

DIN EN 1793-6



ICS 17.140.30; 93.080.30

Einsprüche bis 2023-09-21
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 1793-6:2021-05

Entwurf

**Lärmschutzvorrichtungen an Straßen –
Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften –
Teil 6: Produktspezifische Merkmale – Luftschalldämmung in
gerichteten Schallfeldern;
Deutsche und Englische Fassung prEN 1793-6:2023**

Road traffic noise reducing devices –
Test method for determining the acoustic performance –
Part 6: Intrinsic characteristics – Airborne sound insulation under direct sound field
conditions;
German and English version prEN 1793-6:2023

Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier –
Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique –
Partie 6: Caractéristiques intrinsèques – Isolation au bruit aérien dans des conditions de
champ acoustique direct;
Version allemande et anglaise prEN 1793-6:2023

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.

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Gesamtumfang 123 Seiten

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1793-6:2023) 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 1793-6:2021-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Begriffsdefinitionen 3.1 bis 3.8 entsprechend der letzten Version von EN 14388 aktualisiert;
- b) Abtastverfahren basierend auf Neun-Mikrofon-Raster; Verwendung eines einzigen Mikrophons aufgegeben;
- c) Gleichung zur Berechnung des globalen Einzelwerts $D_{LSI,G}$ geändert;
- d) Verwendung von Kategorien für die Einzelwerte nicht mehr zulässig;
- e) ein Wert für die Standardabweichung der Reproduzierbarkeit und der Wiederholbarkeit in jedem Terzfrequenzband beibehalten, anstelle von drei Werten (Minimum, Maximum, Median) wie zuvor (siehe Tabelle B.1 und Tabelle B.2);
- f) Beispiel in C.5 zur Angabe der Messunsicherheit entsprechend aktualisiert.

Lärmschutzvorrichtungen an Straßen – Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften – Teil 6: Produktspezifische Merkmale – Luftschalldämmung in gerichteten Schallfeldern

Road traffic noise reducing devices – Test method for determining the acoustic performance – Part 6: Intrinsic characteristics – Airborne sound insulation under direct sound field conditions

Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier – Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique – Partie 6: Caractéristiques intrinsèques – Isolation au bruit aérien dans des conditions de champ acoustique direct

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Symbole und Abkürzungen	13
5 Messungen des Schalldämmungsindex	15
5.1 Allgemeines Prinzip	15
5.2 Messgröße	15
5.3 Prüfanordnung	16
5.3.1 Allgemeines	16
5.3.2 Zum Zweck von Prüfungen hergestellte Prüfkörper in Originalgröße	16
5.3.3 Prüfungen der eingebauten Lärmschutzvorrichtung an Straßen	16
5.3.4 Unebene, geneigte oder gewölbte Lärmschutzvorrichtungen an Straßen	17
5.4 Messvorrichtung	22
5.4.1 Komponenten des Messsystems	22
5.4.2 Schallquelle	22
5.4.3 Prüfsignal	23
5.5 Datenverarbeitung	24
5.5.1 Kalibrierung	24
5.5.2 Abtaste und Filterung	24
5.5.3 Hintergrundgeräusch	24
5.5.4 Abtastverfahren mit neun Mikrofonen	25
5.5.5 Adrienne-Zeitfenster	26
5.5.6 Anordnung des Adrienne-Zeitfensters	27
5.5.7 Untere Frequenzgrenze	28
5.6 Anordnung der Messvorrichtung	30
5.6.1 Auswahl der Messpositionen	30
5.6.2 Pfostenmessungen	30
5.6.3 Zusatzmessungen	30
5.6.4 Reflektierende Gegenstände	30
5.6.5 Sicherheitsaspekte	31
5.7 Prüfkörperoberfläche und Witterungsbedingungen	31
5.7.1 Zustand der Prüfkörperoberfläche	31
5.7.2 Wind	31
5.7.3 Lufttemperatur	31
5.8 Einzahl-Angabe	31
5.8.1 Allgemeines	31
5.8.2 Akustische Elemente	31
5.8.3 Pfosten	32
5.8.4 Gesamtangabe	33
6 Messunsicherheit	33
7 Ablauf der Messung	34
8 Messbericht	34
Anhang A (informativ) Untere Frequenzgrenze und Fensterbreite	36
Anhang B (informativ) Messunsicherheit	40
B.1 Allgemeines	40
B.2 Auf Daten für die Vergleichpräzision beruhende Messunsicherheit	40
B.3 Standardabweichung der Wiederholpräzision und Vergleichpräzision des Schalldämmungsindex	40

Anhang C (normativ) Vorlage für den Prüfbericht zur Luftschalldämmung von Straßenverkehrslärmschutzvorrichtungen	43
C.1 Allgemeines	43
C.2 Prüfanordnung (Beispiel)	45
C.3 Prüfgegenstand und Prüfsituation (Beispiel)	47
C.4 Ergebnisse (Beispiel)	50
C.4.1 Teil 1 — Ergebnisse für „Element“ in Tabellenform	50
C.4.2 Teil 2 — Ergebnisse für „Element“ in grafischer Form	51
C.4.3 Teil 3 — Ergebnisse für „Pfosten“ in Tabellenform	51
C.4.4 Teil 4 — Ergebnisse für „Pfosten“ in grafischer Form	52
C.4.5 Teil 5 — Ergebnisse für die Gesamtwand (Mittelwert von „Element“ und „Pfosten“) in Tabellenform	53
C.4.6 Teil 6 — Ergebnisse für die Gesamtwand (Mittelwert von „Element“ und „Pfosten“) in grafischer Form	54
C.5 Unsicherheit (Beispiel)	54
Anhang D (informativ) Innenraummessungen zur Produktqualifizierung	57
D.1 Allgemeines	57
D.2 Störreflexionen	57
D.3 Nachhallzeit des Raums	57
Literaturhinweise	58

Bilder

Bild 1 — Schema zur Überprüfung auf Halligkeit in vier Fällen	7
Bild 2 — Skizze des Lautsprechers und des Messgitters in der Nähe der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung an Straßen bei Messungen des Schalldämmungsindex (nicht maßstäblich)	12
Bild 3 — (nicht maßstäblich) Messraster für Messungen des Schalldämmungsindex vor der zu prüfenden Vorrichtung (Empfängerseite); die gelben Kreise zeigen die Mikrofonpositionen an, die mit M1 bis M9 bezeichnet sind	12
Bild 4 — (nicht maßstäblich) Skizze der Anordnung für die „Freifeld“-Bezugsmessung zur Bestimmung des Schalldämmungsindex	13
Bild 5 — Skizze der Mindestmaße der speziell für die Prüfung hergestellten Prüfkörper in Originalgröße	18
Bild 6 — Skizze des Aufbaus für die Messung des Schalldämmungsindex an einer ebenen Lärmschutzvorrichtung an Straßen (Seitenansicht, nicht maßstäblich)	19
Bild 7 — (nicht maßstäblich) Skizzen des Aufbaus zur Messung des Schalldämmungsindex an geneigten Lärmschutzvorrichtungen an Straßen (Seitenansicht)	20
Bild 8 — (nicht maßstäblich) Skizzen des Aufbaus zur Messung des Schalldämmungsindex an gewölbten Lärmschutzvorrichtungen an Straßen (Seitenansicht)	21
Bild 9 — Skizze mit den wesentlichen Komponenten des Messsystems	22
Bild 10 — Das Adrienne-Zeitfenster	27
Bild 11 — Beispiel für die Anwendung des Adrienne-Zeitfensters für die durchtretende Komponente einer Impulsantwort	28
Bild 12 — Untere Frequenzgrenze $f_{\min}$ für Messungen des Schalldämmungsindex als Funktion der Höhe der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung an Straßen unter den in 4.5.6 festgelegten Bedingungen	29
Bild A.1 — Fourier-Transformierte des Adrienne-Zeitfensters mit einer Breite von 7,9 ms	36
Bild A.2 — Untere Frequenzgrenze des Adrienne-Zeitfensters in Abhängigkeit von der Fensterbreite	37
Bild C.1 — Gesamtansicht der Prüfwand (von der Vorderseite [Verkehrsseite]) — Die Kreuze markieren Messpositionen, beruhend auf einem Pfostenabstand von 3 m	46
Bild C.2 — Messaufbau, der die Lautsprecher- und Mikrofonanordnung zeigt, wenn an einem Lärmschutzelement gemessen wird	47
Bild C.3 — Grundaufbau der einzelnen Elemente der Lärmschutzwand	48

Bild C.4 — Querschnitte durch die Lärmschutzwand	49
Bild C.5 — Ergebnisse für „Element“ in grafischer Form	51
Bild C.6 — Ergebnisse für „Pfosten“ in grafischer Form	52
Bild C.7 — Ergebnisse für die Gesamtwand (Mittelwert von „Element“ und „Pfosten“) in grafischer Form	54
Bild D.1 — Hellgrau schattierter Freiraum um eine zu prüfende Vorrichtung (Seitenansicht) . . .	57

Tabellen

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen	13
Tabelle A.1 — Auf die nächste ganze Zahl gerundete untere Frequenzgrenze des Adrienne-Zeitfensters in Abhängigkeit von der Fensterbreite	37
Tabelle B.1 — Wiederholstandardabweichung und Vergleichstandardabweichung des Schalldämmungsindex bei Messungen an akustischen Elementen und Pfosten nach dem QUIESST Projekt [17-19]	41
Tabelle B.2 — Wiederholstandardabweichung und Vergleichstandardabweichung des Schalldämmungsindex bei Messungen an akustischen Elementen und Pfosten nach dem QUIESST Projekt [17-19]	41
Tabelle C.1 — Vorlage für den Prüfbericht zur Luftschalldämmung von Straßenverkehrslärmschutzvorrichtungen	43
Tabelle C.2 — Vorlage für eine tabellarische Darstellung der Ergebnisse für die akustischen Elemente	50
Tabelle C.3 — Vorlage für eine tabellarische Darstellung der Ergebnisse an den Pfosten	51
Tabelle C.4 — Vorlage für eine tabellarische Darstellung der Ergebnisse für die Gesamtwand (Elemente + Pfosten)	53
Tabelle C.5 — Schätzung der Unsicherheit der angegebenen <i>SI</i> -Werte für „Elemente“	54
Tabelle C.6 — Schätzung der Unsicherheit der angegebenen <i>SI</i> -Werte für „Pfosten“	55
Tabelle C.7 — Schätzung der Unsicherheit der angegebenen <i>SI</i> -Werte für „Gesamtwand“	56

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1793-6:2023) 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 1793-6:2018+A1:2021 ersetzen.

EN 1793-6:2023 enthält die folgenden wesentlichen technischen Änderungen gegenüber EN 1793-6:2018+A1:2021:

- Die Definitionen in 3.1 bis 3.8 wurden aktualisiert, damit sie mit der letzten Fassung der EN 14388 übereinstimmen.
- Das Abtastverfahren basiert auf einem Messraster mit neun Mikrofonen; die Verwendung eines einzelnen Mikrofons, das in neun Positionen verschoben wird, wurde aufgegeben.
- Die in der vorherigen Version dieses Dokuments verwendete Gleichung zur Berechnung der Gesamt-Einzahl-Angabe $DL_{SL,G}$ wurde geändert.
- Die Verwendung der Gruppen von Einzahl-Angaben ist nicht mehr erlaubt.
- Ein Wert für die Vergleich- und Wiederholstandardabweichung in jedem Terzband wurde beibehalten, anstelle von drei Werten (Minimum, Maximum und Median) wie zuvor (siehe Tabelle B.1 und Tabelle B.2).
- Das Beispiel in C.5 zu den Angaben der Messunsicherheit wurde entsprechend aktualisiert.

EN 1793-6:2023 ist Teil einer Normenreihe und sollte in Verbindung mit den folgenden Normteilen gelesen werden:

- 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*.

Einleitung

Lärmschutzvorrichtungen an Straßen sollten über eine ausreichende Schalldämmung verfügen, damit der Lärm, der unmittelbar durch die Lärmschutzvorrichtung hindurchgeht, im Vergleich zum Lärm, der über deren obere Kante gebeugt wird, nicht von Bedeutung ist. Dieses Dokument legt ein Prüfverfahren zur Beurteilung der produktspezifischen Luftschalldämm-Eigenschaften von Lärmschutzvorrichtungen an Straßen in nicht halligen Schallfeldern fest. Es kann sowohl in Innenräumen als auch im Freien eingesetzt werden. In Innenräumen kann sie in speziell dafür aufgebauten Prüfeinrichtungen, z. B. in einem Labor, angewendet werden. Im Freien kann sie sowohl in einer speziell aufgebauten Prüfeinrichtung, z. B. in der Nähe eines Labors oder einer Fabrik, als auch an Ort und Stelle, d. h. dort, wo die Lärmschutzvorrichtungen an Straßen installiert sind, angewendet werden. Das Verfahren kann ohne Beschädigung der Oberfläche der Lärmschutzvorrichtung an Straßen angewendet werden.

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

Das Verfahren erfordert die Mittelwertbildung von Messergebnissen für verschiedene Punkte hinter der zu prüfenden Einrichtung. Es kann für die Untersuchung ebener und nicht ebener Produkte verwendet werden.

Das Verfahren verwendet dieselben Prinzipien und Geräte für Messungen der Schallreflexion (siehe EN 1793-5:2023) und zur Luftschalldämmung (dieses Dokument).

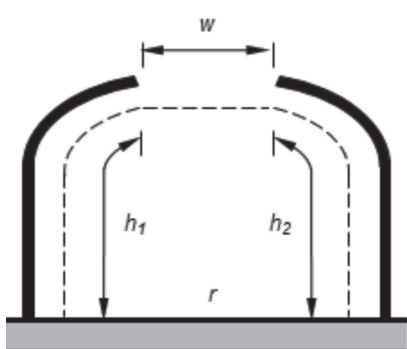
Die nach diesem Verfahren gewonnenen Ergebnisse zur Luftschalldämmung sind vergleichbar aber nicht übereinstimmend mit den Ergebnissen des Verfahrens nach EN 1793-2:2023, hauptsächlich deshalb, weil das vorliegende Verfahren ein gerichtetes Schallfeld verwendet, während das Verfahren nach EN 1793-2:2023 ein diffuses Schallfeld (wo sämtliche Einfallswinkel gleich wahrscheinlich sind) voraussetzt. Einschlägige Untersuchungen [4] – [9] legen nahe, dass zwischen den Labordaten der Prüfverfahren nach EN 1793-2:2023 und den Felddaten der Prüfverfahren nach diesem Dokument eine gute Korrelation besteht.

Das in diesem Dokument beschriebene Prüfverfahren sollte nicht zur Bestimmung der produktspezifischen Eigenschaften der Luftschalldämmung für Lärmschutzvorrichtungen an Straßen verwendet werden, die in halligen Umgebungen eingebaut werden, z. B. innerhalb von Tunneln oder in ausgeprägten Tieflagen oder unter Abdeckungen.

Für die Anwendung dieses Dokuments werden die Bedingungen der Halligkeit definiert über die geometrische Umhüllende, e , zu einem Querschnitt der Straße, der durch die Lärmschutzwände bzw. die Seitenwände von Einschnitten oder Gebäuden gebildet wird, wie in Bild 1 durch die gestrichelten Linien gezeigt wird, wobei zu dieser Umhüllenden nicht die Straßenoberfläche selbst gezählt wird. Umgebungen werden als hallig definiert, wenn der prozentuale Anteil des offenen Bereichs in der Umhüllenden gleich oder kleiner als 25 % ist, d. h. für eine hallige Umgebung gilt $w/e \leq 0,25$, mit $e = (w + h_1 + h_2)$.

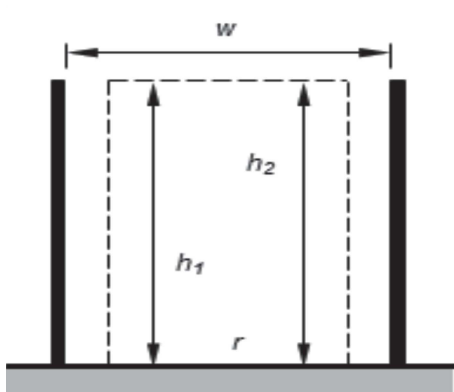
Dieses Dokument führt die spezielle Größe des sogenannten Schalldämmungsindex ein, um die Luftschalldämmung einer Lärmschutzvorrichtung an Straßen zu bestimmen. Diese Größe sollte nicht mit dem in der Bauakustik verwendeten Schalldämmmaß verwechselt werden, das manchmal auch Schallisolationsmaß genannt wird.

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



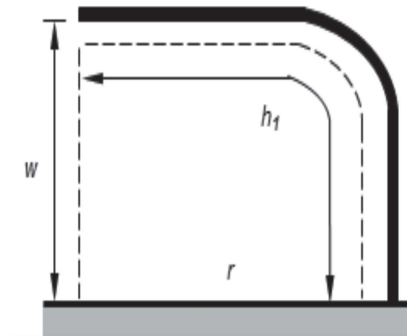
a) Teilabdeckung zu beiden Seiten der Straße;

Umhüllende, $e = w + h_1 + h_2$



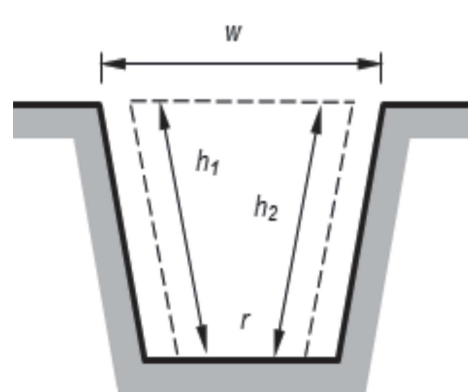
c) Tiefer Einschnitt;

Umhüllende, $e = w + h_1 + h_2$



b) Teilabdeckung auf einer Straßenseite;

Umhüllende, $e = w + h_1, h_2 = 0$



d) Hohe Lärmschutzwände oder Gebäude;

Umhüllende, $e = w + h_1 + h_2$

Legende

r Straßendecke

w Breite des offenen Raums

h_1 erschlossene Länge des Elements, z. B. Abdeckung, Einschnitt, Lärmschutzwand oder Gebäude

h_2 erschlossene Länge des Elements, z. B. Abdeckung, Einschnitt, Lärmschutzwand oder Gebäude

ANMERKUNG Bild 1 ist nicht maßstäblich.

Bild 1 — Schema zur Überprüfung auf Halligkeit in vier Fällen

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt ein Prüfverfahren zur Messung einer Größe, die für die produktspezifischen Merkmale der Luftschalldämmung von Lärmschutzvorrichtungen an Straßen charakteristisch ist: den Schalldämmungsindex.

Das Prüfverfahren ist für die folgenden Anwendungen vorgesehen:

- Bestimmung der produktspezifischen Merkmale der Luftschalldämmung von Lärmschutzvorrichtungen, die entlang von Straßen einzubauen sind und die entweder an typischen Anlagen entlang von Straßen oder unter Prüfstandbedingungen zu messen sind;
- Bestimmung der produktspezifischen Merkmale der Luftschalldämmung von Lärmschutzvorrichtungen an Straßen im tatsächlichen Einsatz;
- Vergleich der Bemessungsfestlegungen mit den tatsächlichen Leistungsdaten nach Abschluss der Bauarbeiten;
- Überprüfung der Langzeitwirksamkeit von Lärmschutzvorrichtungen an Straßen (durch wiederholtes Anwenden des Verfahrens);
- interaktiver Bemessungsprozess von neuen Produkten, einschließlich der Formulierung von Einbauanleitungen.

Das Prüfverfahren ist nicht für die Bestimmung der produktspezifischen Eigenschaften der Luftschalldämmung von Lärmschutzvorrichtungen an Straßen vorgesehen, die in halligen Schallfeldern einzubauen sind, z. B. innerhalb von Tunneln, in ausgeprägten Tieflagen oder unter Abdeckungen.

Ergebnisse werden als Funktion der Frequenz in Terzbändern zwischen 100 Hz und 5 kHz angegeben, wo möglich. Der logarithmische Mittelwert ist ebenfalls anzugeben. Wenn es nicht möglich ist, gültige Messergebnisse über den gesamten angegebenen Frequenzbereich zu erhalten, müssen die Ergebnisse in einem eingeschränkten Frequenzbereich angegeben und die Gründe für die Einschränkung(en) genau angegeben werden.

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 1793-3:2023, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 3: Standardisiertes Verkehrslärmspektrum*

EN 14389:2023, *Lärmschutzvorrichtungen an Straßen — Verfahren zur Bewertung der Langzeitwirksamkeit*

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

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.

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

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

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 RTNRDs schließen Lärmschutzwände (3.6), 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 Element

Bauteil, dessen Hauptfunktion darin besteht, die Teile der RTNRD zu stützen oder zu verankern

3.4

selbsttragendes Lärmschutzelement

Lärmschutzelement, das über ein eigenes tragendes Element 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 akustischen Eigenschaften der ursprünglichen Lärmschutzvorrichtung an Straßen beeinflusst

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

3.9

Schalldämmungsindex

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Gleichung (1) legt fest, wie der Schalldämmungsindex berechnet wird.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Werte des Schalldämmungsindex in Terzbändern sind das Ergebnis einer Prüfung nach dem vorliegenden Dokument.

3.10

Bezugshöhe

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 2, Bild 4, Bild 6, Bild 7 und Bild 8.

Anmerkung 2 zum Begriff: Wenn die Höhe der zu prüfenden Vorrichtung höher als 4 m ist und es aus praktischen Gründen nicht ratsam ist, eine Höhe der Quelle $h_S = h_B/2$ zu haben, ist es möglich, $h_S = 2$ m zu verwenden, wenn die entsprechend niedrigere Frequenzbeschränkung akzeptiert wird (siehe 5.5.7).

3.11

Referenzdeckschicht für Schallquelle zur Messung des Schalldämmungsindex

ideale, glatte Oberfläche, die der Beschallungsseite der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung an Straßen zugewandt ist und die die am meisten hervorstehenden und wichtigsten Teile der Vorrichtung innerhalb des Prüfbereiches gerade berührt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Referenzdeckschicht ist so glatt wie möglich und folgt der Neigung oder Wölbung der zu prüfenden Vorrichtung innerhalb des Prüfbereiches. Bei vertikalen und ebenen Lärmschutzvorrichtungen an Straßen ist die Referenzdeckschicht eine Vertikalebene. Bei geneigten und ebenen Lärmschutzvorrichtungen an Straßen ist die Referenzdeckschicht eine Ebene mit gleicher Neigung. Bei gewölbten und ebenen Lärmschutzvorrichtungen an Straßen ist die Referenzdeckschicht eine Oberfläche mit der gleichen Wölbung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 2, Bild 7 und Bild 8.

3.12

Mikrofon-Referenzdeckschicht

ideale, glatte Oberfläche, die der Empfängerseite der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung an Straßen zugewandt ist und die die am meisten hervorstehenden und wichtigsten Teile der Vorrichtung innerhalb des Prüfbereiches gerade berührt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Referenzdeckschicht ist so glatt wie möglich und folgt der Neigung oder Wölbung der zu prüfenden Vorrichtung innerhalb des Prüfbereiches. Bei vertikalen und ebenen Lärmschutzvorrichtungen an Straßen ist die Referenzdeckschicht eine Vertikalebene. Bei geneigten und ebenen Lärmschutzvorrichtungen an Straßen ist die Referenzdeckschicht eine Ebene mit gleicher Neigung. Bei gewölbten und ebenen Lärmschutzvorrichtungen an Straßen ist die Referenzdeckschicht eine Oberfläche mit der gleichen Wölbung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 2, Bild 7 und Bild 8.

3.13

Schallquellen-Bezugsposition

bei aufgebauter Lärmschutzvorrichtung dem Lärm zugewandte Position, die sich in Bezugshöhe h_S befindet und so angeordnet ist, dass ihr waagerechter Abstand zur Schallquellen-Referenzdeckschicht $d_S = 1$ m beträgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 2, Bild 4, Bild 6, Bild 7 und Bild 8.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Abmessungen des Lautsprechers, der in dem diesem Dokument zugrunde liegenden Forschungsprojekt verwendet wurde, betrugen: 0,40 m × 0,285 m × 0,285 m (Länge × Breite × Höhe).

3.14

Messraster für Messungen des Schalldämmungsindex

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 2, Bild 3, Bild 4, Bild 6, Bild 7 und Bild 8 sowie 4.5.4.

3.15

Bezugslage des Messrasters

Position gegenüber der Empfängerseite der zu prüfenden Vorrichtung, die sich in der Bezugshöhe h_S befindet und so angeordnet ist, dass ihre Horizontalstrecke zur Mikrofonreferenzdeckschicht $d_M = 0,25$ m beträgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 2, Bild 6, Bild 7 und Bild 8.

3.16

Dicke der Lärmschutzwand für Messungen des Schalldämmungsindex

Abstand t_B zwischen der Schallquellen-Referenzdeckschicht und der Mikrofon-Referenzdeckschicht auf der Bezugshöhe h_S

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 2, Bild 6, Bild 7 und Bild 8.

3.17

Freifeldmessung bei Messungen des Schalldämmungsindex

Messung mit Lautsprecher und Mikrofon im akustischen Freifeld bei Vermeidung von Reflexionen an nahegelegenen Objekten einschließlich des Bodens, wobei die gleiche Geometrie wie bei der Messung über der zu prüfenden Lärmschutzeinrichtung beibehalten wird (siehe Bild 6)

3.18

Adrienne-Zeitfenster

Analysefenster im Zeitbereich, das für die Datenverarbeitung verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Verarbeitung nach diesem Dokument

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Adrienne-Zeitfenster wird in 5.5.5 beschrieben.

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)

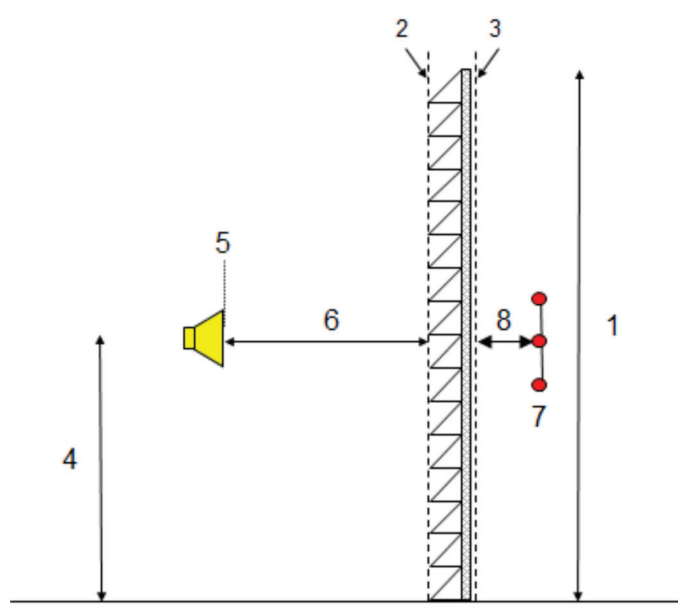
3.21

Impulsantwort

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

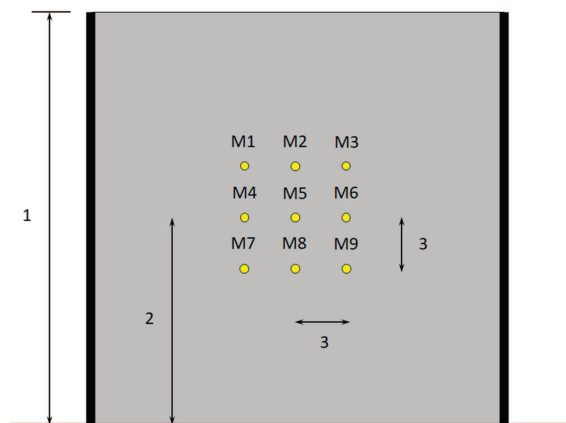
Anmerkung 2 zum Begriff: In der Praxis ist es unmöglich, echte Dirac-Delta-Funktionen zu erzeugen und abzustrahlen. Impulsförmiger Schall kann eine ausreichende Näherung bieten, ist jedoch nicht gut reproduzierbar. Eine alternative und im Allgemeinen genauere Messtechnik besteht darin, die Periode eines 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.



Legende

- | | |
|--|--|
| 1 Höhe der Lärmschutzvorrichtung an Straßen h_B , in m | 5 Vorderseite des Lautsprechers |
| 2 Schallquellen-Referenzdeckschicht | 6 Abstand zwischen der Vorderseite des Lautsprechers und der Schallquellen-Referenzdeckschicht, d_S , in m |
| 3 Mikrofon-Referenzdeckschicht | 7 Messgitter |
| 4 Bezugshöhe, h_S , in m | 8 Abstand zwischen Messgitter und Mikrofon-Referenzdeckschicht, in m |

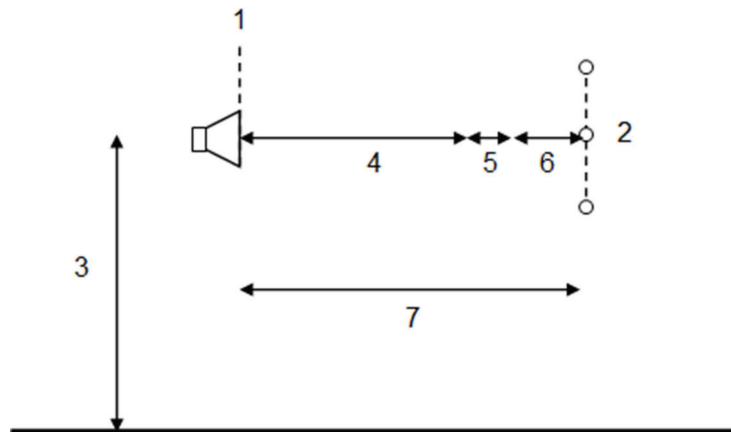
Bild 2 — Skizze des Lautsprechers und des Messgitters in der Nähe der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung an Straßen bei Messungen des Schalldämmungsindex (nicht maßstäblich)



Legende

- | | |
|--|---|
| 1 Höhe der Lärmschutzvorrichtung an Straßen h_B , in m | 3 orthogonaler Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Mikrofonen s , in m |
| 2 Bezugshöhe h_S , in m | |

Bild 3 — (nicht maßstäblich) Messraster für Messungen des Schalldämmungsindex vor der zu prüfenden Vorrichtung (Empfängerseite); die gelben Kreise zeigen die Mikrofonpositionen an, die mit M1 bis M9 bezeichnet sind



Legende

- | | |
|--|---|
| 1 Vorderseite des Lautsprechers | 5 Dicke der Lärmschutzvorrichtung an Straßen, t_B , auf Höhe h_S , in m |
| 2 Messraster | 6 Horizontalstrecke Mikrofon 5 – Mikrofon-Referenzdeckschicht d_M auf Höhe h_S , in m |
| 3 Bezugshöhe, h_S , in m | 7 Horizontalstrecke Lautsprecher – Mikrofon 5 d_T auf Höhe h_S , in m |
| 4 Horizontalstrecke Lautsprecher – Schallquellen-Referenzdeckschicht d_S auf Höhe h_S , in m | |

ANMERKUNG $d_T = d_S + t_B + d_M$, siehe Gleichung (5).

Bild 4 — (nicht maßstäblich) Skizze der Anordnung für die „Freifeld“-Bezugsmessung zur Bestimmung des Schalldämmungsindex

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole:

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen

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
d_M	Horizontalstrecke von der Mikrofon-Referenzdeckschicht zum Messraster; sie entspricht $d_M = 0,25$ m	m
d_S	Horizontalstrecke von der Vorderseite der Lautsprecher zur Referenzdeckschicht der Schallquelle; sie beträgt $d_S = 1$ m	m
d_T	Horizontalstrecke des Messrasters zur Vorderseite des Lautsprechers; sie beträgt $d_S + t_B + d_M$	m
DL_{SI}	Einzahl-Angabe zur Schallreflexion	dB
δ_i	Eingabegröße für Abschätzungen der Messunsicherheit	—
Δf_j	Breite des j -ten Terzbandes	Hz

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol oder Abkürzung	Bezeichnung	Einheit
F	Symbol der Fourier-Transformierten	—
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 Lärmschutzvorrichtung	m
h_S	Bezugshöhe	m
$h_{i,k}(t)$	einfallende Bezugskomponente der Freifeld-Impulsantwort am k -ten Messpunkt	—
$h_{t,k}(t)$	durchtretende Komponente der Impulsantwort am k -ten Messpunkt	—
$h_{n,k}(t)$	Hintergrundgeräuschkomponente der Impulsantwort am k -ten Messpunkt	—
j	Index des j -ten Terzbandes (zwischen 100 Hz und 5 kHz, wo möglich)	—
k	Index des k -ten Messpunkts ($k = 1 \dots n$)	—
k_p	Erweiterungsfaktor	—
k_f	Konstante beim Anti-Aliasing-Filter	—
L_E	Länge eines Lärmschutzelementes	m
L_p	Abtastperiodenlänge bei einer nicht homogenen Lärmschutzvorrichtung	m
n	Zahl der Messpunkte, über die der Mittelwert gebildet wird ($n = 9$)	—
r	Radius der größten abgetasteten Fläche bei senkrechtem Schalleinfall	m
SI_j	Schallübertragungsindex des j -ten Terzbandes	—
s	orthogonaler Abstand zwischen zwei benachbarten Mikrofonen	m
s_r	Wiederholstandardabweichung	—
s_R	Vergleichstandardabweichung	—
S/N	Signal-Rausch-Verhältnis	dB
$s_{R,DL,SI,E}$	Vergleichstandardabweichung der Einzahl-Angabe für „Elemente“	—
$s_{R,DL,SI,P}$	Vergleichstandardabweichung der Einzahl-Angabe für „Pfosten“	—
$s_{R,DL,SI,G}$	Vergleichstandardabweichung der Einzahl-Angabe für die „Gesamtwand“	—
S/N_k	Signal-Rausch-Verhältnis am k -ten Mikrofon	dB
$S/N_{j,k}$	Signal-Rausch-Verhältnis am k -ten Mikrofon im j -ten Terzband	dB
t	Zeit	s
t_B	Dicke der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung auf Höhe h_S	m
t_C	Lufttemperatur	°C
$T_{W,BH}$	Länge der Blackman-Harris-Hinterflanke des Adrienne-Zeitfensters	s
$T_{W,ADR}$	Gesamtlänge des Adrienne-Zeitfensters	s
u	Standardunsicherheit	—
U	Erweiterte Unsicherheit	—

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol oder Abkürzung	Bezeichnung	Einheit
$w_{i,k}(t)$	Zeitfenster für die Freifeld-Bezugskomponente (Adrienne-Zeitfenster) am k -ten Messpunkt	—
$w_{r,k}(t)$	Zeitfenster (Adrienne-Zeitfenster) für die reflektierte Komponente am k -ten Messpunkt	—

5 Messungen des Schalldämmungsindex

5.1 Allgemeines Prinzip

Die Schallquelle emittiert eine impulsartige Schallwelle, die zu der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung läuft, teilweise von ihr reflektiert wird, teilweise durch sie hindurch tritt und teilweise an ihr gebeugt wird. Das auf der anderen Seite der zu prüfenden Einrichtung angeordnete Mikrofon empfängt sowohl die von der Schallquelle durch die zu prüfende Einrichtung hindurch tretende als auch die über die Oberkante der zu prüfenden Einrichtung gebeugte Schalldruckwelle. (Für aussagekräftige Ergebnisse sollten die an den seitlichen Kanten gebeugten Schallwellen mit ausreichenden Zeitverzögerungen eintreffen.) Wenn die Messung ohne die zu prüfende Einrichtung zwischen Lautsprecher und Mikrofon wiederholt wird, kann die Direktwelle im Freifeld erfasst werden. Die Leistungsspektren der Direktwelle und der durchgehenden Welle liefern die Grundlage zur Berechnung des Schalldämmungsindex.

Der Schalldämmungsindex ergibt sich aus dem logarithmischen Mittelwert der Werte, die an den neun Punkten auf dem Messraster (Abtastpunkte) gemessen werden. Siehe Bild 3 und Gleichung (1).

Die Messung muss in einem Schallfeld ohne Reflexionen innerhalb des Adrienne-Zeitfensters durchgeführt werden. Aus diesem Grund wird die Erfassung einer Impulsantwort mit möglichst scharfen Spitzen empfohlen: Auf diese Weise können die von anderen Oberflächen stammenden Reflexionen anhand ihrer Verzögerungszeit erfasst und ausgeblendet werden.

5.2 Messgröße

Zur Berechnung des Schalldämmungsindex SI als Funktion der Frequenz in Terzbändern wird folgende Gleichung verwendet:

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

Dabei ist

$h_{i,k}(t)$ die einfallende Bezugskomponente der Freifeld-Impulsantwort am k -ten Abtastpunkt;

$h_{t,k}(t)$ die durchtretende Komponente der Impulsantwort am k -ten Abtastpunkt;

$w_{i,k}(t)$ das Zeitfenster (Adrienne-Zeitfenster) der einfallenden Bezugskomponente der Freifeld-Impulsantwort am k -ten Abtastpunkt;

$w_{t,k}(t)$ das Zeitfenster (Adrienne-Zeitfenster) für die durchtretende Komponente der Impulsantwort am k -ten Abtastpunkt;

F das Symbol der Fourier-Transformierten;

j der Index des j -ten Terzbands (zwischen 100 Hz und 5 kHz, wo möglich);

Δf_i die Breite des j -ten Terzbands;

$n = 9$ die Anzahl der Abtastpunkte.

5.3 Prüfanordnung

5.3.1 Allgemeines

Dieses Prüfverfahren kann entweder an Lärmschutzvorrichtungen an Straßen angewendet werden, die entlang von Straßen angebracht sind, oder an Prüfkörpern in Originalgröße, die zum Zweck einer Prüfung (in Innenräumen oder im Freien) mittels des hier beschriebenen Verfahrens zusammengebaut wurden.

5.3.2 Zum Zweck von Prüfungen hergestellte Prüfkörper in Originalgröße

Für die Anwendung an Prüfkörpern in Originalgröße, die zum Zweck des Prüfens durch das hier beschriebene Verfahren, z. B. in einer Prüfeinrichtung im Freien aufgebaut wurden, muss der Prüfkörper wie folgt aufgebaut sein (siehe Bild 5):

- als Bauteil, das aus Lärmschutzelementen zusammengesetzt ist, sich über mindestens 4 m erstreckt und eine Höhe von mindestens 4 m hat;
- ein 4 m hoher Pfosten (falls bei der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung vorhanden);
- als Bauteil, das aus Lärmschutzelementen zusammengesetzt ist, sich über mindestens 2 m erstreckt und eine Höhe von mindestens 4 m hat.

Der Prüfkörper ist auf dieselbe Art wie eine hergestellte, tatsächlich eingesetzte Vorrichtung mit denselben Verbindungen und Abdichtungen zwischen den Bauteilen aufzubauen und zusammenzusetzen.

Der geprüfte Bereich ist ein Kreis mit einem Radius von 2 m um die Mitte des Messrasters. Der Prüfkörper muss groß genug gebaut sein, um diesen Kreis für jede Messung vollständig zu erfassen.

Für die Qualifizierung des Schalldämmungsindex nur über Pfosten sind nur akustische Elemente notwendig, die 2 m oder mehr auf jeder Seite des Pfostens herausragen (siehe Bild 5).

Hat die zu prüfende Vorrichtung einen Abstand zwischen den Pfosten von weniger als 4 m, sollte der Abstand der Pfosten entsprechend verringert werden, doch die gesamte Mindestbreite des Aufbaus sollte dieselbe sein wie in Bild 5 gezeigt.

5.3.3 Prüfungen der eingebauten Lärmschutzvorrichtung an Straßen

Bei Anwendungen an Lärmschutzvorrichtungen, die bereits entlang von Straßen aufgestellt sind, muss die Bauweise des Prüfkörpers wie folgt sein:

- *bei aufgestellten Lärmschutzvorrichtungen muss zum Erreichen der vollen Höhe unter Verwendung eines einzelnen Lärmschutzelements:*
 - der Prüfkörper als Einzelbauteil, das repräsentativ für die spezifische Anwendung ist, ausgeführt sein;
 - dort, wo es nicht als Einzelbauteil ausgeführt werden kann oder wo die eingebaute Lärmschutzvorrichtung an Straßen niedriger als 4 m ist, muss der Mittelpunkt des Prüfkörpers auf der Lautsprecherachse (auf Bezugshöhe $h_S = 2$ m über dem Boden) angeordnet werden und unter Verwendung von Lärmschutzelementen geringerer Höhe unter- und oberhalb des Prüfkörpers auf 4 m aufgebaut werden;

- bei aufgestellten Lärmschutzvorrichtungen an Straßen muss zum Erreichen der vollen Höhe unter Verwendung aufeinander aufbauender Lärmschutzelemente:
 - der Prüfkörper so aufgebaut sein, wie er für die jeweilige Anwendung verwendet wird.

Bei Anwendungen an bereits entlang von Straßen angebrachten Lärmschutzvorrichtungen muss ein Sockel unter einer solchen Lärmschutzvorrichtung als Teil des Prüfkörpers betrachtet werden.

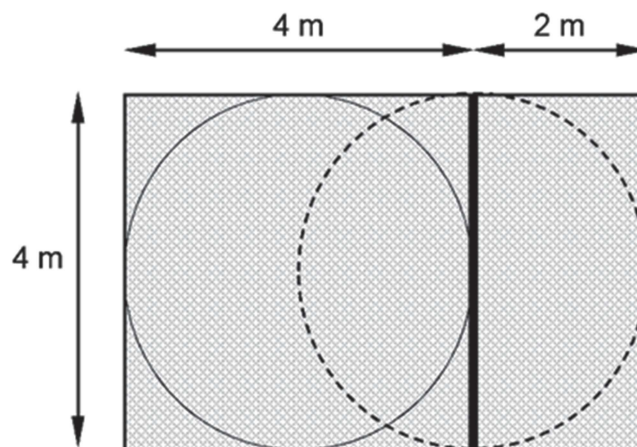
5.3.4 Unebene, geneigte oder gewölbte Lärmschutzvorrichtungen an Straßen

Bei ebenen oder gewölbten, senkrechten oder geneigten Lärmschutzvorrichtungen gelten Bild 7 und Bild 8. In Fällen, die durch diese Zahlen nicht abgedeckt sind, sollten die Messungen nach den folgenden allgemeinen Grundsätzen durchgeführt werden:

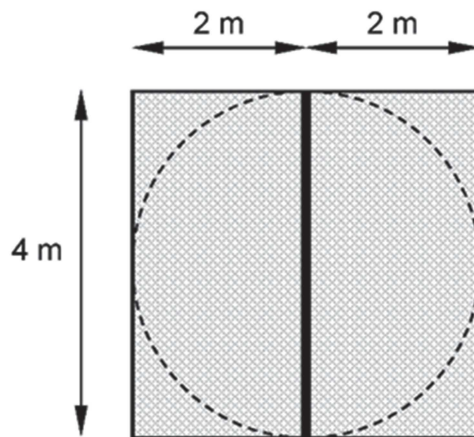
- die Ebene des Messgitters ist parallel zur Mikrofon-Referenzdeckschicht;
- die Achse Lautsprecher-Mikrofon 5 ist waagrecht und auf die Referenzdeckschicht der Schallquelle gerichtet;
- Mikrofon 5 ist so nah wie möglich an der mittleren Höhe des Bildschirms;
- der kürzeste Abstand des Mikrofons 5 zur Referenzdeckschicht des Mikrofons beträgt $d_M = 0,25$ m.

Lärmschutzvorrichtungen an Straßen, die aus einer waagerechten oder senkrechten Aneinanderreihung mehrerer verschiedener Arten von Abschirmungen bestehen (Zusammensetzung von Formen oder Strukturen mit sehr großen Abmessungen), müssen detailliert charakterisiert werden: Jede Form oder Struktur muss unter den in diesem Dokument beschriebenen Bedingungen speziell charakterisiert werden.

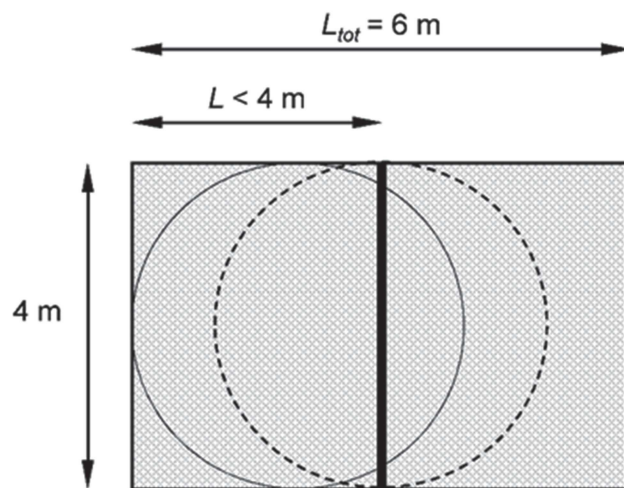
Bei Strukturen, die eine eindeutige Anwendung dieser Regeln nicht zulassen, können die Messungen unter strikter Einhaltung der Bestimmungen dieses Dokuments durchgeführt werden. Die Verantwortung für die Anpassung des Verfahrens obliegt dem Betreiber. Der Prüfbericht muss eine klare Begründung für alle getroffenen Entscheidungen enthalten. Die unter diesen Bedingungen erzielten Ergebnisse dürfen jedoch in keinem Fall für die Leistungserklärung verwendet werden.



a) Messungen des Schalldämmungsindex über Elementen und Pfosten



b) Messungen des Schalldämmungsindex nur über einem Pfosten

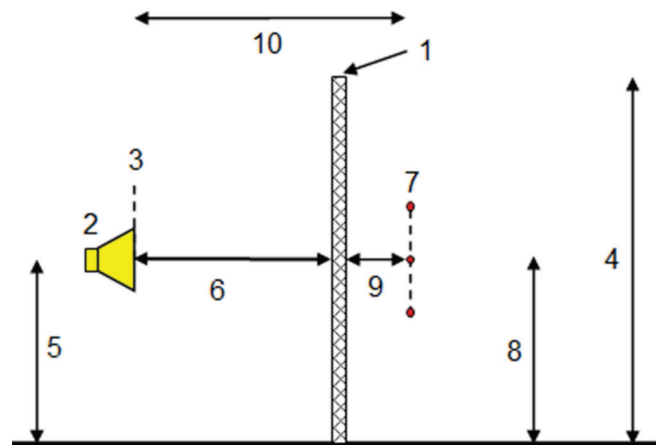


c) Messungen des Schalldämmungsindex vor einem Prüfkörper mit einem Pfostenabstand von weniger als 4 m

Legende

- L tatsächliche horizontale Länge der akustischen Elemente, die einen Pfostenabstand von weniger als 4 m haben
- L_{tot} minimale horizontale Länge des Prüfkörpers, wenn der Pfostenabstand kleiner als 4 m ist
- dünne Kreise: geprüfter Bereich für Elemente
- gestrichelte Kreise: geprüfter Bereich für Pfosten

Bild 5 — Skizze der Mindestmaße der speziell für die Prüfung hergestellten Prüfkörper in Originalgröße

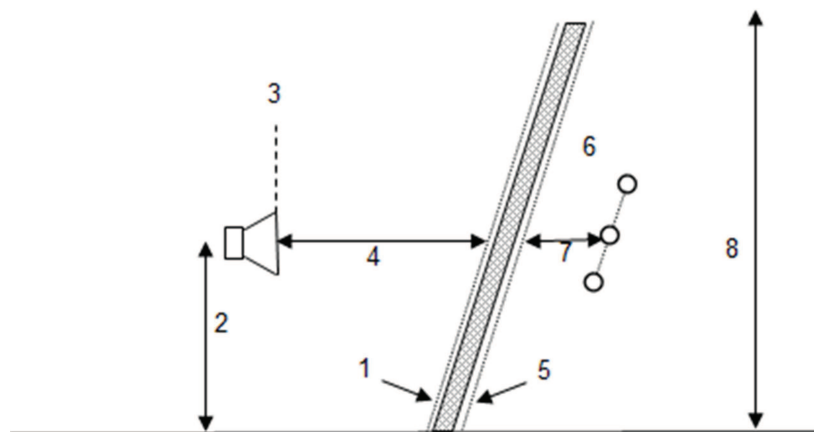


Legende

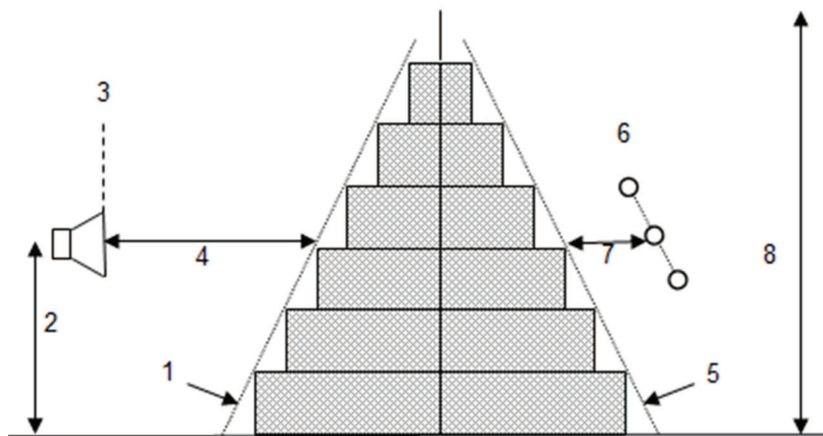
- | | |
|---|---|
| 1 Dicke der Lärmschutzeinrichtung an Straßen t_B , in m | 2 Lautsprecher |
| 3 Vorderseite des Lautsprechers | 4 Lärmschutzwandhöhe, h_B , in m |
| 5 Bezugshöhe, h_S , in m | 6 Horizontalstrecke Lautsprecher – Schallquellen-Referenzdeckschicht d_S , in m |
| 7 Messraster | 8 Bezugshöhe, h_S , in m |
| 9 Horizontalstrecke Mikrofon Nr. 5 – Referenzdeckschicht d_M , in m | 10 Horizontalstrecke Lautsprecher – Messraster d_T , in m |

ANMERKUNG $d_T = d_S + t_B + d_M$, siehe Gleichung (5).

Bild 6 — Skizze des Aufbaus für die Messung des Schalldämmungsindex an einer ebenen Lärmschutzeinrichtung an Straßen (Seitenansicht, nicht maßstäblich)



a) über einer geneigten, ebenen Lärmschutzeinrichtung an Straßen

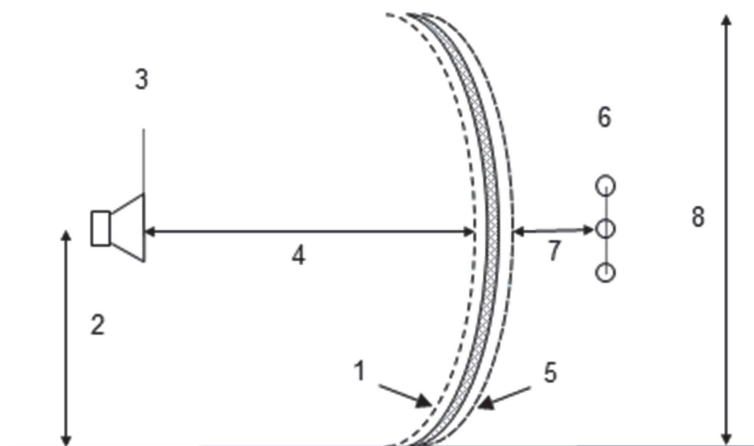


b) über einer geneigten, unebenen Lärmschutzeinrichtung an Straßen

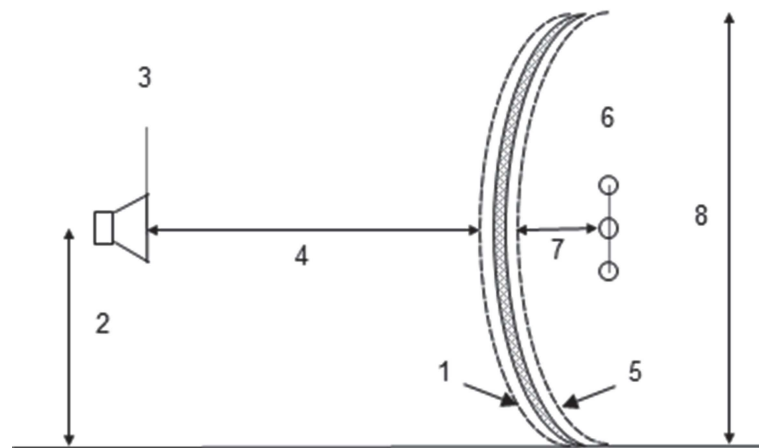
Legende

- | | |
|---|--|
| 1 Schallquellen-Referenzdeckschicht | 5 Mikrofon-Referenzdeckschicht |
| 2 Bezugshöhe h_S , in m | 6 Messgitter |
| 3 Vorderseite des Lautsprechers | 7 Abstand zwischen dem Messraster und der Referenzdeckschicht d_M , in m |
| 4 Abstand zwischen der Vorderseite des Lautsprechers und der Schallquellen-Referenzdeckschicht d_S , in m | 8 Höhe h_B der Lärmschutzeinrichtung an Straßen h_B , in m |

Bild 7 — (nicht maßstäblich) Skizzen des Aufbaus zur Messung des Schalldämmungsindex an geneigten Lärmschutzeinrichtungen an Straßen (Seitenansicht)



a) Messungen der durchtretenden Komponente vor einer konkaven Lärmschutzeinrichtung an Straßen



b) Messungen der durchtretenden Komponente vor einer konvexen Lärmschutzvorrichtung an Straßen

Legende

- | | |
|---|--|
| 1 Schallquellen-Referenzdeckschicht | 5 Mikrofon-Referenzdeckschicht |
| 2 Bezugshöhe h_S , in m | 6 Messgitter |
| 3 Vorderseite des Lautsprechers | 7 Abstand zwischen dem Messraster und der Referenzdeckschicht d_M , in m |
| 4 Abstand zwischen der Vorderseite des Lautsprechers und der Schallquellen-Referenzdeckschicht d_S , in m | 8 Höhe h_B der Lärmschutzvorrichtung an Straßen h_B , in m |

ANMERKUNG $d_T = d_S + t_B + d_M$, siehe Gleichung (5).

Bild 8 — (nicht maßstäblich) Skizzen des Aufbaus zur Messung des Schalldämmungsindex an gewölbten Lärmschutzvorrichtungen an Straßen (Seitenansicht)

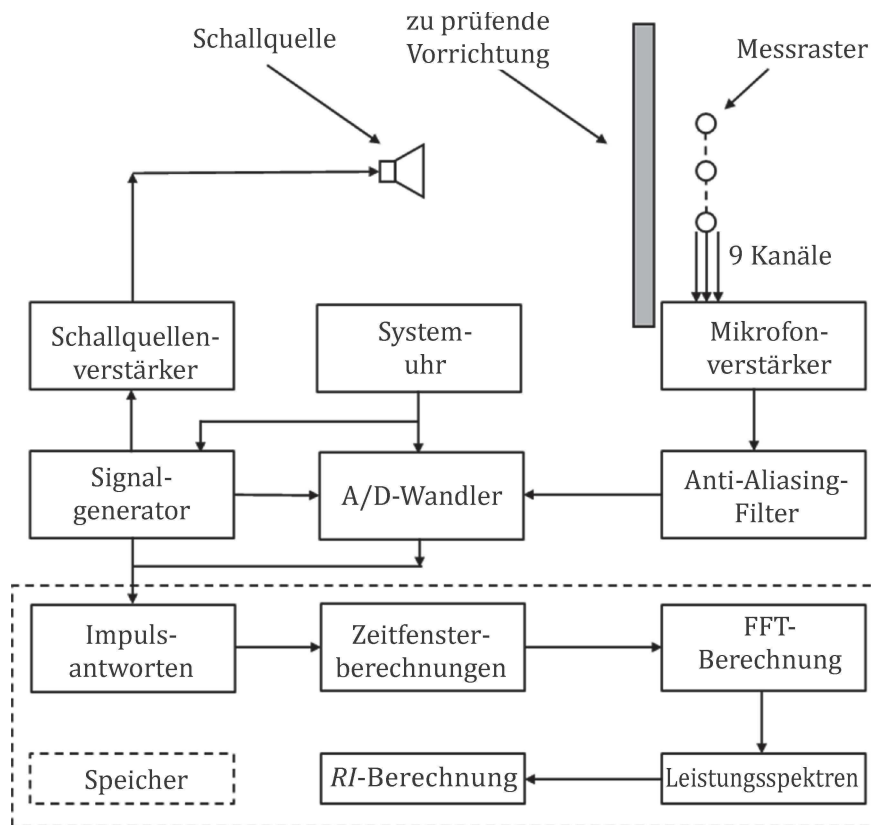


Bild 9 — Skizze mit den wesentlichen Komponenten des Messsystems

5.4 Messvorrichtung

5.4.1 Komponenten des Messsystems

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

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 Das hier beschriebene Messverfahren beruht auf Verhältnissen der Leistungsspektren von Signalen, die aus Impulsantworten stammen, die mit derselben Apparatur an demselben Ort unter denselben Bedingungen innerhalb von kurzer Zeit erfasst wurden. Eine hohe Genauigkeit der Messung von Schallpegeln ist hierbei nicht von Interesse. Daher sind keine strengen Anforderungen an die Absolutgenauigkeit der Messkette vonnöten.

Die Mikrofone sollten ausreichend klein und leicht sein, so dass sie sich zur Realisierung des Messgitters an einem Rahmen befestigen lassen, ohne Eigenbewegungen durchzuführen.

5.4.2 Schallquelle

Die elektroakustische Schallquelle muss folgende Eigenschaften aufweisen:

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

ANMERKUNG Da der Schalldämmungsindex aus dem Verhältnis von Energiegrößen berechnet wird, die von Impulsantworten stammen, die über einen kurzen Zeitraum unter Verwendung desselben Lautsprechers und Messrasters gewonnen wurden, sind die Eigenschaften des Frequenzgangs des Lautsprechers nicht kritisch, vorausgesetzt, dass ein Lautsprecher von hoher Qualität verwendet wird, der die vorstehenden Vorgaben erfüllt.

5.4.3 Prüfsignal

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

Die Verwendung eines Lautsprechers führt gewöhnlich zu einer nicht linearen Verzerrung im System, was streng genommen den Anspruch auf Linearität in diesem Verfahren verletzt. 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 kann das Signal-Rausch-Verhältnis durch Verringerung des Anregungsniveaus erhöht werden. Bei bestimmten Signaltypen kann das Signal-Rausch-Verhältnis durch Wiederholung desselben Prüfsignals und synchrone Mittelwertbildung der Mikrofonantwort verbessert werden.

Im Allgemeinen darf jede Art von Anregungssignal zur Bestimmung der Impulsantwort und der entsprechenden Frequenzverlaufsgleichung von linearen und zeitinvarianten Systemen verwendet werden, vorausgesetzt, es enthält bei jeder interessierenden Frequenz genug Energie. Die Impulsantwort kann aus der Antwort auf die Anregung durch Entfaltung ermittelt werden oder man kann die Frequenzverlaufsgleichung errechnen, indem das Leistungsspektrum des geprüften Systems durch das Eingabespektrum dividiert wird. Letzteres impliziert eine Fourier-Transformation des Eingangs- und Ausgangssignals, um die Division im Spektralbereich durchzuführen.

Dieses Dokument empfiehlt die Anwendung einer Periode deterministischer Signale im flachen Spektrum, wie die sogenannte Maximum-Length-Sequence (MLS) oder das Exponential Sine Sweep (ESS), und die Transformation der gemessenen Antwort zurück zu einer Impulsantwort [7], [8], [10], [12], [14], [15].

Es muss überprüft werden, dass

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

5.5 Datenverarbeitung

5.5.1 Kalibrierung

Das hier beschriebene Messverfahren beruht auf Verhältnissen der Leistungsspektren von Signalen, die aus den mit derselben Apparatur 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 korrekte Funktion der Messkette vom Beginn bis zum Ende der Messungen zu überprüfen.

5.5.2 Abtastrate und Filterung

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

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

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

Die Abtastrate muss gleich der Taktfrequenz des Signalgenerators 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 die Abtastrate, die Art und die Eigenschaften des Anti-Aliasing-Filters klar in jedem Prüfbericht angegeben werden.

5.5.3 Hintergrundgeräusch

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

ANMERKUNG Kohärenzverfahren, wie z. B. die MLS-Kreuzrelation, liefern hohe S/N -Verhältnisse.

Um dieses Signal-Rausch-Verhältnis S/N für jede Impulsantwort zu bewerten, müssen ein Zeitintervall, das nur das Hintergrundgeräusch enthält, und ein Zeitintervall, das das durchtretende Signal enthält, bestimmt werden. Das Zeitintervall für die Auswertung des Hintergrundgeräusches wird mit einem „Rauschfenster“ $w_{n,k}(t)$ gewählt. Das Zeitintervall für die Auswertung des Signals ist dasjenige innerhalb des Fensters der durchtretenden Komponente $w_{r,k}(t)$.

Das Zeitintervall für die Bewertung des Hintergrundgeräusches kann auf zwei Arten gewählt werden (siehe Literaturhinweis [9]):

- 1) Vom Beginn der Impulsantwort ($t = 0$) bis zum Beginn des durchtretenden Signals; in diesem Fall liegt die untere Frequenzgrenze für die Berechnung des Signal-Rausch-Verhältnisses bei 400 Hz.
- 2) Vom Ende der Impulsantwort zu ihrem Anfang hin, wobei ein Adrienne-Zeitfenster mit derselben Breite wie für das durchtretende Signal verwendet wird; in diesem Fall ist die untere Frequenzgrenze für die Berechnung des Signal-Rausch-Verhältnisses dieselbe wie bei der SI -Berechnung.

Das Signal-Rausch-Verhältnis in jedem Frequenzband beträgt:

$$S/N_{j,k} = 10 \cdot \lg \left\{ \frac{\int_{\Delta f_j} |F[h_{t,k}(t) w_{tk}(t)]|^2 df}{\int_{\Delta f_j} |F[h_{n,k}(t) w_{nk}(t)]|^2 df} \right\} \quad (3)$$

Dabei ist

$h_{t,k}(t)$ die durchtretende Komponente der Impulsantwort am k -ten Messpunkt vor dem Prüfkörper;

$h_{n,k}(t)$ die Hintergrundgeräuschkomponente der Impulsantwort am k -ten Messpunkt;

$w_{t,k}(t)$ das Zeitfenster (Adrienne-Zeitfenster) für die durchtretende Komponente am k -ten Messpunkt;

$w_{n,k}(t)$ das Zeitfenster (Adrienne-Zeitfenster) für die Hintergrundgeräuschkomponente am k -ten Messpunkt;

F das Symbol der Fourier-Transformierten;

j der Index der Terzbänder (zwischen 100 Hz und 5 kHz);

Δf_j die Breite des j -ten Terzbands;

k die Nummer des Mikrofons nach Bild 3 ($k = 1, \dots, 9$);

Das Signal-Rausch-Verhältnis beträgt insgesamt:

$$S/N_k = 10 \cdot \lg \left\{ \frac{\sum_{j=m}^{18} \int_{\Delta f_j} |F[h_{t,k}(t) w_{t,k}(t)]|^2 df}{\sum_{j=m}^{18} \int_{\Delta f_j} |F[h_{n,k}(t) w_{n,k}(t)]|^2 df} \right\} \quad (4)$$

Dabei ist

m die Nummer für das niedrigste verlässliche Terzband

5.5.4 Abtastverfahren mit neun Mikrofonen

Die Schallquelle muss so angeordnet werden, wie in 3.13 beschrieben.

Das Messraster muss quadratisch mit einer Seitenlänge $2s$ von 0,80 m sein. Sein Mittelpunkt muss in der Bezugshöhe h_s liegen. Das Raster ist so anzuordnen, dass es der Seite der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung zugewandt ist, die dem Lärm ausgesetzt ist, wenn die Einrichtung an ihrem Platz ist, so dass der waagerechte Abstand zur Mikrophon-Referenzdeckschicht $d_M = 0,25$ m beträgt (siehe Bild 3, Bild 5, Bild 6, Bild 7 und Bild 8). Das Raster ist so weit entfernt wie möglich von den Kanten der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung anzuordnen.

Ein Satz von neun Mikrofonen, die an einem starren Rahmen befestigt sind, ist an den neun Abtastpunkten entsprechend dem Messraster anzubringen, und die neun Impulsantworten sind gleichzeitig oder nacheinander zu messen. Jede von ihnen besteht aus der Direktkomponente, der durch die zu prüfende Lärmschutzvorrichtung durchtretenden Komponente, den gebeugten Komponenten und Störreflexionen (Bild 11).

Für jede Mikrofonposition ist eine „Freifeld“-Impulsantwort mit derselben geometrischen Messanordnung aber ohne die Lärmschutzwand zu messen.

Insbesondere ist der Abstand d_T der Mikrofonposition Nr. 5 von der Schallquelle konstant zu halten (siehe Bild 6 bis Bild 8):

$$d_T = d_S + t_B + d_M = 1,25 + t_B \quad (5)$$

Dabei ist

t_B die Dicke der Lärmschutzwand (siehe 3.16).

Es muss darauf geachtet werden, dass der Befestigungsrahmen das Ergebnis der Messung nicht verändert.

5.5.5 Adrienne-Zeitfenster

Bei der Anwendung dieses Dokuments muss für Zeitfenstervorgänge ein sogenanntes 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 flacher Teil mit einer Gesamtlänge von 5,18 ms („Hauptteil“);
- eine Hinterflanke als rechtsseitige halbe Blackman-Harris-Form mit einer Gesamtlänge von 2,22 ms.

Die Gesamtlänge des Adrienne-Zeitfensters beträgt $T_{W,ADR} = 7,9$ ms.

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

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

Dabei ist

$$a_0 = 0,358\,75;$$

$$a_1 = 0,488\,29;$$

$$a_2 = 0,141\,28;$$

$$a_3 = 0,011\,68;$$

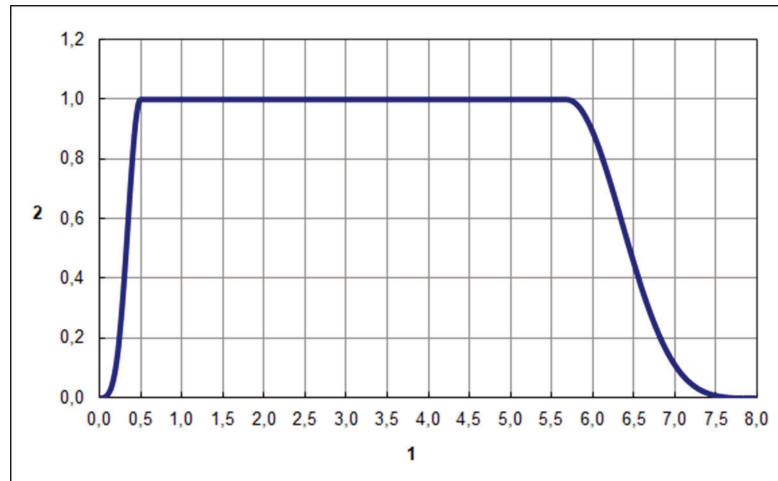
$$0 \leq t \leq T_{W,BH}$$

Wenn die Fensterlänge $T_{W,ADR}$ verändert werden muss (das tritt nur in Ausnahmefällen auf), müssen die Längen des ebenen Teils und des rechtsseitigen Blackman-Harris-Teils ein Verhältnis von 7/3 aufweisen.

ANMERKUNG 1 Um die Reflexion vom Boden vollständig aus dem Analysefenster für die reflektierte Komponente herauszuhalten, muss z. B. die Länge des Adrienne-Zeitfensters verkürzt werden, wenn Lärmschutzvorrichtungen an Straßen mit einer Höhe unter 4 m geprüft werden (siehe 4.5.6). In diesem Fall erhöht sich die untere Frequenzgrenze (siehe 5.5.7).

ANMERKUNG 2 Die Länge des Adrienne-Zeitfensters darf bei der Prüfung sehr großer Proben vergrößert werden, um eine niedrigere untere Frequenzgrenze zu erreichen (siehe 5.5.7).

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



Legende

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

Bild 10 — Das Adrienne-Zeitfenster

5.5.6 Anordnung des Adrienne-Zeitfensters

5.5.6.1 Direktkomponente

Für die „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 flacher Teil 0,2 ms vor der Spitze der Direktkomponente beginnt.

Das vorstehende Verfahren ist für jede Mikrofonposition zu wiederholen. Bei einer Änderung der Mikrofonposition wird der Markierungspunkt an leicht geänderten Zeitpunkten angeordnet.

5.5.6.2 Durchtretende Komponente

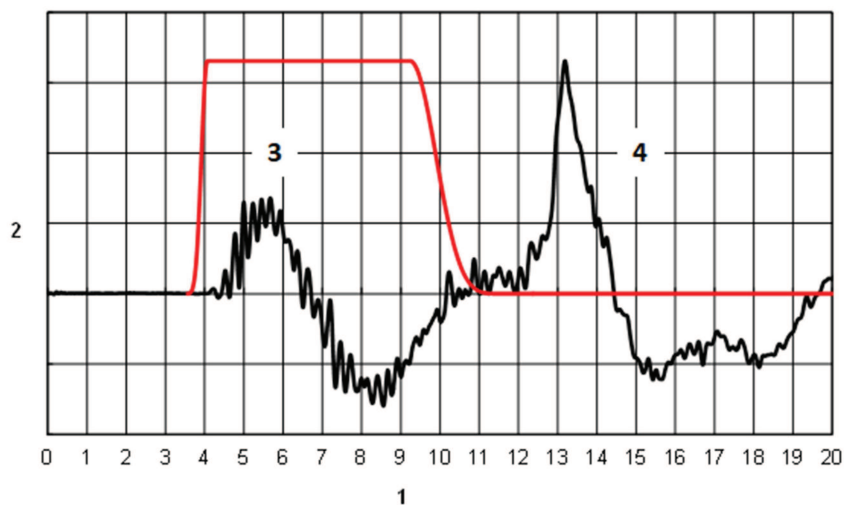
Für die durchtretende Komponente ist das Adrienne-Zeitfenster wie folgt anzuordnen:

- der Zeitpunkt, von dem an die durchtretende Komponente eintrifft (und der als Beginn des Durchtritts angesehen wird), wird, wenn möglich, durch geometrische Berechnung bestimmt;
- ein Zeitpunkt, der 0,2 ms vor dem Übertragungsbeginn liegt, wird bestimmt;
- das Adrienne-Zeitfenster für die durchtretende Komponente wird so angeordnet, dass sein Markierungspunkt diesem Zeitpunkt entspricht;

- der Zeitpunkt, von dem an Beugungsanteile eintreffen (und der als Beginn der Beugung angesehen wird), wird, wenn möglich, durch geometrische Berechnung bestimmt;
- das Adrienne-Zeitfenster für die durchtretende Komponente endet 7,4 ms nach dem Markierungspunkt oder zum Beugungsbeginn, je nachdem, welcher Zeitpunkt der frühere ist.

Mit anderen Worten, das Adrienne-Zeitfenster für die durchtretende Komponente wird so angeordnet, dass sein flacher Teil 0,2 ms vor der ersten Spitze der durchtretenden Komponente beginnt und seine hintere Schleppe vor dem Beugungsbeginn endet (siehe Bild 11).

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



Legende

- | | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| 1 Zeit, in ms | 2 Impulsantwort (relative Einheiten) |
| 3 durchtretende Komponente | 4 gebeugte Komponente |

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

5.5.7 Untere Frequenzgrenze

Das im vorliegenden Dokument beschriebene Verfahren kann für verschiedene Prüfkörpergrößen verwendet werden.

Die untere Frequenzgrenze $f_{\min}$ der Messungen des Schalldämmungsindex hängt von Form und Breite des Adrienne-Zeitfensters ab. Die Breite wiederum hängt von der kleinsten Querabmessung (Höhe oder Länge) der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung an Straßen ab.

Die folgenden unerwünschten Komponenten müssen außerhalb des Adrienne-Zeitfensters für die durchtretenden Komponenten bleiben:

- die Schallkomponenten, die durch die Kanten der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung an Straßen gebeugt werden;
- die Schallkomponenten, die am Boden auf der Empfangs- oder Beschallungsseite der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung an Straßen reflektiert werden;

Die folgenden Komponenten müssen innerhalb des Adrienne-Zeitfensters für die durchtretende Komponente bleiben:

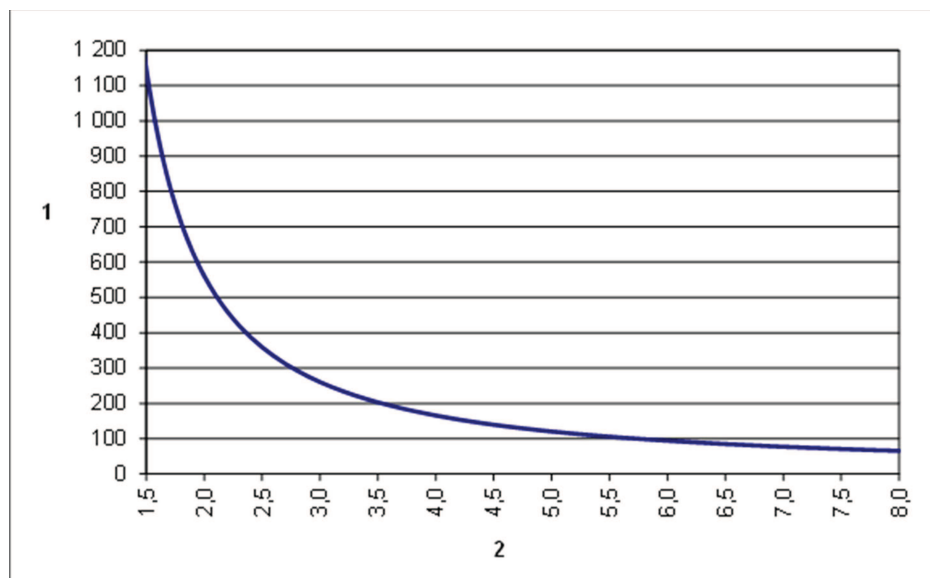
- die Schallkomponente, die durch die zu prüfende Lärmschutzvorrichtung an Straßen durchdringt;

Für Güteprüfungen muss der Prüfkörper die in 4.3 festgelegten Mindestmaße von 4 m Höhe und 6 m Länge besitzen (siehe Bild 5). Diese Bedingungen führen zu einer unteren Frequenzgrenze für den Schalldämmungsindex von etwa 163 Hz, d. h. Messungen sind bis hinab zum Terzband mit der Mittelfrequenz 200 Hz gültig. Messwerte für die drei Terzbänder 100 Hz, 125 Hz und 160 Hz könnten zu Informationszwecken vorgehalten werden.

Sobald die korrekte Breite des Adrienne-Zeitfensters durch geometrische Berechnungen und Sichtprüfung der Impulsantwort beurteilt wurde, kann die entsprechende untere Frequenzgrenze nach dem in Anhang A beschriebenen Verfahren berechnet oder aus Bild A.2 oder Tabelle A.1 abgelesen werden.

In Bild 12 ist die untere Frequenzgrenze $f_{\min}$ für Messungen des Schalldämmungsindex als Funktion der Höhe der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung an Straßen angegeben, wobei folgende Bedingungen zugrunde gelegt werden:

- 1) Die zu prüfende Lärmschutzvorrichtung an Straßen ist senkrecht und eben.
- 2) Die Lärmschutzvorrichtung an Straßen hat eine vernachlässigbare Dicke ($t_B \ll d_S$); bei Lärmschutzvorrichtungen mit einer nicht vernachlässigbaren Dicke nimmt die untere Frequenzgrenze kleinere Werte an.
- 3) Die Oberkante der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung an Straßen hat ein geradliniges und waagrechtes Profil, und es befinden sich keine zusätzlichen Vorrichtungen auf der Oberseite.



Legende

1 untere Frequenzgrenze, $f_{\min}$, in Hz

2 Höhe der Lärmschutzvorrichtung, h_B , in m

Bild 12 — Untere Frequenzgrenze $f_{\min}$ für Messungen des Schalldämmungsindex als Funktion der Höhe der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung an Straßen unter den in 4.5.6 festgelegten Bedingungen

5.6 Anordnung der Messvorrichtung

5.6.1 Auswahl der Messpositionen

Die Messvorrichtung ist nahe der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung an Straßen in Positionen anzuordnen, die nach folgenden Regeln ausgewählt werden.

In jedem Fall sind alle Abstände mit einer relativen Messunsicherheit von höchstens 10 mm zu messen.

ANMERKUNG Einige Lärmschutzvorrichtungen an Straßen sind so hergestellt oder angebracht, dass ihre Oberfläche deutliche Unregelmäßigkeiten aufweist, so dass es schwierig ist, einen genau definierten Bezugspunkt zu finden, von dem aus eine Entfernung gemessen werden kann, selbst wenn die zu prüfende Vorrichtung als nominell eben deklariert ist. In diesen Fällen wird die Messunsicherheit von der Herstellungs- und Verarbeitungstoleranz beherrscht, die Werte bis zu einigen Zentimetern annehmen könnte, und es ist unmöglich, eine geringere Unsicherheit zu erzielen.

- Der Lautsprecher wird in *Schallquellen-Bezugsposition* angeordnet (siehe 3.13).
- Das Messraster wird auf der gegenüberliegenden Seite der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung an Straßen angeordnet (siehe 3.15).
- Das Messraster (d. h. ein Satz von neun Mikrofonen, der von einem starren Rahmen getragen wird) wird an den neun Mikrofon-Bezugspositionen an der anderen Seite der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung angebracht und die neun Impulsantworten werden gleichzeitig oder nacheinander gemessen.

Das akustische Zentrum der Schallquelle und der akustische Mittelpunkt des Mikrofons Nr. 5 (zentrale Position des Messrasters) müssen auf derselben waagerechten Linie liegen.

Eine „Freifeld“-Impulsantwort ist für jede Mikrofonposition zu messen, wobei der Befestigungsrahmen mit der geometrischen Konfiguration der Anordnung beibehalten wird, ohne dass die Lärmschutzwand vorhanden ist (Bild 3 und Bild 6).

Die neun Messungen auf dem Messraster und die entsprechenden Freifeldmessungen sind entsprechend Gleichung (1) für den Schalldämmungsindex durchzuführen und es ist ein Mittelwert zu bilden.

5.6.2 Pfostenmessungen

Bei Lärmschutzvorrichtungen mit Zwischenpfosten wie Lärmschutzwänden, die aus einem oder mehreren akustischen Elementen bestehen, welche durch senkrechte Pfosten in festen Abständen gehalten werden, ist eine Serie von neun Messungen auf dem Messraster und eine Serie von Freifeld-Messungen durchzuführen, und zwar sowohl über das Zentrum eines repräsentativen akustischen Elements als auch über einen repräsentativen Pfosten.

5.6.3 Zusatzmessungen

Wenn zu vermuten ist, dass Schallundichtigkeiten an einer anderen Stelle, z. B. an der Bodenkante der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtungen an Straßen, bestehen, kann eine weitere Serie von neun Messungen auf dem Messraster zuzüglich einer Reihe von Freifeld-Messungen durchgeführt werden, indem die Messvorrichtung nahe dieser undichten Stelle angeordnet wird. In diesem speziellen Fall ist das von der Bodenkante stammende Schallsignal kein „Störsignal“ mehr: Es ist natürlich das „durchtretende“ Signal, das gesucht wird. Dann ist das Adrienne-Zeitfenster auf der Grundlage einer geometrischen Berechnung, die im Prüfbericht anzugeben ist, zu vergrößern, um dieses Signal mit zu erfassen und andere Störsignale zu vermeiden. Unter den möglichen Störsignalen ist die Bodenreflexion auf der Empfängerseite nicht von Interesse, da sich die scheinbare Schallquelle, d. h. die Undichtigkeit, auf dem Boden befindet.

5.6.4 Reflektierende Gegenstände

Jedes andere Objekt als die zu prüfende Lärmschutzvorrichtung muss als reflektierendes Objekt behandelt werden, das Störreflexionen hervorrufen könnte (z. B. Leitplanken, Zäune, Felsen, parkende Kraftfahrzeuge).

usw.). Diese Gegenstände sollten so weit wie möglich vom/von den Mikrofon(en) entfernt sein und müssen in jedem Fall im Prüfbericht vollständig angegeben werden.

Es ist darauf zu achten, dass der Mikrofonständer die Messung nicht beeinflusst.

5.6.5 Sicherheitsaspekte

Dieses Prüfverfahren kann gefährlich bei der Durchführung sein, wenn Messungen entlang von Straßen durchgeführt werden, die unter Verkehr stehen. In diesem Dokument werden nicht alle mit dessen Anwendung verbundenen Sicherheitsprobleme behandelt. Es liegt in der Verantwortung des Anwenders dieses Dokuments, die angemessenen Sicherheits- und Gesundheitsmaßnahmen zu treffen und die Anwendbarkeit gesetzlicher Vorschriften vor der Anwendung festzulegen.

5.7 Prüfkörperoberfläche und Witterungsbedingungen

5.7.1 Zustand der Prüfkörperoberfläche

Bei Messungen zu Zwecken der Produktzertifizierung dürfen, sofern die Feuchte nicht als Teil des Produkts betrachtet wird, nur Messungen durchgeführt werden, wenn zumindest in den drei Tagen vor den Messungen ein angemessener Regen- und Wasserschutz der Lärmschutzvorrichtung vorgenommen wurde. In diesem Fall muss im Prüfbericht ein Foto des Schutzes (Unterstand, Plane usw.) enthalten sein.

ANMERKUNG Beispiele für Lärmschutzvorrichtungen an Straßen, bei denen Feuchte als Teil des Produkts betrachtet wird, sind: begrünte Wände, die als Lärmschutzwände verwendet werden, begrünte Stützmauern, die als schallabsorbierende Verkleidungen dienen, usw.

Die Temperatur der Prüfkörperoberfläche muss während der Messung zwischen 0 °C und 70 °C liegen.

5.7.2 Wind

Die Windgeschwindigkeit an den Mikrofonpositionen darf während der Messungen 5 m/s nicht überschreiten.

5.7.3 Lufttemperatur

Die Lufttemperatur der Umgebungsluft muss während der Messungen zwischen 0 °C und 40 °C liegen. Bei Berechnungen, in die die Schallgeschwindigkeit eingeht, ist deren temperaturabhängiger Wert $c(t_C)$ unter Einfügung des Ist-Temperaturwertes t_C in Grad Celsius über der Prüffläche in Gleichung (7) zu berücksichtigen:

$$c(t_C) = 331,6 + 0,6t_C \text{ m/s} \quad (7)$$

5.8 Einzahl-Angabe

5.8.1 Allgemeines

Zur Beschreibung der Wirksamkeit des Produktes sind, soweit möglich, drei Einzahl-Angaben von Messungen abzuleiten: eine für akustische Elemente, eine für Pfosten (falls vorhanden) und eine Gesamtangabe. Die einzelnen Werte des Schalldämmungsindex bei der Abtastung eines Elements und bei der Abtastung eines Pfostens sind jeweils nach dem standardisierten Verkehrslärmspektrum in EN 1793-3 zu wichten.

Die Einzahl-Angabe(n) für Elemente und für Pfosten (falls vorhanden) sowie die Gesamtangaben sind mit einer Dezimalziffer zu berechnen und auf eine Dezimalstelle gerundet anzugeben.

5.8.2 Akustische Elemente

Die Einzahl-Angabe für akustische Elemente $DL_{SI,E}$, in Dezibel, wird wie folgt berechnet:

$$DL_{SI,E} = -10 \cdot \lg \left[\frac{\sum_{i=m}^{18} 10^{0,1L_i} 10^{-0,1SI_{E,i}}}{\sum_{i=m}^{18} 10^{0,1L_i}} \right] \quad (8)$$

Dabei ist

$SI_{E,i}$ der an akustischen Elementen gemessene Schalldämmungsindex zum i -ten Terzband;

$m = 4$ die Nummer des untersten noch verlässlichen Terzbands;

L_i der relative A-bewertete Schalldruckpegel (dB) des standardisierten Verkehrslärmspektrums nach EN 1793-3 im i -ten Terzband.

Die Einzahl-Angabe für akustische Elemente $DL_{SI,E}$ ist zu Zwecken der Güteprüfung für Prüfkörper mit den Mindestmaßen nach 5.3 zu berechnen.

Für andere Zwecke müssen die Einzahl-Angaben informativ sein und ausdrücklich mit dem Frequenzbereich in den Terzbändern angegeben werden, für den sie errechnet wurden. So ist z. B. bei einer Lärmschutzwand mit einer Höhe von 3,5 m die Einzahl-Angabe für akustische Elemente $DL_{SI,E}$ (250 Hz - 5 000 Hz), weil 250 Hz die niedrigste verlässliche Frequenz ist.

ANMERKUNG Anhang B enthält eine Anleitung für die Anwendung der Einzahl-Angabe.

5.8.3 Pfosten

Die Einzahl-Angabe zur Luftschalldämmung durch einen Pfosten $DL_{SI,P}$, in Dezibel, wird wie folgt berechnet:

$$DL_{SI,P} = -10 \cdot \lg \left[\frac{\sum_{i=m}^{18} 10^{0,1L_i} 10^{-0,1SI_{P,i}}}{\sum_{i=m}^{18} 10^{0,1L_i}} \right] \quad (9)$$

Dabei ist

$SI_{P,i}$ der an einem Pfosten gemessene Schalldämmungsindex zum i -ten Terzband;

$m = 4$ die Nummer des untersten noch verlässlichen Terzbands;

L_i der relative A-bewertete Schalldruckpegel (dB) des standardisierten Verkehrslärmspektrums nach EN 1793-3 im i -ten Terzband.

Die Einzahl-Angabe für Pfosten $DL_{SI,P}$ ist zu Zwecken der Güteprüfung für Prüfkörper mit den Mindestmaßen nach 5.3 zu berechnen.

Für andere Zwecke müssen die Einzahl-Angaben informativ sein und ausdrücklich mit dem Frequenzbereich in den Terzbändern angegeben werden, für den sie errechnet wurden. So ist z. B. bei einer Lärmschutzwand an einer Straße mit einer Höhe von 3,5 m die Einzahl-Angabe für Pfosten $DL_{SI,P}$ (250 - 5 000 Hz), weil 250 Hz die niedrigste noch verlässliche Frequenz ist.

ANMERKUNG Anhang B enthält eine Anleitung für die Anwendung der Einzahl-Angabe.

5.8.4 Gesamtangabe

Die Einzahl-Angabe für die Gesamtheit des zu prüfenden Prüfkörpers $DL_{SI,G}$, in Dezibel, wird wie folgt berechnet:

$$DL_{SI,G} = -10 \cdot \lg \left[\frac{w_E \cdot 10^{-0,1DL_{SI,E}} + w_P \cdot 10^{-0,1DL_{SI,P}}}{w_E + w_P} \right] \quad (10)$$

Wenn die Länge L_E eines akustischen Elements größer als 0,80 m ist, dann

$$w_P = 0,80 \text{ m} \quad (11)$$

$$w_E = L_E - w_P \quad (12)$$

sonst

$$w_E = w_P = 1 \quad (13)$$

Dabei ist

$DL_{SI,E}$ die Einzahl-Angabe für akustische Elemente, in Dezibel;

$DL_{SI,P}$ die Einzahl-Angabe für Pfosten, in Dezibel;

w_E das Gewicht der Einzahl-Angabe für akustische Elemente;

w_P das Gewicht der Einzahl-Angabe über Pfosten.

L die Länge eines akustischen Elements.

ANMERKUNG 1 0,80 m ist die Breite des Messgitters.

Wenn keine Einzahl-Angabe für einen Pfosten abgeleitet werden kann, ist die Einzahl-Angabe für den gesamten Prüfkörper gleich der Einzahl-Angabe für akustische Elemente.

Für andere Zwecke muss die Gesamt-Einzahl-Angabe informativ sein und ausdrücklich mit dem Frequenzbereich in Terzbändern angegeben werden, für den sie errechnet wurde. So ist z. B. bei einer Lärmschutzwand an einer Straße mit einer Höhe von 3,5 m die Gesamt-Einzahl-Angabe $DL_{SI,P}$ (250 - 5 000 Hz), weil 250 Hz die niedrigste noch verlässliche Frequenz ist.

ANMERKUNG 2 Anhang B enthält eine Anleitung für die Anwendung der Einzahl-Angabe.

6 Messunsicherheit

Die Unsicherheit der Ergebnisse aus Messungen nach diesem Dokument muss vorzugsweise nach ISO/IEC Guide 98-3 ermittelt werden. Gegebenenfalls muss im Bericht die erweiterte Unsicherheit zusammen mit dem zugehörigen Erweiterungsfaktor für eine festgelegte Überdeckungswahrscheinlichkeit von 95 %, wie in ISO/IEC Guide 98-3 festgelegt, angegeben werden. Für weitere Informationen zur Messunsicherheit siehe Anhang B.

Dieses Verfahren impliziert jedoch die Angabe eines Analysemodells für den Schallübertragungsindex als Funktion vieler Eingabevariablen und dies erscheint, angesichts des aktuellen Stands der Technik, nicht durchführbar.

Deshalb dürfen gegebenenfalls Vergleichstandardabweichungen als Schätzwerte für die kombinierte Standardunsicherheit der Bestimmungen des Schallübertragungsindex verwendet werden. Daraus muss die erwei-

terte Messunsicherheit gemeinsam mit dem entsprechenden Erweiterungsfaktor für eine angegebene Überdeckungswahrscheinlichkeit von 95 % angegeben werden.

7 Ablauf der Messung

Die Messung ist wie folgt durchzuführen:

- a) die Prüfkörperoberfläche und die meteorologischen Bedingungen werden überprüft, um sicherzustellen, dass sie mit den Festlegungen in 5.7 übereinstimmen. Ist das nicht der Fall, kann die Messung nicht durchgeführt werden;
- b) die Messvorrichtung wird am Messort angeordnet, wie in 4.6 festgelegt. Es gelten die Sicherheitsaspekte nach 4.6.5;
- c) das Prüfsignal wird gewählt und erzeugt;
- d) das vom/von den Mikrofon(en) empfangene Gesamtsignal wird mit der nach 5.5.2 gewählten Abtastrate erfasst;
- e) das vom/von den Mikrofon(en) empfangene Gesamtsignal wird verarbeitet, um die Gesamtpulsantwort an der (den) gewählten Messposition(en) zu bestimmen;
- f) um zu vermeiden, dass die Messung mit Hintergrundgeräuschen behaftet ist, werden die Gesamtpulsantworten weiter fortlaufend gemittelt, bis ein gegebener Genauigkeitsgrad in jedem interessierenden Terzband erreicht ist. In jedem Fall müssen mindestens 16 Mittelungen durchgeführt werden (siehe 5.5.3);
- g) für jede Serie von neun Messungen auf dem Messraster wird eine entsprechende Serie von Freifeldimpulsantworten ermittelt, bei denen das Messraster im Freifeld angeordnet ist;
- h) die Direktkomponente von der Schallquelle und die durch die zu prüfende Lärmschutzvorrichtung hindurch tretenden Komponenten werden mit Adrienne-Zeitfenstern isoliert (siehe 5.5.5 und 5.5.6);
- i) die Leistungsspektren der im Zeitfenster liegenden Signale werden berechnet;
- j) der Schalldämmungsindex wird nach Gleichung (1) berechnet;
- k) die Einzahlangabe(n) wird/werden nach 5.8 berechnet, soweit gegeben;
- l) die Messunsicherheit wird ermittelt (siehe Anhang B);
- m) der Prüfbericht wird unter Verwendung der Vorlage in Anhang C verfasst.

8 Messbericht

Der Prüfbericht muss folgende Angaben enthalten (siehe Anhang C):

- a) Verweisung auf dieses Dokument (einschließlich des Jahres seiner Veröffentlichung);
- b) Name und Adresse der Prüforganisation;
- c) Datum und Ort der Prüfung;
- d) Beschreibung des Messplatzes: Zeichnung oder Bilder der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung, Messaufbau, reflektierende oder beugende Gegenstände im Nahbereich der größten abgetasteten Fläche (sofern vorhanden);

- e) Beschreibung der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung an Straßen: Fabrikat, Typ, Abmessungen, Alter, derzeitiger Zustand, Aufbau (Anzahl von Schichten, Dicke(n), Werkstofffestlegung usw.);
- f) Oberflächenzustand der Lärmschutzvorrichtung hinsichtlich Trockenheit und Temperatur;
- g) während der Prüfung herrschende meteorologische Bedingungen (Windgeschwindigkeit und -richtung, Lufttemperatur);
- h) Prüfanordnung, die in einer maßstabsgetreuen Zeichnung oder einer vermaßten Skizze die Bezugspositionen der Schallquelle und des Mikrofons und die Anzahl der Messungen angibt;
- i) für die Messung und Analyse verwendete Apparatur, einschließlich Name, Typ, Seriennummer und Hersteller;
- j) Art und Kenngrößen des Anti-Aliasing-Filters und Abtastrate des Erfassungs-/Analysegeräts;
- k) Breite der für die Analyse verwendeten Adrienne-Zeitfenster;
- l) untere Frequenzgrenze der Messung und ihre Beziehung zur kleinsten Abmessung der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung (siehe 4.5.7);
- m) Messergebnisse, einschließlich:
 - 1) Messergebnisse an einem akustischen Element;
 - 2) Messergebnisse an einem Pfosten (sofern vorhanden);
 - 3) Messergebnisse an ausgewählten Stellen (sofern vorhanden);

Die Prüfergebnisse sind für jede einzelne Mikrofonposition sowohl in Kurvenform als auch in einer Tabelle mit den Werten des Schalldämmungsindex in Terzbändern zwischen 100 Hz und 5 kHz anzugeben. Wenn es nicht möglich ist, gültige Messergebnisse über den gesamten angegebenen Frequenzbereich zu erhalten, sind die Ergebnisse in einem eingeschränkten Frequenzbereich anzugeben und die Gründe für die Einschränkung(en) sind genau anzugeben.

Die Werte des Schalldämmungsindex sind auf die nächste Dezimalstelle gerundet anzugeben.

- n) Messunsicherheit – es muss die größtmögliche, verfügbare Vergleichstandardabweichung verwendet werden.
- o) Einzahl-Angabe(n) des/der obigen Ergebnisse(s);

Die Einzahl-Angabe(n) für Elemente, für Pfosten (sofern vorhanden) und die Gesamtangaben sind nach 0 zu berechnen und auf die nächste Dezimalstelle gerundet anzugeben.

Falls keine gültigen Messergebnisse über die gesamte angegebene Frequenzbreite erlangt werden können, muss die Nomenklatur für die Einzahl-Angaben den verringerten Frequenzbereich als Teil des Indexes wie folgt aufführen: $DL_{SI,X}(f_{\min} - 5\,000\text{ Hz})$, wobei „X“ für „E“, „P“ oder „G“ steht (Element, Pfosten oder Gesamt) und $f_{\min}$ die niedrigste noch verlässliche Frequenz ist.

Die untere Frequenzgrenze der Messung muss auf einen ganzzahligen Wert gerundet werden.

- p) Unterschrift der für die Messungen verantwortlichen Person.