

DIN EN 12354-5



ICS 91.120.20

**Bauakustik –
Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den
Bauteileigenschaften –
Teil 5: Installationsgeräusche;
Deutsche Fassung EN 12354-5:2009**

Building acoustics –
Estimation of acoustic performance of building from the performance of elements –
Part 5: Sounds levels due to the service equipment;
German version EN 12354-5:2009

Acoustique de bâtiment –
Calcul des performances acoustiques des bâtiments à partir des performances des
éléments –
Partie 5: Niveaux sonores dûs aux équipements de bâtiment;
Version allemande EN 12354-5:2009

Gesamtumfang 80 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 12354-5:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 126 „Akustische Eigenschaften von Baustoffen und Bauteilen und von Gebäuden“ (Sekretariat: AFNOR, Frankreich) erarbeitet.

Das zuständige deutsche Gremium ist der NA 005-55-75 AA „Nachweisverfahren, Bauteilkatalog, Sicherheitskonzept“ im Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Deutsche Fassung

**Bauakustik —
Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden
aus den Bauteileigenschaften —
Teil 5: Installationsgeräusche**

Building acoustics —
Estimation of acoustic performance of building from the
performance of elements —
Part 5: Sound levels due to the
service equipment

Acoustique du bâtiment —
Calcul des performances acoustiques des bâtiments à partir
des performances des éléments —
Partie 5: Niveaux sonores dus aux équipements
de bâtiment

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 5. März 2009 angenommen.

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

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

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Wichtige Größen	8
3.1 Größen zur Angabe der Gebäudeeigenschaften	8
3.2 Größen zur Angabe der Produkteigenschaften.....	9
4 Berechnungsmodelle	9
4.1 Allgemeine Grundlagen	9
4.2 Luftschallübertragung durch Rohre und Kanalsysteme	11
4.2.1 Allgemeines.....	11
4.2.2 Luftschallquellen	12
4.2.3 Luftschallübertragung.....	14
4.3 Luftschallübertragung durch die Gebäudekonstruktion.....	16
4.3.1 Allgemeines.....	16
4.3.2 Luftschallquellen	18
4.3.3 Luftschallübertragung in einem Senderraum	18
4.3.4 Luftschallübertragung durch ein Gebäude.....	19
4.4 Körperschallübertragung durch die Gebäudekonstruktion.....	19
4.4.1 Allgemeines.....	19
4.4.2 Körperschallquellen	21
4.4.3 Schallübertragung durch die Montage.....	21
4.4.4 Körperschallübertragung durch das Gebäude.....	22
5 Anwendung der Modelle	23
5.1 Anwendung auf Lüftungssysteme	23
5.1.1 Allgemeines.....	23
5.1.2 Leitlinien für die Anwendung	24
5.2 Anwendung auf Heizungsinstallationen.....	25
5.2.1 Allgemeines.....	25
5.2.2 Richtlinien.....	26
5.3 Anwendung auf Aufzugsinstallationen	26
5.3.1 Allgemeines.....	26
5.3.2 Richtlinien.....	27
5.4 Anwendung auf Wasserversorgungsanlagen	27
5.4.1 Allgemeines.....	27
5.4.2 Richtlinien.....	30
5.5 Anwendung auf Abwasseranlagen	33
5.5.1 Allgemeines.....	33
5.5.2 Richtlinien für die Anwendung.....	33
5.6 Anwendung auf verschiedene andere haustechnische Anlagen	34
5.6.1 Allgemeines.....	34
5.6.2 Richtlinien.....	34
6 Genauigkeit	34
Anhang A (normativ) Liste der Symbole.....	36
Anhang B (informativ) Luftschallquellen in Kanalsystemen	39
B.1 Schallleistungspegel für Gebläse	39
B.2 Schallleistungspegel von Durchflussschall	39
Anhang C (informativ) Luftschallquellen	40
C.1 Schallquellen.....	40

C.1.1	Haustechnische Einrichtungen, zum Beispiel Whirlwannen	40
C.1.2	Abwasseranlagen	40
C.1.3	Heizungssysteme	40
C.2	Schallübertragung im Senderraum	40
Anhang D (informativ)	Körperschallquellen	42
D.1	Messung des charakteristischen Körperschalleistungspegels	42
D.1.1	Allgemeines	42
D.1.2	Haustechnische Anlagen mit hoher Quellen-Admittanz	43
D.1.3	Kraftquelle mit bekannter Quellen-Admittanz	47
D.1.4	Haustechnische Anlagen mit geringer Quellen-Admittanz	48
D.2	Montage mit elastischen Abstützungen	49
D.3	Berechnung von Daten für Quellenstärke, elastische Abstützungen und Quellen-Admittanz	50
Anhang E (informativ)	Schallübertragung durch Elemente des Kanals und des Rohrleitungssystems	51
E.1	Einleitung	51
E.2	Schallübertragung durch die Kanalwand	51
E.3	Schallübertragung entlang eines geraden, nicht ausgekleideten Kanals	52
E.4	Schallübertragung entlang eines geraden, ausgekleideten Kanals/Schalldämpfers	52
E.5	Schallübertragung bei wechselnden Kanalquerschnitten	53
E.6	Schallübertragung an Abzweigungen	53
E.7	Schallübertragung an Luftdurchlässen und Kanalöffnungen	53
E.8	Schallübertragung durch Abstrahlung an Öffnungen	54
Anhang F (informativ)	Schallübertragung in Gebäuden	56
F.1	Schallübertragung über die Verbindungsstellen	56
F.2	Anpassungs-Ausdruck	57
F.3	Admittanz der abstützenden Gebäudeelemente	58
F.3.1	Im Wesentlichen homogene Elemente	58
F.3.2	Elemente mit Balken	58
F.3.3	Anregung in der Nähe von Rändern und Ecken	59
F.4	Messung der Übertragung des Gesamtschalls	59
F.4.1	Luftschallübertragung	59
F.4.2	Körperschallübertragung	60
Anhang G (informativ)	Schallpegel bei niedrigen Frequenzen	62
Anhang H (informativ)	Richtlinie für die Planung von Systemen für haustechnische Anlagen	64
H.1	Allgemeines	64
H.2	Auswahl der Einrichtung	64
H.3	Lage des Raums für haustechnische Anlagen und Lage der Lüftungseinheit	64
H.4	Luftschalldämmung des Raums für die haustechnischen Anlagen	65
H.5	Körperschall- und Schwingungsdämmung	65
H.5.1	Schwere Konstruktionen	65
H.5.2	Leichtbau-Konstruktionen	65
H.6	Rohre und Kanalsystem	66
Anhang I (informativ)	Berechnungsbeispiele	67
I.1	Beispiel für ein Lüftungssystem	67
I.2	Beispiel für eine Whirlwanne	70
I.3	Beispiel für ein Sanitärsystem	73
Literaturhinweise		76

Vorwort

Dieses Dokument (EN 12354-5:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 126 „Akustische Eigenschaften von Bauteilen und Gebäuden“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2009, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2009 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ist die erste Fassung einer Norm, die zu einer Normenreihe gehört, in der Berechnungsmodelle für die Bauakustik festgelegt werden:

- *Teil 1: Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften — Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen*
- *Teil 2: Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften — Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen*
- *Teil 3: Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften — Teil 3: Luftschalldämmung gegen Außenlärm*
- *Teil 4: Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften — Teil 4: Schallübertragung von Räumen ins Freie*
- *Teil 5: Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften — Teil 5: Installationsgeräusche*
- *Teil 6: Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus Bauteileigenschaften — Teil 6: Schallabsorption in Räumen*

Obwohl im vorliegenden Teil der Norm die gebräuchlichsten Arten von haustechnischen Einrichtungen und Installationen in Gebäuden abgehandelt werden, können nicht alle Arten und alle möglichen Situationen erfasst werden. Es wird eine Verfahrensweise festgelegt, die dazu geeignet ist, Erfahrungen zu sammeln, die zukünftige Verbesserungen und Entwicklungen des Prognosemodells ermöglichen.

Die Präzision des in dieser Norm beschriebenen Prognosemodells kann erst dann detailliert festgelegt werden, wenn umfassende Vergleiche mit Daten aus vor Ort durchgeführten Versuchen vorliegen, die allerdings nur nach längerer Erprobung des Prognosemodells erreicht werden können. Zwischenzeitlich werden den Anwendern lediglich Hinweise auf die mögliche Präzision gegeben, die auf früher durchgeführten Vergleichen mit ähnlichen Voraussagemodellen basieren. Der Anwender (d. h. eine Person, eine Organisation, eine Behörde) ist für die Benennung der Genauigkeit verantwortlich, die sich aus der allen Mess- und Voraussageverfahren zugehörigen Präzision ergeben, indem bestimmte Anforderungen an die Eingangsdaten gestellt und/oder Sicherheitsgrenzen oder andere Korrekturen auf die Ergebnisse angewendet werden.

Anhang A ist Bestandteil dieses Teils von EN 12354. Die Anhänge B, C, D, E, F, G und H dienen nur zur Information.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Die Berechnung von Schallpegeln, die durch haustechnische Anlagen in Gebäuden erzeugt werden, ist eine komplexe Aufgabe, und Körperschallquellen und Körperschallübertragung sind bislang noch nicht ausreichend untersucht. Außerdem gibt es große Schwankungen zwischen den unterschiedlichen haustechnischen Einrichtungen und Installationen, und häufig führt eine Installation sowohl zu Luft- als auch zu Körperschallquellen. Das vorliegende Dokument bietet einen Rahmen dafür, wie dieses Thema behandelt werden kann. Im Hauptteil (Abschnitt 4) werden für Kanalsysteme allgemeine Modelle für die Übertragung des von systemimmanenten Quellen erzeugten Luft- und Körperschalls durch Gebäude beschrieben. Dabei wird für die Übertragung von Luft- und Körperschall, wenn möglich, auf EN 12354-1 und EN 12354-2 zurückgegriffen.

Abschnitt 5 behandelt die Anwendung dieser Modelle auf verschiedene Arten von haustechnischen Anlagen, wobei sowohl die bereits bekannten und verfügbaren Daten als auch die noch fehlenden Daten festgelegt werden. Die informativen Anhänge bieten unter verschiedenen Gesichtspunkten weitere Angaben zu den Schallquellen und dem von ihnen erzeugten Schall sowie spezifische Gesichtspunkte zur Schallübertragung durch Gebäude. Wo möglich, wird auf vorhandene Handbücher, Literatur oder laufende Normungsaktivitäten verwiesen. Wenn im Laufe der Zeit entsprechende Normen zur Verfügung stehen, können einige der Anhänge vollständig oder teilweise gelöscht werden, vor allem die Teile, die sich auf die Schallerzeugung durch die jeweiligen Quellen beziehen.

Für die Übertragung von Schall durch Kanalsysteme sind genormte Verfahren zur Bestimmung des Schallleistungspegels der Schallquellen oder des Übertragungsverlusts der Elemente verfügbar. Die Berechnungen werden in mehreren Handbüchern beschrieben.

Für die Übertragung von Luftschall durch Gebäude gibt es bereits Angaben zu den Schallquellen und zur Schallübertragung, einige für haustechnische Anlagen besonders wichtige Aspekte sind jedoch weniger bekannt, z. B. die Wirkung akustischer Nahfelder, nicht diffuser Räume sowie Schallanregung und Schallübertragung bei niedrigen Frequenzen. Es werden Hinweise zur Behandlung dieser Aspekte angegeben, die auch als Anregung für die Richtung weiterer Untersuchungen und zukünftiger Verbesserungen der Modelle anzusehen sind.

Für die Übertragung von Körperschall gibt es ähnliche Lösungen und Probleme wie bei der Luftschallübertragung. Geeignete Verfahren, mit deren Hilfe die Anregung von Quellen zur Emission von Körperschall zu charakterisieren ist, werden derzeit jedoch erst entwickelt, größtenteils durch Normungsarbeiten innerhalb des CEN (TC 126/WG 7). In diesem Dokument wurde daher eine Größe ausgewählt, die generell in den Prognosemodellen anzuwenden ist und als „charakteristischer Körperschallleistungspegel“ der Schallquellen bezeichnet wird, auch wenn gegenwärtig noch kein praktisches Messverfahren für diese Größe vorliegt. Mit Hilfe dieser Größe ist es möglich, die Prognosemodelle in eine allgemeine Form zu bringen, die weiter entwickelt und verbessert werden könnte. Für einige Arten von haustechnischen Anlagen werden in informativen Anhängen Hinweise zur Ableitung oder Berechnung dieser Größe mit Hilfe bekannter und gebräuchlicher Messverfahren angegeben, z. B. nach Verfahren, die vom CEN entwickelt wurden.

Das Ziel dieses Dokuments besteht darin, eine allgemeine Grundlage für die praktische Vorgehensweise bei der Berechnung der durch haustechnische Anlagen erzeugten Schallpegel zu bieten. Außerdem wird die Notwendigkeit einer besseren Charakterisierung von Schallquellen unter Hinweis auf die Themen erläutert, die weiter zu erforschen sind.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt Berechnungsmodelle für die durch haustechnische Anlagen in Gebäuden erzeugten Schalldruckpegel. Wie in dem Dokument zur Vor-Ort-Messung der Schallpegel (EN ISO 16032) werden Sanitärinstallationen, mechanische Lüftungssysteme, Heizung und Kühlung, haustechnische Anlagen, Aufzüge, Müllrutschen, Heizkessel, Gebläse, Pumpen und anderes Zubehör zu haustechnischen Anlagen sowie Garagentüren mit Motorantrieb erfasst, das Dokument kann aber auch auf andere Ausrüstungsgegenstände angewendet werden, die in Gebäuden angebracht oder installiert sind. Die Berechnung basiert vorrangig auf Messdaten, die sowohl die Schallquellen als auch die Gebäudekonstruktionen kennzeichnen. Die angegebenen Modelle sind für Berechnungen in Frequenzbändern anwendbar.

Das vorliegende Dokument beschreibt die Grundlagen der Berechnungsmodelle, führt die entsprechenden Größen auf und legt ihre Anwendung sowie geltende Einschränkungen fest. Das Dokument bietet Akustik-Fachleuten einen Rahmen zur Erstellung von Anwendungsdokumenten und Hilfsmitteln, die von anderen Anwendern im Bereich Bauausführung unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten genutzt werden.

Die Berechnungsmodelle beschreiben die Anwendung der für technische Zwecke gebräuchlichsten Methode unter Verweis auf messbare Größen, die der Festlegung der Eigenschaften von Bauteilen und Ausrüstungsgegenständen dienen. In diesem Dokument werden auch die bekannten Grenzen dieser Berechnungsmodelle angegeben. Die Anwender sollten jedoch bedenken, dass es auch andere Berechnungsmodelle gibt, von denen jedes für bestimmte Bereiche gut und für andere Bereiche nur eingeschränkt anwendbar ist.

Die Modelle berufen sich auf die Erfahrungen, die bei Voraussagen für Wohnungen und Büroräume gewonnen wurden; sie können auf andere Gebäudearten unter der Voraussetzung übertragen werden, dass die Baumaße ähnlich denen von Wohnungen sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 12354-1:2000, *Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften — Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen*

EN 12354-2, *Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften — Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen*

EN 13141-1, *Lüftung von Gebäuden — Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen — Teil 1: Außenwand- und Überströmluftdurchlässe*

EN 13141-2, *Lüftung von Gebäuden — Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen — Teil 2: Abluft- und Zuluftdurchlässe*

EN ISO 3740, *Akustik — Bestimmung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen — Leitlinien zur Anwendung der Grundnormen (ISO 3740:2000)*

EN ISO 3741, *Akustik — Ermittlung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen durch Schalldruckmessungen — Hallraumverfahren der Genauigkeitsklasse 1 (ISO 3741:1999)*

EN ISO 3743 (alle Teile), *Akustik — Bestimmung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen — Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 für kleine, transportable Quellen in Hallfeldern — Teil 1: Vergleichsverfahren in Prüfräumen mit schallharten Wänden (ISO 3743-1:1995 und ISO 3743-2:1996)*

EN ISO 3744, *Akustik — Bestimmung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen — Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 2 für ein im wesentlichen freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene (ISO 3744:1994)*

EN ISO 3745, *Akustik — Bestimmung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen — Verfahren der Genauigkeitsklasse 1 für reflexionsarme Räume und Halbräume (ISO 3745:2003)*

EN ISO 3746, *Akustik — Bestimmung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen — Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 3 über einer reflektierenden Ebene (ISO 3746:1995)*

EN ISO 3747, *Akustik — Bestimmung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen — Vergleichsverfahren zur Verwendung unter Einsatzbedingungen (ISO 3747:2000)*

EN ISO 3822-1, *Akustik — Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Laboratorium — Teil 1: Messverfahren (ISO 3822-1:1999)*

EN ISO 3822-2, *Akustik — Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Laboratorium — Teil 2: Anschluss- und Betriebsbedingungen für Auslaufarmaturen und für Mischbatterien (ISO 3822-2:1995)*

EN ISO 3822-3, *Akustik — Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Laboratorium — Teil 3: Anschluss- und Betriebsbedingungen für Durchgangsarmaturen*

EN ISO 3822-4, *Akustik — Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Laboratorium — Teil 4: Anschluss und Betriebsbedingungen für Sonderarmaturen*

EN ISO 7235, *Akustik — Labormessungen an Schalldämpfern in Kanälen — Einfügungsdämpfung, Strömungsgeräusch und Gesamtdruckverlust (ISO 7235:2003)*

EN ISO 10846-1, *Akustik und Schwingungstechnik — Laborverfahren zur Messung der vibro-akustischen Transfereigenschaften elastischer Elemente — Teil 1: Grundlagen und Übersicht (ISO 10846-1:2008)*

EN ISO 10846-2, *Akustik und Schwingungstechnik — Laborverfahren zur Messung der vibro-akustischen Transfereigenschaften elastischer Elemente — Teil 2: Direktes Verfahren zur Ermittlung der dynamischen Steifigkeit elastischer Stützelemente bei Anregung in translatorischer Richtung (ISO 10846-2:2008)*

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

EN ISO 10846-4, *Akustik und Schwingungstechnik — Laborverfahren zur Messung der vibro-akustischen Transfereigenschaften elastischer Elemente — Teil 4: Bestimmung der dynamischen Transfersteifigkeit von elastischen Elementen mit Ausnahme elastischer Stützelemente für translatorische Schwingungen (ISO 10846-4:2003)*

EN ISO 11691, *Akustik — Messungen an Schalldämpfern in Kanälen ohne Strömung — Laborverfahren der Genauigkeitsklasse 3 (ISO 11691:1995)*

3 Wichtige Größen

3.1 Größen zur Angabe der Gebäudeeigenschaften

Der Schutz gegen den von Einrichtungen und Maschinen ausgehenden Lärm kann nach EN ISO 16032 in Form von Schalldruckpegeln auf verschiedene Weise angegeben werden. Diese Größen werden in Oktavbändern als maximale Schallpegel unter Anwendung einer Zeit-Bewertung „S“ oder einer Zeitbewertung „F“ oder als äquivalente Pegel bestimmt; in allen Fällen kann eine Normierung (ein Abgleich) auf eine äquivalente Absorptionsfläche als Bezugsfläche oder eine Standardisierung (eine Normung) auf eine Bezugs-Nachhallzeit angewendet werden. Die Gebäudeeigenschaften werden üblicherweise als A- oder C-bewertete Schalldruckpegel angegeben, die aus den in Oktavbändern bestimmten Pegeln zu berechnen sind.

ANMERKUNG Die Oktavband-Pegel dienen auch zur Bestimmung der so genannten NC-, NR- oder RC-Kennzahlen, die in vielen Literaturstellen beschrieben werden. Sie werden besonders für Gebäude wie Büros, Geschäftsgebäude, Schulen und Veranstaltungsräume angewendet.

3.1.1 A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel $L_{A \max}$: Der A-bewertete maximale Schalldruckpegel in einem Raum, der auf den von haustechnischen Anlagen oder Maschinen im Gebäude erzeugten Schall zurückzuführen ist.

ANMERKUNG Dieser Schalldruckpegel wird aus dem maximalen Schalldruckpegel in Oktavbändern von 63 Hz bis 8 kHz unter Anwendung der Zeit-Bewertung „S“ ($L_{AS \max}$) oder der Zeit-Bewertung „F“ ($L_{AF \max}$) bestimmt. Die Schalldruckpegel in Oktavbändern können auch normiert/abgeglichen ($L_{AS \max, n}$, $L_{AF \max, n}$) oder genormt ($L_{AS \max, nT}$, $L_{AF \max, nT}$) werden.

3.1.2 A-bewerteter äquivalenter kontinuierlicher Schalldruckpegel L_{Aeq} : Der äquivalente A-bewertete Schalldruckpegel in einem Raum, der auf den von haustechnischen Anlagen oder Maschinen im Gebäude erzeugten Schall zurückzuführen ist.

ANMERKUNG Dieser Schalldruckpegel wird aus dem äquivalenten Schalldruckpegel in Oktavbändern von 63 Hz bis 8 kHz bestimmt. Die Schalldruckpegel in Oktavbändern können auch normiert/abgeglichen ($L_{Aeq, n}$) oder genormt ($L_{Aeq, nT}$) werden.

3.1.3 C-bewerteter maximaler Schalldruckpegel $L_{C \max}$: Der C-bewertete maximale Schalldruckpegel in einem Raum, der auf den von haustechnischen Anlagen oder Maschinen im Gebäude erzeugten Schall zurückzuführen ist.

ANMERKUNG Dieser Schalldruckpegel wird aus dem maximalen Schalldruckpegel in Oktavbändern von 31,5 Hz bis 8 kHz unter Anwendung der Zeit-Bewertung „S“ ($L_{CS \max}$) oder der Zeit-Bewertung „F“ ($L_{CF \max}$) bestimmt. Die Schalldruckpegel in Oktavbändern können auch normiert/abgeglichen ($L_{CS \max, n}$, $L_{CF \max, n}$) oder genormt ($L_{CS \max, nT}$, $L_{CF \max, nT}$) werden.

3.1.4 C-bewerteter äquivalenter Schalldruckpegel L_{Ceq} : Der äquivalente C-bewertete Schalldruckpegel in einem Raum, der auf den von haustechnischen Anlagen oder Maschinen im Gebäude erzeugten Schall zurückzuführen ist.

ANMERKUNG Dieser Schalldruckpegel wird aus dem äquivalenten Schalldruckpegel in Oktavbändern von 31,5 Hz bis 8 kHz bestimmt. Die Schalldruckpegel in Oktavbändern können auch normiert/abgeglichen ($L_{Ceq, n}$) oder genormt ($L_{Ceq, nT}$) werden.

3.1.5 Beziehung zwischen den Größen

Alle A-bewerteten und C-bewerteten Größen werden aus den in Oktavbändern bestimmten Schalldruckpegeln ermittelt.

Diese Schalldruckpegel (L) hängen von der verwendeten Zeitbewertung ab, d. h. „S“, „F“, oder es wird eine Integration über einen Zyklus durchgeführt (äquivalente Schalldruckpegel). Ein Pegel mit einer dieser verschiedenen Zeitbewertungen hängt von der Art des Schalls ab und kann im Allgemeinen nicht aus einem anderen Pegel abgeleitet werden. Daher müssen sich im Oktavband bestimmte Pegel und die festgelegte Größe auf die gleiche Zeitbewertung beziehen.

In allen Fällen gibt es eine direkte Beziehung zwischen dem Schalldruckpegel (L), dem abgeglichenen (normierten) Schalldruckpegel (L_n) und dem genormten Schalldruckpegel (L_{nT}) in den Oktavbändern. Diese Beziehungen werden durch folgende Gleichungen angegeben:

$$L = L_n + 10 \lg \frac{A_{\text{ref}}}{A} \quad \text{dB} \quad (1a)$$

$$L_{nT} = L_n + 10 \lg \frac{A_{\text{ref}} T_{\text{ref}}}{0,16 V} \quad \text{dB} \quad (1b)$$

Dabei ist

- A die äquivalente Absorptionsfläche im Raum, in Quadratmeter;
- A_{ref} die äquivalente Bezugs-Absorptionsfläche ($A_{\text{ref}} = 10 \text{ m}^2$), in Quadratmeter;
- T_{ref} die Bezugs-Nachhallzeit ($T_{\text{ref}} = 0,5 \text{ s}$), in Sekunden;
- V das Volumen des Raums, in Kubikmeter.

In diesem Dokument wird der in Oktavbändern bestimmte abgeglichene Schalldruckpegel L_n mit der entsprechenden Mittelwertbildung und Zeitbewertung als Hauptgröße für die Voraussage ausgewählt. Aus ihm können die übrigen Größen direkt ermittelt werden.

3.2 Größen zur Angabe der Produkteigenschaften

Die Größen zur Angabe der Eigenschaften der Produkte beziehen sich einerseits auf die Schallquellen und andererseits auf die Schallübertragung. Im Allgemeinen handelt es sich sowohl um Luft- als auch um Körperschall.

Die relevanten Schallquellen unterscheiden sich für verschiedene untersuchte Ausrüstungsgegenstände und Installationen. Deshalb werden die zur Angabe der Eigenschaften von Schallquellen relevanten Größen in den jeweiligen Abschnitten behandelt. Die Größen zur Charakterisierung der Schallquellen müssen sich jedoch in allen Fällen auf die gleiche Zeitbewertung beziehen wie die Größe, die für die Gebäudeeigenschaften zu berechnen ist.

Die für die Schallübertragung relevanten Elemente sind teilweise aus anderen Dokumenten dieser Normenreihe übernommen worden, z. B. aus den Normen EN 12354-1 und EN 12354-2, in denen die zugehörigen Größen festgelegt werden, und teilweise für die jeweils untersuchte haustechnische Anlage spezifisch sind. Deswegen werden die relevanten Größen auch in den jeweiligen Abschnitten angegeben.

4 Berechnungsmodelle

4.1 Allgemeine Grundlagen

Im Allgemeinen wird der in einem Raum vorhandene Schallpegel, der auf die haustechnischen Anlagen zurückzuführen ist, durch eine Kombination aus Luft- und Körperschallübertragung hervorgerufen. Welche Art der Schallübertragung vorherrscht, hängt von der Art der Einrichtung und der Installation sowie von der Art der Gebäudekonstruktion ab. Außerdem bestehen haustechnische Anlagen und Installationen häufig aus verschiedenen Schallquellen und verschiedenen Verbindungspunkten zwischen Installation und Gebäudekonstruktion. Dadurch wird ein allgemeines Voraussageverfahren ziemlich kompliziert.

ANMERKUNG Ein weiteres Problem besteht darin, dass nur wenige ausreichend festgelegte Messverfahren zur Quantifizierung der Schallstärke des jeweiligen Ausrüstungsgegenstands existieren. Besonders bezüglich des Körperschalls fehlen diese Verfahren und Größen, obwohl inzwischen CEN/TC 126/WG 7 mit entsprechenden Arbeiten begonnen hat. Hinweise werden in den Anhängen B, C und D gegeben.

Es wird vorausgesetzt, dass eine komplette Installation in mehrere Luft- und/oder Körperschallquellen unterteilt werden kann, die unabhängig voneinander betrachtet werden können. Eine derartige Schallquelle kann in Abhängigkeit von der untersuchten haustechnischen Anlage oder Installation ein physikalischer Gegenstand sein, eine partielle Quelle oder eine Kombination mehrerer partieller Quellen oder Kontaktpunkte. Bei der Modell-Methode ist eine dieser Quellen zu einem bestimmten Zeitpunkt zu betrachten, und es ist ein eindimensionales Modell anzuwenden, wobei das für die untersuchte Schallquelle am ehesten relevante Modell ausgewählt wird. Der sich für einen Raum ergebende Schalldruckpegel beruht auf der Addition der einzelnen Beiträge der betrachteten Quellen.

Im Allgemeinen werden drei unterschiedliche Situationen der Schallübertragung untersucht:

- Luftschallübertragung durch Rohre und/oder Kanäle;
- Luftschallübertragung durch eine Gebäudekonstruktion;
- Körperschallübertragung durch eine Gebäudekonstruktion.

Für jeden dieser Fälle ist nachfolgend eine allgemeine Vorgehensweise beschrieben. Für verschiedene Arten von haustechnischen Anlagen und Installationen werden die geeignetsten Anwendungen für diese allgemeinen Modelle in Abschnitt 5 festgelegt.

Der bei der Bestimmung in Oktavbändern für einen Raum erhaltene abgegliche Schalldruckpegel L_n ergibt sich aus der Addition des von allen relevanten Quellen übertragenen Schalls und aus den zutreffenden Übertragungssituationen für die jeweils betrachtete Installation oder haustechnische Anlage:

$$L_n = 10 \lg \left[\sum_{i=1}^m 10^{L_{n,d,i}/10} + \sum_{j=1}^n 10^{L_{n,a,j}/10} + \sum_{k=1}^o 10^{L_{n,s,k}/10} \right] \quad (2)$$

Dabei ist

- | | |
|-------------|---|
| L_n | der abgegliche Gesamt-Schalldruckpegel in einem Raum, der auf die Schallquellen i , j und k zurückzuführen ist, in Dezibel; |
| $L_{n,d,i}$ | der abgegliche Schalldruckpegel, der auf die Schallübertragung durch ein Rohr oder einen Kanal für die Quelle i zurückzuführen ist, in Dezibel; |
| $L_{n,a,j}$ | der abgegliche Schalldruckpegel, der auf die Luftschallübertragung durch die Gebäudekonstruktion für die Quelle j zurückzuführen ist, in Dezibel; |
| $L_{n,s,k}$ | der abgegliche Schalldruckpegel, der auf die Körperschallübertragung durch die Gebäudekonstruktion für die Quelle k zurückzuführen ist, in Dezibel; |
| m | die Anzahl der Schallquellen, die sich auf die Übertragung mittels eines Kanals beziehen; |
| n | die Anzahl der Luftschallquellen; |
| o | die Anzahl der Körperschallquellen. |

Wenn die Eigenschaften des Gebäudes als der maximale Pegel anzugeben sind, besonders für die Zeitbewertung „F“, können die Ergebnisse aus Gleichung (2) als oberer Grenzwert angesehen werden. Eine Berechnung des unteren Grenzwerts würde dann den Höchstwert für alle gesondert betrachteten Quellen ergeben.

Die Modelle können zur Berechnung der Gebäudeeigenschaften in Oktavbändern auf der Basis akustischer Daten für Schallquellen und Bauteile in Oktavbändern verwendet werden. Berechnungen sind für Oktavbänder von 63 Hz bis 4 000 Hz durchzuführen, sofern für die untersuchte haustechnische Anlage nicht ein stärker eingegrenzter Bereich ausreichend ist. Aus diesen Daten kann analog zu den Messergebnissen nach EN ISO 16032 die Einzahlangabe für die Gebäudeeigenschaften (A- oder C-Bewertung) abgeleitet werden.

ANMERKUNG Die Berechnungen können auf höhere oder niedrigere Frequenzen erweitert werden, wenn akustische Daten für diesen breiteren Frequenzbereich verfügbar sind. Besonders für niedrigere Frequenzen sind gegenwärtig jedoch keine Angaben zur Präzision der Berechnungen verfügbar (siehe auch Anhang G).

Die Modelle setzen ein diffuses Schallfeld im Empfangsraum voraus. Obwohl dies häufig eine ausreichend realistische Annahme ist, können bei niedrigen Frequenzen große Abweichungen auftreten. Da der von einigen haustechnischen Anlagen emittierte Schall durch niedrige Frequenzen dominiert ist, können diese Abweichungen nicht vernachlässigt werden. Besonders zu beachten ist dieser Aspekt bei der Anwendung der Modelle auf bestimmte haustechnische Anlagen und Installationen. Allgemeine Angaben zu diesem Aspekt sind in Anhang G enthalten.

4.2 Luftschallübertragung durch Rohre und Kanalsysteme

4.2.1 Allgemeines

Jedes Element eines Kanalsystems kann ebenso ein Übertragungselement wie eine Schallquelle sein. Bei den Voraussagen wird jede Schallquelle gesondert betrachtet, und es wird davon ausgegangen, dass die Quellen und die Elemente unabhängig voneinander sind, so dass Beeinträchtigungen zwischen Elementen, Modaleffekte und Resonanzen zu vernachlässigen sind.

Die übliche Größe zur Angabe der Schallstärke einer Quelle ist der Luftschalleistungspegel L_W , der in den Kanal übertragen wird. Die Schallübertragung durch den Kanal wird durch die Verringerung des Schalleistungspegels ΔL_W beschrieben, die in allen unterscheidbaren Elementen des Kanals auftritt. Der in einem Empfangsraum entstehende Schalldruck wird entweder durch Schall verursacht, der an der Öffnung des Kanals (Raum a) abgestrahlt wird oder durch Schall, der durch den Kanal selbst abgestrahlt wird (Raum b). Der resultierende Schalldruckpegel hängt von der Absorption in diesem Raum ab, der auf $A_{\text{ref}} = 10 \text{ m}^2$ bezogen wird.

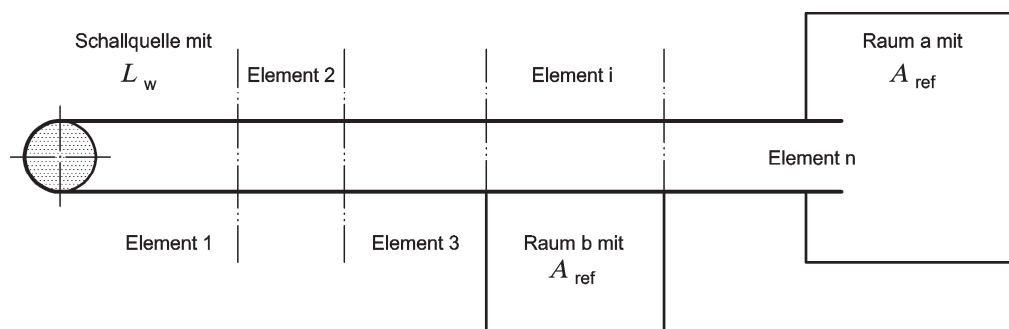


Bild 1 — Rohrsystem, mit einer Schallquelle, Übertragungselementen und Empfangsräumen (a und b)

Der in einem Raum erzeugte abgegliche Schalldruckpegel $L_{n,d}$, der auf eine Schallquelle in einem Kanal zurückzuführen ist, ergibt sich aus der folgenden Gleichung:

$$L_{n,d} = L_W - \sum_{i=1}^e \Delta L_{W,i} + 10 \lg \frac{4}{A_{\text{ref}}} \quad \text{dB} \quad (3a)$$

Dabei ist

- L_W der Schalleistungspegel der Quelle, in Dezibel;
- $\Delta L_{W,i}$ die Verringerung des Schalleistungspegels durch das Element i , in Dezibel;
- e die Anzahl der Elemente zwischen Sende- und Empfangsraum;
- A_{ref} die Bezugs-Absorptionsfläche ($= 10 \text{ m}^2$), in Quadratmeter.

ANMERKUNG 1 Diese Beziehung setzt ein diffuses Schallfeld im Raum voraus. Dies ist jedoch oft nicht der Fall. In EN 12354-6 werden Hinweise zum Einfluss nicht diffuser Räume auf die entstehenden Schallpegel gegeben. Diese Hinweise können zur Korrektur des im Raum ermittelten Schalldruckpegels angewendet werden.

ANMERKUNG 2 Falls nicht der Mittelwert für den Raum von Interesse ist, sondern der Schalldruckpegel an einer bestimmten Stelle im Raum, kann dieser Pegel durch direkte Schallabstrahlung des jeweiligen Elements in den Raum beeinflusst oder sogar dominiert werden. Für eine Position im Abstand r von diesem Element mit einem Richtfaktor Q kann der letzte Ausdruck in Gleichung (3a) durch den folgenden Ausdruck ersetzt werden durch:

$$10 \lg \left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A_{\text{ref}}} \right] \quad (3b)$$

Die in einen Raum abgestrahlte Schalleistung wird durch die Position des abstrahlenden Elements im Raum (letztes von mehreren Elementen, $i = e$) hinsichtlich der Raumgrenzen beeinflusst. Dieser Einfluss muss in die Verringerung des Schalleistungspegels des letzten abstrahlenden Elements einbezogen werden. Für einige Elemente wird dieser Einfluss der Position des abstrahlenden Elements bereits durch das angewendete Messverfahren berücksichtigt; ist das nicht der Fall, muss zur Verringerung des Schalleistungspegels des abstrahlenden Elements ein entsprechender Beitrag addiert werden; siehe Anhang E.

Falls die betrachtete Quelle das Schallfeld in einem Raum ist, können die Eigenschaften des Kanalsystems auch als die abgegichene Pegeldifferenz des Übertragungssystems $D_{n,s}$ angegeben werden, siehe EN 12354-1. Diese Pegeldifferenz ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$D_{n,s} = \sum_{i=1}^e \Delta L_{W,i} + 10 \lg \frac{A_{\text{ref}}}{S_1} \quad (4)$$

Dabei ist

- $D_{n,s}$ die abgegichene Schallpegeldifferenz für die indirekte Übertragung durch ein System s , in Dezibel;
- S_1 die Fläche des ersten Elements ($i = 1$) des Übertragungssystems im Senderaum, d. h. eine Öffnung, der Kanalquerschnitt oder ein Luftdurchlass, in Quadratmeter.

ANMERKUNG 3 Für Überströmluftdurchlässe oder paarweise Luftdurchlässe in einfachen Lüftungssystemen für Wohnungen wird diese Größe auch direkt gemessen und als $D_{n,e}$ angegeben, siehe EN 13141-1 und EN 13141-2. Gleichung (4) kann dann auch angewendet werden, um die Verringerung des Schalleistungspegels für diese Elemente (oder Kombinationen dieser Elemente) abzuleiten.

4.2.2 Luftschallquellen

Quellen können Elemente des Systems sein, die Schall erzeugen, z. B. Lüftungsgeräte oder Brenner; ferner kann Schall an den Elementen des Systems oder in ihrer Nähe erzeugt werden, wie z. B. Schall, der durch den Durchfluss durch Gitter, Rohrbogen und Schalldämpfer erzeugt wird (Durchflussschall) oder Schall, der von außen in den Kanal übertragen wird.

In allen Fällen wird die Stärke dieser Luftschallquellen durch den Schallleistungspegel L_W angegeben, wenn er sich in den Kanal in einer Richtung ausbreitet oder wenn er direkt in den umgebenden Raum abgestrahlt wird. Der Schallleistungspegel sollte sich auf die für das jeweilige System geeigneten Betriebsbedingungen beziehen. Der Schallleistungspegel der Quellen basiert primär auf Ergebnissen genormter Messverfahren.

4.2.2.1 Lüftungsgerät

Für ein Lüftungsgerät im Kanal wird üblicherweise zwischen dem Eintrittsschallleistungspegel, $L_{W,in}$, dem Austrittsschallleistungspegel, $L_{W,out}$ und dem Schallleistungspegel der Baueinheit, $L_{W,unit}$ unterschieden, wobei sich die Indizes „Eintritt“ und „Austritt“ auf die Durchflussrichtung und „Baueinheit“ auf den vom Lüftungsgerät abgestrahlten Körperschall beziehen. Der Schallleistungspegel dieser Quellen beruht primär auf standardisierten Messungen; siehe auch Anhang B.

4.2.2.2 Durchflussschall

Für Schallquellen, bei denen der Schall z. B. durch den Durchfluss durch Gitter, Rohrbogen, Durchflussregler, Feuerschutzklappen, Lamellen-Drosselklappen und Schalldämpfer erzeugt wird, kann der Schallleistungspegel direkt gemessen werden. Berechnungen können aus empirischen Beziehungen abgeleitet werden, siehe Anhang B.

4.2.2.3 Durch Öffnungen und Geräte eintretender Schall

Für Schallquellen, bei denen der Schall z. B. von der Außenseite durch eine Kanalöffnung oder durch Ein- und Austrittseinrichtungen eintritt, kann der Schallleistungspegel indirekt aus dem gemessenen Übertragungsverlust für diese Öffnung oder diese Einrichtung bestimmt werden. Der Schallleistungspegel für die Schallübertragung hinein in den Kanal L_W ergibt sich aus dem Übertragungsverlust $D_{t,oi}$ der Einrichtung von außen nach innen (siehe 4.2.3) und ist nach folgender Gleichung zu bestimmen:

$$L_W = L_o - D_{t,oi} + 10 \lg \frac{S_{co}}{4} \quad \text{dB} \quad (5)$$

Dabei ist

- $D_{t,oi}$ der Übertragungsverlust für die Schallleistung für eine Kanalöffnung oder eine am Kanal angebrachte Einrichtung für die Übertragung von außen nach innen, in Dezibel;
- L_o der Schalldruckpegel im Senderraum, in Dezibel;
- S_{co} die Querschnittsfläche der Kanalöffnung, in Quadratmeter.

ANMERKUNG Der Übertragungsverlust einer mit einer Öffnung versehenen Einrichtung kann aus direkten Messungen bestimmt werden. Weil laut Definition eine Beziehung zwischen dem Übertragungsverlust an einem Luftdurchlass besteht, d. h. einer Öffnung von der Außenseite zur Innenseite des Kanals und umgekehrt von der Innenseite zur Außenseite, kann der Übertragungsverlust von außen nach innen auch aus dem Übertragungsverlust von innen nach außen abgeleitet werden, siehe Anhang E.

Weil die Schallübertragung auch durch die Position beeinflusst wird, die eine Öffnung oder eine am Kanal vorhandene Einrichtung hinsichtlich der Raumgrenzen einnimmt, muss dieser Einfluss in den Übertragungsverlust der Schallleistung des jeweils untersuchten Elements einbezogen werden. Für einige Elemente wird der Einfluss der Position des Elements bereits durch das ausgewählte Messverfahren berücksichtigt; ist das nicht der Fall, muss zum Übertragungsverlust der Schallleistung des untersuchten Elements ein entsprechender Beitrag addiert werden, siehe Anhang E.

4.2.2.4 Durch die Kanalwand eintretender Schall

Für die Quellen, bei denen der Schall von außen in den Kanal eintritt (einbricht), kann der Schallleistungspegel indirekt aus dem gemessenen Übertragungsverlust des Kanals bestimmt werden. Der Schallleistungspegel L_W für die Übertragung im Kanal in oder entgegen der Durchflussrichtung (stromauf- oder -abwärts) ergibt sich aus dem Schalldämmkoeffizient R_{oi} (Übertragungsverlust von außen nach innen) des Kanals nach folgender Gleichung:

$$\begin{aligned} L_{W,u} &= L_o - R_{oi} + 10 \lg S_d - 6 - 10 \lg \frac{S_{cd,u} + S_{cd,d}}{S_{cd,u}} \quad \text{dB} \\ L_{W,d} &= L_o - R_{oi} + 10 \lg S_d - 6 - 10 \lg \frac{S_{cd,u} + S_{cd,d}}{S_{cd,d}} \quad \text{dB} \end{aligned} \quad (6)$$

Dabei ist

- L_o der Schalldruckpegel im Raum außerhalb des Kanals, in Dezibel;
- R_{oi} der Schalldämmkoeffizient des Kanals für die Schallübertragung von außen nach innen, in Dezibel;
- S_d die exponierte Fläche des Kanals im Raum, in Quadratmeter;
- $S_{cd,d}$ die Querschnittsfläche des Kanals am stromabwärtigen Ende seines exponierten Teils, in Quadratmeter;
- $S_{cd,u}$ die Querschnittsfläche des Kanals am stromaufwärtigen Ende seines exponierten Teils, in Quadratmeter.

ANMERKUNG 1 Es wird davon ausgegangen, dass das Schallfeld außerhalb des Kanals diffus ist, während innerhalb des Kanals eine ebene Schallwelle vorliegt.

ANMERKUNG 2 Der Schalldämmkoeffizient R_{oi} kann direkt gemessen werden, kann aber auch aus dem entgegen der Übertragungsrichtung gemessenen Schalldämmkoeffizient R_{io} berechnet werden, d. h. aus dem für die Schallübertragung von innen nach außen festgelegten Koeffizienten, siehe Anhang E.

Für verschiedene Quellen können allgemeine Regeln zur Berechnung der Schallleistungspegel angewendet werden. Angaben dazu sind in Anhang B enthalten.

4.2.3 Luftschallübertragung

In einem Schallübertragungssystem bewirken mehrere Elemente eine Verringerung des Schallleistungspegels während der Schallausbreitung, z. B. gerade Kanäle, absorbierende Innenauskleidungen, Bogen, Verengungen, Verbindungen, Schalldämpfer und Schallübertragung durch Öffnungen, Gitter oder die Kanalwände. Die Pegelverringerung wird entweder direkt als Verringerung des Schallleistungspegels $\Delta L'_W$ je Einheit oder je Längeneinheit $\Delta L'_W$ oder als bezogene Größe angegeben, z. B. als der Schalldämmkoeffizient eines Kanals R_{io} bei der Schallübertragung von innen nach außen, der Einfügungsdämpfung eines Schalldämpfers D_i oder dem Übertragungsverlust einer Einrichtung D_t .

Die folgenden Beziehungen können innerhalb der Anwendungsgrenzen der verschiedenen Elemente, die in den jeweils zutreffenden Mess-Normen angegeben sind, zur Berechnung nach Gleichung (3a) angewendet werden.

4.2.3.1 Die Elemente als Einheit

$$\Delta L_W = \Delta L_{W,\text{unit}} \quad \text{dB} \quad (7)$$

Dabei ist

$\Delta L_{W,\text{unit}}$ die Verringerung des Schallleistungspegels je Einheit des Elements, in Dezibel.

4.2.3.2 Elemente mit Verringerung je Längeneinheit

$$\Delta L_W = \Delta L'_W l \quad \text{dB} \quad (8)$$

Dabei ist

$\Delta L'_W$ die Verringerung des Schallleistungspegels je Längeneinheit des Elements, in Dezibel je Meter;

l die tatsächliche Länge des Elements, gemessen an der Mittellinie des Kanals, in Meter.

4.2.3.3 Elemente im Kanal mit bekannter Einfügungsdämpfung

$$\Delta L_W = D_i \quad \text{dB} \quad (9)$$

Dabei ist

D_i die Einfügungsdämpfung, die für einen Schalldämpfer nach EN ISO 7235 oder nach EN ISO 11691, für einen Überströmluftdurchlass nach EN 13141-1 oder für andere Elemente auf vergleichbare Weise bestimmt wird, in Dezibel.

ANMERKUNG Für Schalldämpfer kann die auf diese Weise ermittelte Einfügungsdämpfung als brauchbarer Schätzwert für den Schallübertragungsverlust des Elements angesehen werden.

4.2.3.4 Elemente am Ende des Kanals mit bekannter Einfügungsdämpfung

$$\Delta L_W = D_i + D_{i,\text{io}} \quad \text{dB} \quad (10)$$

Dabei ist

D_i die Einfügungsdämpfung, die für einen Luftdurchlass nach EN 13141-2 bestimmt wird, in Dezibel;

$D_{i,\text{io}}$ der Schallübertragungsverlust am offenen Ende des untersuchten Gegenstands, nach EN ISO 7235 (siehe Anhang E), in Dezibel.

4.2.3.5 Elemente mit bekanntem Übertragungsverlust

$$\Delta L_W = D_t \quad \text{dB} \quad (11)$$

Dabei ist

D_t der Übertragungsverlust, der für einen Volumendurchflussregler nach EN ISO 7235 oder für andere Elemente auf vergleichbare Weise bestimmt wird, in Dezibel.

ANMERKUNG Der Übertragungsverlust für Volumendurchflussregler nach dieser Norm schließt, wenn das zutreffend sein sollte, den Übertragungsverlust für das offene Ende ein. Der Übertragungsverlust für das offene Ende hängt von der Position der Öffnung hinsichtlich der reflektierenden Oberflächen ab, d. h. davon, ob die Öffnung in der Mitte des Raumes, in einer Wand oder in der Nähe einer Ecke angeordnet ist.

4.2.3.6 Elemente mit bekanntem Schalldämmkoeffizient

$$\Delta L_W = R_{i0} + 10 \lg \frac{S_{c,d}}{S_d} + 3 + 10 \lg \frac{\Omega}{4\pi} \quad \text{dB} \quad (12)$$

Dabei ist

R_{i0} der Schalldämmkoeffizient des Kanals für die Übertragung von der Innen- zur Außenseite, in Dezibel;

Ω der Winkel um den Kanal, in den hinein eine Schallabstrahlung erfolgt, in Radiant (Raummitte: $\Omega = 4\pi$, in Wandnähe: $\Omega = 2\pi$, in Randnähe: $\Omega = \pi$).

ANMERKUNG 1 Diese Beziehung setzt voraus, dass nur die Hälfte der Schalleistung innerhalb des Kanals in die Übertragung zur Außenseite einbezogen wird.

ANMERKUNG 2 Dieser Schalldämmkoeffizient R_{i0} kann direkt gemessen, aber auch aus dem in der entgegengesetzten Übertragungsrichtung, d. h. bei der Übertragung von außen nach innen gemessenen Schalldämmkoeffizient R_{oi} berechnet werden; siehe Anhang E.

4.2.3.7 Element mit Schallabstrahlung in einen Raum

Für ein Element, das eine Schalleistung in einen Raum abstrahlt, muss der Einfluss seiner Position im Raum hinsichtlich der Raumgrenzen in die Verringerung des Schalleistungspegels des letzten Elements einbezogen werden. Ist das für die verfügbaren Messdaten nicht der Fall, ist dieser Einfluss zu der Verringerung zu addieren:

$$\Delta L_W = \Delta L_{W,\text{element}} - D_\Omega \quad \text{dB} \quad (13)$$

Dabei ist

$\Delta L_{W,\text{element}}$ die Verringerung des Schalleistungspegels des Elements, das den Schall abstrahlt, wobei der Einfluss der Raumposition unberücksichtigt bleibt, in Dezibel;

D_Ω der Richtwirkungsindex für den Festwinkel, in Dezibel.

Für einige Elemente können auch allgemeine Regeln angewendet werden, um die Verringerung der Schallübertragung zu berechnen. Anhang E enthält entsprechende Angaben.

4.3 Luftschallübertragung durch die Gebäudekonstruktion

4.3.1 Allgemeines

Die grundlegende Größe zur Angabe der Stärke der Schallquelle ist der Luftschalleistungspegel L_W . Der sich im Senderaum ergebende Schalldruckpegel hängt hauptsächlich von der Absorption A_{source} in diesem Raum ab. Die tatsächliche Schallanregung der Gebäudekonstruktionen wird jedoch auch durch die Form des Raumes, den Abstand zwischen Schallquelle und Gebäudekonstruktionen und das Strahlungsmuster der Quelle beeinflusst. Die Übertragung vom Senderaum zum Empfangsraum schließt üblicherweise verschiedene Übertragungswege zwischen den Elementen (i) des Senderraums und den Elementen (j) des Empfangsraums ein. Für diesen Übertragungsweg kann die Übertragung durch den Flankenschalldämmkoeffizienten R_{ij} beschrieben werden.

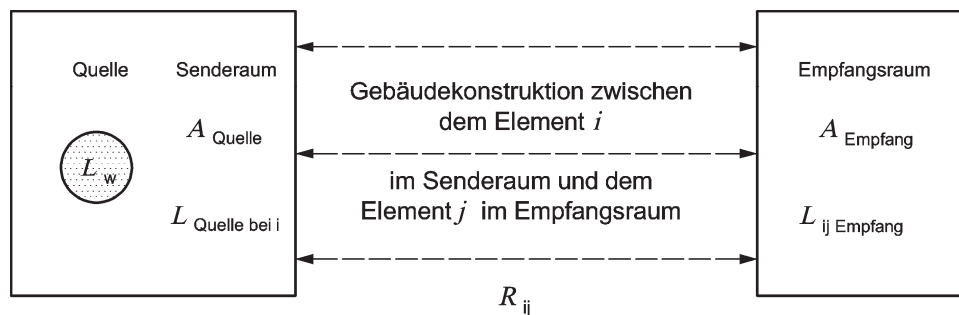


Bild 2 — Luftschallübertragung von einer Quelle durch ein Gebäude über einen Übertragungsweg ij

Der sich für eine Schallquelle in einem Raum ergebende abgeglichene Schalldruckpegel $L_{n,a}$ ist nach der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$L_{n,a} = 10 \lg \sum_{i=1, j=1}^{m,n} 10^{L_{n,a,ij}/10} \quad \text{dB} \quad (14)$$

Dabei ist

- $L_{n,a,ij}$ der abgeglichene Schalldruckpegel im Empfangsraum, der auf eine Luftschallquelle im Senderraum zurückzuführen ist und durch Schallübertragung von einem angeregten Element i im Senderraum und einem abstrahlenden Element j im Empfangsraum verursacht wird, in Dezibel;
- m die Anzahl der Elemente i im Senderraum, die an der Schallübertragung beteiligt sind;
- n die Anzahl der Elemente j im Empfangsraum, die an der Schallübertragung beteiligt sind.

Der abgeglichene Schalldruckpegel im Empfangsraum $L_{n,a,ij}$ ergibt sich für alle Übertragungswege ij aus dem Schallleistungspegel der Quelle (L_W), der Übertragung auf den sich im Senderraum in der Nähe des Elements i ($D_{s,i}$) ergebenden Schalldruck und der Übertragung über den betrachteten Übertragungsweg ij durch das Gebäude zum Empfangsraum ($R_{ij,ref}$); siehe Bild 2.

$$L_{n,a,ij} = L_W + D_{s,i} - R_{ij,ref} - 10 \lg \frac{S_i}{S_{ref}} - 10 \lg \frac{A_{ref}}{4} \quad \text{dB} \quad (15)$$

Dabei ist

- L_W der Schalldruckpegel der Quelle, in Dezibel;
- $D_{s,i}$ die Schallübertragung zum Element i im Senderraum, in Dezibel;
- $R_{ij,ref}$ der Flankenschalldämmkoeffizient für die Übertragung von Element i im Senderraum zum Element j im Empfangsraum, mit Bezug auf die Fläche $S_{ref} = 10 \text{ m}^2$, in Dezibel;
- S_i die Fläche des angeregten Elements i im Senderraum, in Quadratmeter;
- A_{ref} die äquivalente Bezugs-Absorptionsfläche, in Quadratmeter, $A_{ref} = 10 \text{ m}^2$.

ANMERKUNG 1 Die Definition setzt voraus, dass die Bezugswerte für Druck und Leistung so festgelegt werden, dass die folgende Gleichung gilt: $\rho_0 c_0 W_{ref} / p_{ref}^2 = 1$. Das ist der Fall bei den Bezugswerten nach ISO und $\rho_0 c_0 = 400 \text{ Ns/m}^3$.

ANMERKUNG 2 Der abgeglichene Schalldruckpegel im Senderraum wird bei ausreichenden Abstand von der Schallquelle als $L_{n,a} = L_W - 4$ errechnet.

Die Größe $D_{s,i}$ sollte folgende Einflüsse erfassen:

- die Form des Raumes und die Verteilung des Schallfelds;
- spezifische Abstrahlungseffekte von der Schallquelle (Richtwirkung);
- Einflüsse des Direktfelds und des Nahfelds der Schallquelle.

Auf diese Weise kann der letzte Punkt nur dann exakt berücksichtigt werden, wenn die Übertragung durch den Flankenschalldämmkoeffizient des diffusen Felds ausreichend beschrieben wird. In anderen Fällen muss die Übertragung für das Direkt- und Nahfeld der Schallquelle gesondert behandelt werden; siehe auch 4.3.3.

4.3.2 Luftschallquellen

Die Stärke jeder betrachteten Schallquelle oder jeder betrachteten partiellen Schallquelle wird als Luftschallleistungspegel L_W angegeben. Dieser Pegel wird nach einem der genormten Verfahren gemessen, die in den Schalleistungs-Normen (EN ISO 3740 bis EN ISO 3747) beschrieben werden. Für mehrere Arten von Schallquellen sind auch allgemeine Angaben verfügbar; siehe Anhang C.

Falls die tatsächlichen Schallquellen vollständig oder teilweise von einer Schallschutzkapsel umgeben sind, kann die Kombination Quelle/Kapsel als eine Quelle angesehen werden, für die sich der Schallleistungspegel aus der Schalleistungsdämmung D_W der Schallschutzkapsel und dem Schallleistungspegel der eingekapselten Quelle ergibt: $L_W = L_{W,source} - D_W$. Die Schalleistungsdämmung kann nach EN ISO 11546 gemessen werden.

Die Gebäudekonstruktion kann sowohl durch die direkte Schallabstrahlung durch eine Quelle als auch durch die Anregung durch das Nachhallfeld der Quelle angeregt werden. Oftmals befinden sich die Quellen oder ein Teil der Quellen sehr dicht an den Flächen des Raumes, so dass Einflüsse des Direktfelds und auch des Nahfelds wichtig werden. Diese Einflüsse sollten bei der Schallübertragung im Senderaum berücksichtigt werden; siehe 4.3.3.

4.3.3 Luftschallübertragung in einem Senderaum

Die Übertragung im Senderaum wird durch $D_{s,i}$ angegeben, definiert als der Logarithmus des Verhältnisses zwischen der effektiv auf dem betrachteten Element i auftreffenden Schallleistung und der gesamten Schallleistung der Quelle:

$$D_{s,i} = 10 \lg \frac{W_{inc,i}}{W} \quad \text{dB} \quad (16a)$$

Dieser Ausdruck zur Kennzeichnung der Übertragung schließt die Einflüsse des Schallfelds im Raum, das Richtwirkungsmuster der Quelle und, wenn möglich, die Direktfeld- und Nahfeldeffekte der Quelle ein.

Unter Berücksichtigung der Richtwirkung einer Quelle und eines diffusen Schallfelds im Senderaum ergibt sich direkt aus dem mittleren Abstand zum Element r_i und der Absorption A_s in diesem Raum die folgende Gleichung:

$$D_{s,i} = 10 \lg \left[\frac{Q'}{4\pi r_i^2} + \frac{e^{-A_s/S_t}}{A_s} \right] S_i \quad \text{dB} \quad (16b)$$

Dabei ist

- Q' der effektive Richtfaktor der Quelle, einschließlich der Einflüsse akustischer Nahfelder;
- r_i der mittlere Abstand von der Oberfläche der Quelle zum Element i , in Meter;
- A_s die äquivalente Absorptionsfläche im Senderaum, in Quadratmeter;
- S_t die Gesamtfläche der Grenzen des Senderraums.

ANMERKUNG Der Ausdruck $e^{-A/S}$ ist eine verallgemeinerte Formulierung für den gebräuchlicheren Ausdruck $(1 - \bar{\alpha})$, wobei $\bar{\alpha}$ der mittlere Absorptionskoeffizient des Raumes ist.

Die folgende Näherung kann nur durchgeführt werden, wenn der Abstand von der Quelle zum Element groß ist und der Raum ein im Wesentlichen diffuses Schallfeld hat:

$$D_{s,i} \approx 10 \lg \frac{S_i}{A_s} \quad \text{dB} \quad (16c)$$

A_s und $\bar{\alpha}$ können nach EN 12354-6 aus den Werkstoffdaten berechnet werden. Wenn komplexere Verhältnisse vorliegen (Form des Raumes, große Anzahl von Gegenständen) sollten umfassendere Schallfeldmodelle angewendet werden; siehe auch EN 12354-6:2003, Anhang D, wo eine Berechnung für $A_s = 0,16 \sqrt{V T_{\text{estimate}}}$ oder eine Berechnung für A_s für jeden Teilraum des Senderraums erfolgt.

4.3.4 Luftschallübertragung durch ein Gebäude

Die Übertragung durch ein Gebäude wird nach EN 12354-1 durch den Flankenschalldämmkoeffizient $R_{ij,\text{ref}}$ angegeben. In EN 12354-1 wird vorausgesetzt, dass die direkte Übertragung durch ein Trennelement üblicherweise einbezogen ist, so dass die Fläche des Trennelements als Bezugsfläche angewendet wird. In diesem Fall, der nicht immer zutrifft, wird folglich stets von einer Bezugsfläche von $S_{\text{ref}} = 10 \text{ m}^2$ ausgegangen.

Der Flankenschalldämmkoeffizient $R_{ij,\text{ref}}$ kann nach EN 12354-1 aus den Daten der in den Übertragungsweg einbezogenen Elemente und Verbindungsstellen berechnet werden. Weitere Angaben zur Anwendung dieser Art von Prognose werden in Anhang F angegeben.

Falls die Quelle dicht an einem Bauteil liegt, kann es sein, dass der in EN 12354-1 beschriebene Schalldämmkoeffizient dieses Bauelements nicht relevant ist; der Einfluss von Direkt- oder Nahfeldern ist zu berücksichtigen, indem im Ausdruck zur Berücksichtigung der Schallübertragung $D_{s,i}$ die Anpassung des Schalldämmkoeffizienten des Bauelements und die Anwendung des effektiven Richtfaktors geeignet kombiniert werden. Alternativ sind die Übertragung des Direktfelds und des Nahfelds der Quelle jeweils als gesonderte Übertragungswege anzusehen.

4.4 Körperschallübertragung durch die Gebäudekonstruktion

4.4.1 Allgemeines

Die durch eine Quelle in die Gebäudekonstruktion übertragene Schallleistung hängt von den Kennwerten der Quelle, der Montage und dem die Quelle abstützenden Gebäudeelement ab. Nach einem allgemeinen Konzept ergibt sich diese installierte Körperschallleistung $L_{\text{Ws,inst}}$ aus der Stärke der Quelle, die durch den charakteristischen Körperschallleistungspegel $L_{\text{Ws,c}}$ und den Kopplungs-Ausdruck D_c für das abstützende Element i angegeben wird. Die charakteristische Körperschallleistung ist nahezu die maximale übertragbare Leistung einer Quelle, so dass der Kopplungs-Ausdruck stets positiv ist.

Die Übertragung vom Senderraum zum Empfangsraum umfasst üblicherweise verschiedene Übertragungswege zwischen dem abstützenden Gebäudeelement (i) im Senderraum und dem Element (j) im Empfangsraum. Die Übertragung kann durch den Flankenschalldämmkoeffizient für diesen Übertragungsweg R_{ij} unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Anregungsmechanismen für Luft- und Körperschall durch den Anpassungs-Ausdruck D_{sa} beschrieben werden.

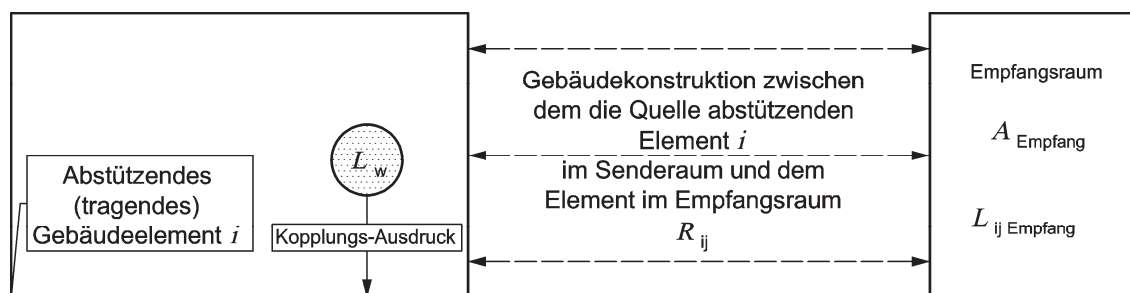


Bild 3 — Körperschallübertragung von einer Quelle durch ein Gebäude

Für eine Schallquelle in einem Raum ergibt sich der resultierende abgegliche Schalldruckpegel $L_{n,s}$ aus der folgenden Gleichung:

$$L_{n,s} = 10 \lg \sum_{j=1}^n 10^{L_{n,s,ij} / 10} \quad \text{dB} \quad (17)$$

Dabei ist

$L_{n,s,ij}$ der abgegliche Schalldruckpegel im Empfangsraum, der auf eine an einem abstützenden Gebäudeelement i im Senderraum montierte Körperschallquelle zurückzuführen ist und durch Schallübertragung von diesem Element i zu einem abstrahlenden Element j im Empfangsraum verursacht wird, in Dezibel;

n die Anzahl der Elemente j im Empfangsraum, die an der Schallübertragung beteiligt sind.

Der abgegliche Schalldruckpegel $L_{n,s,ij}$ im Empfangsraum ergibt sich für alle Übertragungswege ij aus dem installierten Körperschallleistungspegel der Quelle ($L_{Ws,inst,i}$), dem Anpassungs-Ausdruck D_{sa} für das abstützende Gebäudeelement und der Übertragung über den betrachteten Übertragungsweg ij durch das Gebäude zum Empfangsraum, ($R_{ij,ref}$); siehe Bild 3.

$$L_{n,s,ij} = L_{Ws,inst,i} - D_{sa,i} - R_{ij,ref} - 10 \lg \frac{S_i}{S_{ref}} - 10 \lg A_{ref} / 4 \quad \text{dB} \quad (18a)$$

Dabei ist

$L_{Ws,inst,i}$ der installierte Körperschallleistungspegel der Quelle am abstützenden Element i , in Dezibel;

$D_{sa,i}$ der Ausdruck zur Anpassung der Körperschallanregung des abstützenden Gebäudeelements i an die Luftschallanregung, in Dezibel;

$R_{ij,ref}$ der Flankenschalldämmkoeffizient für die Übertragung von Element i im Senderraum zum Element j im Empfangsraum, mit Bezug auf die Fläche $S_{ref} = 10 \text{ m}^2$, in Dezibel;

S_i die Fläche des abstützenden Gebäudeelements i im Senderraum, in Quadratmeter;

A_{ref} die äquivalente Bezugs-Absorptionsfläche, in Quadratmeter, $A_{ref} = 10 \text{ m}^2$.

ANMERKUNG 1 Die Definition setzt voraus, dass die Bezugswerte für Druck und Leistung so festgelegt werden, dass die folgende Gleichung gilt: $\rho_0 c_0 W_{ref} / p_{ref}^2 = 1$. Das ist der Fall bei den Bezugswerten nach ISO und $\rho_0 c_0 = 400 \text{ N s/m}^3$.

Der installierte Körperschallleistungspegel ergibt sich aus den Kennwerten der Quelle und dem Kopplungs-Ausdruck nach folgender Gleichung:

$$L_{Ws,inst,i} = L_{Ws,c} - D_{C,i} \quad \text{dB} \quad (18b)$$

Dabei ist

- $L_{Ws,c}$ der charakteristische Körperschalleistungspegel der Quelle, in Dezibel;
 $D_{C,i}$ der Kopplungs-Ausdruck für die Quelle am abstützenden Gebäudeelement i , in Dezibel.

ANMERKUNG 2 In relativ einfachen Fällen kann diese installierte Leistung auch unmittelbar aus den gemessenen Größen abgeleitet werden. Falls es sich bei der Quelle im Wesentlichen um eine Kraftquelle mit dem Kraftpegel L_F handelt, ist sie zu bestimmen als $L_F + 10 \lg \operatorname{Re}\{Y_i\}$, und falls es sich bei der Quelle im Wesentlichen um eine Schnellequelle mit dem Schnellepegel L_V handelt, ist sie zu bestimmen als $L_V + 10 \lg \operatorname{Re}\{Z_i\} - 60$. In anderen vereinfachten Fällen können für die Umformung andere Beziehungen angewendet werden, siehe Anhang D.

4.4.2 Körperschallquellen

Die Stärke jeder betrachteten Schallquelle oder jeder betrachteten partiellen Schallquelle wird im Allgemeinen als charakteristischer Körperschalleistungspegel $L_{W,sc}$ angegeben. Dieser Leistungspegel wird nach genormten Verfahren gemessen, wobei genormte Verfahren derzeit jedoch eher selten sind. Um jedoch die Berechnungsmodelle in eine allgemeine Form zu bringen, wurde diese allgemeine Größe zur Beschreibung der Quelle ausgewählt, um zukünftig die Entwicklung und Verbesserung von Messverfahren zu ermöglichen. Zu dieser Größe werden in Anhang D weitere Informationen gegeben, z. B.:

- Hinweise auf mögliche Messmethoden;
- Möglichkeiten zur Ableitung dieser Größe aus anderen bezogenen Größen, z. B. der freien Geschwindigkeit am Kontaktpunkt, der äquivalenten Kraft oder des Schalldruckpegels der Einrichtung;
- pauschale Berechnungen auf der Grundlage von Ergebnissen früherer Untersuchungen.

4.4.3 Schallübertragung durch die Montage

Die Leistung, die in das abstützende Gebäudeelement eingebracht wird, hängt von der charakteristischen Körperschalleistung und von den Kennwerten der Quelle, der Art der Anbringung und der Art des abstützenden Gebäudeelements ab. Diese Leistung wird durch den Kopplungs-Ausdruck D_C für das Element i charakterisiert:

$$D_{C,i} = 10 \lg \frac{W_{s,c}}{W_{inj,i}} \quad \text{dB} \quad (19a)$$

Dabei ist

- W_{sc} die charakteristische Körperschalleistung der Quelle, in Watt;
 $W_{inj,i}$ die Körperschalleistung, die von der Quelle in das abstützende Gebäudeelement i eingebracht wird, in Watt.

Falls die Quelle im Wesentlichen durch eine Einpunktanregung mit der Quellen-Admittanz Y_s rechtwinklig zum abstützenden Gebäudeelement gekennzeichnet ist, ergibt sich folgende Gleichung:

$$D_{C,i} = 10 \lg \frac{|Y_s + Y_i|^2}{|Y_s| \operatorname{Re}\{Y_i\}} \quad \text{dB} \quad (19b)$$

Dabei ist

- Y_i die Admittanz der vertikalen Kraft des abstützenden Gebäudeelements am Anregungspunkt, in Meter je Newton · Sekunde.

ANMERKUNG Falls es sich bei der Quelle im Wesentlichen um eine Kraftquelle mit einer hohen Quellen-Admittanz handelt, ergibt sich folgende Gleichung:

$$D_{C,i} \approx 10 \lg \frac{|Y_s|}{\operatorname{Re}\{Y_i\}} \quad \text{dB} \quad (19c)$$

während sich für eine Quelle, bei der es sich im Wesentlichen um eine Schnellequelle mit geringer Quellen-Admittanz handelt, die folgende Gleichung ergibt:

$$D_{C,i} \approx -10 \lg |Y_s| \operatorname{Re}\{Z_i\} \quad \text{dB} \quad (19d)$$

Die Wirkung elastischer Abstützungen (elastische Elemente, Schwingungsdämpfer) wird im Kopp-lungs-Ausdruck erfasst.

Bei Einpunktanregung rechtwinklig zum abstützenden Gebäudeelement über eine elastische Abstützung mit einer Transfer-Admittanz $Y_{k,m}$ ergibt sich die folgende Gleichung:

$$D_{C,i} = 10 \lg \frac{|Y_s + Y_i + Y_{k,m}|^2}{|Y_s| \operatorname{Re}\{Y_i\}} \quad \text{dB} \quad (19e)$$

In Anhang D werden für verschiedene, häufig auftretende Fälle Informationen zur Berechnung des Kopp-lungs-Ausdrucks angegeben.

4.4.4 Körperschallübertragung durch das Gebäude

Die Übertragung durch das Gebäude wird durch den Flankenschalldämmkoeffizient R_{ij} nach EN 12354-1 und den Anpassungs-Ausdruck D_{sa} angegeben. Die Berechnung des Flankenschalldämmkoeffizienten wurde bereits in 4.3.4 erwähnt. Der Anpassungs-Ausdruck, der zum Umformen der eingebrachten Körperschall-leistung in die auftreffende Luftschalleistung dient, die im abstützenden Gebäudeelement i unter Berück-sichtigung nur der freien Schwingungen eine Anregung bis zum gleichen Energiepegel bewirkt, ist nach der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$D_{sa,i} = 10 \lg \frac{W_{inj,i} / E_{i,s}}{W_{inc,i} / E_{i,a}} \quad \text{dB} \quad (20a)$$

Dabei ist

$W_{inj,i}$ die Körperschalleistung, die durch die Quelle in das abstützende Gebäudeelement i eingebracht wird, in Watt;

$E_{i,s}$ die Energie des Elements i , die auf die Körperschallanregung zurückzuführen ist, in Joule;

$W_{inc,i}$ die Luftschalleistung, die auf das Element i auftrifft, in Watt;

$E_{i,a}$ die Energie des Elements i , die auf die Luftschallanregung zurückzuführen ist, in Joule.

Die durch Luftschall erzwungenen Schwingungen müssen folglich vernachlässigbar sein, oder die Ergebnisse müssen bezüglich des Beitrags der durch den Luftschall hervorgerufenen Schwingungen korrigiert werden. Bei einer nur rechtwinkligen Anregung von Biegewellen für ein abstützendes Gebäudeelement, das durch seinen Luftschallübertragungskoeffizienten für freie Schwingungen τ_i und den Abstrahlungsfaktor σ_i charakterisiert wird, ergibt sich die folgende Gleichung:

$$D_{sa,i} = 10 \lg \frac{2\pi m_i 2,2\tau_i}{\rho_0 c_0 T_{s,i} \sigma_i} \quad \text{dB} \quad (20b)$$