

DIN EN 12354-5



ICS 91.120.20

Entwurf

Einsprüche bis 2022-03-07
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12354-5:2009-10 und
DIN EN 12354-5
Berichtigung 1:2019-02

**Bauakustik –
Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den
Bauteileigenschaften –
Teil 5: Installationsgeräusche;
Deutsche und Englische Fassung prEN 12354-5:2022**

Building acoustics –

Estimation of acoustic performance of building from the performance of elements –

Part 5: Sounds levels due to the service equipment;

German and English version prEN 12354-5:2022

Acoustique du bâtiment –

Calcul des performances acoustiques des bâtiments à partir des performances des éléments –

Partie 5: Niveaux sonores dus aux équipements de bâtiment;

Version allemande et anglaise prEN 12354-5:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-01-07 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 156 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12354-5:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 126 „Akustische Eigenschaften von Bauteilen und von Gebäuden“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

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

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

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 3822-1	siehe	DIN EN ISO 3822-1
ISO 5136:2003	siehe	DIN EN ISO 5136:2009-11
ISO 7235:2003	siehe	DIN EN ISO 7235:2010-01
ISO 11546-1:1995	siehe	DIN EN ISO 11546-1:2010-01
ISO 11691	siehe	DIN EN ISO 11691

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 12354-5:2009-10 und DIN EN 12354-5 Berichtigung 1:2019-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Neustrukturierung des Dokuments;
- b) Anwendung wurde auf alle Arten von Konstruktionen (schwer oder leicht) erweitert;
- c) Voraussage von niedrigen Frequenzen bis hinunter zu 50 Hz wurde verbessert.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

DIN EN ISO 5136:2009-11, *Akustik — Bestimmung der von Ventilatoren und anderen Strömungsmaschinen in Kanäle abgestrahlten Schallleistung — Kanalverfahren (ISO 5136:2003); Deutsche Fassung EN ISO 5136:2009*

DIN EN ISO 7235:2010-01, *Akustik — Labormessungen an Schalldämpfern in Kanälen — Einfügungsdämpfung, Strömungsgeräusch und Gesamtdruckverlust (ISO 7235:2003); Deutsche Fassung EN ISO 7235:2009*

DIN EN ISO 11546-1:2010-01, *Akustik — Bestimmung der Schalldämmung von Schallschutzkapseln — Teil 1: Messungen unter Laborbedingungen (zum Zweck der Kennzeichnung) (ISO 11546-1:1995); Deutsche Fassung EN ISO 11546-1:2009*

DIN EN ISO 11691, *Akustik — Messung des Einfügungsdämpfungsmaßes von Schalldämpfern in Kanälen ohne Strömung — Laborverfahren der Genauigkeitsklasse 3*

— Leerseite —

<i>Titel de:</i>	Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften — Teil 5: Installationsgeräusche
<i>Titel en:</i>	Building acoustics — Estimation of acoustic performance of building from the performance of elements — Part 5: Sounds levels due to the service equipment
<i>Titel fr:</i>	Acoustique du bâtiment — Calcul des performances acoustiques des bâtiments à partir des performances des éléments — Partie 5: Niveaux sonores dus aux équipements de bâtiment

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Wichtige Größen	6
4.1 Allgemeines	6
4.2 Größen zur Angabe der Gebäudeeigenschaften (Ausgangsgrößen)	6
4.2.1 Allgemeines	6
4.2.2 Beziehung zwischen den Größen	7
4.3 Größen zur Angabe der Produkteigenschaften (Eingangsgrößen)	7
4.3.1 Allgemeines	7
4.3.2 Schallquellen	8
4.3.3 Schallübertragung	8
5 Berechnungsmodelle	8
5.1 Allgemeine Grundlagen	8
5.2 Luftschallübertragung durch Gebäudekonstruktionen	9
5.2.1 Allgemeines	9
5.2.2 Quelle im Empfangsraum	10
5.2.3 Quelle in einem anderen Raum	10
5.3 Körperschallübertragung durch Gebäudekonstruktionen	12
5.3.1 Allgemeines	12
5.3.2 Allgemeiner Fall	12
5.3.3 Fall, in dem die Admittanz des Empfängers wesentlich geringer ist als die Admittanz der Quelle	15
5.4 Genauigkeit	16
6 Anwendung der Modelle	17
6.1 Allgemeines	17
6.2 Ausrüstungsgegenstände mit interner Luftschallübertragung	18
6.2.1 Allgemeines	18
6.2.2 Luftschallpegel der Quelle	18
6.2.3 Indirekte Luftschallübertragung durch das Kanalsystem	20
6.3 Ausrüstungsgegenstände mit interner Flüssigkeits- und Körperschallübertragungen	20
6.3.1 Allgemeines	20
6.3.2 Wasserversorgungsanlagen	21
6.3.3 Wasserheizungsanlagen	27
6.3.4 Abwasserinstallationen	27
6.4 Ausrüstungsgegenstände mit ausschließlich interner Körperschallübertragung	28
6.4.1 Allgemeines	28
6.4.2 Voraussageverfahren	28
Anhang A (normativ) Verzeichnis der Symbole (Haupttext und normative Anhänge)	30
Anhang B (normativ) Schallpegel bei niedrigen Frequenzen	33
Anhang C (normativ) Zusätzliche Verfahren zur Voraussage der einzelnen Übertragungswege	35
C.1 Einleitung	35
C.2 Verfahren, bei dem jeder Übertragungsweg <i>ij</i> global betrachtet wird	35

C.3	Verfahren, bei dem jeder Übertragungsweg ij durch den Flankenschalldämmkoeffizienten charakterisiert wird.....	36
Anhang D (informativ) Nicht stationäre Quellen.....		37
D.1	Bei Feldmessungen verwendete Deskriptoren	37
D.2	Voraussage von zeitbewerteten Deskriptoren „S“ und „L“ für quasi stationäre und nicht stationäre Quellen.....	38
Anhang E (informativ) Eingangsgrößen für die Schätzung der Quellenschallpegel entlang von Kanalsystemen und der Schallübertragung zwischen Räumen durch Kanalsysteme		39
E.1	Einleitung	39
E.2	Eingangsgrößen	39
E.2.1	Schallleistungsquellen im Kanalsystem.....	39
E.2.2	Verringerung der Schallleistung im Kanalsystem.....	39
E.2.3	Schallabstrahlung von Luftdurchlässen und Öffnungen.....	40
E.2.4	Schallabstrahlung durch die Kanalwand.....	41
E.2.5	Einbrechende Schallleistung.....	42
E.3	Verzeichnis der Symbole	43
Anhang F (informativ) Schätzung der Admittanz des Empfängers und der Quelle sowie der Leistung des Isolators vor Ort.....		45
F.1	Allgemeines	45
F.2	Empfänger-Admittanz	45
F.2.1	Schwere Gebäudeelemente.....	45
F.2.2	Leichte Gebäudeelemente	47
F.3	Quellenadmittanz.....	48
F.3.1	Allgemeines	48
F.3.2	Kompakte Schallquellen	48
F.3.3	Plattenförmige Maschinenböden	49
F.3.4	Flanschausleger-Maschinenböden.....	50
F.3.5	Rahmenböden.....	51
F.4	Isolatorleistung.....	51
Anhang G (informativ) Berechnungsbeispiele		53
G.1	Allgemeines	53
G.2	Fälle, in denen die Admittanz des Empfängers wesentlich geringer ist als die Admittanz der Quelle (schwere Konstruktionen).....	53
G.2.1	Allgemeines	53
G.2.2	Situation.....	53
G.2.3	Ergebnisse für R' und $L'_{n,i}$	56
G.2.4	Quellendaten: L_{Wa} und $L_{Fb,eq}$	57
G.2.5	Ergebnisse für $L'_{ne,a}$, $L'_{ne,s,i}$ und L'_{ne}	58
G.3	Allgemeiner Fall (leichte Konstruktionen).....	59
G.3.1	Verwendung des Bau-Schalldruckpegels für die Einheitsleistung des Empfängers.....	59
G.3.2	Verwendung des Schalldruckpegels für die Einheitsleistung und EN ISO 12354-2.....	64
G.4	Beispiele für die Berechnung von Einzahlangaben für Produkte, die nach EN 14366-1 charakterisiert sind.....	70
G.4.1	Allgemeines	70
G.4.2	Beispiele für schwere Konstruktionen.....	70
G.4.3	Beispiele für leichte Konstruktionen.....	72
Literaturhinweise.....		75

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12354-5:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 126 „Akustische Eigenschaften von Bauteilen und von Gebäuden“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12354-5:2009 ersetzen.

EN 12354-5:2009 wurde überarbeitet, um ihre Anwendung auf alle Arten von Konstruktionen (schwer oder leicht) auszuweiten und um niedrige Frequenzen bis hinunter zu 50 Hz besser voraussagen zu können. Das Dokument wurde aus diesem Grund umfassend neu strukturiert. Der Abschnitt zur Anwendung, der alle verschiedenen Ausrüstungsarten und ihre Besonderheiten berücksichtigt, wurde beibehalten und neu strukturiert.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt Berechnungsmodelle für die durch haustechnische Anlagen in Gebäuden erzeugten Schalldruckpegel. Wie in den Dokumenten zur Vor-Ort-Messung der Schallpegel (EN ISO 16032 für das Standardverfahren und EN ISO 10052 für das Kurzverfahren) 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 grundsätzlich auf Messdaten, die sowohl die Ausrüstung (Schallquelle) als auch die Schallübertragung durch das Gebäude charakterisieren. Dieselbe Ausrüstung kann aus verschiedenen Luft- und/oder Körperschallquellen an verschiedenen Stellen im Gebäude bestehen; die Norm stellt einige Informationen über diese Quellen bereit und wie sie charakterisiert werden können; Modelle der Ausrüstung selbst fallen jedoch nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm.

Das vorliegende Dokument beschreibt die Grundlagen der Berechnungsmodelle, führt die entsprechenden Eingabe- und Ausgabegrößen auf und legt ihre Anwendung sowie geltende Einschränkungen fest. Die angegebenen Modelle sind für Berechnungen in Frequenzbändern anwendbar. 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 Eingabegrößen, die der Festlegung der Eigenschaften von Bauteilen und Ausrüstungsgegenständen dienen. 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 könnten auf andere Gebäudearten unter der Voraussetzung übertragen werden, dass die Baumaße sich von denen von Wohnungen nicht zu stark unterscheiden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN ISO 16032, *Akustik — Messung des Schalldruckpegels von haustechnischen Anlagen in Gebäuden — Standardverfahren (ISO 16032)*

EN ISO 10052, *Akustik — Messung der Luftschalldämmung und der Trittschalldämmung und des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäude — Kurzverfahren (ISO 10052)*

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

EN ISO 12354-2:2017, *Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften — Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen (ISO 12354-2:2017)*

EN 15657:2017, *Akustische Eigenschaften von Bauteilen und Gebäuden — Messung des Körperschalls von haustechnischen Anlagen im Prüfstand für alle Installationsbedingungen*

EN ISO 10848-1, *Akustik — Messung der Flankenübertragung von Luftschall, Trittschall und Schall von gebäudetechnischen Anlagen zwischen benachbarten Räumen im Püfstand und am Bau — Teil 1: Rahmendokument (ISO 10848-1)*

EN ISO 3740:2019, *Akustik — Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen — Leitlinien zur Anwendung der Grundnormen (ISO 3740:2019)*

3 Begriffe

In diesem Dokument werden keine Begriffe aufgeführt.

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 <http://www.electropedia.org>

4 Wichtige Größen

4.1 Allgemeines

Dieses Dokument beschreibt Berechnungsmodelle für die durch haustechnische Anlagen in Gebäuden erzeugten Schalldruckpegel. Die Ausgangsdaten der Modelle entsprechen Größen, die die Gebäudeeigenschaften ausdrücken (Schalldruckpegel in Räumen, die von der im Gebäude installierten Ausrüstung erzeugt werden), während die Eingangsdaten Größen entsprechen, die die Produkteigenschaften sowohl für die Schallquelle(n) (die Ausrüstung selbst) als auch für die an der Schallübertragung beteiligten Gebäudeelemente ausdrücken.

In dieser Norm werden die Ausgangsgrößen wie in EN ISO 12354-1 und EN ISO 12354-2 in Terzbänder mindestens im Frequenzbereich 100–3150 Hz, ggf. nach unten erweitert auf Terzband 50 Hz, wenn Bauelementedaten und an der Schallübertragung beteiligte Verbindungsstellendaten vorliegen, und bis zu 5 kHz, insbesondere für Luftschallgrößen, ermittelt. Die Leistungsdaten der haustechnischen Anlagen basieren auf Messungen nach EN 15657, wobei die Messungen in Terzbändern im Frequenzbereich 50–3150 Hz durchgeführt werden. Bei einigen haustechnischen Anlagen deckt der betrachtete Frequenzbereich jedoch nicht diesen gesamten Bereich ab.

ANMERKUNG Für die Messung der Luftschallleistung von Ausrüstungsgegenständen unter halligen Bedingungen verweist EN 15657:2017 auf EN ISO 3740 bis EN ISO 3747, in denen nur begrenzte Informationen für Messungen in kleinen halligen Räumen, bis hinunter zu 50 Hz, im Terzband und für nicht stationäre Quellen sowie für deren Genauigkeit enthalten sind. Das Messverfahren ist jedoch in den genormten Anwendungsdokumenten mit Fokus auf Labormessungen für jede Art von haustechnischen Anlagen vollständig angegeben (zum Beispiel in EN 14366-1 für Abwasserrohre).

4.2 Größen zur Angabe der Gebäudeeigenschaften (Ausgangsgrößen)

4.2.1 Allgemeines

Ziel dieser Norm ist die Vorhersage von Schalldruckpegeln in Gebäuden und der Vergleich der Ergebnisse mit vor Ort gemessenen Werten. Feldmessungen des Schalls von Ausrüstungsgegenständen und Maschinen werden nach EN ISO 16032 (Standardverfahren) oder EN ISO 10052 (Kurzverfahren) durchgeführt, wobei die Ergebnisse in Form von Schalldruckpegeln auf verschiedene Weise ausgedrückt werden: maximale A-bewertete und optional C-bewertete Schalldruckpegel mit Zeitbewertung „S“ oder Zeitbewertung „F“ für nicht ortsfeste Quellen sowie äquivalente dauerhafte Schalldruckpegel, die mit einer bestimmten Integrationszeit für ortsfeste Quellen bestimmt werden. A-bewertete und C-bewertete Werte werden aus

Oktavbandmessungen im Frequenzbereich von 63 Hz bis 8 kHz gewonnen. Die entsprechenden Einzahlwerte sind in Anhang D aufgeführt.

ANMERKUNG 1 Die Zeitgewichtung „F“ führt voraussichtlich zu weniger gut wiederholbaren Messergebnissen als die Zeitgewichtung „S“.

ANMERKUNG 2 Die Oktavband-Pegel dienen auch zur Bestimmung der so genannten NC-, NR- oder RC-Kennzahlen, die in vielen Normen beschrieben werden. Sie werden besonders für Gebäude wie Büros, Geschäftsgebäude, Schulen und Veranstaltungsräume angewendet.

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.

4.2.2 Beziehung zwischen den Größen

Diese oben angegebenen Schalldruckpegel hängen von der verwendeten Zeitbewertung ab, „S“, „F“, oder es wird eine Integration über einen Zyklus durchgeführt (äquivalente Schalldruckpegel). Die Pegel mit diesen verschiedenen Zeitbewertungen hängen von der Art des Schalls ab und kann im Allgemeinen nicht aus einem anderen Pegel abgeleitet werden.

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

$$L_n = L_p - 10 \lg \frac{A_{\text{ref}}}{A} \quad (1a)$$

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

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 die Nachhallzeit des Raumes, in Sekunden;
- T_{ref} die Bezugs-Nachhallzeit ($T_{\text{ref}} = 0,5 \text{ s}$ für Wohnungen), in Sekunden;
- V das Volumen des Raums, in Kubikmeter.

In diesem Dokument wird der abgeglichene Schalldruckpegel L_n als Hauptgröße für die Vorhersage gewählt und L_{ne} („e“ für Ausrüstung [en: equipment]) anstelle des üblicherweise für den Trittschallpegel verwendeten L_n angegeben. Die anderen Größen lassen sich daraus direkt ableiten, insbesondere der Schalldruckpegel L_p (zum Vergleich mit den gemessenen Werten), der sich aus Gleichung (1a) ergibt, wenn die äquivalente Absorptionsfläche des Raumes bekannt ist, in dem die Messungen durchgeführt wurden.

4.3 Größen zur Angabe der Produkteigenschaften (Eingangsgrößen)

4.3.1 Allgemeines

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.

4.3.2 Schallquellen

Bei Luftschallquellen ist die grundlegende Größe zur Angabe der Quellenstärke der Luftschalleistungspegel, gemessen nach den in 4.1 angegebenen Normen.

Bei Körperschallquellen ist die grundlegende Größe zur Angabe der Quellenstärke der installierte Leistungspegel (und manchmal der Pegel der blockierten Kraft); diese Größen sind in EN 15657 definiert und ihre Messung ist darin festgelegt, welche bisher auf Schwingungsquellen mit Gleichgewichtszustand beschränkt war. Quasi-stationäre Quellen, d.h. Quellen, die innerhalb des für ihre Dauer gewählten Zeitfensters stationär sind, und allgemeiner nicht stationäre Quellen müssen mit Sorgfalt unter Beachtung der in Anhang D aufgeführten Informationen vorhergesagt werden.

Werden im Zeitverhalten eines bestimmten Ausrüstungsgegenstands verschiedene Betriebsphasen festgestellt, so muss jede Phase getrennt untersucht werden, wobei jede als unabhängige Quelle betrachtet wird.

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.

4.3.3 Schallübertragung

Die grundlegenden Größen für die Übertragung von Luftschall, Trittschall und Schall von haustechnischen Anlagen sind in EN ISO 12354-1 und EN ISO 12354-2 sowie in EN ISO 10848-1 festgelegt, in der auch die Messverfahren für die Flankenübertragung definiert sind. Diese Größen sowie die in dieser Norm verwendeten Vorhersageverfahren selbst sind aus dem SEA-Modell abgeleitet und basieren auf diesem, mit dem theoretisch nur Schall in stationären oder quasi-stationären Situationen vorhergesagt werden kann; für die anderen Fälle wird Anhang D verwendet.

5 Berechnungsmodelle

5.1 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 verursacht. 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.

Es wird vorausgesetzt, dass eine komplette Installation in mehrere Luft- und/oder Körperschallquellen unterteilt werden kann, die unabhängig voneinander betrachtet werden können. Die Modell-Methode besteht darin, jeweils eine solche elementare Quelle und eine Betriebsphase zu betrachten, wenn mehrere Phasen identifiziert werden (siehe 4.3.2). Der sich für einen Raum ergebende Schalldruckpegel beruht auf der Summe der einzelnen Beiträge der elementaren Quellen.

Im Allgemeinen werden zwei grundlegend unterschiedliche Situationen der Schallübertragung untersucht:

- Luftschallübertragung durch eine Gebäudekonstruktion;
- Körperschallübertragung durch eine Gebäudekonstruktion.

Für jeden dieser Fälle ist nachfolgend eine allgemeine Vorgehensweise beschrieben. Die am besten geeigneten Anwendungen dieser allgemeinen Modelle sind für verschiedene Arten von haustechnischen Anlagen und Einrichtungen in Abschnitt 6 festgelegt.

Der daraus resultierende abgegliche Schalldruckpegel in einem Raum in Frequenzbändern L'_{ne} für die betrachtete Installation kann daher folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$L'_{ne} = 10 \lg \left(\sum_{k=1}^{N_a} 10^{L'_{ne,a,k}/10} + \sum_{m=1}^{N_s} 10^{L'_{ne,s,m}/10} \right) \quad (2)$$

Dabei ist

- L'_{ne} der abgegliche Gesamt-Bau-Schalldruckpegel in einem Raum, der auf die betrachtete Installation zurückzuführen ist, in Dezibel;
- $L'_{ne,a,k}$ der abgegliche Bau-Schalldruckpegel, der auf die elementare Luftschallquelle k der Installation zurückzuführen ist, in Dezibel;
- $L'_{ne,s,m}$ der abgegliche Bau-Schalldruckpegel, der auf die elementare Körperschallquelle m der Installation zurückzuführen ist, in Dezibel;
- N_a die Anzahl der elementaren Luftschallquellen, aus denen die betrachtete Installation besteht;
- N_s die Anzahl der elementaren Körperschallquellen, aus denen die betrachtete Installation.

Falls die Quelle und die Eigenschaften des Gebäudes als maximale Pegel angegeben werden müssen, können die Ergebnisse aus Gleichung 2 als Schätzung des oberen Grenzwertes angesehen werden (alle Ereignisse werden als simultan angenommen). Eine Berechnung des unteren Grenzwertes würde dann den Höchstwert für alle gesondert betrachteten Quellen ergeben (alle Ereignisse finden zu unterschiedlichen Zeiten statt).

Die Modelle können zur Berechnung der Gebäudeeigenschaften in Frequenzbändern auf der Basis akustischer Daten für Schallquellen und Bauteile in Frequenzbändern verwendet werden. Aus diesen frequenzabhängigen Eigenschaften kann analog zu den Messergebnissen nach EN ISO 16032 und ISO 10052 die Einzulangabe für die Gebäudeeigenschaften (A- oder C-Bewertung) auf ähnliche Weise abgeleitet werden.

Die Modelle setzen ein diffuses Schallfeld an der Quelle und in den Empfangsräumen 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 (siehe Abschnitt 6). Allgemeine Angaben zu diesem Aspekt sind in Anhang B enthalten.

Berechnungsbeispiele sind im informativen Anhang G enthalten, einschließlich Berechnungsbeispielen für Einzulangaben für Produkte, die nach EN 14366-1 gemessen werden.

5.2 Luftschallübertragung durch Gebäudekonstruktionen

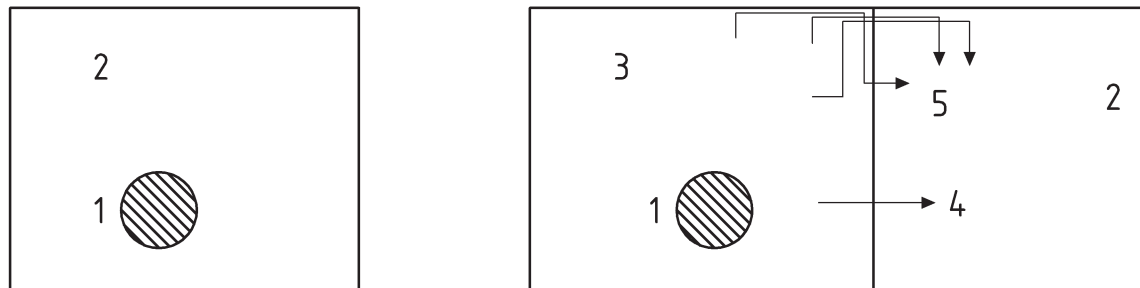
5.2.1 Allgemeines

Die Ausgangsgröße ist der Schalldruckpegel im betrachteten Empfangsraum. Zwei verschiedene Gebäudekonfigurationen können in Betracht gezogen werden, wie in Bild 1 dargestellt: eine Quelle innerhalb des Empfangsraums und eine Quelle in einem an den Empfangsraum angrenzenden Raum; der Begriff „angrenzend an“ bedeutet „neben“, „über“ oder „diagonal verbunden durch eine Verbindung zu“, wie in

EN ISO 12354-1 und EN ISO 12354-2 festgelegt. Diese beiden Konfigurationen werden in den nächsten Abschnitten betrachtet.

Der übertragene Schall hängt von der Quelle und den an der Übertragung beteiligten Gebäudestrukturen ab. Die grundlegende Größe zur Angabe der Quellenstärke ist der Luftschallleistungspegel L_{Wa} in dB Bezug 10^{-12} Watt, gemessen nach den in 4.1 angegebenen Normen; der Übertragungsterm hängt von der betrachteten Konfiguration ab (siehe 5.2.2 und 5.2.3).

ANMERKUNG Der Fall einer Quelle außerhalb des Gebäudes fällt nicht in den Anwendungsbereich der Norm; die Vorhersage dieses Falles wird in EN ISO 12354-3:2017, Anhang E behandelt.



Legende

- 1 Quelle
- 2 Empfangsraum
- 3 Senderraum
- 4 Direkter Übertragungsweg
- 5 Flanken-Übertragungswege (für eine Verbindungsstelle angegeben; 4 Verbindungsstellen sind an der Übertragung beteiligt)

Bild 1 — Konfigurationen für die Luftschallübertragung: Quelle im Empfangsraum (links); Quelle in einem anderen Raum, Fall von nebeneinander liegenden Räumen (rechts)

5.2.2 Quelle im Empfangsraum

Der sich für eine Schallquelle in einem Raum ergebende abgegliche Schalldruckpegel $L_{ne,a}$ im selben Raum ist einfach nach der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$L_{ne,a} = L_{Wa} - 4 \text{ dB} \quad (3)$$

Das Schallfeld im Empfangsraum sollte diffus sein und der Schalldruckpegel in ausreichender Entfernung von der Quelle geschätzt werden. Der Übertragungsterm reduziert sich auf eine Konstante.

5.2.3 Quelle in einem anderen Raum

Im Falle einer Quelle in einem anderen Raum schließt die Übertragung vom Senderraum zum Empfangsraum üblicherweise verschiedene Übertragungswege zwischen den Elementen (i) des Senderraums und den Elementen (j) des Empfangsraums ein, wie in Bild 1 (rechts) gezeigt. Alle diese Übertragungswege werden in dem in EN ISO 12354-1 definierten Verfahren zur Vorhersage berücksichtigt.

Der sich daraus ergebende, übertragene abgegliche Schalldruckpegel $L'_{ne,a}$ kann als Summe des Schallleistungspegels der Quelle und eines Übertragungsterms ausgedrückt werden, der sich entweder aus der abgeglichenen Pegeldifferenz zwischen Sende- und Empfangsraum oder dem Bau-Schalldämmkoeffizienten R' ergibt:

$$L'_{ne,a} = L_{Wa} - 10 \lg\left(\frac{A_S}{4}\right) - D_n \quad (4a)$$

$$L'_{ne,a} = L_{Wa} - R' - 10 \lg \left(\frac{A_S}{S_S} \right) - 4 \text{ dB} \quad (4b)$$

Dabei ist

- L_{Wa} der Luftschalleistungspegel der Quelle, in Dezibel;
- A_S die äquivalente Absorptionsfläche des Senderraums, in Quadratmeter;
- $\underline{D}_n$ die abgeglichene Pegeldifferenz zwischen den beiden Räumen in dB, wie in EN ISO 12354-1 definiert;
- R' der Bau-Schalldämmkoeffizient in dB, Ausgangsdaten in EN ISO 12354-1.
- S_S die Fläche des Trennelements in Quadratmeter

Die Form des Senderraums und die Verteilung des Schallfelds, das Direkt- und Nahfeld der Quelle sowie das Strahlungsmuster der Quelle beeinflussen die tatsächliche Anregung der Bauteile im Senderaum. All diese Aspekte betreffen jedoch nicht diffuse Felder und werden in der EN ISO 12354-1 nicht berücksichtigt, bei der von einem diffusen Feld im Schallemissionsraum ausgegangen wird.

Mit Gleichung (4b) lässt sich $L'_{ne,a}$ aus der Luftschalleistung der Quelle, die als bekannt vorausgesetzt wird, und dem nach EN ISO 12354-1 berechneten Bau-Schalldämmkoeffizienten berechnen.

ANMERKUNG 1 Es ist sinnvoll, einen Bau-Schalldruckpegel $L'_{ne,a,0}$ für die Einheitsleistung zu definieren, der die globale Luftschallübertragung in den Empfangsraum charakterisiert und durch Ersetzen des Ausrüstungsgegenstands durch eine Luftschallquelle ($L_{Wa} = 120 \text{ dB}$) für die Einheitsleistung in Gleichung (4b) erhalten wird; siehe Beispiele in H.2.2.

Mit Gleichung (4a) lässt sich vor der Installation des Ausrüstungsgegenstands prüfen, ob ein Geräuschproblem vorliegt, wenn L_{Wa} bekannt ist und $\underline{D}_n$ vor Ort gemessen wird.

ANMERKUNG 2 Die oben aufgeführten Gleichungen setzen 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 3 Das in EN ISO 12354-1 verwendete SEA-basierte Voraussageverfahren geht theoretisch davon aus, dass sich die Quelle überall im Raum befinden sollte (und somit ein diffuses Feld erzeugt), was nicht der Art und Weise entspricht, wie Geräte im Labor charakterisiert werden, wobei üblicherweise ein Hallraum verwendet wird, in dem die Quelle an bestimmten Stellen ähnlich der realen Feldsituation installiert ist. Solche Eingabedaten könnten zu weniger genauen Vorhersageergebnissen führen, wenn die Gleichungen (4a oder b) verwendet werden.

Befindet sich die Quelle in der Nähe eines beliebigen Elements i im Senderaum und ist sie mechanisch mit diesem verbunden, so wird das Luftschall-Nahfeld der Quelle im Rahmen der auf das Element i übertragenen Körperschalleistung (installierte Leistung) berücksichtigt, die als Eingangsgröße für die Vorhersage des Körperschalls nach EN 15657 definiert und gemessen wird (siehe 5.3). Allgemeiner ausgedrückt, könnte die Nahfeld-Luftschallanregung von einer Quelle in der Nähe eines Elements als Körperschallanregung [12] angenähert und unter Verwendung von EN 15657 charakterisiert werden.

Falls die tatsächliche Schallquelle vollständig oder teilweise von einer Schallschutzkapsel umgeben ist, kann das gesamte System als eine Quelle angesehen werden, für die sich der Schalleistungspegel aus der Einfügungsdämpfung D_{Wa} der Schallschutzkapsel und dem Schalleistungspegel der Quelle ergibt: $L_{Wa,enclosed} = L_{Wa} - D_{Wa}$. Die Schalleistungsdämmung kann nach ISO 11546 gemessen werden [1].

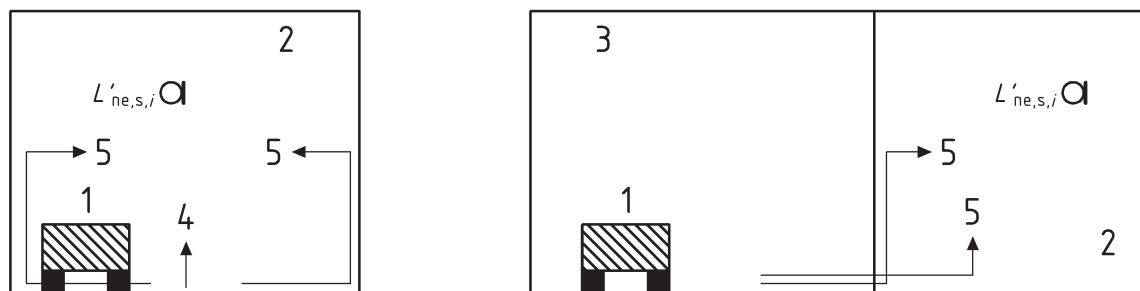
5.3 Körperschallübertragung durch Gebäudekonstruktionen

5.3.1 Allgemeines

Die Ausgangsgröße ist der Schalldruckpegel im betrachteten Empfangsraum. Es können wieder zwei Gebäudekonfigurationen in Betracht gezogen werden, wie in Bild 2 dargestellt: eine Quelle innerhalb des Empfangsraums und eine Quelle in einem an den Empfangsraum angrenzenden Raum; der Begriff „angrenzend an“ bedeutet „neben“, „über“ oder „diagonal verbunden durch eine Verbindung zu“, wie in EN ISO 12354-1 und EN ISO 12354-2 festgelegt. Beide Konfigurationen führen jedoch zu den gleichen Arten von Übertragungswegen, direkt und/oder mit Flanken.

ANMERKUNG Ist die Strahlenquelle mechanisch an einem Element des Empfangsraums befestigt, sind die Übertragungswege die gleichen, unabhängig davon, ob die Strahlenquelle innerhalb oder außerhalb des Raums angebracht ist.

Der übertragene Schall hängt von der Quelle und den an der Übertragung beteiligten Gebäudestrukturen ab. Die grundlegende Größe, um die Quellenstärke auszudrücken, ist im Allgemeinen die installierte Leistung (auf das Empfangselement übertragene Körperschalleistung), die in EN 15657 definiert ist; die installierte Leistung hängt von den Merkmalen der Quelle, der Befestigung und des tragenden Gebäudeelements ab. Die Übertragungsbedingungen hängen von der betrachteten Konfiguration und der Art der an der Übertragung beteiligten schweren oder leichten Elemente (genauer gesagt vom Typ A bzw. Typ B, wie in EN ISO 12354-1 und EN ISO 10848-1) ab.



Legende

- 1 Mit dem Element i verbundene Quelle
- 2 Empfangsraum
- 3 Senderraum
- 4 Direkter Übertragungsweg ii
- 5 Flanken-Übertragungsweg ij

Bild 2 — Konfigurationen für die Körperschallübertragung: Quelle im Empfangsraum (links); Quelle in einem anderen Raum, Fall von nebeneinander liegenden Räumen (rechts)

Der allgemeine Fall, der allen Admittanzbedingungen zwischen Quelle und Empfänger und allen Arten von empfangenden Gebäudeelementen entspricht, wird zunächst in 5.3.2 behandelt. Die Vorhersage von Schallpegeln für Ausrüstungsgegenstände, bei denen die Admittanz des Empfängers wesentlich geringer ist als die Admittanz der Quelle, ist sehr spezifisch [2] und wird in 5.3.3 gesondert behandelt.

5.3.2 Allgemeiner Fall

5.3.2.1 Allgemeines

Der allgemeine Fall bezieht sich auf beliebige Admittanzbedingungen zwischen Quelle und Empfänger und beliebige Typen von empfangenden Gebäudeelementen. Die beiden wichtigsten Eingangsparameter für die Vorhersage sind die für den Ausrüstungsgegenstand installierte Leistung $L_{Ws,i}$ der an Element i , angeschlossenen Quelle in dB Bezug 10^{-12} Watt, wie in EN 15657 definiert, und eine Größe, die den

Übertragungsweg vom Element i zum Empfangsraum charakterisiert, der als Bau-Schalldruckpegel für die Einheitsleistung (Symbol $L'_{ne,s,0,i}$) für die Übertragung bezeichnet wird.

Quellterm

Der installierte Leistungspegel $L_{Ws,i}$ wird nach EN 15657:2017, Abschnitt 5 für beliebige Installationsbedingungen aus den Eigenschaften der Quelle und der Admittanz des Empfängers bestimmt:

$$L_{Ws,i} \approx 10 \lg \left(\frac{\operatorname{Re}(Y_{R,eq,i}) \cdot Y_0}{|Y_{S,eq}|^2 + |Y_{R,eq,i}|^2} \right) + L_{vf,eq} - 60 \text{ dB} \quad (5a)$$

Dabei ist

$Y_{S,eq}$ die äquivalente Einzel-Admittanz des Ausrüstungsgegenstands nach EN 15657;

$Y_{R,eq,i}$ die äquivalente Einzel-Admittanz des Empfangselements i nach EN 15657;

$L_{vf,eq}$ ist der äquivalente freie Einzel-Geschwindigkeitspegel des Ausrüstungsgegenstands in dB Bezug 10^{-9} m/s nach EN 15657;

$$Y_0 = 1 \text{ m/Ns}$$

Die Admittanzen von Quelle und Empfänger in Gleichung (5a) können entweder nach EN 15657 gemessen oder nach Anhang F geschätzt werden.

Gleichung (5a) kann auch als Funktion der äquivalenten blockierten Einzelkraft $L_{Fb,eq}$ des Geräts ausgedrückt werden:

$$L_{Ws,i} \approx 10 \lg \left(\frac{\operatorname{Re}(Y_{R,eq,i}) Y_0}{1 + \frac{|Y_{R,eq,i}|^2}{|Y_{S,eq}|^2}} \right) + L_{Fb,eq} \quad (5b)$$

Dabei ist

$L_{Fb,eq}$ die äquivalente blockierte Einzelkraft des Ausrüstungsgegenstands in dB Bezug 10^{-6} N nach EN 15657.

Um die an den Empfänger übertragene Leistung zu reduzieren, können Isolatoren zwischen Quelle und Empfänger geschaltet werden. Die Leistung des Isolators, die vorzugsweise als leistungsabhängige Einfügeverstärkung definiert ist (was zu negativen Werten für eine Leistungsreduzierung führt), wird in Anhang F erläutert, ebenso wie seine Abhängigkeit von den Admittanzen von Quelle und Empfänger.

Übertragungsterm

Die Übertragung erfolgt üblicherweise über verschiedene Übertragungswege vom Element i zu den Elementen j , die in einem anderen Raum oder im selben Raum abstrahlen. Die entsprechenden Übertragungsterme $L'_{ne,s,0,ij}$ sind in EN ISO 10848-1 definiert, und ihr Messverfahren ist darin angegeben. Sie stellen den abgeglichenen Schalldruckpegel im Empfangsraum dar, der durch eine Körperschallquelle erzeugt wird, die eine Einheitsleistung (1 Watt) an verschiedenen Stellen des im Senderraum betrachteten Elements i überträgt. Dieselbe Notation/Definition kann verwendet werden, um die Übertragung unter Einbeziehung aller Übertragungswege zu charakterisieren (so genannter Bau-Schalldruckpegel für die

Einheitsleistung des Empfängers; Symbol $L'_{ne,s,0,i}$) oder nur den direkten Übertragungsweg des Empfängers (so genannter Bau-Schalldruckpegel für die Einheitsleistung des Empfängers; Symbol $L'_{ne,s,0,i}$), aus dem der normierte Bau-Schalldruckpegel des Ausrüstungsgegenstands $L'_{ne,s,i}$ mithilfe der beiden folgenden unkomplizierten Vorhersageverfahren berechnet werden kann.

5.3.2.2 Verwendung des Bau-Schalldruckpegels für die Einheitsleistung des Empfängers

Dieses Verfahren wird üblicherweise bei Gebäudekonstruktionen des Typs B angewandt.

Der Rauschpegel, der von den Ausrüstungsgegenständen erzeugt wird, die im Senderraum an das Element i angeschlossen sind und im Empfangsraum über alle Übertragungswege übertragen werden, ist unkompliziert:

$$L'_{ne,s,i} = L'_{ne,s,0,i} + L_{Ws,i} - L_{W0} \quad (6)$$

Dabei ist

$L'_{ne,s,0,i}$ der Bau-Schalleistungspegel für die Einheitsleistung des Elements i einschließlich aller Übertragungswege nach der Definition in EN ISO 10848-1 und dem darin angegebenen Messverfahren;

$L_{Ws,i}$ die installierte Leistung der Quelle, die nach EN 15657 aus den vom Hersteller angegebenen Eigenschaften der Quelle und der aus der Literatur geschätzten Admittanz des Gebäudeelements berechnet wird (siehe Anhang F).

$$L_{W0} = 120 \text{ dB}$$

Es kann eine Datenbank mit $L'_{ne,s,0,i}$ -Werten erstellt werden, die für verschiedene Leichtbautypen gemessen wurden, und Gleichung (6) kann als vereinfachtes Hilfsmittel zur Vorhersage verwendet werden.

ANMERKUNG Derselbe Ansatz könnte auch auf einzelne Übertragungswege ij angewandt werden, wobei angenommen wird, dass jeder Term $L_{ne,s,0,ij}$ einzeln gemessen wird; dieses zusätzliche und weniger unkomplizierte Verfahren ist in Anhang C (normativ) beschrieben

5.3.2.3 Verwendung des Schalldruckpegels für die Einheitsleistung des Empfängers

EN ISO 12354-2 berechnet den Bau-Trittschall $L'_{n,i}$ des Elements i unter Berücksichtigung aller an der Übertragung beteiligten Übertragungswege (wie beim Schall der Ausrüstungsgegenstände), wobei der Trittschallpegel $L_{n,i}$ des betrachteten Bodens der wichtigste Eingangsparameter ist. Dieses Verfahren gilt für alle Arten von Elementen (Typ A oder Typ B); allerdings werden je nach Art des Elements unterschiedliche Gleichungen verwendet.

Das gleiche Verfahren, das auf dem in EN ISO 12354-2 definierten Vorhersageverfahren basiert, kann für haustechnische Anlagen angewandt werden, indem die Gewindebohrmaschine durch eine Körperschallquelle für die Einheitsleistung ersetzt wird. Der wichtigste Eingangsparameter ist nun der nach EN ISO 10848-1 definierte und gemessene abgegliche Bau-Schalldruckpegel für die Einheitsleistung $L_{ne,s,0,i}$ des Elements i und der Ausgang der abgegliche Bau-Schalldruckpegel für die Einheitsleistung $L'_{ne,s,0,i}$.

Mit der Gleichung (6) lässt sich dann $L'_{ne,s,i}$ aus $L'_{ne,s,0,i}$ berechnen. Element i kann ein Boden oder eine Wand sein.

Der abgegliche Bau-Schalldruckpegel für die Einheitsleistung $L'_{ne,s,0,i}$ (und dann $L'_{ne,s,i}$) kann daher nach EN ISO 12354-2 geschätzt werden, indem die Gewindebohrmaschine durch eine Energiequelle ersetzt wird,

d.h. der Bau-Schalldruckpegel $L_{n,i}$ (Eingangsgröße nach EN ISO 12354-2) wird durch den Bau-Schalldruckpegel $L_{ne,s,0,i}$ ersetzt.

ANMERKUNG Es könnte auch ein anderer Ansatz unter Verwendung des in EN ISO 12354-1 definierten Verfahrens festgelegt werden; dieses zusätzliche Verfahren, das jeden Übertragungsweg einzeln betrachtet, ist weniger unkompliziert und wird in Anhang C (normativ) beschrieben.

5.3.3 Fall, in dem die Admittanz des Empfängers wesentlich geringer ist als die Admittanz der Quelle

Dieser Fall entspricht einer Quelle, die auf einem Element mit einer Admittanz montiert ist, die etwa 10-mal geringer ist als ihre eigene Admittanz, was wahrscheinlich bei üblichen haustechnischen Anlagen der Fall ist, die auf Gebäudeelementen wie Betonelementen mit einer Dicke von 10 cm oder mehr montiert sind und daher zum Typ A zählen. Direkte Vergleiche zwischen den Admittanzen der Quelle und des Empfängers, die beide anhand von vereinfachten Modellen (siehe Anhang F) geschätzt werden, können ebenfalls verwendet werden, um festzustellen, ob 5.3.3 anwendbar ist.

Die Gleichung zur Bestimmung der installierten Leistung reduziert sich in diesem Fall auf eine einzige Quelleneigenschaft: die blockierte Kraft. Diese Größe, ausgedrückt als äquivalente blockierte Einzelkraft $L_{Fb,eq}$ ist in EN 15657 definiert, woran auch das entsprechende Messverfahren festgelegt ist.

Die ISO-Gewindebohrmaschine kann auch durch ihre blockierte Kraft $L_{Fb,eq,stm}$ charakterisiert werden, die theoretisch berechnet werden kann [32]. Diese Ähnlichkeit führt naturgemäß zur Anwendung des in EN ISO 12354-2 (Vorhersage des Trittschallpegels) definierten Verfahrens zur Vorhersage des Schalls von haustechnischen Anlagen vor Ort, wie in EN 15657:2017, Anhang D beschrieben. Der Bau-Körperschalldruckpegel $L'_{ne,s'}$, der vor Ort von einem an einen schweren Boden oder eine schwere Wand angeschlossenen Ausrüstungsgegenstand erzeugt wird, kann anhand des entsprechenden Bau-Trittschalls L'_n des Bodens oder der Wand geschätzt werden, der mithilfe von EN ISO 12354-2 berechnet (oder vor Ort gemessen) und um die Differenz der blockierten Kraft zwischen dem Ausrüstungsgegenstand und der Gewindebohrmaschine nach folgender Gleichung korrigiert wird:

$$L'_{ne,s,i} = L'_{n,i} + L_{Fb,eq} - L_{Fb,eq,stm} \quad (7)$$

Dabei ist

- | | |
|-----------------|--|
| $L'_{n,i}$ | der nach EN ISO 12354-2 berechnete oder vor Ort gemessene Bau-Trittschalldruckpegel des Elements i, falls das Gebäude vorhanden ist; |
| $L_{Fb,eq}$ | ist die äquivalente blockierte Einzelkraft in dB Bezug 10^{-6} N der Quelle, gemessen nach EN 15657 und vom Hersteller angegeben; |
| $L_{Fb,eq,stm}$ | ist die äquivalente blockierte Einzelkraft in dB Bezug 10^{-6} N der ISO-Gewindebohrmaschine, berechnet aus der Literatur [32] und angegeben in Tabelle 1. |

Tabelle 1 — Kraftpegel $L_{Fb,eq,stm}$ in dB Bezug 1 μ N für die ISO-Gewindebohrmaschine in Terzbändern

Terzband mit Mittenfrequenz, in Hz						
50	63	80	100	125	160	200
140	141	142	143	144	145	146
Terzband mit Mittenfrequenz, in Hz						
250	315	400	500	630	800	1 000
147	148	149	150	151	152	153
Terzband mit Mittenfrequenz, in Hz						
1 250	1 600	2 000	2 500	3 150		
154	155	156	157	158		

ANMERKUNG 1 Die in Tabelle 1 angegebenen gemittelten theoretischen Werte berücksichtigen die Art des Hammerschlags (von plastisch bis rein elastisch), die vom Material des Empfängers und der Zustandsfläche abhängt [32]. Die experimentellen Werte für Betonböden, die in einem Ringversuch nach EN 15657 unter Verwendung von Gewindebohrmaschinen als Quellen [29] geprüft wurden, liegen im Durchschnitt innerhalb von 1 dB von den Werten in Tabelle 1 mit einer Standardabweichung von etwa 2 dB.

ANMERKUNG 2 Die theoretischen Werte in Tabelle 1 sind um 1 dB höher als die in der dritten Auflage des Buches von Cremer und Heckl [3] angegebenen Werte.

Wenn $L'_{n,i}$ unter Verwendung von EN ISO 12354-2 berechnet wird und der Ausrüstungsgegenstand an eine Wand (mit geringer Admittanz) angeschlossen ist, müssen der Trittschall $L_{n,i}$ der Wand und die Eingangsdaten für die Berechnung bekannt sein und können wie folgt ermittelt werden: (i) unter Verwendung bestehender Datenbanken für Trittschall von schweren Böden, (ii) nach der theoretischen Berechnung in EN ISO 12354-2:2017, B.1, jedoch unter Verwendung der theoretischen Werte in Tabelle 1 (siehe ANMERKUNG 3), (iii) unter Verwendung von im Labor gemessenen Ergebnissen, wenn die Norm zur Messung des Trittschalls von Wänden fertiggestellt ist (laufende Arbeiten in CEN/TC 126/WG 1); derzeit kann das in 5.3.2.3 beschriebene allgemeine Verfahren, das für alle Fälle gilt, auch für Empfänger mit geringer Admittanz verwendet werden.

ANMERKUNG 3 Die in EN ISO 12354-2:2017, B.1 (Berechnung des Trittschalls homogener Deckenkonstruktionen) verwendeten Werte beziehen sich auf das Buch von Cremer und Heckl, zweite Auflage, und sind 3 dB niedriger als in der dritten Auflage; sie sind zu niedrig und EN ISO 12354-2:2017, B.1 sollte geändert werden.

Wenn $L'_{n,i}$ vor Ort gemessen wird (Vorhersage für ein bestehendes Gebäude), kann entweder das empfangende Gebäudeelement ein Fußboden sein und die Gewindebohrmaschine verwendet werden, oder das empfangende Gebäudeelement ist eine Wand, und das in 5.3.2.2 beschriebene Verfahren kann verwendet werden.

Wenn der Ausrüstungsgegenstand auf einem schwimmend verlegten Fußboden montiert ist, dessen Admittanz wesentlich geringer ist als seine eigene Admittanz, gilt Gleichung (7) immer noch, und die Leistung des schwimmend verlegten Fußbodens in Bezug auf die Trittschalldämmung (ΔL) ist auch für den Ausrüstungsgegenstand relevant.

5.4 Genauigkeit

Detaillierte Verfahren wie GUM erscheinen im Falle des in dieser Norm beschriebenen Voraussageverfahrens kompliziert. Bei dem Voraussageverfahren wird der Bau-Schalldruckpegel des Ausrüstungsgegenstands jedoch als Summe von zwei Termen ausgedrückt: die Luft- oder

Körperschalleistung (manchmal nur die blockierte Kraft), die den Ausrüstungsgegenstand als Quelle charakterisiert, und ein Übertragungsterm, der die Übertragung durch das Gebäude charakterisiert.

Die Genauigkeit dieser beiden Terme kann wie folgt separat ermittelt und dann kombiniert werden:

- *Luftschalleistung des Ausrüstungsgegenstands*: Für die Messung der Luftschalleistung von Ausrüstungsgegenständen unter halligen Bedingungen verweist EN 15657:2017 auf EN ISO 3740 bis EN ISO 3747, in denen nur begrenzte Informationen für Messungen in kleinen halligen Räumen, bis zu 50 Hz, im Terzband und von nicht stationären Quellen zu finden sind; für die Genauigkeit wird auf die niedrigste Genauigkeit dieser Normen verwiesen, wie in EN ISO 3740:2019 Tabelle 2 angegeben.

ANMERKUNG 1 Das Verfahren zur Messung der Luftschalleistung wird nun in jedem Anwendungsdokument für eine bestimmte Quelle angegeben (z. B. in EN 14366-1 für Abwasseranlagen), wobei ein Ringversuch zur besseren Bestimmung der Genauigkeit empfohlen wird.

- *Luftschallübertragung (R_{ij})*: Einige Informationen zur Genauigkeit sind in EN ISO 12354-1 enthalten.
- *Körperschall-Quellterme des Ausrüstungsgegenstands*: Nach dem Ringversuch, der nach der Norm EN 15657 unter Verwendung einer Referenzquelle [29] durchgeführt wurde, ergibt sich die folgende gemittelte Standardabweichung der Vergleichspräzision für jede Quellencharakteristik je Terzband:
 - äquivalenter blockierter Einzelkraftpegel: 3 dB;
 - äquivalente freie Einzelgeschwindigkeit: 4 dB;
 - äquivalente Einzeladmittanz der Quelle: 1 dB, was einem Verhältnis zum Mittelwert von 1,2 entspricht, wenn lineare Werte (in m/sN) auf einer logarithmischen Skala verwendet werden.

Im allgemeinen Fall ist der Quellterm des *Körperschalls* die installierte Leistung, die nach Gleichung (5a) oder (5b) berechnet wird. Zur Berechnung der Genauigkeit, die von der Genauigkeit der obigen Eigenschaften der Quelle und der Genauigkeit der Admittanz des Empfängers abhängt, wird auf [29] verwiesen. Bei schweren Gebäuden ist der äquivalente blockierte Einzelkraftpegel die einzige erforderliche Eigenschaft der Quelle; seine Standardabweichung ist daher ohne weiteres verfügbar.

ANMERKUNG 2 Die im Ringversuch ermittelte Standardabweichung der Vergleichspräzision könnte von derjenigen realer Strahlenquellen abweichen, da die geprüfte Referenzquelle nicht für jede Strahlenquelle repräsentativ ist, insbesondere in Bezug auf die Montage- und Betriebsbedingungen.

- *Körperschallübertragung*: Die Körperschallübertragung ähnelt der Trittschallübertragung; einige Informationen zur Genauigkeit sind in EN ISO 12354-2 enthalten.

Für Luft- und Körperschall ergibt sich die resultierende Unsicherheit einfach durch die Summe der Genauigkeit (zum Quadrat) der entsprechenden Quellen- und Übertragungsterme.

6 Anwendung der Modelle

6.1 Allgemeines

Haustechnische Anlagen können räumlich erweitert werden, wie zum Beispiel Aufzüge, Rohrleitungen oder Lüftungsanlagen. In dieser Norm werden solche Anlagen nur als potentielle Luft- und/oder Körperschallquellen betrachtet, die dezentral im Gebäude verteilt sind; Abschnitt 6 enthält einige Informationen über diese Quellen und ihre Eigenschaften. In den folgenden Abschnitten werden verschiedene Arten von Ausrüstungsgegenständen aufgeführt und nach der Art der Schallübertragung durch den Ausrüstungsgegenstand eingeteilt, d. h. Luftschallübertragung (z. B. bei Lüftungsanlagen), Flüssigkeits- und Körperschallübertragung (z. B. bei Wasserversorgungsanlagen) und Körperschallübertragung (z. B. bei Aufzügen).

Voraussagemodelle für die Schallübertragung durch den Ausrüstungsgegenstand selbst fallen jedoch nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm.

6.2 Ausrüstungsgegenstände mit interner Luftschallübertragung

6.2.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt behandelt Systeme wie Lüftungsanlagen, Warmluftheizungen oder Klimaanlage, bei denen die Luftschallübertragung durch den Ausrüstungsgegenstand erfolgt.

Solche in Gebäuden installierten Systeme bestehen aus einer Vielzahl aktiver und passiver Elemente, die als Schallquellen unterschiedlicher Art fungieren können:

(i) Hauptschallquellen sind häufig innerhalb eines Lüftungsgeräts in einem Raum für haustechnische Anlagen (Geräteraum) oder im oberen Geschoss eines Gebäudes angeordnet. Ein Lüftungssystem umfasst üblicherweise Gebläse, Elektromotoren, Übertragungsleitungen für die mechanische Kraft, Kühlkompressoren, Wasserpumpen, Luftbefeuchter, Heiz- oder Kühleinheiten, Filter und Klappen mit Motorantrieb. Bei diesen Geräten handelt es sich um Luftschallquellen, deren Schallleistungspegel und zugehörige Messbedingungen (Standort im Raum, Installations- und Betriebsbedingungen...) vom Hersteller angegeben werden sollten. Diese Geräte sind außerdem Körperschallquellen, die üblicherweise auf schweren Gebäudestrukturen installiert und mit Schwingungsdämpfern ausgestattet sind (siehe Anhang F); bei solchen Montagebedingungen und entsprechend EN 15657 erfordert die Voraussage des Körperschalls nur die Kenntnis des äquivalenten blockierten Kraftpegels der bodenisolierten Einheit, der im Labor gemessen und dessen Werte vom Hersteller angegeben werden sollten.

(ii) Andere Luftschallquellen können sich entlang von Leitungen (Schallausbruch) oder an den Enden von Kanälen (Luftdurchlässe) befinden. Deren Luftschallleistung hängt von den akustischen Leistungen des jeweiligen Systems ab, die üblicherweise von dem für die Luftdurchflussleistung des Systems verantwortlichen Fachmann berechnet und in einem technischen Vermerk an den Akustiker weitergegeben werden, der die akustische Leistung des Gebäudes voraussagt. Zur Berechnung der akustischen Leistung solcher Systeme werden verschiedene Handbücher verwendet, die nicht unbedingt vollständig sind und miteinander übereinstimmen. Dokumente wie VDI 2081 [6a, b], ASHRAE 2003 [7a] und ARI 1998 [7b] oder andere nationale Richtlinien können ebenfalls zur Bewertung der Luftschallübertragung durch die Kanäle herangezogen werden. Zum besseren Verständnis dieser Berechnungen und des zugehörigen technischen Vermerks werden in 6.2.2 die wichtigsten Eingangsparameter, die für die Schätzung des Leistungspegels dieser Quellen erforderlich sind, sowie Informationen zu ihrer Messung angegeben.

(iii) Der in einem Raum erzeugte Schall kann auch durch die Wand oder eine Öffnung (Einlass oder Auslass) in den Kanal eindringen und über die haustechnische Anlage in einen anderen Raum übertragen werden. Dieses Problem der Luftschallübertragung, das in EN ISO 12354-1 nicht berücksichtigt wird, wird in 6.2.3 behandelt.

6.2.2 Luftschallpegel der Quelle

6.2.2.1 Allgemeines

Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die in diesem Abschnitt verwendeten Symbole nicht in der allgemeinen Liste der Symbole in Anhang A aufgeführt, sondern in der Tabelle in Anhang E, in der alle Symbole für Luftschallübertragungen durch Kanäle zusammengefasst sind.

6.2.2.2 Kanalöffnungen

Kanalöffnungen (Einlass- oder Auslasseinrichtungen) werden einem Schallleistungspegel $L_{W,r}$ in dem nach [6–7] oder anderen Dokumenten bewerteten Raum zugeordnet; das zugehörige Schalldruckfeld in dem Raum, in dem sich diese Kanalöffnung befindet, kann mit Gleichung (3) bewertet werden. Der

Schallleistungspegel $L_{W,r}$ der Einrichtung im Raum ist eine Funktion der Schallleistung $L_{W,d}$ im Kanal und der akustischen Eigenschaften der Einrichtung, ausgedrückt durch die Einfügungsdämpfung oder den Übertragungsverlust als:

$$L_{W,r} = L_{W,d} + D_i + D_{i,io} \quad (14a)$$

$$\text{oder } L_{W,r} = L_{W,d} + D_{t,io} \quad (14b)$$

Dabei ist

- $L_{W,d}$ die im Kanal bewertete Schallleistung, die von dem jeweils installierten System abhängt (siehe Anhang C);
- $D_{i,io}$ die Einfügungsdämpfung, die für einen Luftdurchlass nach EN 13141-2 [8] bestimmt wird, in Dezibel;
- $D_{t,io}$ der Schallübertragungsverlust am offenen Ende des untersuchten Gegenstands, nach ISO 7235 [9] (siehe Anhang E), in Dezibel;
- D_i die Einfügungsdämpfung für einen Luftdurchlass, einen Schalldämpfer oder ein anderes Kanalelement, ausgedrückt 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 (siehe Anhang E).

6.2.2.3 Schallübertragung durch die Kanalwand

Die Kanalwand kann auch Schall in den Raum abstrahlen; in diesem Fall kann der Schallleistungspegel der Quelle im Raum wie folgt ausgedrückt werden:

$$L_{W,r} = L_{W,d} + R_{io} + 10 \lg \left(\frac{S_k}{S} \right) \quad (15)$$

Dabei ist

- R_{io} der Schalldämmkoeffizient des Kanals für die Übertragung von der Innen- zur Außenseite, in Dezibel (siehe Anhang E);
- S_k die Fläche des Strahlungskanals, in Quadratmeter;
- S der Querschnitt des Kanals, in Quadratmeter.

Ein Schallschutzgehäuse kann um den Kanal herum angebracht werden; seine akustische Leistung wird als Einfügungsdämpfung D_W definiert, die dann von Gleichung (15) abgezogen werden kann.

ANMERKUNG Die in einen Raum abgestrahlte Schallleistung wird durch die Position der Quelle im Raum hinsichtlich der Raumgrenzen beeinflusst. Siehe Anhang E zur Berücksichtigung dieses Effekts.

6.2.3 Indirekte Luftschallübertragung durch das Kanalsystem

6.2.3.1 Allgemeines

Luftschall kann auch indirekt durch den Kanal von einem Raum in einen anderen (benachbarten oder entfernten) Raum übertragen werden. Der Schall kann durch die Kanalwand ein- und ausbrechen oder durch Kanalöffnungen übertragen werden; diese Übertragung lässt sich messen oder berechnen.

6.2.3.2 Messung

Diese Übertragung kann im Labor an Konfigurationen bestimmt werden, die üblicherweise den in EN 13141-2 [8] verwendeten ähneln, indem die normalisierte Pegeldifferenz $D_{n,e}$ der Anlage gemessen wird, die wie folgt definiert ist:

$$D_{n,e} = L_{p1} - L_{p2} + 10 \lg \left(\frac{A_{\text{ref}}}{A} \right) \quad (16)$$

Dabei ist

- L_{p1} der Schalldruckpegel im Schallemissionsraum, in dB;
- L_{p2} der Schalldruckpegel im Empfangsraum, in dB;
- L_{p2} die äquivalente Absorptionsfläche des Empfangsraums, in Quadratmeter;
- $D_{n,e}$ abgegliche Pegeldifferenz gemessen nach EN 13141-2, in dB.

Diese Übertragung fällt nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm, sondern in den Anwendungsbereich von EN ISO 12354-1 (Voraussage der Luftschalldämmung zwischen Räumen), wobei $D_{n,e}$ die relevanten Eingangsdaten für die Voraussage der indirekten Luftschallübertragung durch solche Anlagen liefert.

6.2.3.3 Berechnung

$D_{n,e}$ kann ebenfalls berechnet werden. Unter Berücksichtigung der „überbrückenden“ Kanalanordnung können Eintritts- und Systemverluste (einschließlich des Verlustes durch Abstrahlung im Empfangsraum) bewertet und die entsprechende abgegliche Pegeldifferenz $D_{n,e}$ berechnet werden. Die wichtigsten Eingangsparameter sind die in 6.2.2.2 und 6.2.2.3 verwendeten, d. h. der Übertragungsverlust D_t der Kanalöffnung (oder der Schalldämmkoeffizient R_{i0} der Kanalwand) im Empfangsraum und alle anderen Übertragungsverluste im gesamten System (siehe Anhang E). Der Eintrag wird als einbrechende Schallleistung ausgedrückt, die wie in Anhang E angegeben berechnet wird.

6.3 Ausrüstungsgegenstände mit interner Flüssigkeits- und Körperschallübertragungen

6.3.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt behandelt Systeme wie Wasserversorgungs-, Wasserheizungs- oder Abwasseranlagen mit Flüssigkeits- und Körperschallübertragungen durch die Ausrüstungsgegenstände. Diese Systeme müssen so gehandhabt werden, dass örtlich begrenzte primäre Schallquellen, wie z. B. Waschbecken oder Wassertank bei Wasserversorgungsanlagen und Toilettenbecken bei Abwasseranlagen, vom eigentlichen Rohrleitungssystem (Hahn + Rohrleitung im Falle der Wasserversorgung) getrennt werden. Örtlich begrenzte Quellen wie z. B. Toilettenbecken können eine Mehrfachquelle für Körperschall sein, wobei Abwasser und Frischwasserzufuhr getrennt betrachtet werden müssen.

6.3.2 Wasserversorgungsanlagen

6.3.2.1 Allgemeines

Der Lärm von Wasserversorgungssystemen umfasst den gesamten Schall, der von Wasserhähnen, Armaturen, Pumpen usw. im Frischwasserkreislauf erzeugt wird sowie den Schall, der durch den Durchfluss durch das Rohrleitungsnetz und durch das Befüllen von Badewannen, Spülbecken oder sonstigen Becken mit Frischwasser entsteht. Dazu gehört auch der Schall, der durch plätscherndes Wasser erzeugt wird, z. B. durch den Duschstrahl usw. Der durch das Entleeren von Behältern oder Spülbecken erzeugte Schall ist nicht einbezogen und wird bei Behandlung der Abwassersysteme gesondert erfasst (siehe 6.3.3). Von den Abwassersystemen wird der erzeugte Schall ab dem Zeitpunkt erfasst, in dem das Ausfließen des Wassers aus dem jeweiligen Becken beginnt.

Die für Wasserversorgungsanlagen typischen Schallquellen und die im jeweiligen Anwendungsbereich relevante Art der Schallübertragung werden in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2 — Zusammenstellung der Quellen und relevanten Übertragungsarten in Wasserversorgungssystemen

Bauteil		Erzeugung von			Übertragung zum Gebäude durch		
		Luftschall	Körperschall	Flüssigkeits-schall	Direkte Montage	Montageelemente	Rohre
Armaturen und Hähne aller Art:							
	Auslassventile		X	X	X	X	X
	Schlauchventile		X	X	X	X	X
	Spülventile		X	X	X	X	X
	Schieber, Zubehör in der Leitung:						
	— Absperrhahn		X	X	(X)	(X)	X
	— Absperrreckventil						
	— Rückfluss-verhinderer						
	Drosselventile		X	X	X	X	X
	Druckminderventile		X	X	(X)	(X)	X
	— Regelemente am Ventilauslass						
	— Strahlregler		X	X			X
	— Durchflussregler						
	— Gegenvakuum-ventile						
	— Rückfluss-verhinderer						
Rohre			X	X	X	X	X

Bauteil		Erzeugung von			Übertragung zum Gebäude durch		
		Luftschall	Körperschall	Flüssigkeits-schall	Direkte Montage	Montage-elemente	Rohre
Spülkästen		X	X	X	X	X	X
(Umlauf-)Wassererhitzer, Kessel		(X)	X	X	X	X	(X)
Becken:							
	Badewannen						
	Duschwannen	X	X		X	X	
	Handwaschbecken						
	Spülbecken						
	Waschbecken						
Booster-Pumpen		X	X	X	X	X	X
Sonstige Quellen							

Ein allgemeines Schema für die Analyse der Erzeugung und Übertragung von Schall für Quellen in Wasserversorgungsanlagen ist in Bild 3 dargestellt.

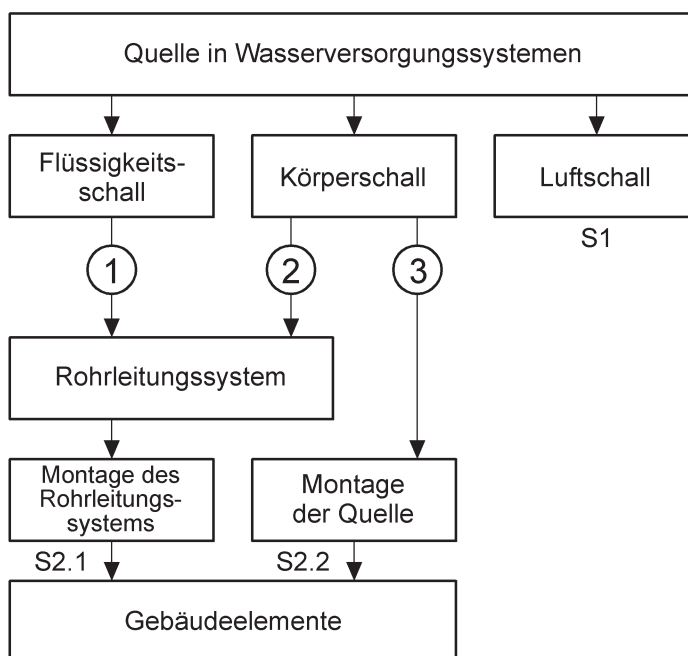


Bild 3 — Allgemeine Übertragungssituation von Quellen in Wasserversorgungssystemen

Dieses Schema ist das allgemeinste, in dem die elementaren Quellen, die in Abschnitt 5 als in EN 12354-5 geforderte Eingaben genannt werden, angegeben sind (Symbol S_i): S_1 ist die Quelle selbst, die als Luftschallquelle betrachtet wird, $S_{2.1}$ die Körperschallquelle, die vom Rohrleitungssystem an jedem Befestigungspunkt an der Gebäudekonstruktion erzeugt wird, und $S_{2.2}$ die Körperschallquelle, die von der direkt an der Gebäudekonstruktion angebrachten Quelle selbst erzeugt wird.

ANMERKUNG Die Übertragung durch das Rohrleitungssystem erfolgt sowohl über Körperschall (Übertragungsweg ②) als auch über Flüssigkeitsschall (Pfad ①), während die Quelle selbst, die direkt mit der Gebäudekonstruktion verbunden ist, nur über Körperschall (Übertragungsweg ③) übertragen wird.

Diesen allgemeinen Grundlagen entsprechend werden anhand der folgenden Beispiele einige typische Fälle unter Angabe der elementaren Quellen und Übertragungswege dargestellt.

In Bild 4 ist der allgemeine Fall für ein an einem Becken angebrachtes Ventil festgelegt.

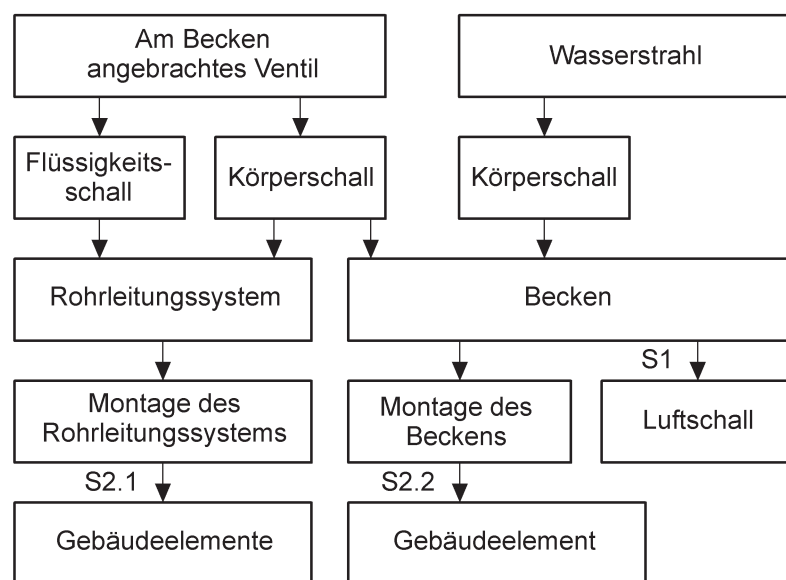


Bild 4 — Darstellung der Schallübertragung für ein an einem Becken montiertes Ventil

In diesem Fall ist S_1 das Becken, das als Luftschallquelle betrachtet wird, $S_{2.1}$ die Körperschallquelle, die vom Rohrleitungssystem an jedem Befestigungspunkt an der Gebäudekonstruktion erzeugt wird, und $S_{2.2}$ die Körperschallquelle, die vom direkt an der Gebäudekonstruktion angebrachten Becken selbst erzeugt wird.

Das durch den Wasserstrahl angeregte Becken muss als Körperschallquelle charakterisiert werden. Außerdem muss es als Luftschallquelle charakterisiert werden, wenn abgestrahlter Luftschall relevant ist.

Die Darstellung des spezifischen Falls für ein an der Wand montiertes Ventil ist in Bild 5 gezeigt.

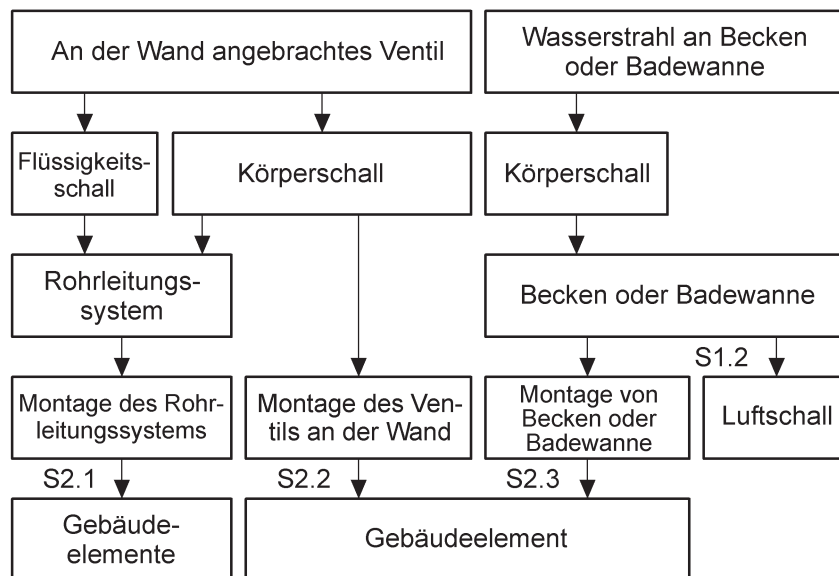
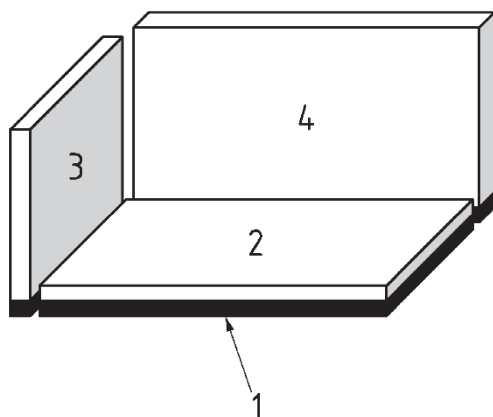


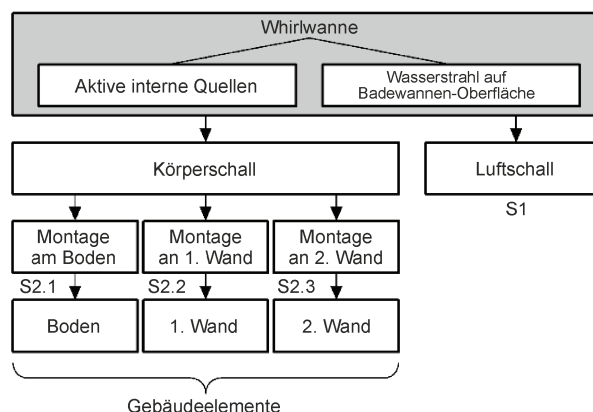
Bild 5 — Darstellung der Schallübertragung für ein an einer Wand montiertes Ventil

In diesem Fall sind drei elementare Körperschallquellen zu berücksichtigen: die Rohrleitung (S2.1) (für jeden Befestigungspunkt), der Hahn (S2.2) und das Becken (S2.3).

In Bild 6 ist ein weiteres typisches Beispiel für eine Whirlwanne dargestellt.



a) Ecksituation mit drei Ebenen



b) Darstellung

Legende

- 1 Elastisches Material
- 2 Boden
- 3 2. Wand (Rück- oder Stützwand)
- 4 1. Wand

Bild 6 — Übertragungssituation für eine auf einer dreidimensionalen Empfangsplatte montierte Whirlwanne nach EN 15657

In diesem Fall müssen der auf drei Wände übertragene Körperschall und der abgestrahlte Luftschall berücksichtigt werden.

6.3.2.2 Richtlinien

Die meisten in Wasserversorgungssystemen vorhandenen Quellen erzeugen im Allgemeinen Körperschall, der direkt auf die Gebäudekonstruktion übertragen oder in die Montageelemente eingebracht wird (Übertragungsweg ③ in Bild 3). Daher können die Quellen vorrangig als Körperschallquellen behandelt werden. Relevante Eingangsdaten (L_{Ws}) können durch die in EN 15657 beschriebenen Messverfahren erhalten werden. Wegen der Maße der Körperschallquellen ist es in vielen Fällen gerechtfertigt, sie als Punktquellen anzusehen.

In einigen Fällen (z. B. Becken, Spüleinrichtungen) kann auch der abgestrahlte Luftschall wichtig sein, der durch seine Luftschallleistung L_{Wa} beschrieben wird.

Nach 5.1, Gleichung (2) kann L_n als Summe der einzelnen Beiträge berechnet werden. In Abhängigkeit von der Quelle und der Übertragungssituation können die folgenden Fälle von Bedeutung sein:

- 1) Luftschallabstrahlung der Quelle; dieser Fall kann mit den in 5.2 beschriebenen Verfahren behandelt werden;
- 2) Körperschall, der direkt auf die Gebäudekonstruktion oder auf Verbindungselemente übertragen wird (Übertragungsweg ③ in Bild 3); in diesem Fall sind die in 5.3 beschriebenen Verfahren für Körperschallquellen erforderlich.
- 3) Körper- und Wasserschall, der sich entlang eines Rohrleitungssystems ausbreitet und als Körperschall über Befestigungselemente auf das Gebäude übertragen wird (Übertragungsweg ① und ② in Bild 3); eine praktische Lösung besteht darin, das Rohrleitungssystem zusammen mit der Antriebsquelle (sowohl Wasser- als auch Körperschall) als eine eigene Körperschallquelle zu beschreiben, die mit den Verfahren von EN 15657 charakterisiert werden kann, so wie auch Abwasserrohre charakterisiert werden (siehe 6.3.4). Die Voraussage folgt dann den in 5.3 genannten Richtlinien für Körperschallquellen.

Für spezielle Installationen sind im Folgenden einige Hinweise angegeben:

a) Für Ventile (Hähne) und Armaturen sind folgende Übertragungsfälle von Bedeutung:

- 1) Hähne und Armaturen erzeugen im Allgemeinen sowohl Wasserschall als auch Körperschall, der sich entlang des Rohrleitungssystems ausbreitet und von den Rohren auf die Gebäudeteile durch die Montageelemente (Klemmen usw.) als Körperschall übertragen wird (Übertragungswege ① und ② in Bild 3). Für Durchgangsarmaturen ist das der relevante Übertragungsweg. Eine machbare praktische Möglichkeit besteht darin, die Beiträge des Körper- und des Wasserschalls nicht gesondert zu betrachten, sondern nur die Summe der beiden Schallarten zu verwenden, die für die Übertragung der Körperschallleistung über die Montageelemente auf die Gebäudeteile verantwortlich sind. Diese Lösung ist für die Montagepunkte gültig, die einen bestimmten Abstand zur Quelle haben. Versuchsergebnisse haben gezeigt, dass dieses Kriterium erfüllt ist, wenn die Montagepunkte mindestens etwa drei Rohrbogen über die Quelle hinaus angeordnet sind. Gegenwärtig können vollständige repräsentative Systeme für Ventile, Rohre und ihre Montageelemente durch Messungen von EN 15657 charakterisiert werden. Für beliebige Admittanzbedingungen zwischen Quelle (komplette Rohrleitung) und Empfänger (Gebäudeelemente) kann mit diesen Verfahren die installierte Leistung $L_{Ws,i}$ erhalten werden.

ANMERKUNG 1 Für Messungen bietet es sich an, das bestehende Verfahren von ISO 3822 [31] durch Messungen der Körperschallleistung eines festgelegten Rohrleitungssystems (zusammen mit einem festgelegten Hahn) an seinen Befestigungselementen zu ersetzen. Dies könnte nach den Verfahren von

EN 15657 erfolgen. Es scheint notwendig zu sein, Richtlinien zu definieren, wie die Kombination von Hähnen und Rohrleitungen zu messen ist, um repräsentative Ergebnisse für Voraussagen zu erhalten. Solche Messungen unterscheiden sich von Messungen für Hähne nach ISO 3822, die nicht für Voraussagen verwendet werden können.

- 2) Direkt an Gebäudeelementen oder Becken angebrachte Hähne übertragen den Körperschall ebenfalls direkt an die angeschlossene Konstruktion (Übertragungsweg ③ in Bild 3), siehe auch Bild 4 und Bild 5. In vielen Fällen ist dieser Anteil des Körperschalls beim Vergleich mit den über das Rohrleitungssystem übertragenen Anteilen (Übertragungswege ① und ② in Bild 3) der dominante Anteil. Dieser Anteil muss gesondert behandelt werden. In Verbindung mit massiven Wänden ($m' > 150 \text{ kg/m}^2$) kann das Ventil mit guter Näherung als eine Kraftquelle angesehen werden. Für andere Fälle, insbesondere Leichtbau-Konstruktionen, muss diese Annahme nachgewiesen werden. Für beliebige Admittanzbedingungen zwischen Quelle und Empfänger könnte die installierte Leistung $L_{\text{Ws,i}}$ nach den Verfahren der EN 15657 ermittelt werden.

ANMERKUNG 2 Um verlässliche und repräsentative Ergebnisse für die Charakterisierung von Hähnen und Ventilen als Körperschallquellen zu erhalten, wird empfohlen, Richtlinien für die Messungen zu entwickeln, insbesondere für die Montage- und Betriebsbedingungen der Hähne. Die bestehenden Montagebedingungen von ISO 3822 sind in diesem Fall nicht anwendbar.

- 3) Für Ventile, die an einem Becken (Badewanne oder Waschbecken) ohne unmittelbaren Kontakt zur Gebäudekonstruktion angebracht sind, wird die spezifische Situation in Bild 4 dargestellt. Als eine Vereinfachung kann die Kombination Ventil und Becken als eine Einheit angesehen werden. Die Messverfahren nach EN 15657 können angewendet werden. Gegenwärtig können nicht alle Kombinationen von Ventilen und Becken nur durch die mathematische Kombination der charakteristischen Größen für jedes Bauteil definiert werden.

Für bestimmte Situationen muss festgestellt werden, welcher der oben genannten Fälle bzw. welche Kombination verschiedener Fälle relevant ist. Die einzelnen Beiträge sind gesondert zu behandeln, bevor sie addiert werden. Beispiele dafür, welche Anteile zu berücksichtigen sind, werden in Bild 4 und Bild 5 angegeben.

ANMERKUNG 3 Die Kennwerte für die Schallerzeugung für Ventile und Armaturen hängen in starkem Maße von den tatsächlichen Betriebsbedingungen (Druck, Durchflussrate, Auslasseinrichtung, Drosselung der Einrichtung) ab; es sollten Eingangsdaten angewendet werden, die für die jeweilige Situation und für die vorliegenden Betriebsbedingungen relevant sind. Entsprechend den bestehenden nationalen Anforderungen könnte es notwendig sein, transiente Anteile des Geräusches einzubeziehen, die z. B. durch Öffnen, Schließen oder Verschieben der Ventile entstehen. Üblicherweise überwiegen die Spitzenpegel der transienten Geräusche gegenüber den stationären Anteilen der Hahngeräusche. In der ISO 3822 werden diese wesentlichen Spitzenwerte vernachlässigt, sollten aber in die überarbeiteten Messverfahren einbezogen werden.

- b) Pumpen in Wasserversorgungsanlagen können als Körper- und Wasserschallquellen angesehen werden. Bei Inline-Pumpen (ohne Verbindung zu den Gebäudeelementen) muss Körper- und Wasserschall berücksichtigt werden, der die Übertragungswege 1 und 2 in Bild 3 anwendet.

ANMERKUNG 4 Für diese durch das Rohrleitungssystem übertragenen Beiträge können die in EN 16644:2014 beschriebenen Messverfahren, die ursprünglich für Inline-Pumpen in Heizungssystemen entwickelt wurden, auch auf Pumpen in Wasser angewendet werden. Es sollte erwähnt werden, dass die gemessenen Größen nur für Voraussagen in einem Modell für die Schallausbreitung auf Rohrleitungen verwendet werden können, das nicht in den Anwendungsbereich von EN 12354-5 fällt.

Eine Näherungslösung besteht ähnlich wie der Ansatz für Ventile darin, die Beiträge des Körper- und des Wasserschalls nicht gesondert zu betrachten, sondern nur die Summe der beiden Schallarten zu verwenden, die für die Übertragung der Körperschallleistung über die Montageelemente auf die Gebäudeteile

verantwortlich sind. Die vorstehenden Erklärungen für den Fall von Hähnen sind also auch für Pumpen gültig.

Falls die Pumpe mit einem Gebäudeelement verbunden ist, muss zusätzlich der Körperschall berücksichtigt werden, der direkt von der Pumpe auf dieses Element (Übertragungsweg ③ in Bild 3) übertragen wird. Experimentell kann dieser Anteil durch die Messverfahren von EN 15657 beschrieben werden.

- c) Kompakte Quellen wie Zisternen, Wassererhitzer, Heizkessel usw.: Im Falle von Körperschall ist eine Beschreibung durch die Schallleistung nach den Verfahren von EN 15657 angemessen. In Sonderfällen könnte auch Luftschall eine bestimmte Rolle spielen. Dann ist L_{Wa} zur Berechnung des abgestrahlten Luftschalls nach den von EN 15657 festgelegten Verfahren relevant.
- d) In einigen Fällen sind Quellen mit größerer Ausdehnung (Badewannen, Whirlwannen usw.) mit mehr als einer Ebene verbunden (z. B. Eckposition von Wannen mit Verbindung zum Boden und zu zwei Wänden). In Bild 6 wird ein Beispiel gezeigt. In diesem Fall sollten die Quellen als dreidimensional angesehen werden, und der Beitrag jeder Richtung sollte gesondert berechnet werden (siehe [23]). Die Eingangsdaten für diese Quellen können nach den in EN 15657 festgelegten Verfahren ermittelt werden.
- e) In vielen Fällen kann der Wasserstrahl (z. B. von einer Dusche oder aus dem Auslass eines Wasserauslassventils), der auf die Oberfläche eines Beckens oder einer Wanne oder auf die Wasseroberfläche plätschert, den vorherrschenden Anteil des Körper- und des Luftschalls bewirken. Falls relevant, muss dieser Beitrag gesondert berücksichtigt werden (siehe Bild 4, Bild 5 und Bild 6).

6.3.3 Wasserheizungsanlagen

Siehe 6.3.2.2 oben, Abschnitte b) und c).

6.3.4 Abwasserinstallationen

6.3.4.1 Allgemeines

Abwasserinstallationen bestehen aus einer primären Quelle (z. B. Waschbecken, Toilettenbecken, Badewannen, Dachrinnen oder anderen aktiven Einheiten wie Pumpen) und einem Rohrleitungssystem, d. h. aus zwei Quellen, die unabhängig voneinander, nicht zur gleichen Zeit und nicht am gleichen Ort wirken und im Labor getrennt charakterisiert werden sollten. Die primären Quellen sind auch Körperschall-Mehrfachquellen, wobei Abwasser und Frischwasserzufuhr getrennt betrachtet und im Labor nach EN 15657 charakterisiert werden müssen.

Das Abwasser-Rohrleitungssystem selbst besteht aus Kombinationen von geraden Rohren mit T-Stücken, Rohrbogen, Verbindungsstücken und Einlassöffnungen, die an Gebäudekonstruktionen mithilfe von Befestigungselementen (häufig Klemmen) angebracht werden. Schwingungen werden durch das Fließen und Herabfallen des Wassers im Rohrleitungssystem und durch direkt abgestrahlten Schall (Luftschall) erzeugt, oder sie werden auf die Empfangskonstruktionen (die Wände oder der Boden, mit denen/dem die Installation verbunden ist) übertragen, die ihrerseits Schall (Körperschall) emittieren; um den Körperschall zu verringern, können spezielle Befestigungselemente angewendet werden.

Körperschall und Luftschall von Abwasserrohrleitungen werden im Labor nach EN 14366 [10a, 10b] gemessen. Die Messungen werden bei verschiedenen stationären Durchflüssen durchgeführt; ein stationärer Durchfluss von 2 l/s sollte Schallpegel erzeugen, die denen ähneln, die vor Ort bei der Toilettenspülung entstehen. Die Abwasserleitung wird über zwei Befestigungspunkte an eine nicht isolierte schwere Stützwand angeschlossen.

EN 14366-1 [10b] verfolgt das Ziel, Abwassersysteme wie beliebige haustechnische Anlagen zu charakterisieren, d. h. unter Verwendung von EN 15657, mit spezifischen Montage- und Betriebsbedingungen.

Bei Anwendung von EN 14366-1 werden die folgenden Größen gemessen:

- die Luftschalleistung des Systems;
- die blockierte Kraft des Systems, die indirekt durch die Verbindung des Systems mit der tragenden Wand oder Decke erreicht wird;
- die freie Geschwindigkeit des Systems, die direkt an den Kontaktpunkten gemessen wird, wobei das System von der tragenden Wand oder Decke getrennt ist;
- die Admittanz des Systems, die sich aus der oben genannten blockierten Kraft und der freien Geschwindigkeit ergibt

ANMERKUNG In EN 14366-1 sind die primären Quellen in Abwassersystemen nicht erfasst, z. B. Spülbecken, Toiletten, Badewannen, Abflusssinnen oder andere aktive Einheiten (Pumpen).

6.3.4.2 Voraussageverfahren

Die blockierte Kraft kann in Situationen, in denen die Admittanz des Empfängers viel geringer ist als die Admittanz der Quelle, direkt für die Voraussage des Schalls verwendet werden (siehe 5.3.3). Für den allgemeinen Fall kann die installierte Leistung des Abwassersystems nach EN 15657 aus den Eigenschaften der Quelle (Admittanz und freie Geschwindigkeit) und einer aus der Literatur entnommenen Admittanz des Empfängers (siehe Anhang D) bestimmt werden; die Voraussage erfolgt dann nach den in 5.3.2 beschriebenen Verfahren. Die vorausgesagten Ausgangsdaten stellen jedoch nur den Schallpegel der Rohrleitung dar, ohne den Schallpegel der primären Schallquelle (des Toilettenbeckens), der gesondert charakterisiert und in die Voraussage einbezogen werden muss. Eine Schätzung der Unsicherheit des Schallpegels von Rohrleitungen ist in EN 14366-1 enthalten.

6.4 Ausrüstungsgegenstände mit ausschließlich interner Körperschallübertragung

6.4.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt behandelt insbesondere räumlich ausgedehnte Systeme, wie z. B. Aufzüge mit Körperschallübertragungen durch den Ausrüstungsgegenstand.

Aufzüge, besonders diejenigen für die Beförderung von Personen, sind im Allgemeinen Treibscheibenaufzüge mit Drahtseilen oder hydraulische Aufzüge, die aus einer Aufzugsmaschine, einer Steuereinheit, einem Fahrkorb, einer Gegenmasse/Ausgleichsmasse, einem Drahtseil, Führungsschienen und Aufzugstüren bestehen. Die Aufzugsmaschine kann in einem separaten Raum für haustechnische Anlagen untergebracht werden, wird heutzutage jedoch im Allgemeinen im Aufzugsschacht untergebracht.

Die Aufzugsmaschine und ihr Zubehör sowie die Aufzugstüren stellen die Hauptquellen sowohl für Luftschall (5.2) als auch für Körperschall (5.3) dar. Die Führungsschienen können ebenfalls Körperschall (5.3) emittieren.

6.4.2 Voraussageverfahren

6.4.2.1 Luftschall

Der vom Aufzug übertragene Luftschall kann nach 5.2 auf der Grundlage des Luftschalleistungspegels der Einrichtung berechnet werden, der vom Hersteller angegeben sein sollte. Da der Triebwerksraum des Aufzugs in der Regel klein ist und der Aufzugsschacht eindeutig kein kubisch umschlossener Raum ist, ist das Schallfeld üblicherweise nicht diffus. In diesen Fällen könnte der Schalldruckpegel im Senderraum dem Schalleistungspegel der Quellen zahlenmäßig gleichgesetzt werden. Siehe auch DIN 8989 [11].

6.4.2.2 Körperschall

Systeme mit separater Aufzugsmaschine

In dem (ungewöhnlichen) Fall, dass die Aufzugsmaschine in einem separaten Raum untergebracht ist, sind in der Regel elastische Abstützungen (Schwingungsdämpfer) für die Aufzugsmaschine erforderlich, um eine ausreichende Reduzierung des Körperschalls zu erreichen (siehe Anhang D). Daher ist es vorteilhaft, schwere Konstruktionen als abstützende Gebäudeelemente anzuwenden. Die bodenisolierte Aufzugsmaschine wirkt als Kraftquelle, und die Vorhersage des erzeugten Körperschalls erfordert nur die Kenntnis des äquivalenten blockierten Kraftpegels, der vom Hersteller angegeben werden sollte. Für kritische Übertragungssituationen, d. h. in der Nähe von Räumen, ohne bauliche Verbindung zwischen Triebwerksraum, Schacht und Gebäude, kann es vorteilhaft sein, die Wirkung einer elastischen Abstützung dadurch zu verbessern, dass ein schwerer Rahmen (aus Beton) über den Abstützungen angewendet wird. Für die Dimensionierung der elastischen Abstützungen sollte bedacht werden, dass der Fahrkorb und die Gegenmasse/Ausgleichsmasse Teil der (statischen) Gesamtlast, nicht jedoch Teil der dynamischen Arbeitslast sind.

Systeme mit Rahmen

Heutzutage werden Aufzugsmaschinen häufig mit elastischen Stützen auf einem Metallrahmen montiert, an dem auch die Schienen befestigt sind. Dieses gesamte Rahmensystem ist oftmals starr und willkürlich an mehreren Stellen mit schweren Bauelementen entlang des Schachtes verbunden, was an den Stellen mit der geringsten Admittanz (z. B. auf Bodenhöhe) nicht notwendig ist. Die sich daraus ergebenden (angenommenen) unkorrelierten Punktschallquellen können jeweils vor Ort durch ihre blockierte Kraft charakterisiert werden, die indirekt aus der Antwort jedes tragenden Elements (Schachtwand zwischen zwei Stockwerken) nach EN 15657 unter Verwendung des Verfahrens des Schalleistungsersatzes bestimmt wird. Diese Menge an blockierten Kräften kann dann bei der Voraussage von Körperschall in Konfigurationen mit Schächten aus schweren empfangenden Gebäudeelementen (dicke CLT-Elemente höchstwahrscheinlich eingeschlossen) und unter Anwendung des in 5.3.3 beschriebenen Verfahrens verwendet werden.

Die Führungsschienen sollten so eingestellt werden, dass eine reibungslose Bewegung des Fahrkorbs sichergestellt ist.

6.4.2.3 Aufzugstüren

Sowohl automatische als auch handbetätigte Aufzugstüren können eine Luft- und Körperschallquelle im Vorraum des Aufzugs sein, wobei der entstehende Schall eine Luftschallquelle für angrenzende Räume darstellen kann. Dieser resultierende Schall kann vor Ort gemessen und seine Bau-Luftschalleistung bestimmt werden.

Anhang A (normativ)

Verzeichnis der Symbole (Haupttext und normative Anhänge)

A	Äquivalente Schallabsorptionsfläche	m^2
A_{ref}	Äquivalente Referenz-Schallabsorptionsfläche; $A_{\text{ref}} = 10 \text{ m}^2$	m^2
A_S	Äquivalente Schallabsorptionsfläche des Senderraums	m^2
c_0	Schallgeschwindigkeit in Luft (340 m/s)	m/s
$B(f)$	Frequenzbandbreite für das Terzband mit Mittenfrequenz f	Hz
C_W	Waterhouse-Korrektur	dB
D_n	Differenz des abgeglichenen Schalldruckpegels	dB
$D_{n,e}$	Differenz des abgeglichenen Schalldruckpegels aufgrund Luftschallübertragung durch Kanäle	dB
$D_{W,a}$	Einfügungsdämpfung der Luftschallleistung eines Gehäuses	dB
Index ij	Gibt einen Übertragungsweg ij an	—
Index n	Gibt einen abgeglichenen Schalldruckpegel an	—
Index nT	Gibt einen genormten Schalldruckpegel an	—
L	Gesamtlänge der Kanten des Raumes	m
L_p	Schalldruckpegel	dB Bezug $20\mu\text{Pa}$
L_{eq}	Äquivalenter Schalldruckpegel in einem Raum	dB Bezug $20\mu\text{Pa}$
$L_{A,\text{eq}}$	Äquivalenter A-bewerteter Schalldruckpegel in einem Raum	dB Bezug $20\mu\text{Pa}$
$L_{A,\text{max}}$	A-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in einem Raum Zeitbewertung langsam „S“ ($L_{AS,\text{max}}$) oder schnell „F“ ($L_{AF,\text{max}}$)	dB Bezug $20\mu\text{Pa}$
$L_{C,\text{eq}}$	Äquivalenter C-bewerteter Schalldruckpegel in einem Raum	dB Bezug $20\mu\text{Pa}$
$L_{C,\text{max}}$	C-bewerteter maximaler Schalldruckpegel in einem Raum Zeitbewertung langsam „S“ ($L_{CS,\text{max}}$) oder schnell „F“ ($L_{CF,\text{max}}$)	dB Bezug $20\mu\text{Pa}$
$L_{Fb,\text{eq}}$	Äquivalenter blockierter Einzelkraftpegel des betrachteten Ausrüstungsgegenstands	dB Bezug $1\mu\text{N}$
$L_{Fb,\text{eq,stm}}$	Äquivalenter blockierter Einzelkraftpegel der ISO-Gewindebohrmaschine	dB Bezug $1\mu\text{N}$
L_n	Abgeglichener Schalldruckpegel in einem Raum	dB Bezug $20\mu\text{Pa}$
$L_{n,i}$	Trittschallpegel des Elements i	dB Bezug $20\mu\text{Pa}$
$L'_{n,i}$	Bau-Trittschalldruckpegel des Elements i	dB Bezug $20\mu\text{Pa}$
L'_{ne}	Abgeglichener Bau-Schalldruckpegel, der auf die betrachtete Installation zurückzuführen ist	dB Bezug $20\mu\text{Pa}$

$L'_{ne,a,k}$	Abgeglicherer Bau-Schalldruckpegel, der auf die elementare Luftschallquelle k der betrachteten Installation zurückzuführen ist	dB Bezug 20µPa
$L'_{ne,a,m}$	Abgeglicherer Bau-Schalldruckpegel, der auf die elementare Körperschallquelle m der betrachteten Installation zurückzuführen ist	dB Bezug 20µPa
$L'_{ne,s,i}$	Körperschallbeitrag zum abgeglichenen Bau-Schalldruckpegel, der auf den an das Element i im Senderaum angeschlossenen Ausrüstungsgegenstand zurückzuführen ist	dB Bezug 20µPa
$L'_{ne,s,0,i}$	Abgeglicherer Bau-Schalldruckpegel für die Einheitsleistung, der von einer Körperschallquelle für die Einheitsleistung erzeugt wird, die an verschiedenen Stellen des Elements i im Senderaum angeschlossen ist	dB Bezug 20µPa
$L_{ne,s,0,i}$	Abgeglicherer Schalldruckpegel, der nur auf den direkten Übertragungsweg zurückzuführen ist und von einer Körperschallquelle für die Einheitsleistung erzeugt wird, die an verschiedenen Stellen des Elements i im Senderaum angeschlossen ist	dB Bezug 20µPa
$L_{ne,s,0,i,j}$	Abgeglicherer Schalldruckpegel, der vom Element j im Empfangsraum abgestrahlt und von einer Körperschallquelle für die Einheitsleistung erzeugt wird, die an verschiedenen Stellen des Elements i im Senderaum angeschlossen ist	dB Bezug 20µPa
$L_{ne,a}$	Abgeglicherer Schalldruckpegel in einem Raum, der auf eine Luftschallquelle im selben Raum zurückzuführen ist	dB Bezug 20µPa
$L'_{ne,a}$	Abgeglicherer Bau-Schalldruckpegel, der auf eine Luftschallquelle in einem anderen Raum zurückzuführen ist	dB Bezug 20µPa
$L_{ne,s,i,j}$	Abgeglicherer Schalldruckpegel, der von Element j im Empfangsraum aufgrund einer Körperschallquelle abgestrahlt wird, die auf Element i im Senderaum montiert ist, wobei die Elemente i und j entweder das trennende Element sind (direkte Übertragung, $j = i$) oder nur über eine Verbindungsstelle verbunden sind	dB Bezug 20µPa
$L_{vf,eq}$	Äquivalente freie Einzelgeschwindigkeit des betrachteten Ausrüstungsgegenstands	dB Bezug 10^{-9} m/s
L_{W0}	Referenzschallleistungspegel, $L_{W0} = 120$ dB	dB Bezug 1 pW
L_{Wa}	Schallleistungspegel einer Luftschallquelle	dB Bezug 1 pW
$L_{Wa,enclosed}$	Schallleistungspegel einer Luftschallquelle bei Vorhandensein eines Gehäuses	dB Bezug 1 Pw
$L_{Ws,i}$	Installierter Leistungspegel einer an das Element i angeschlossenen Quelle	dB Bezug 1 pW
$L_{Ws,stm,i}$	Installierter Leistungspegel der ISO-Gewindebohrmaschine am Element i	dB Bezug 1 pW
m'	Flächenmasse für eine Platte	kg/m ²
$n(f)$	Modale Dichte des Raumes für das Terzband mit Mittenfrequenz f	1/Hz
N_a	Anzahl der elementaren Luftschallquellen, aus denen die betrachtete Installation besteht	-
N_s	Anzahl der elementaren Körperschallquellen, aus denen die betrachtete Installation besteht	-
p_{ref}	Bezugswert für den Schalldruck $p_{ref} = 20$ µPa	Pa
R'	Bau-Schalldämmkoeffizient zwischen zwei Räumen	dB

R_i	Direkter Schalldämmkoeffizient des Elements i	dB
R_{ij}	Flankenschalldämmkoeffizient für die Übertragung vom Element i im Senderaum zum Element j im Empfangsraum	dB
S_s	Fläche eines Trennelements zwischen zwei Räumen	m ²
S_t	Gesamtfläche der Grenzen eines Raumes	m ²
$SD(f)$	Standardabweichung für das Terzband mit Mittenfrequenz f	dB
T	Nachhallzeit	m ²
T_{ref}	Bezugs-Nachhallzeit; $T_{\text{ref}} = 0,5$ s für Wohnungen	S
V	Volumen eines Raumes	m ³
W_{ref}	Bezugswert für die Schallleistung $W_{\text{ref}} = 1$ pW	W
Y_0	Mechanische Bezugs-Admittanz, $Y_0 = 1$ m/sN	m/sN
$ Y_{\text{R,eq},i} $	Äquivalente Einzeladmittanzgröße des Empfangselements i	m/sN
$\text{Re}\{Y_{\text{R,eq},i}\}$	Realer Anteil der äquivalenten Einzeladmittanz des Empfangselements i	m/sN
$ Y_{\text{S,eq},i} $	Äquivalente Einzeladmittanzgröße der Quelle	m/sN
ΔL	Verringerung des Trittschalls	dB

Anhang B (normativ)

Schallpegel bei niedrigen Frequenzen

Die Schalldruckpegel in einem Raum weisen bei niedrigen Frequenzen im Vergleich zu mittleren und hohen Frequenzen größere Schwankungen in Abhängigkeit von der Position auf, was durch die entsprechende Standardabweichung (SD) ausgedrückt werden kann. Nach [20] kann $SD(f)$ aus der modalen Dichte des Raumes $n(f)$ (je Hertz) und der Frequenzbandbreite $B(f)$ (in Hertz), die wie folgt gewählt wird, angenähert werden:

$$SD(f) = \frac{4,34}{-0,22 + \sqrt{1 + 0,139B(f)n(f)}} \quad (B.1)$$

$$n(f) = \frac{4\pi V f^2}{c_0^3} + \frac{\pi S_t f}{2c_0^2} + \frac{L}{8c_0} \quad B(f) = 0,23f \text{ (in 1/3 octave band)} \quad (B.2)$$

Dabei ist

- f die Mittenfrequenz des betrachteten Terzbandes, in Hertz;
- c_0 die Schallgeschwindigkeit in Luft in m/s ($c \approx 340$ m/s);
- V das Volumen des Raumes, in Kubikmeter;
- S_t die Gesamtfläche der Raumgrenzen, in Quadratmeter; und
- L die Gesamtlänge der Kanten des Raumes, in Meter.

Diese Standardabweichung sollte mit dem Mittelwert des nach EN 12354-5 berechneten Schallpegels angegeben werden, so dass die zu erwartenden Schwankungen des Schallpegels in Abhängigkeit von der Position im Raum ersichtlich sind.

Des Weiteren sind die Schalldruckpegel in einem Raum, die auf eine abstrahlende Schallquelle oder ein Gebäudeelement zurückzuführen sind und nach EN ISO 16032 gemessen werden, eine Abschätzung für den Mittelwert im gesamten Raum mit Ausnahme der Fläche, die innerhalb von 0,5 m von den Raumgrenzen liegt, auch bei niedrigen Frequenzen.

Bedingt durch die Art der Modenformen in Räumen ist der Schalldruckpegel in der Raummitte systematisch niedriger als der Gesamtdurchschnitt des Raumes. Dieser Unterschied könnte durch die Waterhouse-Korrektur C_W erklärt werden; siehe Gleichung (B.3) und eine Darstellung in Bild B1. Erfahrungen haben jedoch gezeigt, dass die Differenz in Oktavbändern im Allgemeinen kleiner und für die Raummitte mindestens 2 m von den Wänden dichter an der Hälfte dieser Werte ist.

$$C_W = 10 \lg \left(1 + \frac{c_0 + S_t}{8fV} \right) \quad (B.3)$$

Dabei ist

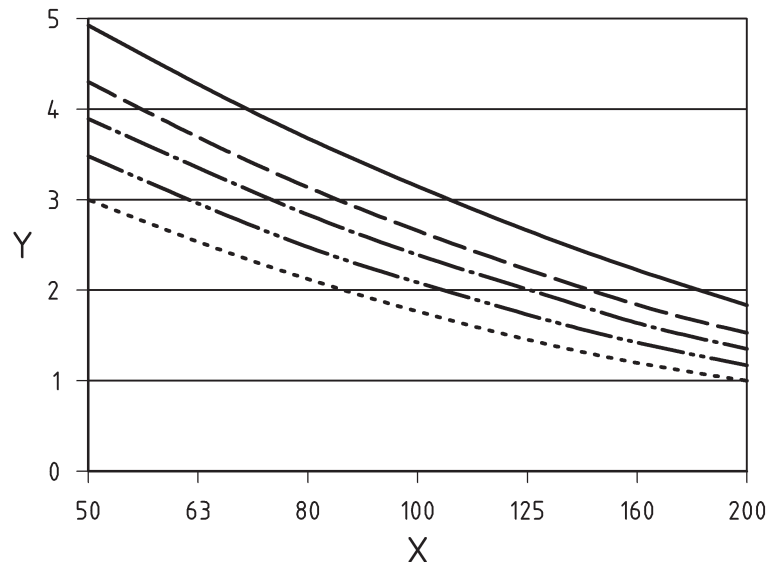
- c_0 die Schallgeschwindigkeit in Luft in m/s ($c \approx 340$ m/s);

f die Mittenfrequenz des Frequenzbandes, in Hertz;

V das Volumen des Raumes, in Kubikmeter;

S_t die Gesamtfläche des Raumes, in Quadratmeter.

C_W sollte zum gemessenen Schalldruckpegel des Raumes in Terzbändern unter 250 Hz oder Oktavbändern unter 250 Hz addiert werden. Diese Korrektur ist für kleine Räume nicht präzise, wird jedoch in vielen Fällen vom Standpunkt der Vorsicht aus fehlerhaft sein. Beispiele für C_W siehe Bild B.1.



Legende

X	Frequenz (Hz)
Y	C_W (dB)
—	$V = 15 \text{ m}^3$
- -	$V = 30 \text{ m}^3$
- . -	$V = 50 \text{ m}^3$
- . . -	$V = 100 \text{ m}^3$
.	$V = 200 \text{ m}^3$

Bild B.1 — Beispiele für die Waterhouse-Korrektur für rechtwinklige Räume

Die nach dieser Norm berechneten Schalldruckpegel basieren auf der Theorie des diffusen Schallfelds, auch bei niedrigen Frequenzen. Bei mehreren Untersuchungen wurden Hinweise darauf gefunden, dass diese Schallpegel den Mittelwert für den gemessenen Raum (ohne Korrektur mithilfe von C_W) bei niedrigen Frequenzen überschätzen. Die bei niedrigen Frequenzen berechneten Schätzungen der Schalldruckpegel sind daher sicherer, wobei Gleichung (B.1) einen Hinweis auf die Sicherheitsgrenze angibt.

ANMERKUNG Messungen nach EN ISO 10052 (mit Eckmikrofonen) führen zu einer gemessenen Schätzung des Gesamtmittelwertes des Raumes, die erwartungsgemäß näher an der berechneten Schätzung liegt.

Anhang C (normativ)

Zusätzliche Verfahren zur Voraussage der einzelnen Übertragungswege

C.1 Einleitung

In diesem Anhang werden zwei zusätzliche Verfahren zur Berechnung des abgeglichenen Bau-Schallpegels des Ausrüstungsgegenstands angegeben, die beide jeden einzelnen Übertragungsweg berücksichtigen. Bei dem ersten wird jeder Übertragungsweg global betrachtet und basiert auf gemessenen Daten von Flankenschallpegeln für die Einheitsleistung und bei dem zweiten wird jeder Übertragungsweg durch den Flankenschalldämmkoeffizienten R_{ij} charakterisiert, der nach EN ISO 12354-1 berechnet wird.

C.2 Verfahren, bei dem jeder Übertragungsweg ij global betrachtet wird

Dieses Verfahren wird üblicherweise bei Bauteilen der Bauart B angewandt.

Jeder Übertragungsweg ij kann global betrachtet und durch den abgeglichenen Flankenschalldruckpegel für die Einheitsleistung $L_{ne,s,0,ij}$ charakterisiert werden, der in EN ISO 10848-1 definiert und dessen Messverfahren darin beschrieben ist.

Der Rauschpegel, der von den Ausrüstungsgegenständen erzeugt wird, die an das Element i im Senderaum angeschlossen sind und über den Übertragungsweg ij zum Element j im Empfangsraum übertragen werden, ist unkompliziert:

$$L_{ne,s,ij} = L_{ne,s,0,ij} + L_{Ws,i} - L_{W0} \quad (C.1)$$

Dabei ist

$L_{ne,s,0,ij}$ der abgeglichene Flankenschalldruckpegel für die Einheitsleistung von Übertragungsweg ij , definiert und gemessen im Labor nach EN ISO 10848-1;

$L_{Ws,i}$ die installierte Leistung der Quelle, die nach EN 15657 aus den vom Hersteller angegebenen Eigenschaften der Quelle und der aus der Literatur geschätzten Admittanz des Gebäudeelements berechnet wird (siehe Anhang D).

$$L_{W0} = 120 \text{ dB.}$$

Es kann eine Datenbank mit $L_{ne,s,0,ij}$ -Werten erstellt werden, die für verschiedene Leichtbautypen gemessen wurden, und Gleichung (C.1) kann als Hilfsmittel zur Vorhersage der einzelnen Übertragungswege verwendet werden.

C.3 Verfahren, bei dem jeder Übertragungsweg ij durch den Flankenschalldämmkoeffizienten charakterisiert wird

Der abgeglichene Flankenschalldruckpegel für die Einheitsleistung für jeden Übertragungsweg ij , $L_{ne,s,0,ij}$, ergibt sich [5] aus dem abgeglichenen Schalldruckpegel für die Einheitsleistung $L_{ne,s,0,i}$ des Elements i , korrigiert um die Differenz des Schalldämmkoeffizienten zwischen dem betrachteten Flanken-Übertragungsweg R_{ij} und dem direkten Übertragungsweg R_i

$$L_{ne,s,0,ij} = L_{ne,s,0,i} - (R_{ij,ref} - R_i)$$

Dabei ist

- | | |
|----------------|---|
| $L_{ne,s,0,i}$ | der abgeglichene Schalleistungspegel für die Einheitsleistung des Elements i ; |
| $R_{ij,ref}$ | der in EN ISO 12354-1 definierte Flankenschalldämmkoeffizient für die Übertragung von Element i im Senderaum zum Element j im Empfangsraum, mit Bezug auf die Fläche $S_{ref} = 10 \text{ m}^2$, in Dezibel; |
| R_i | ist der Schalldämmkoeffizient der Elemente i , der sich nur auf die Resonanzübertragung nach EN ISO 12354-1 bezieht, in Dezibel; |

Der Rauschpegel $L_{ne,s,ij}$, der von den Ausrüstungsgegenständen erzeugt wird, die an das Element i im Senderaum angeschlossen sind und über den Übertragungsweg ij zum Element j im Empfangsraum übertragen werden, wird unter Verwendung von Gleichung (C.1) erhalten.

Dieses Verfahren gilt für alle Arten von Elementen (Bauart A oder Bauart B). Der Flankenschalldämmkoeffizient R_{ij} wird nach EN ISO 12354-1 berechnet, wobei je nach Art des Elements (Bauart A oder Bauart B) unterschiedliche Gleichungen verwendet werden.

Es kann eine Datenbank mit $L_{ne,s,0,i}$ -Messwerten für verschiedene Empfängertypen erstellt werden, und die Gleichungen (C.1) und (C.2) können als Hilfsmittel für die Voraussage der einzelnen Übertragungswege verwendet werden, wobei die installierte Leistung der Quelle bekannt ist und R_{ij} nach EN ISO 12354-1 berechnet wird.

Anhang D (informativ)

Nicht stationäre Quellen

D.1 Bei Feldmessungen verwendete Deskriptoren

Feldmessungen des Schalls von Ausrüstungsgegenständen und Maschinen werden nach EN ISO 16032 oder ISO 10053 durchgeführt. Je nachdem, ob das Quellsignal als stationär oder nicht stationär (z. B. zyklisch oder transient) angesehen werden kann, werden unterschiedliche Deskriptoren verwendet; maximale Schalldruckpegel werden für nicht stationäre Quellen und äquivalente dauerhafter Schalldruckpegel für stationäre Quellen verwendet. Die verschiedenen Größen, die in Form von Einzahlwerten bei der Feldmessung verwendet werden, sind folgende:

Für stationäre Quellen:

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

ANMERKUNG 1 Diese Größe kann auch normiert ($L_{A,eq,n}$) oder standardisiert ($L_{A,eq,nT}$) sein

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

ANMERKUNG 2 Diese Größe kann auch normiert ($L_{C,eq,n}$) oder standardisiert ($L_{C,eq,nT}$) sein

Für nicht stationäre Quellen:

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 3 Es kann entweder die Zeitbewertung „S“ ($L_{AS,max}$) oder die Zeitbewertung „F“ ($L_{AF,max}$) verwendet werden. Diese Größen können auch normiert ($L_{AS,max,n}$, $L_{AF,max,n}$) oder standardisiert ($L_{AS,max,nT}$, $L_{AF,max,nT}$) werden.

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 4 Es kann entweder die Zeitbewertung „S“ ($L_{CS,max}$) oder die Zeitbewertung „F“ ($L_{CF,max}$) verwendet werden. Diese Größen können auch normiert ($L_{CS,max,n}$, $L_{CF,max,n}$) oder standardisiert ($L_{CS,max,nT}$, $L_{CF,max,nT}$) werden.

D.2 Voraussage von zeitbewerteten Deskriptoren „S“ und „L“ für quasi stationäre und nicht stationäre Quellen

Das in dieser Norm verwendete Voraussageverfahren basiert hauptsächlich auf dem SEA-Modell, das für die Vorhersage von äquivalenten dauerhaften Schalldruckpegeln aus stationären Quellen vorgesehen ist; die Größen, die die Quelle und die Übertragung charakterisieren (Eingangsdaten für die Voraussage), können jedoch innerhalb bestimmter Grenzen unter „quasi stationärer“ Anregung, d. h. stationär innerhalb „relativ kurzer“ Zeitintervalle, gemessen werden. Die zur Charakterisierung von Quellen- und Übertragungsgrößen verwendeten leistungsbasierten Messverfahren erfordern Messintegrationszeiten, die nicht kürzer sind als die Nachhallzeit der Empfangselemente oder -räume, in der Größenordnung von 0,5 s für übliche Konstruktionen bei niedrigen Frequenzen und 1 s für Räume. Es kann davon ausgegangen werden, dass Quellen, die innerhalb von 1 s stationär sind, gemessen und ihre Schalldruckpegel vor Ort mit einem auf dem SEA-Modell basierenden Verfahren ohne Korrektur vorhergesagt werden könnten; Maximaldruckpegel und Zeitbewertung „Langsam“ (1 s) können daher bei der Quellencharakterisierung und bei der Voraussage der Schallpegel ohne Korrektur betrachtet werden.

Für nicht stationäre Quellen, die Deskriptoren unter Verwendung der Zeitbewertung „Schnell“ (125 ms) erfordern, zeigen neuere Forschungen [30], dass Körperschallquellen in Bezug auf die installierte Leistung unter Verwendung kurzer L_{eq} über 125 ms-Perioden charakterisiert werden können, anhand derer der höchste Wert für jedes Terzband ermittelt wird. Die Schalldruckpegel in Räumen (Ausgabe dieses Voraussagemodells) werden ebenfalls in kurzen Zeitabschnitten L_{eq} über 125-ms-Perioden im Terzband ausgedrückt; sie müssen jedoch durch Hinzufügen einer empirischen Korrektur von 6 dB [30] korrigiert werden, um zu zulässigen maximalen Schalldruckpegeln mit einer Zeitbewertung „Schnell“ zu führen. A-bewertete Schallpegel mit einer Zeitbewertung „Schnell“ können aus den $L_{F,max}$ -Daten des Terzbandes berechnet werden, indem die A-bewerteten Werte auf jedes Frequenzband angewendet und die resultierenden Frequenzbanddaten energetisch addiert werden [30]. Es kann davon ausgegangen werden, dass ein ähnliches Verfahren zur Bestimmung der maximalen C-bewerteten Schallpegel mit Zeitbewertung „Schnell“ angewendet werden kann.

ANMERKUNG In [30] wurde eine künstliche Quelle anstelle einer realen Quelle verwendet, die von vordefinierten zeitlich variierenden Breitbandsignalen angetrieben wurde. Die Verwendung der kurzen 125 ms L_{eq} für die Voraussage von realen Quellen muss noch geprüft werden.

Anhang E (informativ)

Eingangsgrößen für die Schätzung der Quellenschallpegel entlang von Kanalsystemen und der Schallübertragung zwischen Räumen durch Kanalsysteme

E.1 Einleitung

Dieser Anhang behandelt die Eigenschaften der Kanalelemente, die für die Schätzung der Quellenschallpegel entlang von Kanalsystemen (siehe Gleichungen in 6.2.2) und für die Schätzung der Schallübertragung zwischen Räumen durch Kanalsysteme (siehe Gleichungen in 6.2.3) erforderlich sind. Diese Eigenschaften werden durch verschiedene Größen ausgedrückt, die von der Art des Elements abhängen und nach den entsprechenden Normen gemessen werden können, wie im Folgenden angegeben.

E.2 Eingangsgrößen

E.2.1 Schalleistungsquellen im Kanalsystem

E.2.1.1 Allgemeines

Die Schallleistung $L_{W,d}$ im Kanalsystem hängt von der Position und der Anordnung der Elemente im Kanal ab.

E.2.1.2 Durch Gebläse erzeugter Schall

Der Hersteller kann den Schallleistungspegel für Gebläse bei einem geeigneten Arbeitspunkt angeben, der nach den zutreffenden Normen gemessen wird (EN ISO 5136 [13], EN 13141-4 [14]).

E.2.1.3 Durchflussschall von Bauteilen

Die Schallleistungspegel von Durchflussschall, der an Bauteilen, wie Armaturen, Gittern, Klappen, Schalldämpfern, dem Drucklüftungssystem, Rohrbogen oder Teilabschnitten gerader Kanäle erzeugt wird, können nach der jeweils zutreffenden Norm gemessen werden (EN ISO 7235 [9]). Die Durchflussschallleistung kann jedoch auch von der Wechselwirkung zwischen den Bauteilen (ihrer relativen Position im Kanalsystem) abhängen.

E.2.2 Verringerung der Schallleistung im Kanalsystem

E.2.2.1 Allgemeines

Für die Berechnung der indirekten Übertragung zwischen zwei Räumen wird die Verringerung der Luftschallleistung der verschiedenen Elemente eines Systems benötigt. Diese können auf drei Arten charakterisiert werden:

E.2.2.2 Die Elemente als Einheit

$$\Delta L_W = \Delta L_{W,\text{unit}} \quad (\text{E.1})$$

Dabei ist

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

E.2.2.3 Elemente mit Verringerung je Längeneinheit

$$\Delta L_W = \Delta L'_W l \quad (\text{E.2})$$

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;

E.2.2.4 Elemente im Kanal mit bekannter Einfügungsdämpfung

$$\Delta L_W = D_i \quad (\text{E.3})$$

Dabei ist

D_i die Einfügungsdämpfung, die für einen Schalldämpfer nach ISO 7235 [9] oder nach ISO 11691 [16], für einen Überströmluftdurchlass nach EN 13141-1 [17] 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.

Bei einem Element, das mit Durchflussschall und Schalldämmung im Zusammenhang steht, wird die Schalldämmung betrachtet, bevor die mit dem Durchfluss in Zusammenhang stehende Quelle hinzugefügt wird.

E.2.3 Schallabstrahlung von Luftdurchlässen und Öffnungen

Die Schallübertragung durch einen Luftdurchlass oder eine Kanalöffnung in einen umschlossenen Raum wird durch den Schallübertragungsverlust $D_{t,io}$ angegeben, der nach der jeweils zutreffenden Norm gemessen werden kann. Dabei wird die so genannte End-Reflexion eingeschlossen. Falls die Einfügungsdämpfung D_i des Luftdurchlasses gemessen wird, muss die End-Reflexion addiert werden. Für eine Öffnung kann die End-Reflexion nach der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$D_{t,io} = 10 \lg \left(1 + \frac{\Omega}{4k_0^2 S_{co}} \right) \quad (\text{E.4})$$

Dabei ist

k_0 die Wellenzahl ($2\pi c_0$) in der Luft, je Meter

Ω der freie Festwinkel für die Abstrahlung, in Steradian; für die Raummitte: $\Omega = 4\pi$, für die Raumebene: $\Omega = 2\pi$, für die Raumkante: $\Omega = \pi$, für die Raumecke: $\Omega = \pi/2$

S_{co} die Querschnittsfläche der Kanalöffnung, in Quadratmeter

ANMERKUNG 1 Der Übertragungsverlust $D_{t,oi}$ aus einem geschlossenen Raum in den Kanal (erforderlich für die Berechnung der indirekten Übertragung zwischen zwei Räumen) kann aus $D_{t,io}$ abgeleitet werden.

Der von den Luftdurchlässen oder Öffnungen abgestrahlte Schalldruckpegel im Direktfeld und im Nachschallfeld wird durch in unmittelbare Nähe vorhandene reflektierende Raumgrenzen beeinflusst. Bei niedrigen Frequenzen ist der Schalldruckpegel auf einfache Weise mithilfe des Richtfaktors des

Festwinkels D_Ω anzugeben (siehe ISO 12354-4:2017, Anhang D), bei höheren Frequenzen verringert er sich jedoch auf 0 dB.

$$D_\Omega = 10 \lg \left(\frac{4\pi}{\Omega} \right) \quad (\text{E.5})$$

ANMERKUNG 2 Die Berechnung dieser Größe kann realistischer durchgeführt werden, wenn die Frequenz berücksichtigt wird. Für eine Öffnung, die zu einer Ebene einen bestimmten Abstand x hat, ist der Schalldruckpegel nach der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$D_\Omega = 10 \lg \left(1 + \frac{\sin(2k_0 x)}{2k_0 x} \right) \quad (\text{E.6})$$

E.2.4 Schallabstrahlung durch die Kanalwand

Der Schalldämmkoeffizient R_{io} eines Kanals bei der Schallübertragung von innen nach außen wird durch seine Messbeziehung definiert:

$$R_{io} = L_{pi} - L_{po} + 10 \lg \left(\frac{4S_d}{A} \right) \quad (\text{E.7})$$

Dabei ist

- L_{pi} der Schalldruckpegel innerhalb des Kanals, in Dezibel;
- L_{po} der Schalldruckpegel im diffusen Feld des Raumes außerhalb des Kanals, in Dezibel;
- S_d die Gesamtfläche des Kanals, betrachtet vom umschlossenen Raum, in Quadratmeter;
- A die äquivalente Absorptionsfläche in dem Raum außerhalb des Kanals, in Quadratmeter.

Der Schalldämmkoeffizient R_{oi} eines Kanals bei der Schallübertragung von außen nach innen (erforderlich für die Berechnung der indirekten Übertragung zwischen zwei Räumen) wird durch seine Messbeziehung definiert:

$$R_{oi} = L_{po} - L_{pi} + 10 \lg \left(\frac{S_d}{4S_{cd}} \right) \quad (\text{E.8})$$

Dabei ist

- S_{cd} die Querschnittsfläche des Kanals, in Quadratmeter.

ANMERKUNG Die Definitionen für den Schalldämmkoeffizient für die beiden durch die Gleichungen E.7 und E.8 festgelegten Übertragungsrichtungen entsprechen den in der VDI [15] verwendeten Definitionen. Im Allgemeinen gibt es eine Beziehung zwischen den beiden Übertragungsrichtungen, die für die angegebenen Definitionen bei höheren Frequenzen auf eine Differenz von 3 dB hinausläuft: $R_{oi} = R_{io} + 3 \text{ dB}$.

Angaben zu diesen Größen können für verschiedene Arten von Kanälen in VDI 3733 [15] und im ASHREA-Handbuch [7a] gefunden werden.

E.2.5 Einbrechende Schalleistung

E.2.5.1 Durch Kanalwände

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:

$$L_{W,up} = L_{po} - R_{oi} + 10 \lg(S_d) - 6 - 10 \lg \left[\frac{S_{cd,up} + S_{cd,dn}}{S_{cd,up}} \right] \quad (E.9)$$

Dabei ist

- L_{po} 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;
- $S_{cd,dn}$ die Querschnittsfläche des Kanals am stromabwärtigen Ende seines exponierten Teils, in Quadratmeter;
- $S_{cd,up}$ 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 E.2.4.

E.2.5.2 Durch Öffnungen oder Einrichtungen

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 5.2.3) und ist nach folgender Gleichung zu bestimmen:

$$L_W = L_{po} - D_{t,oi} + 10 \lg \left(\frac{S_{co}}{4} \right) \quad (E.10)$$

Dabei ist

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

Die akustischen Eigenschaften der Elemente in einem System bezüglich der Schallübertragung zur Außenseite und der Schallausbreitung entlang des Kanals werden in Abhängigkeit von der Art des Elements unter Verwendung mehrerer Größen angegeben. Die Eigenschaften können nach den jeweils zutreffenden Normen gemessen werden. Die wichtigsten Eingangsgrößen, die in 5.2 genannt, aber nicht definiert sind, werden in diesem Anhang definiert.

E.3 Verzeichnis der Symbole

Tabelle E.1 — Verzeichnis der Symbole

A	Äquivalente Schallabsorptionsfläche in einem Raum	m^2
$D_{t,oi}$	Übertragungsverlust der Schallleistung für eine Kanalöffnung oder eine Einrichtung zur Übertragung von der Außen- zur Innenseite	dB
$D_{t,io}$	Übertragungsverlust der Schallleistung für eine Kanalöffnung oder Luftdurchlässe zur Übertragung von der Innen- zur Außenseite	dB
D_t	Übertragungsverlust der Schallleistung für einen Luftdurchlass oder für andere Elemente	dB
D_i	Einfügungsdämpfung für einen Luftdurchlass, einen Schalldämpfer oder andere Kanalelemente	dB
$D_{i,io}$	Einfügungsdämpfung für einen Luftdurchlass	dB
D_Ω	Festwinkel-Richtfaktor für das abstrahlende Element oder die Quelle in einem Raum	dB
k_0	Wellenzahl in der Luft	m
l	Tatsächliche Länge des Elements, gemessen entlang der Mittellinie des Kanals	m
$L_{p,i}$	Schalldruckpegel innerhalb des Kanals	dB Bezug 20 μPa
$L_{p,o}$	Schalldruckpegel im diffusen Feld des Raums außerhalb des Kanals	dB Bezug 20 μPa
L_W	Schallleistungspegel für die Übertragung im Kanal	dB Bezug 1 pW
$L_{W,dn}$	Schallleistungspegel für die Übertragung stromabwärts entlang des Kanals	dB Bezug 1 pW
$L_{W,r}$	Schallleistungspegel in einem Raum, der auf eine Kanalöffnung zurückzuführen ist	dB Bezug 1 pW
$L_{W,up}$	Schallleistungspegel für die Übertragung stromaufwärts entlang des Kanals	dB Bezug 1 pW
$L_{W,d}$	Im Kanal bewerteter Schallleistungspegel, der von dem jeweils installierten System abhängt	dB Bezug 1 pW
R_{oi}	Schalldämmkoeffizient des Kanals für die Übertragung von der Außen- zur Innenseite	dB
R_{io}	Schalldämmkoeffizient des Kanals für die Übertragung von der Innen- zur Außenseite	dB
S	Querschnitt des Kanals	m^2
S_{co}	Querschnittsfläche der Kanalöffnung	m^2
S_k	Oberfläche des Strahlungskanals	m^2
S_d	Exponierte Gesamtfläche des Kanals im Raum	m^2
S_{cd}	Querschnittsfläche des Kanals	m^2