser höchste Punkt liegt nicht notwendigerweise in der Ebene der Längssymmetrie des Bezugs-Prüfaufbaus, falls diese Symmetrie vorhanden ist (Bild 1).

3.15

Bezugshöhe des Prüfaufbaus mit Wandaufsatz

Höhe des höchsten Punktes des auf dem Prüfaufbau montierten Wandaufsatzes im Verhältnis zur umgebenden Bodenfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser höchste Punkt liegt nicht notwendigerweise in der Ebene der Längssymmetrie des Bezugs-Prüfaufbaus, falls diese Symmetrie vorhanden ist (Bild 4).

3.16

Freifeldmessung bei Messungen des Schallbeugungsindex

Messung, die durchgeführt wird, indem Lautsprecher und Mikrofon ohne ein dazwischen befindliches Hindernis, einschließlich des Prüfaufbaus mit oder ohne Wandaufsatz, angeordnet werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe zum Beispiel Bild 7.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Anordnung von Mikrofonen und Lautsprechern entspricht den Angaben in 5.3, 5.4 und 5.5.

3.17

Adrienne-Zeitfenster

zusammengesetztes Zeitfenster

Anmerkung 1 zum Begriff: Wie in 5.8.5 beschrieben.

3.18

Hintergrundgeräusch

Geräusch von anderen Schallquellen als der, die das Prüfsignal aussendet

3.19

Signal-Rausch-Verhältnis

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

3.20

Impulsantwort

Zeitsignal am Ausgang eines Systems, wenn eine Dirac-Funktion an den Eingang angelegt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Dirac-Funktion, auch δ -Funktion genannt, ist die mathematische Idealisierung eines zeitlich unendlich kurzen Signals, das den Energiewert Eins aufweist.

Anmerkung 2 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.

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole:

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen

Symbol oder Abkürzung	Bezeichnung	Einheit
α	Schallabsorptionsgrad, gemessen nach EN ISO 354	—
DI_j	Schallbeugungsindex des j -ten Terzbandes	dB
$DI_{0,refl}$	Schallbeugungsindex für die reflektierende Bezugswand ohne Wandaufsatz	dB
$DI_{ad,refl}$	Schallbeugungsindex für die reflektierende Bezugswand mit Wandaufsatz	dB
$DI_{0,abs}$	Schallbeugungsindex für die absorbierende Bezugswand ohne Wandaufsatz	dB
$DI_{ad,abs}$	Schallbeugungsindex für die absorbierende Bezugswand mit Wandaufsatz	dB

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol oder Abkürzung	Bezeichnung	Einheit
$DI_{0,situ}$	Schallbeugungsindex für den In-situ-Prüfaufbau ohne Wandaufsatz	dB
$DI_{ad,situ}$	Schallbeugungsindex für den In-situ-Prüfaufbau mit Wandaufsatz	dB
δ_i	jede Eingabegröße, die eine Abschätzung der Messunsicherheit ermöglicht	—
Δf_j	Breite des j -ten Terzbandes	Hz
f	Frequenz	Hz
F	Symbol der Fourier-Transformierten	—
f_{min}	untere Frequenzgrenze bei Messungen des Schallbeugungsindex	Hz
f_s	Abtastrate	Hz
f_{co}	Grenzfrequenz des Anti-Aliasing-Filters	Hz
h_B	Höhe der Lärmschutzwand	m
h_{ref}	Bezugshöhe des Prüfaufbaus	m
$h_{ref,0}$	Bezugshöhe des Prüfaufbaus ohne Wandaufsatz	m
$h_{ref,ad}$	Bezugshöhe des Prüfaufbaus mit Wandaufsatz	m
$h_{i,k}(t)$	einfallende Bezugskomponente der Freifeld-Impulsantwort am k -ten Messpunkt	—
$h_{d,k}(t)$	Beugungskomponente der Impulsantwort am k -ten Messpunkt	—
j	Index des j -ten Terzbandes (zwischen 100 Hz und 5 kHz)	—
k	Index des k -ten Messpunkts ($k = 1 \dots n$)	—
k_p	Erweiterungsfaktor	—
k_f	Konstante beim Anti-Aliasing-Filter	—
L_b	Mindestlänge der Bezugswand	m
L_d	Mindestlänge des zu prüfenden Wandaufsatzes	m
n	Zahl der Messpunkte	—
SI	Schalldämmungsindex nach EN 16272-6	dB
t	Zeit	s oder ms
t_c	Lufttemperatur	°C
$T_{W,BH}$	Länge der Blackman-Harris-Hinterflanke des Adrienne-Zeitfensters	ms
u	Standardunsicherheit	—
U	erweiterte Unsicherheit	—
$w_{i,k}(t)$	Breite des Zeitfenster (Adrienne-Zeitfenster) für die Komponente der Freifeld-Impulsantwort am k -ten Messpunkt	ms
$w_{d,k}(t)$	Breite des Zeitfenster (Adrienne-Zeitfenster) für die am obersten Rand des Prüfaufbaus gebeugte Komponente der Impulsantwort, die am k -ten Messpunkt aufgenommen wird	ms

5 Messung der Schallbeugungsindex-Differenz

5.1 Kurzbeschreibung

Die Schallquelle strahlt eine impulsartige Schallwelle aus, die zu der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung läuft und dann daran teilweise reflektiert, teilweise übertragen und teilweise gebeugt wird. Das auf der anderen Seite der Lärmschutzvorrichtung angeordnete Mikrofon empfängt sowohl die von der Schallquelle durch die Lärmschutzvorrichtung an Straßen laufende, übertragene Schalldruckwelle als auch die durch die Oberkante der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung an Straßen gebeugte Schallwelle (damit die Prüfung sinnvoll ist, muss die Beugung durch die vertikalen Kanten des Prüfaufbaus mit einer ausreichenden Verzögerung erfolgen, um außerhalb des Adrienne-Zeitfensters zu liegen). Wird die Messung wiederholt, ohne dass sich Wandaufsatz und Prüfaufbau zwischen Lautsprecher und Mikrofon befinden, lässt sich die direkte Welle des freien Feldes bestimmen. Die Leistungsspektren der direkten und der durch die Oberkante gebeugten Komponenten liefern unter Berücksichtigung der Weglängendifferenz der beiden Komponenten die Grundlage zur Berechnung des Schallbeugungsindex.

Der endgültige Schallbeugungsindex muss ein bewerteter Mittelwert der an unterschiedlichen Punkten gemessenen Schallbeugungsindizes sein (siehe Bild 1 bis Bild 6).

Wird das Prüfverfahren in situ angewendet, müssen Messung und Berechnung des Schallbeugungsindex zweimal durchgeführt werden, mit und ohne Wandaufsatz auf dem Prüfaufbau.

Wird das Prüfverfahren auf Prüfkörper angewendet, die speziell für die Prüfung nach der vorliegenden Norm hergestellt wurden, muss der Wandaufsatz anschließend auf zwei Bezugswänden (reflektierend und absorbierend) oder auf derselben Bezugswand in zwei unterschiedlichen Konfigurationen (siehe 5.2) angeordnet werden, und Messung und Berechnung des Schallbeugungsindex müssen für beide Wände, mit und ohne Wandaufsatz, erfolgen.

Die Messung muss in einem im Wesentlichen freien Feld in der direkten Umgebung der Vorrichtung durchgeführt werden, d. h. in einem Feld, das frei ist von Reflexionen von anderen Oberflächen als denen der zu prüfenden Vorrichtung. Aus diesem Grund ist eine Impulsantwort anzustreben, deren Spitzen möglichst scharf sind: Auf diese Weise können Reflexionen, die von anderen Oberflächen als der Oberfläche der geprüften Vorrichtung herrühren, anhand ihrer Verzögerung identifiziert und ausgeblendet werden.

5.2 Maße und Spezifikationen

5.2.1 Wandaufsätze

Der Wandaufsatz muss eine Mindestlänge L_d von 10 m haben. Die Bezugswand muss eine Mindestlänge L_b von 10 m und eine Mindesthöhe von 4 m haben. Die Bezugswand muss vertikal und eben sein sowie fest und ohne Luftzwischenräume auf einer Tragkonstruktion (Fundament, Boden usw.) befestigt sein. Die obere Fläche der Tragkonstruktion muss sich auf gleicher Höhe mit der umgebenden Bodenfläche befinden.

Die maximale Größe des Wandaufsatzes, die senkrecht von der Bezugsebene aus gesehen entweder in Richtung der Quelle oder in Richtung der Mikrofone gemessen wird, darf 1,0 m nicht überschreiten (siehe Bild 8).

5.2.2 Bezugswände

Für die Prüfungen müssen zwei Ausführungen der Bezugswand verwendet werden:

- a) Eine reflektierende Bezugswand aus einheitlichen Wandfeldern mit einer glatten Oberfläche. Die Wand muss spaltfrei sein und ihre Dicke darf nicht mehr als 0,20 m betragen. Die Bezugswand muss über die Mindestwerte des Schalldämmungsindex, gemessen nach EN 1793-6 und festgelegt in Tabelle 2, verfügen, damit die Schallübertragung durch die Bezugswand zu vernachlässigen ist.

Tabelle 2 — Mindestwerte des Schalldämmungsindex der Bezugswand, gemessen nach EN 1793-6, zulässige Abweichung $\pm 0,5$ dB

Oktavmittenfrequenz (Hz)	125	250	500	1 000	2 000	4 000
SI (dB)	21,0	22,0	24,0	26,0	29,0	32,0

- b) Eine absorbierende Bezugswand, aufgebaut wie unter A beschrieben, die quellenseitig mit einer absorbierenden ebenen Schicht aus einem einzelnen porösen Material ausgekleidet ist, die über die Mindestwerte des Schallabsorptionsgrads, gemessen nach EN ISO 354 und festgelegt in Tabelle 3, verfügt.

Tabelle 3 — Mindestwerte des Schallabsorptionsgrades zur Aufbereitung der Absorptionsfähigkeit der Bezugswand, gemessen im Hallraum, zulässige Abweichung $\pm 0,05$ dB

Oktavmittenfrequenz (Hz)	125	250	500	1 000	2 000	4 000
α	0,20	0,50	0,85	0,95	0,95	0,95

5.2.3 In-situ-Prüfungen

Wird das Prüfverfahren in situ an vorhandenen Lärmschutzvorrichtungen mit der Absicht angewendet, gültige Ergebnisse für den gesamten in 5.6 festgelegten Frequenzbereich zu erhalten, muss der Prüfaufbau die Anforderungen in 5.2.2 erfüllen.

Können diese Anforderungen durch die vorhandene Lärmschutzvorrichtung nicht erfüllt werden, dürfen die erhaltenen Ergebnisse nur für einen eingeschränkten Frequenzbereich (siehe 5.8.7) und für die Art der geprüften Lärmschutzvorrichtung gültig sein.

5.3 Anordnung der Schallquelle

Es sind zwei Einfallswinkel, 90° und 45° , zu verwenden (siehe Bild 2 und Bild 5).

Zur Durchführung der Beugungsprüfung im rechten Winkel zum Prüfaufbau muss die Schallquelle wie folgt angeordnet sein (siehe Bild 1, Bild 2, Bild 4 und Bild 5):

- in der vertikalen Ebene, die die senkrecht zur Bezugsebene verlaufende Halbierungsebene enthält;
- horizontal: in einem Abstand von 2 m zur Bezugsebene des Prüfaufbaus;
- vertikal: im Verhältnis zur Bezugshöhe h_{ref} des Prüfaufbaus;
 - bei der obligatorischen Quellenposition S1: Mittelpunkt der Quelle 0,50 m tiefer als h_{ref} ;
 - bei der obligatorischen Quellenposition S2: Mittelpunkt der Quelle 0,15 m tiefer als h_{ref} ;
- ausgerichtet auf Mikrofonposition M1 (siehe 5.4 und Bild 1 und Bild 3).

Zur Durchführung der Beugungsprüfung bei einem Winkel von 45° zur Bezugsebene des Prüfaufbaus muss die Schallquelle wie folgt angeordnet sein (siehe Bild 2 und Bild 5):

- in einer vertikalen Ebene, die einen Winkel von 45° mit der Bezugsebene des Prüfaufbaus bildet und durch deren Mittelpunkt verläuft;
- horizontal: in einem Abstand von 2 m zur Bezugsebene des Prüfaufbaus;
- vertikal: im Verhältnis zur Bezugshöhe h_{ref} des Prüfaufbaus;

- bei der obligatorischen Quellenposition S3: Mittelpunkt der Quelle 0,50 m tiefer als h_{ref} ;
- bei der obligatorischen Quellenposition S4: Mittelpunkt der Quelle 0,15 m tiefer als h_{ref} ;
- ausgerichtet auf Mikrofonposition M6 (siehe 5.4 und Bild 2 und Bild 3).

5.4 Anordnung des Mikrofons/der Mikrofone

Zur Durchführung der Beugungsprüfung im rechten Winkel zum Prüfaufbau müssen die Mikrofone wie folgt angeordnet sein (siehe Bild 1 bis Bild 6):

- in der vertikalen Ebene, die die senkrecht zur Bezugsebene verlaufende Halbierungsebene enthält;
- horizontal: in einem Abstand von 2 m zur Bezugsebene des Prüfaufbaus;
- vertikal: im Verhältnis zur Bezugshöhe h_{ref} des Prüfaufbaus;
 - bei den obligatorischen Mikrofonpositionen M1, M2, M3, M4 und M5:
 - Mikrofon M1: 0,50 m höher;
 - Mikrofon M2: 0,25 m höher;
 - Mikrofon M3: auf gleicher Höhe wie Bezugsebene;
 - Mikrofon M4: 0,25 m tiefer;
 - Mikrofon M5: 0,50 m tiefer;
- in einem Winkel zur horizontalen Ebene, sodass eine Ausrichtung auf die Schallquelle erreicht wird.

Zur Durchführung der Beugungsprüfung bei einem Winkel von 45° zur Bezugsebene des Prüfaufbaus müssen die Mikrofone wie folgt angeordnet sein (siehe Bild 1, Bild 2, Bild 3, Bild 5 und Bild 6):

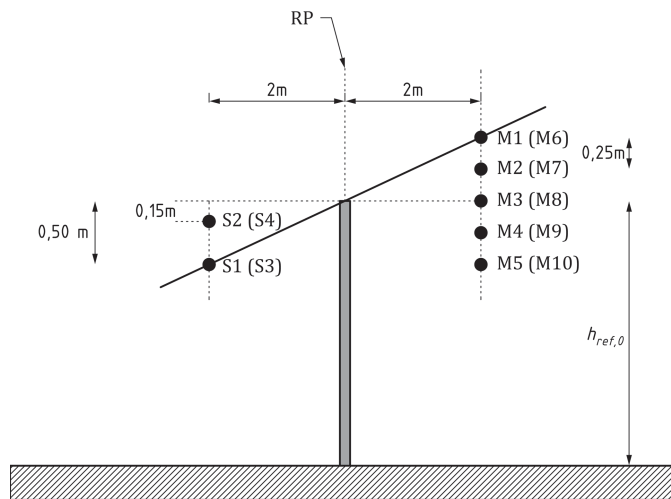
- in einer vertikalen Ebene, die einen Winkel von 45° mit der Bezugsebene des Prüfaufbaus bildet und durch deren Mittelpunkt verläuft;
- horizontal: in einem Abstand von 2 m zur Längsachse des Prüfaufbaus;
- vertikal: im Verhältnis zur Bezugshöhe h_{ref} des Prüfaufbaus;
 - bei den obligatorischen Mikrofonpositionen M6, M7, M8, M9 und M10:
 - Mikrofon M6: 0,50 m höher;
 - Mikrofon M7: 0,25 m höher;
 - Mikrofon M8: auf gleicher Höhe wie Bezugsebene;
 - Mikrofon M9: 0,25 m tiefer;
 - Mikrofon M10: 0,50 m tiefer;
- in einem Winkel zur horizontalen Ebene, sodass eine Ausrichtung auf die Schallquelle erreicht wird.

5.5 Freifeld-Messungen

Bei jeder Messreihe, die durchgeführt wird, indem die Schallquelle nach 5.3 (90° und 45°) angeordnet wird, muss mindestens eine Freifeld-Impulsantwort für jede Mikrofonposition gemessen werden, wobei Schallquelle und Mikrofonposition in derselben geometrischen Anordnung des Aufbaus zu verbleiben haben und ohne die Bezugswand oder die unterstützende vorhandene Lärmschutzwand (siehe z. B. Bild 7).

Innerhalb von zwei Stunden ist eine vollständige Messreihe durchzuführen. Andernfalls muss die Freifeld-Messung erneut durchgeführt werden.

Innerhalb eines Abstands von 3 m zum Mikrofon/zu den Mikrofonen darf kein Hindernis vorhanden sein.



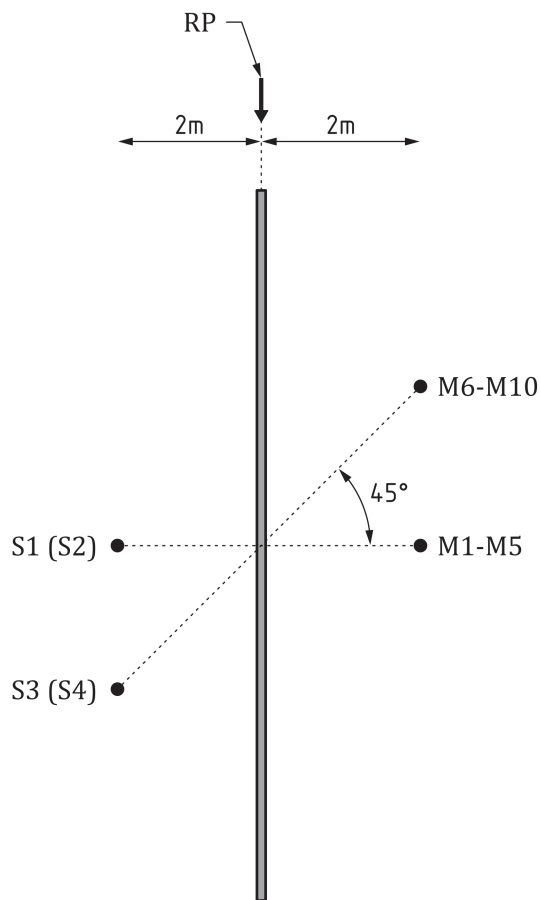
Nicht maßstäblich.

Legende

RP Bezugsebene

$h_{ref,0}$ Bezugshöhe des Prüfaufbaus ohne Wandaufsatz, in m

Bild 1 — Quellen- und Mikrofonanordnung in einem Längsschnitt des Prüfaufbaus ohne Wandaufsatz

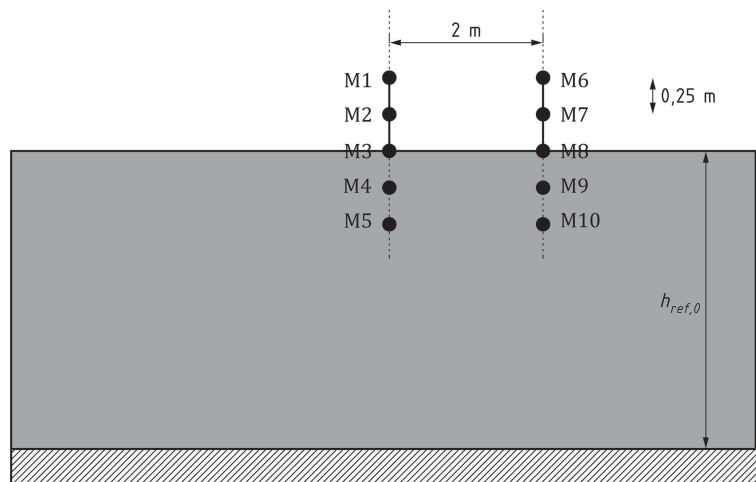


Nicht maßstäblich.

Legende

RP Bezugsebene

Bild 2 — Quellen- und Mikrofonanordnung in der Draufsicht der Prüfanordnung ohne Wandaufsatz

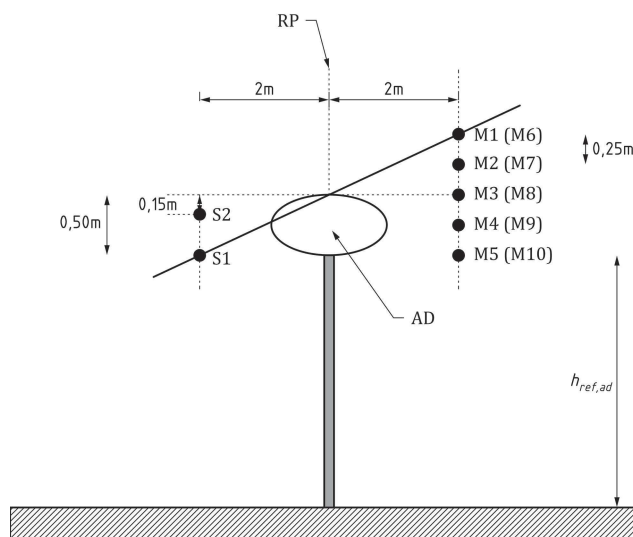


Nicht maßstäblich.

Legende

$h_{ref,0}$ Bezugshöhe des Prüfaufbaus ohne Wandaufsatz, in m

Bild 3 — Mikrofonanordnung in einer vertikalen Rückansicht der Empfängerseite des Prüfaufbaus ohne Wandaufsatz



Nicht maßstäblich.

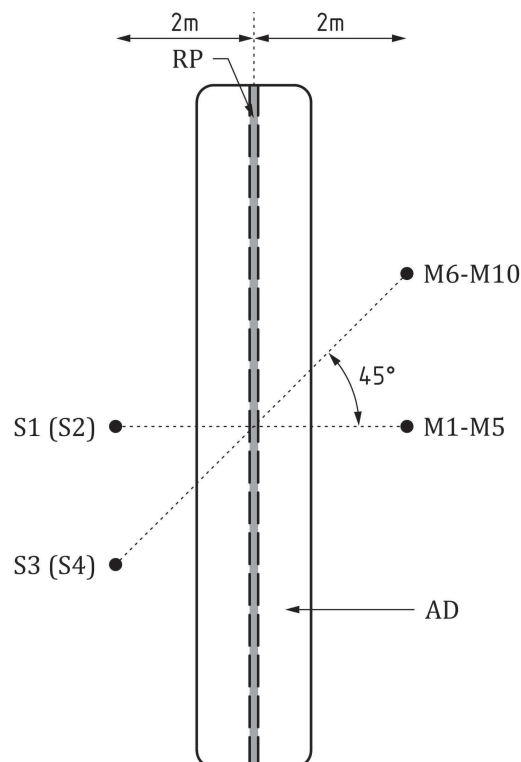
Legende

AD Wandaufsatz

RP Bezugsebene

$h_{ref,ad}$ Bezugshöhe des Prüfaufbaus ohne Wandaufsatz, in m

Bild 4 — Quellen- und Mikrofonanordnung in einem Längsschnitt des Prüfaufbaus mit Wandaufsatz



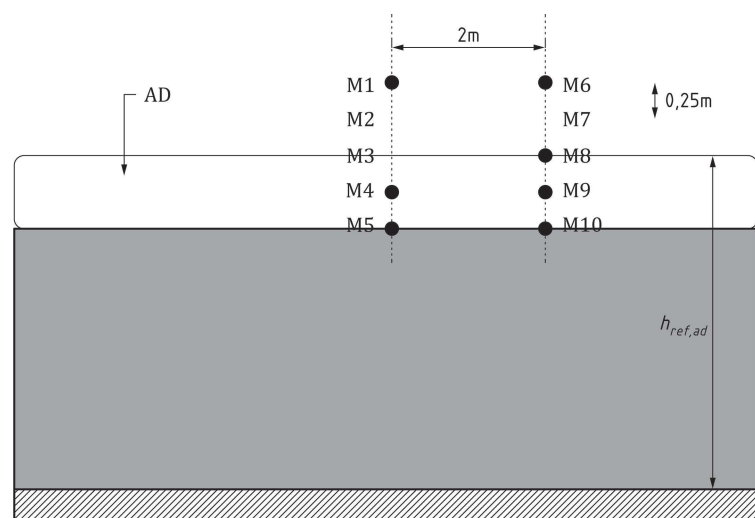
Nicht maßstäblich.

Legende

AD Wandaufsatz

RP Bezugsebene

Bild 5 — Quellen- und Mikrofonanordnung in der Draufsicht der Prüfanordnung mit Wandaufsatz



Legende

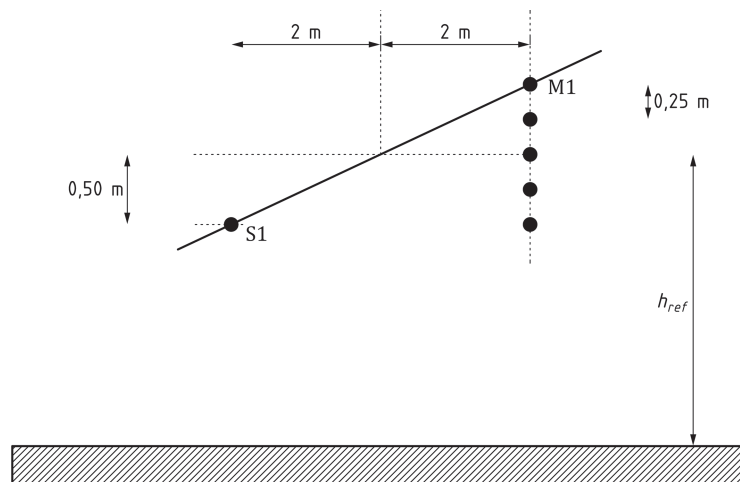
AD Wandaufsatz

$h_{ref,ad}$ Bezugshöhe des Prüfaufbaus ohne Wandaufsatz, in m

Bild 6 — Mikrofonanordnung in einer vertikalen Rückansicht der Empfängerseite des Prüfaufbaus mit Wandaufsatz

- Entwurf -

E DIN EN 1793-4:2023-08
prEN 1793-4:2023 (D)

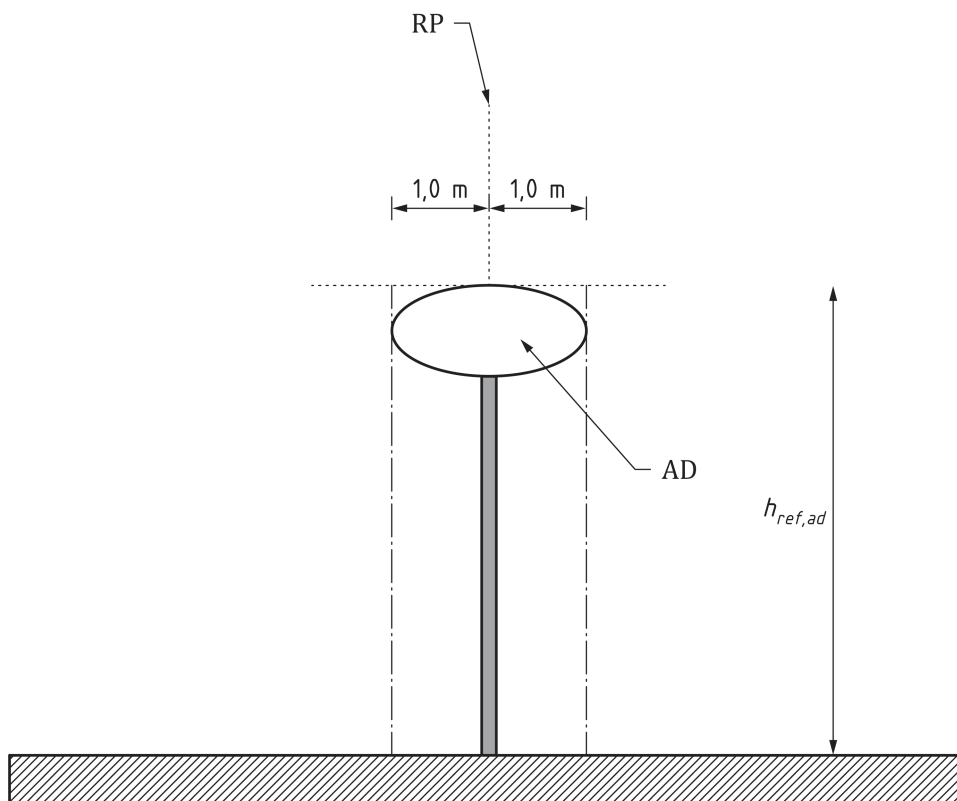


Nicht maßstäblich.

Legende

h_{ref} Bezugshöhe des Prüfaufbaus, in m

Bild 7 — Quellen- und Mikrofonanordnung bei der Freifeld-Messung im Längsschnitt (Beispiel für Quellenposition S1 und Mikrofonposition M1)



Nicht maßstäblich.

Legende

AD Wandaufsatz

RP Bezugsebene

$h_{ref,ad}$ Bezugshöhe des Prüfaufbaus ohne Wandaufsatz, in m

Bild 8 — Maximales horizontales Maß des Wandaufsatzes

5.6 Messgröße

Zur Berechnung des Schallbeugungsindex DI für sämtliche Lautsprecherstandorte und zu messenden Frequenzen in Terzbändern wird folgender Ausdruck verwendet:

$$DI_j = -10 \cdot \lg \left\{ \sum_{k=1}^n \left[\frac{\int_{\Delta f_j} |\mathbf{F}[h_{d,k}(t) w_{d,k}(t)]|^2 df}{\int_{\Delta f_j} |\mathbf{F}[h_{i,k}(t) w_{i,k}(t)]|^2 df} \right] \right\} \quad (1)$$

Dabei ist:

- $h_{i,k}(t)$ die Komponente der am k -ten Messpunkt ($k = 1 \dots n$) aufgenommenen Freifeld-Impulsantwort;
- $h_{d,k}(t)$ die Komponente der durch die Oberkante des Prüfaufbaus gebeugten und am k -ten Messpunkt ($k = 1 \dots n$) aufgenommenen Impulsantwort;
- $w_{i,k}(t)$ das Zeitfenster (Adrienne-Zeitfenster) für die Komponente der am k -ten Messpunkt ($k = 1 \dots n$) aufgenommenen Freifeld-Impulsantwort;
- $w_{d,k}(t)$ das Zeitfenster (Adrienne-Zeitfenster) für die Komponente der durch die Oberkante des Prüfaufbaus gebeugten und am k -ten Messpunkt ($k = 1 \dots n$) aufgenommenen Impulsantwort;
- $\mathbf{F}$ das Symbol für die Fourier-Transformierte;
- j der Index der Terzbänder (zwischen 100 Hz und 5 kHz);
- k der Index des k -ten Messpunkts ($k = 1 \dots n$);
- Δf_j die Breite des j -ten Terzbands (zwischen 100 Hz und 5 kHz);
- n die Anzahl der Messpunkte (Mikrofonpositionen), $n = 10$.

Der Schallbeugungsindex ist zweimal zu berechnen:

- für den Prüfaufbau ohne Wandaufsatz;
- für den Prüfaufbau mit Wandaufsatz.

Für jede Messreihe ist mindestens eine Freifeld-Messung nach 4.5 durchzuführen.

5.7 Messvorrichtung

5.7.1 Komponenten des Messsystems

Die Messvorrichtung muss ein elektroakustisches System aus einem elektrischen Signalgenerator, einem Leistungsverstärker und einem Lautsprecher, einem Mikrofon mit seinem Mikrofonverstärker und einem Signalanalysator zur Durchführung der Transformationen zwischen Zeit- und Frequenzbereich umfassen.

ANMERKUNG 1 Einige dieser Komponenten können in einem Frequenzanalysator oder einem Rechner mit Zusatzkarte(n) integriert sein.

In Bild 9 sind die wesentlichen Komponenten des Messsystems dargestellt.

Jedes Mikrofon muss mindestens den Anforderungen eines Geräts der Klasse 2 nach EN 61672-1 entsprechen und einen Durchmesser von maximal $\frac{1}{2}$ Zoll (12,7 mm) haben.

ANMERKUNG 2 Die Verfahrensweise der hier beschriebenen Messungen beruht auf Verhältnissen der Leistungsspektren der aus den Impulsantworten gewonnenen Signale, die mithilfe derselben Vorrichtung, am selben Ort unter denselben Bedingungen innerhalb kurzer Zeit erfasst wurden. Zusätzlich ist an dieser Stelle eine hohe Genauigkeit beim Messen der Schallpegel nur von untergeordnetem Interesse. Daher werden keine strengen Anforderungen an die Absolutgenauigkeit der Messkette gestellt.

Die Mikrofone sollten für eine Befestigung an einem Rahmen, der das Messgitter bildet, ausreichend klein und leicht sein, ohne sich zu bewegen.

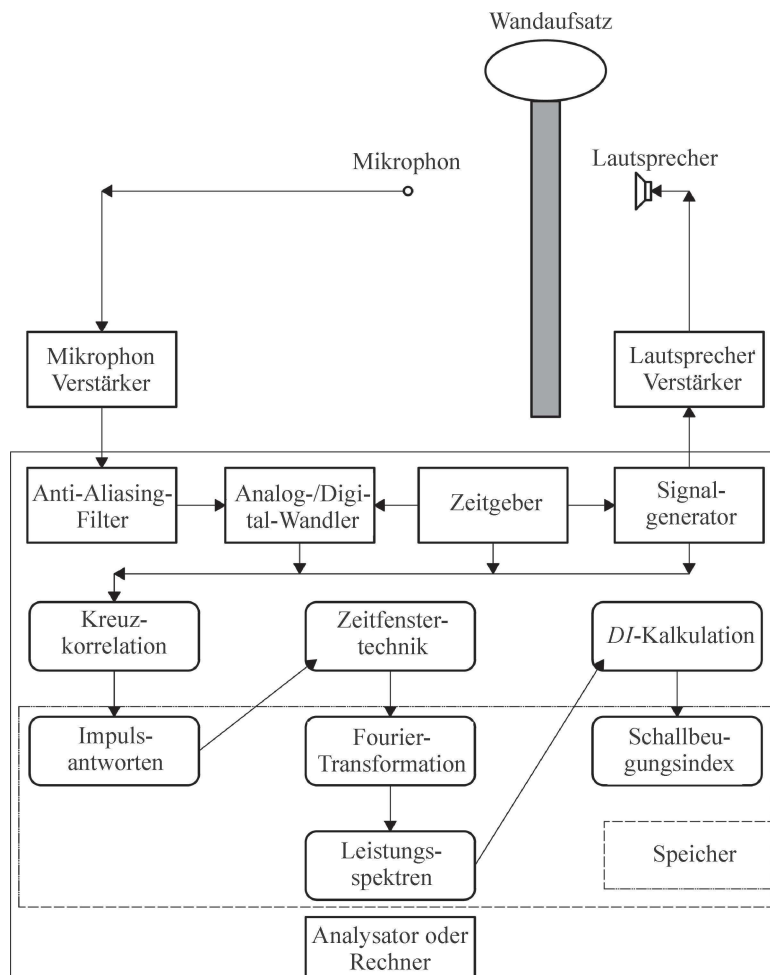


Bild 9 — Skizze mit den wesentlichen Komponenten des Messsystems

5.7.2 Schallquelle

Die elektroakustische Schallquelle muss folgende Eigenschaften erfüllen:

- sie muss einen einzigen Lautsprecherantrieb besitzen;
- sie muss ohne Öffnung, z. B. zur Verbesserung des Verhaltens bei tiefen Frequenzen, ausgeführt sein;
- sie muss ohne aktive oder passive elektrische Bauelemente ausgeführt sein, die den Frequenzverlauf des gesamten Systems beeinflussen können (wie z. B. Weichen);
- sie muss einen glatten Frequenzverlauf ohne starke Unregelmäßigkeiten innerhalb des Messfrequenzbereiches entsprechend einer Impulsantwort unter Freifeldbedingungen, bei der mehr als 90 % der Energie auf die ersten 3 ms entfallen.

ANMERKUNG Da der Schallbeugungsindex aus dem Verhältnis von Energiegrößen berechnet wird, die von Impulsantworten stammen, die über eine kurze Zeitspanne mit derselben Lautsprecher- und Mikrofonanordnung gewonnen wurden, sind die Eigenschaften des Frequenzgangs des Lautsprechers nicht kritisch, wenn ein Lautsprecher von hoher Qualität verwendet wird, der die vorstehenden Vorgaben erfüllt.

Alle Messungen (Beugungs- und Freifeldmessung) müssen mit demselben Verstärkungsfaktor durchgeführt werden.

5.7.3 Prüfsignal

Die elektroakustische Schallquelle muss ein elektrisches Eingangssignal empfangen, das deterministisch und exakt wiederholbar ist.

Die Verwendung von Lautsprechern führt üblicherweise eine nichtlineare Verzerrung in das System ein, die, genau genommen, die Anforderungen an die Linearität dieses Verfahrens nicht erfüllt. Die durch die Lautsprecher erzeugte Verzerrung nimmt mit dem Anregungsniveau zu. In diesen Fällen muss der Anwender sich dieses Problems bewusst sein und mit dem Anregungsniveau experimentieren, um das optimale Signal-Rausch-Verhältnis zu erreichen. Manchmal darf das S/N-Verhältnis durch Verringerung des Anregungsniveaus erhöht werden. Bei bestimmten Signaltypen darf das S/N-Verhältnis durch Wiederholung desselben Prüfsignals und synchrone Mittelwertbildung der Mikrofonantwort verbessert werden.

Im Allgemeinen darf jede Art von Anregungssignal verwendet werden, um die Impulsantwort bzw. die Übertragungsfunktion eines linearen zeitinvarianten Systems zu bestimmen, vorausgesetzt, es enthält ausreichend Energie bei jeder interessierenden Frequenz. Die Impulsantwort kann über die Entfaltung der Antwort auf die Anregung erlangt werden bzw. die Übertragungsfunktion kann durch den Quotienten aus Ausgabespektrum und Eingabespektrum des zu prüfenden Systems erhalten werden. Letzteres schließt die Fourier-Transformation von Eingabe- und Ausgabesignal ein, um den Quotienten im Spektralbereich bilden zu können.

Dieses Dokument empfiehlt die Verwendung der Periode eines deterministischen Signals mit flachem Spektrum, wie einer Maximalfolge (MLS) oder eines exponentiellen Gleitsinus (ESS), und die Rückumwandlung der gemessenen Antwort in eine Impulsantwort [5], [8], [9], [10], [11].

Es muss überprüft werden, dass

- die Erzeugung des Prüfsignals deterministisch und wiederholbar ist,
- die Impulsantworten (ohne starke Verzerrung) im gesamten interessierenden Frequenzbereich (Terzbänder zwischen 100 Hz und 5 kHz) korrekt erfasst werden,
- das Prüfverfahren eine ausreichende Unempfindlichkeit gegen Fremdgeräusche besitzt, d.h. dass das effektive S/N-Verhältnis über den gesamten interessierenden Frequenzbereich innerhalb einer kurzen Messzeit (nicht mehr als 5 min je Impulsantwort) höher als 10 dB gehalten werden kann,
- die Abtastrate hoch genug gewählt werden kann, um eine präzise Korrektur möglicher temperaturschwankungsbedingter Zeitverschiebungen in den Impulsantworten zwischen der Messung vor dem Prüfkörper und der Freifeldmessung zu ermöglichen.

5.8 Datenverarbeitung

5.8.1 Kalibrierung

Das hier beschriebene Messverfahren beruht auf Verhältnissen der Leistungsspektren von Signalen, die aus den mit derselben Ausrüstung, an derselben Stelle, unter denselben Bedingungen bestimmten Impulsantworten gewonnen wurden. Eine Absolutkalibrierung der Messkette im Hinblick auf den Schalldruckpegel ist deshalb nicht notwendig. Es wird dennoch empfohlen, die fehlerfreie Funktion der Messkette vom Beginn bis zum Ende der Messungen zu überprüfen.

5.8.2 Abtastrate

Die Häufigkeit, mit der die Mikrofonantwort abgetastet wird, hängt von der festgelegten oberen Frequenzgrenze der Messung und von Typ und Eigenschaften des Anti-Aliasing-Filters ab.

Die Abtastrate f_s muss einen Wert von mehr als 44 kHz haben.

ANMERKUNG Obwohl das Signal bereits eindeutig definiert ist, wenn das Nyquist-Kriterium erfüllt ist, erleichtern höhere Abtastraten eine eindeutige Reproduktion des Signals und die Kenntnis der genauen Wellenform. Deshalb können mit den vorgeschriebenen Abtastraten Fehler festgestellt und leichter korrigiert werden, wie z. B. Zeitverschiebungen in den Impulsantworten zwischen der Messung vor dem Prüfkörper und der Freifeldmessung infolge von Temperaturschwankungen.

Abtastrate und Taktfrequenz des Signalgenerators müssen gleich sein.

Wenn die Messvorrichtung die Auswahl und Anwendung eines Tiefpassfilters auf das von den Mikrofonen kommende analoge Signal erlaubt, um das Nyquist-Kriterium zu erfüllen, gelten die beiden folgenden Vorschriften:

1. Die Grenzfrequenz des Anti-Aliasing-Filters, f_{co} , muss folgenden Wert haben:

$$f_{co} \leq k_f f_s \quad (2)$$

Dabei ist $k_f = 1/3$ für den Tschebyscheff-Filter und $k_f = 1/4$ für die Butterworth- und Bessel-Filter.

2. Die Filterordnung darf nicht kleiner als 6 sein.

Verwendet die Messvorrichtung einen Sigma-Delta-A/D-Wandler mit Überabtastung und integriertem Tiefpassfilter, so wird die Grenzfrequenz automatisch optimal gewählt, und die obige Vorschrift Gl. (2) gilt nicht.

Für jede Messung müssen Abtastrate, Typ und Eigenschaften des Anti-Aliasing-Filters deutlich in jedem Prüfbericht angegeben werden.

5.8.3 Hintergrundgeräusch

Das wirksame Signal-Rausch-Verhältnis S/N muss unter Berücksichtigung der Probenmittlungen im Messfrequenzbereich größer als 10 dB sein.

ANMERKUNG Kohärenzmessverfahren, wie z. B. die MLS-Kreuzkorrelation, liefern hohe S/N -Verhältnisse.

5.8.4 Messpunkte

Die Schallquelle muss anschließend in die beiden unter 4.3 festgelegten obligatorischen Quellenpositionen gebracht werden. Bei jeder Quellenposition muss das Mikrofon dann mindestens an den fünf Messpunkten auf der anderen Seite des Prüfaufbaus angeordnet werden. Für jedes Quellen-Mikrofon-Paar sind die entsprechenden Impulsantworten zu messen. Jede Impulsantwort besteht aus der direkten Komponente, der durch den Prüfaufbau übertragenen Komponente, den gebeugten Komponenten und weiteren Störkomponenten.

Für jede Quellenposition ist eine weitere Freifeld-Impulsantwort, wie unter 4.5 beschrieben, zu messen.

5.8.5 Adrienne-Zeitfenster

Bei der Anwendung dieser Europäischen Norm muss für Zeitfenstervorgänge ein Zeitfenster, genannt Adrienne-Zeitfenster, mit folgenden Eigenschaften verwendet werden (siehe Bild 10):

- eine Vorderflanke als linksseitige halbe Blackman-Harris-Form mit einer Gesamtlänge von 0,5 ms („Vorfenster“);
- ein ebener Teil mit einer Gesamtlänge von 7 ms („Hauptteil“);

— eine Hinterflanke als rechtsseitige halbe Blackman-Harris-Form mit einer Gesamtlänge von 3 ms.

Die Gesamtlänge des Adrienne-Zeitfensters beträgt $T_{W,ADR} = 10,5$ ms.

ANMERKUNG 1 Ein viergliedriges vollständiges Blackman-Harris-Fenster der Länge $T_{W,BH}$ ist beschrieben durch:

$$w(t) = a_0 - a_1 \cos\left(\frac{2\pi t}{T_{W,BH}}\right) + a_2 \cos\left(\frac{4\pi t}{T_{W,BH}}\right) - a_3 \cos\left(\frac{6\pi t}{T_{W,BH}}\right) \quad (3)$$

Dabei ist:

$$a_0 = 0,35875;$$

$$a_1 = 0,48829;$$

$$a_2 = 0,14128;$$

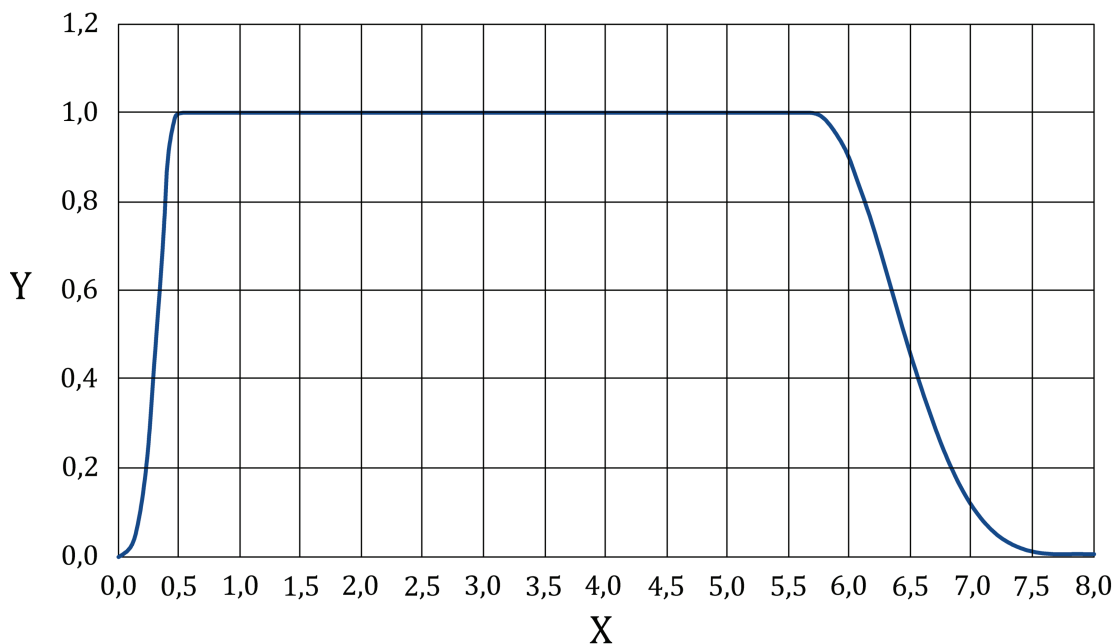
$$a_3 = 0,01168;$$

$$0 \leq t \leq T_{W,BH}.$$

ANMERKUNG 2 Wenn die Fensterlänge $T_{W,ADR}$ verändert werden muss, müssen die Längen des ebenen Teils und des rechtsseitigen halben Blackman-Harris-Teils ein Verhältnis von 7/3 aufweisen. So kann es z. B. bei einer In-situ-Prüfung von Prüfkörpern mit reduzierter Höhe notwendig sein, die Fensterlänge zu reduzieren, um Störkomponenten zu vermeiden.

ANMERKUNG 3 Wenn durch Verzögerungen bei den gebeugten Komponenten, z. B. auf Grund von Mehrfachreflexionen, beträchtliche Energiemengen außerhalb des Adrienne-Zeitfensters auftreten, treten Fehler auf, die bei der Auswertung der Ergebnisse berücksichtigt werden sollten.

Der Punkt, an dem der flache Teil des Adrienne-Zeitfensters beginnt, heißt Markierungspunkt (MP).



Legende

- 1 Zeit, in ms
- 2 Form des Adrienne-Zeitfensters (willkürliche Einheiten)

Bild 10 — Das Adrienne-Zeitfenster

5.8.6 Anordnung des Adrienne-Zeitfensters

Bei der „Freifeld“-Direktkomponente ist das Adrienne-Zeitfenster wie folgt anzuordnen:

- die erste Spitze der Impulsantwort, die der Direktkomponente entspricht, wird ermittelt;
- ein Zeitpunkt, der um 0,2 ms vor der Spitze der Direktkomponente liegt, wird bestimmt;
- das Adrienne-Zeitfenster für die Direktkomponente wird so angeordnet, dass sein Markierungspunkt diesem Zeitpunkt entspricht.

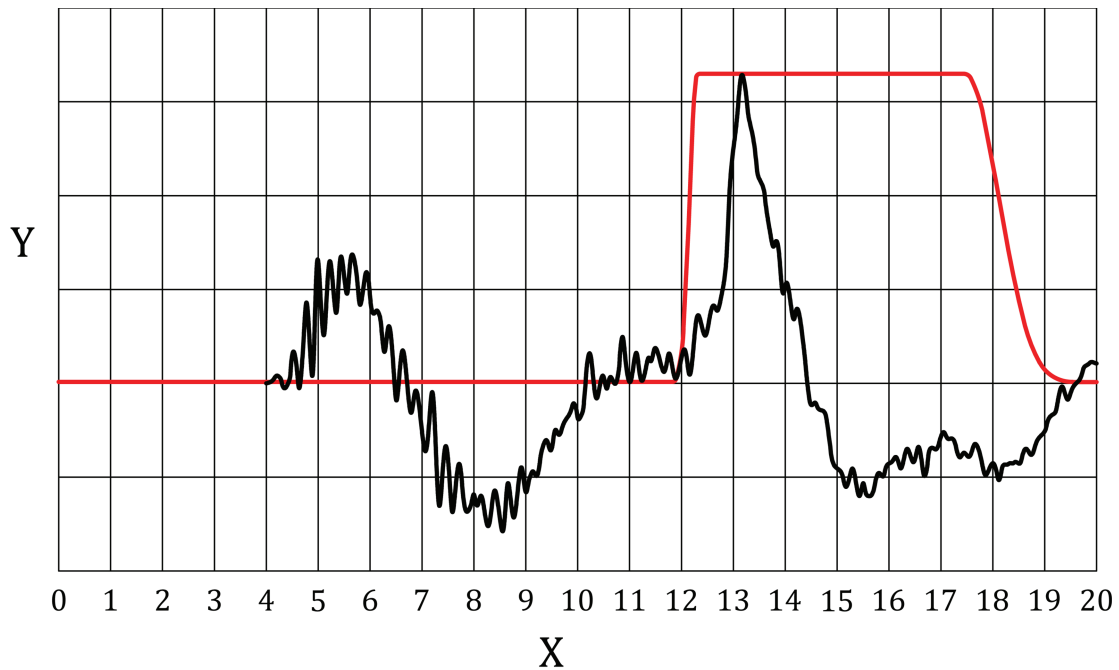
Mit anderen Worten: Das Adrienne-Zeitfenster für die Direktkomponente wird so angeordnet, dass sein ebener Teil 0,2 ms vor der ersten Spitze der Direktkomponente beginnt.

Bei den gebeugten Wellen ist das Fenster wie folgt anzuordnen:

- der Zeitpunkt, an dem die Beugung der Komponente beginnt, wird ermittelt, möglicherweise durch geometrische Berechnung (normaler Beginn der Beugung);
- ein Zeitpunkt, der um 0,2 ms vor dem normalen Beginn der Beugung liegt, wird bestimmt;
- das Adrienne-Zeitfenster der gebeugten Komponente wird so angeordnet, dass der Markierungspunkt mit diesem Zeitpunkt übereinstimmt;
- der Zeitpunkt, an dem die Beugung durch die Seitenkanten beginnt, wird ermittelt, möglicherweise durch geometrische Berechnung (normaler Beginn der Störeffekte);
- das Adrienne-Zeitfenster für die gebeugte Komponente endet 10 ms nach dem Markierungspunkt oder am normalen Beginn der Störeffekte, je nachdem, was zuerst eintritt.

Mit anderen Worten: Das Adrienne-Zeitfenster für die gebeugte Komponente wird so angeordnet, dass sein flacher Teil 0,2 ms vor der ersten Spitze der gebeugten Komponente beginnt und sein Ausläufer vor dem Beginn der Störeffekte endet (siehe Bild 11).

Bei Berechnungen, in die die Schallgeschwindigkeit c eingeht, ist deren temperaturabhängiger Wert zu verwenden.



Legende

- 1 durchtretende Komponente
- 2 gebeugte Komponente
- 3 Impulsantwort, in relativen Einheiten
- 4 Zeit, in ms

Bild 11 — Beispiel für die Anwendung des Adrienne-Zeitfensters auf die durchtretende Komponente einer Impulsantwort

5.8.7 Untere Frequenzgrenze und Prüfkörpergröße

Das in diesem Dokument beschriebene Verfahren kann für verschiedene Prüfkörpergrößen verwendet werden.

Die untere Frequenzgrenze f_{min} der Messungen des Schallbeugungsindex hängt von Form und Breite des Adrienne-Zeitfensters ab. Die Breite wiederum hängt von der Höhe des Prüfaufbaus ab und vom Winkel, den die Verbindungslinie zwischen Quelle und Empfänger mit der Bezugsebene des Prüfaufbaus bildet. Die vom Boden auf der Empfängerseite des Prüfaufbaus reflektierte Störkomponente muss außerhalb des Adrienne-Zeitfensters für die gebeugten Komponenten gehalten werden.

Diese vom Boden reflektierte Komponente hängt von der Geometrie der Prüfanordnung ab. Bild 12 zeigt die untere Frequenzgrenze f_{min} für Messungen des Schallbeugungsindex als Funktion der Höhe des Prüfaufbaus bei einer senkrechten Anordnung der Verbindungslinie zwischen Quelle/Empfänger zur Bezugsebene des Prüfaufbaus.