

DIN EN 12354-5

ICS 91.120.20

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 Fassung EN 12354-5:2023**

Building acoustics –
Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements –
Part 5: Sounds levels due to the service equipment;
German version EN 12354-5:2023

Acoustique du bâtiment –
Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments –
Partie 5: Niveaux de bruits dus aux équipements techniques;
Version allemande EN 12354-5:2023

Gesamtumfang 83 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 12354-5:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 126 „Akustische Eigenschaften von Bauteilen und von Gebäuden“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

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

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.

Frühere Ausgaben

DIN EN 12354-5: 2009-10
DIN EN 12354-5 Berichtigung 1: 2019-02

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 —

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

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

Acoustique du bâtiment —
Calcul de la performance acoustique des bâtiments à
partir de la performance des éléments —
Partie 5: Niveaux de bruits dus aux équipements
techniques

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 17. April 2023 angenommen.

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

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

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



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

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	7
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.....	13
5.3.3 Fall, in dem die Admittanz des Empfängers wesentlich geringer ist als die Admittanz der Quelle	15
5.4 Genauigkeit.....	17
6 Anwendung der Modelle	18
6.1 Allgemeines	18
6.2 Gebäudetechnische Anlagen mit interner Luftschallübertragung.....	18
6.2.1 Allgemeines	18
6.2.2 Luftschallpegel der Quelle.....	19
6.2.3 Indirekte Luftschallübertragung durch das Luftleitungssystem.....	20
6.3 Gebäudetechnische Anlagen mit interner Fluid- und Körperschallübertragungen.....	21
6.3.1 Allgemeines	21
6.3.2 Wasserversorgungsanlagen	21
6.3.3 Analgen zur Trinkwassererwärmung.....	28
6.3.4 Abwasserinstallationen	28
6.4 Gebäudetechnische Anlagen mit ausschließlich interner Körperschallübertragung	29
6.4.1 Allgemeines	29
6.4.2 Prognoseverfahren	29
Anhang A (normativ) Verzeichnis der Symbole (Haupttext und normative Anhänge)	31
Anhang B (normativ) Schallpegel bei niedrigen Frequenzen	34
Anhang C (normativ) Zusätzliche Verfahren zur Prognose der einzelnen Übertragungswege.....	36
C.1 Einleitung	36
C.2 Verfahren, bei dem jeder Übertragungsweg <i>ij</i> global betrachtet wird	36

C.3	Verfahren, bei dem jeder Übertragungsweg <i>ij</i> durch das Flankenschalldämm-Maß charakterisiert wird.....	37
Anhang D (informativ) Instationäre Quellen.....		38
D.1	Bei Gebäudemessungen verwendete Deskriptoren.....	38
D.2	Prognose von zeitbewerteten Deskriptoren „S“ und „L“ für quasi stationäre und instationäre Quellen.....	39
Anhang E (informativ) Eingangsgrößen für die Schätzung der Quellenschallpegel entlang von Kanalsystemen und der Schallübertragung zwischen Räumen durch Kanalsysteme.....		40
E.1	Einleitung.....	40
E.2	Eingangsgrößen.....	40
E.3	Verzeichnis der Symbole.....	44
Anhang F (informativ) Schätzung der Admittanz des Empfängers und der Quelle sowie der Wirkung der Entkopplung in-situ.....		46
F.1	Allgemeines.....	46
F.2	Admittanz von Bauteilen im Gebäude.....	46
F.3	Admittanz der Quelle.....	49
F.4	Wirkung von Entkopplungsmaßnahmen.....	52
Anhang G (informativ) Berechnungsbeispiele.....		54
G.1	Allgemeines.....	54
G.2	Fälle, in denen die Admittanz des Empfängers wesentlich geringer ist als die Admittanz der Quelle (schwere Konstruktionen).....	54
G.3	Allgemeiner Fall (leichte Konstruktionen).....	60
G.4	Beispiele für die Berechnung von Einzahlangaben für Produkte, die nach EN 14366-1 charakterisiert sind.....	72
Literaturhinweise.....		77

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 12354-5:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 126 „Akustische Eigenschaften von Bauteilen und von Gebäuden“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2023, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2023 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 12354-5:2009 und EN 12354-5:2009/AC:2010.

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 prognostizieren 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.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

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

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt Berechnungsmodelle für die durch gebäudetechnische Anlagen in Gebäuden erzeugten Schalldruckpegel. Wie in den Dokumenten zur Messung der Schallpegel in Gebäuden (EN ISO 16032 für das Standardverfahren und EN ISO 10052 für das Kurzverfahren) werden Sanitärinstallationen, maschinelle Lüftungssysteme, Heizung und Kühlung, gebäudetechnische Anlagen, Aufzüge, Müllrutschen, Heizkessel, Ventilatoren, Pumpen und anderes Zubehör zu gebäudetechnischen Anlagen sowie Garagentüren mit Motorantrieb erfasst, das Dokument kann aber auch auf andere Geräte, Anlagen oder Installationen (technische Gebäudeausrüstung) angewendet werden, die in Gebäuden angebracht oder installiert sind. Die Berechnung basiert grundsätzlich auf Messdaten, die sowohl die gebäudetechnische Anlage (Schallquelle) als auch die Schallübertragung durch das Gebäude charakterisieren. Dieselbe Ausrüstung kann aus verschiedenen Luft- und/oder Körperschallquellen an unterschiedlichen Stellen im Gebäude bestehen; die Norm stellt einige Informationen über diese Quellen bereit und wie sie charakterisiert werden können; Prognosemodelle für gebäudetechnischen Anlagen selbst fallen 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 können.

Die Berechnungsmodelle beschreiben die Anwendung der für gebäudetechnische Anlagen gebräuchlichsten Methode unter Verweis auf messbare Eingabegrößen, die der Festlegung der Eigenschaften von Bauteilen und technischer Gebäudeausrüstung 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 Berechnungsmodelle berücksichtigen die Erfahrungen, die bei Prognosen 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 15657:2017, *Akustische Eigenschaften von Bauteilen und von Gebäuden — Messung des Körperschalls von haustechnischen Anlagen im Prüfstand für alle Installationsbedingungen*

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

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

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

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 <https://www.electropedia.org/>

4 Wichtige Größen

4.1 Allgemeines

Dieses Dokument beschreibt Berechnungsmodelle für die durch gebäudetechnische Anlagen in Gebäuden erzeugten Schalldruckpegel. Die Ausgangsdaten der Modelle entsprechen Größen, die die Gebäudeeigenschaften ausdrücken (Schalldruckpegel in Räumen, die von der im Gebäude installierten, technischen Gebäudeausrüstung erzeugt werden), während die Eingangsdaten denjenigen 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 nach EN ISO 12354-1 und EN ISO 12354-2 in Terzbändern mindestens im Frequenzbereich 100 Hz bis 3 150 Hz (ggf. auf Terzband 50 Hz nach unten erweitert, wenn Bauelementedaten und an der Schallübertragung beteiligte Stoßstellendaten vorliegen) und insbesondere für Luftschallgrößen bis zu 5 kHz ermittelt. Die Leistungsdaten der gebäudetechnischen Anlagen basieren auf Messungen nach EN 15657, wobei die Messungen in Terzbändern im Frequenzbereich 50 Hz bis 3 150 Hz durchgeführt werden. Bei einigen gebäudetechnischen Anlagen deckt der betrachtete Frequenzbereich jedoch nicht diesen gesamten Bereich ab.

ANMERKUNG Für die Messung der Luftschalleistung von gebäudetechnischen Anlagen und Geräten 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 gebäudetechnischen 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 Prognose von Schalldruckpegeln in Gebäuden und der Vergleich der Ergebnisse Messungen in Gebäuden (in situ). Messungen des Schalldruckpegels von Anlagen und Installationen in Gebäuden werden nach EN ISO 16032 (Standardverfahren) oder EN ISO 10052 (Kurzverfahren) durchgeführt, wobei die Ergebnisse auf verschiedene Weise ausgedrückt werden: maximale A-bewertete und optional C-bewertete Schalldruckpegel mit Zeitbewertung konstante „S“ oder Zeitbewertung konstante „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 Zeitkonstante „F“ führt voraussichtlich zu weniger gut wiederholbaren Messergebnissen als die Konstante „S“.

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

In allen Fällen kann eine Normierung auf eine äquivalente Absorptionsfläche als Bezugsfläche oder eine Standardisierung auf eine Bezugs-Nachhallzeit angewendet werden.

4.2.2 Beziehung zwischen den Größen

Die oben angegebenen Schalldruckpegel hängen von der verwendeten Zeitkonstante „S“, „F“, ab oder es wird eine Integration über einen Betriebszyklus durchgeführt (äquivalente Schalldruckpegel). Die Pegel mit diesen verschiedenen Zeitkonstanten hängen von der Zeitcharakteristik des Geräusches ab und können im Allgemeinen nicht aus einem anderen Pegel abgeleitet werden.

In allen Fällen gibt es eine direkte Beziehung zwischen dem Schalldruckpegel (L_p), dem Norm-Schalldruckpegel (L_n) und dem Standard-Schalldruckpegel (L_{nT}) in den Frequenzbändern. Diese Beziehungen werden durch folgende Gleichung (1) und Gleichung (2) angegeben:

$$L_n = L_p - 10 \lg \frac{A_0}{A} \text{ dB} \quad (1)$$

$$L_{nT} = L_p + 10 \lg \frac{T_0}{T} = L_n + 10 \lg \frac{A_0 T_0}{0,16V} \text{ dB} \quad (2)$$

Dabei ist

- A die äquivalente Absorptionsfläche im Raum, in Quadratmeter;
- A_0 die äquivalente Bezugs-Absorptionsfläche ($A_0 = 10 \text{ m}^2$), in Quadratmeter;
- T die Nachhallzeit des Raumes, in Sekunden;
- T_0 die Bezugs-Nachhallzeit ($T_0 = 0,5 \text{ s}$ für Wohnungen), in Sekunden;
- V das Volumen des Raums, in Kubikmeter.

In diesem Dokument werden normierte Schalldruckpegel als Hauptgröße für die Prognose gewählt und L_{ne} („e“ für technische Gebäudeausrüstung [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 (1) 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 Charakterisierung der Quelle der Luftschallleistungspegel, gemessen nach den in 4.1 angegebenen Normen.

Bei Körperschallquellen ist die grundlegende Größe Charakterisierung der Quelle der installierte Leistungspegel (in bestimmten Situationen auch der Pegel der blockierten Kraft); diese Größen sind in EN 15657 definiert und ihre Messung ist darin festgelegt, welche bisher auf Quellen mit stationärer Anregung beschränkt war. Quasi-stationäre Quellen, d. h. Quellen, die innerhalb des für ihre Dauer gewählten Zeitfensters stationär sind, und allgemeiner nicht stationäre Quellen müssen unter Beachtung der in Anhang D aufgeführten Informationen betrachtet werden.

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

Die relevanten Schallquellen unterscheiden sich durch die verschiedenen untersuchten Gebäudetechnische Anlagen 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 Zeitbewertung beziehen, die für die Größe der Gebäudeeigenschaften zu berechnen ist.

4.3.3 Schallübertragung

Die grundlegenden Größen für die Übertragung von Luftschall, Trittschall und Schall von gebäudetechnischen 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 Prognoseverfahren 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 Schalldruckpegel in einem Raum, der auf die gebäudetechnischen Anlagen zurückzuführen ist, durch eine Kombination aus Luft- und Körperschallübertragung verursacht. Welcher Anteil dabei dominiert, hängt von der Quelle selbst, den Installationsbedingungen sowie von der Gebäudekonstruktion ab. Zusätzlich stellen gebäudetechnische Anlagen häufig mehrere Quellen gleichzeitig dar, die an unterschiedlichen Kontaktpunkten auch an unterschiedlichen Bauteilen mit dem Gebäude verbunden sind. Dies macht eine allgemeine Vorhersagemethode kompliziert.

Es wird vorausgesetzt, dass eine installierte gebäudetechnische Anlage als Kombination mehrerer unabhängiger Luft- und/oder Körperschallquellen betrachtet werden kann. Der Ansatz besteht darin, jeweils eine diese unabhängigen Quellen und ggf. einen speziellen Betriebszustand zu betrachten (siehe 4.3.2). Der resultierende Schalldruckpegel in einem Raum ergibt sich dann aus der Summe der einzelnen Beiträge der unabhängig betrachteten Quellen.

Im Allgemeinen werden zwei grundlegend unterschiedliche Situationen der Schallübertragung untersucht:

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

Für diese Unterscheidung ist nachfolgend die allgemeine Vorgehensweise beschrieben. Die am besten geeigneten Anwendungen sind für verschiedene Arten von gebäudetechnischen Anlagen und Einrichtungen in Abschnitt 6 festgelegt.

Der daraus resultierende Norm-Schalldruckpegel in einem Raum in Frequenzbändern L'_{ne} für die betrachtete Installation kann daher folgendermaßen ausgedrückt werden (siehe Gleichung (3)):

$$L'_{ne} = 10 \lg \left(\sum_{k=1}^{N_a} 10^{L'_{ne,a,k}/10} + \sum_{m=1}^{N_s} 10^{L'_{ne,s,m}/10} \right) \quad (3)$$

Dabei ist

- L'_{ne} der Norm-Schalldruckpegel in einem Raum, der auf die betrachtete Installation zurückzuführen ist, unter Berücksichtigung aller beteiligten Übertragungswege, in Dezibel;
- $L'_{ne,a,k}$ der Norm-Schalldruckpegel, der auf die elementare Luftschallquelle k der Installation zurückzuführen ist, unter Berücksichtigung aller beteiligten Übertragungswege, in Dezibel;
- $L'_{ne,s,m}$ der Norm-Schalldruckpegel, der auf die elementare Körperschallquelle m der Installation zurückzuführen ist, unter Berücksichtigung aller beteiligten Übertragungswege, in Dezibel;
- N_a die Anzahl der unabhängig betrachteten Luftschallquellen der Installation;
- N_s die Anzahl der unabhängig betrachteten Körperschallquellen der Installation.

ANMERKUNG Der Empfänger, der hier nicht explizit erwähnt wird, wird im Text mit dem Index „Element i “ bezeichnet.

Falls das Ergebnis als maximaler Pegel angegeben werden soll, kann Gleichung (3) als Schätzung des oberen Grenzwertes angesehen werden (alle Ereignisse werden als simultan angenommen). Ein unterer Grenzwert kann durch den Höchstwert für alle gesondert betrachteten Quellen angegeben werden (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 Einzahlangabe für die Gebäudeeigenschaften (A- oder C-Bewertung) auf ähnliche Weise abgeleitet werden.

Die Modelle setzen ein diffuses Schallfeld in den Sende- und Empfangsräumen voraus. Obwohl dies häufig eine ausreichend realistische Annahme ist, können dennoch bei niedrigen Frequenzen große Abweichungen auftreten. Dies ist im Speziellen von Relevanz, da der von gebäudetechnischen Anlagen emittierte Schall in manchen Fällen besonders bei tiefen Frequenzen dominant ist. Besonders zu beachten ist dieser Aspekt bei der Anwendung der Modelle auf bestimmte gebäudetechnische 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 Einzahlangaben von Produkten, die nach EN 14366-1 gemessen werden.

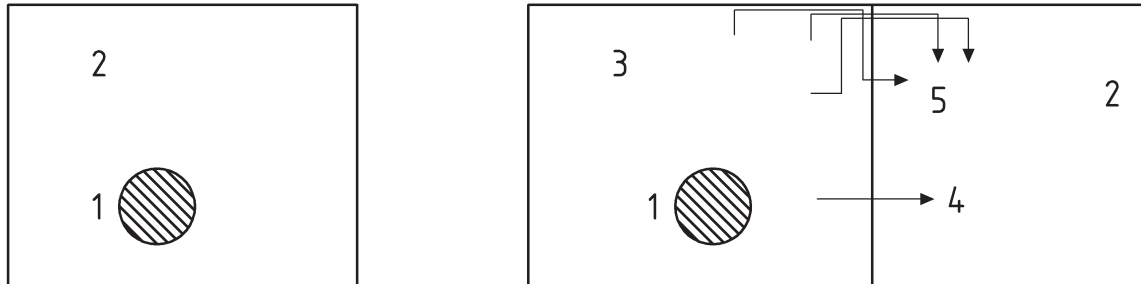
5.2 Luftschallübertragung durch Gebäudekonstruktionen

5.2.1 Allgemeines

Die Zielgröße ist der Schalldruckpegel im betrachteten Empfangsraum. Zwei verschiedene Gebäudekonfigurationen können dabei in Betracht gezogen werden, wie in Bild 1 dargestellt: eine Quelle ist innerhalb des Empfangsraums und eine Quelle ist 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 Charakterisierung der Quelle 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 Prognose 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 Norm-Schalldruckpegel $L_{ne,a}$ im selben Raum ist nach der folgenden Gleichung (4) zu berechnen:

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

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

5.2.3 Quelle in einem anderen Raum

Eine Quelle in einem anderen Raum überträgt Schall vom Senderraum zum Empfangsraum üblicherweise auf verschiedenen Übertragungswegen zwischen den Elementen (i) des Senderraums und den Elementen (j) des Empfangsraums, wie in Bild 1 (rechts) gezeigt. Alle diese Übertragungswege werden in dem in EN ISO 12354-1 definierten Prognoseverfahren berücksichtigt.

Der sich daraus ergebende Norm-Schalldruckpegel $L'_{ne,a}$ kann als Summe des Schallleistungspegels der Quelle und eines Übertragungsterms ausgedrückt werden, der sich entweder aus der Norm-Schallpegeldifferenz D_n zwischen Sende- und Empfangsraum oder dem Bau-Schalldämm-Maß R' ergibt [siehe Gleichung (5) und Gleichung (6)]:

$$L'_{ne,a} = L_{Wa} - 10 \lg\left(\frac{A_s}{4}\right) - D_n \quad (5)$$

$$L'_{\text{ne,a}} = L_{\text{Wa}} - R' - 10 \lg \left(\frac{A_{\text{S}}}{S_{\text{S}}} \right) - 4 \text{ dB} \quad (6)$$

Dabei ist

- L_{Wa} der Luftschallleistungspegel der Quelle, in Dezibel;
- A_{S} die äquivalente Absorptionsfläche des Senderraums, in Quadratmeter;
- D_{n} die Norm-Schallpegeldifferenz zwischen den beiden Räumen in dB, wie in EN ISO 12354-1 definiert;
- R' das Schalldämm-Maß am Bau in dB, Ausgangsdaten in EN ISO 12354-1;
- S_{S} die Fläche des Trennelements in Quadratmeter.

Die Form des Senderraums und die Eigenschaften des Schallfelds, das Direkt- und Nahfeld der Quelle sowie die Abstrahlcharakteristik der Quelle beeinflussen die tatsächliche Anregung der Bauteile im Senderaum. All diese Aspekte betreffen jedoch nicht-diffuse Schallfelder und werden in der EN ISO 12354-1 nicht berücksichtigt, in der immer von einem diffusen Schallfeld im Senderaum ausgegangen wird.

Mit Gleichung (6) lässt sich $L'_{\text{ne,a}}$ aus dem Luftschallleistungspegel der Quelle, die als bekannt vorausgesetzt wird, und dem nach EN ISO 12354-1 berechneten Schalldämm-Maß am Bau berechnen.

ANMERKUNG 1 Es ist auch möglich und praktikabel, einen Norm-Schalldruckpegel am Bau von einer gebäudetechnischen Anlage als Luftschallquelle mit 1 Watt Leistung $L'_{\text{ne,a,0}}$ zu definieren. Dieser charakterisiert die Luftschallübertragung in den Empfangsraum global inklusive aller Übertragungswege und wird durch Einsetzen einer Luftschallquelle ($L_{\text{Wa}} = 120 \text{ dB}$) in Gleichung (6) erhalten; siehe Beispiele in G.3.2.

Mit Gleichung (5) lässt sich vor der Installation der gebäudetechnischen Anlage prüfen, ob der resultierende Schalldruckpegel zu hoch ist, wenn L_{Wa} bekannt ist und 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: $\rho_0 c_0 W_0 / p_0^2 = 1$. 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 Prognoseverfahren geht theoretisch von einer unkorrelierten Anregung des Raumes durch die Quelle aus, wodurch ein diffuses Schallfeld erzeugt wird. Diese Annahme entspricht nicht exakt der Art wie Geräte oder Anlagen im Labor (siehe 5.3) charakterisiert werden. Allgemeiner ausgedrückt, kann die Luftschall-Nahfeldanregung eines Bauteils auch als Körperschallanregung [15] angenähert und unter Verwendung von EN 15657 charakterisiert werden.

Befindet sich die Quelle in der Nähe eines beliebigen Elements i im Quellenraum und ist sie mechanisch mit diesem verbunden, wird der Luftschall im Nahfeld der Quelle bei der auf das Element i übertragenen Strukturleistung (installierte Leistung) berücksichtigt, einer Eingangsgröße für die Vorhersage des Körperschalls, die nach EN 15657 definiert und gemessen wird (siehe 5.3). Im Allgemeinen wird die Luftschallanregung im Nahfeld einer Quelle in der Nähe eines Elements als Strukturleistung berücksichtigt [15] und nach EN 15657 charakterisiert.

Falls die tatsächliche Schallquelle vollständig oder teilweise gekapselt ist (z. B. Verkofferung), kann das gesamte System als eine Quelle angesehen werden, für die sich der Schallleistungspegel aus der Einfügungsdämmung D_{Wa} der Verkofferung und dem Schallleistungspegel der Quelle ergibt: $L_{\text{Wa,enclosed}} = L_{\text{Wa}} - D_{\text{Wa}}$ [13]. Die Schalldämmung von Schallschutzkapseln oder Verkofferung kann nach ISO 11546 gemessen werden [1].

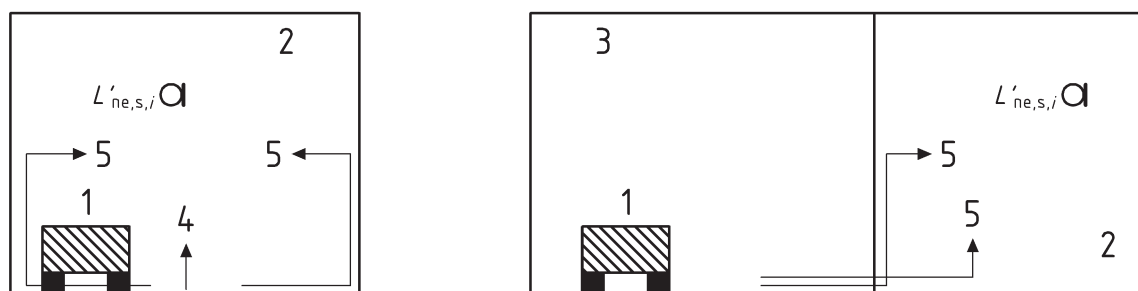
5.3 Körperschallübertragung durch Gebäudekonstruktionen

5.3.1 Allgemeines

Die Zielgröße 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 Schallquelle mechanisch an einem Element des Empfangsraums befestigt, sind die Übertragungswege die gleichen, unabhängig davon, ob die Schallquelle innerhalb oder außerhalb des Raums angebracht ist.

Der resultierende Schalldruckpegel 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 Bauteil übertragene Körperschalleistung), die in EN 15657 definiert ist; die installierte Leistung hängt von den Eigenschaften 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 für alle Admittanzverhältnisse zwischen Quelle und Empfänger und allen Arten von empfangenden Gebäudeelementen gültig ist, wird zunächst in 5.3.2 behandelt. Die Prognose von Schallpegeln für gebäudetechnische Anlagen, bei denen die Admittanz des Empfängers wesentlich geringer ist als die Admittanz der Quelle, ist ein Spezialfall [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 Admittanzverhältnisse zwischen Quelle und Empfänger und beliebige Typen von angekoppelten Gebäudeelementen. Die beiden wichtigsten Eingangsparameter für die Prognose sind die installierte Leistung $L_{WS,i}$ der an Element i angekoppelten Quelle in dB Bezug 10^{-12} Watt, wie in EN 15657 definiert, und eine Größe, die den Übertragungsweg vom Element i zum Empfangsraum charakterisiert. Diese Größe wird als Norm-Schalldruckpegel am Bau für die Anregung mit 1 Watt installierter Leistung (Symbol $L'_{ne,s,0,i}$) bezeichnet wird.

Quellterm

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

$$L_{WS,i} \approx 10 \lg \left(\frac{\operatorname{Re}(Y_{R,eq,i}) \cdot Y_0}{|Y_{S,eq}|^2 + |Y_{R,eq,i}|^2} \right) + L_{vf,eq} - 60 \text{ dB} \quad (7)$$

Dabei ist

- $Y_{S,eq}$ die single equivalent (äquivalente, auf einen Punkt reduzierte) Admittanz der gebäudetechnischen Anlage nach EN 15657;
- $Y_{R,eq,i}$ die single equivalent (äquivalente, auf einen Punkt reduzierte) Admittanz des Empfangselements i nach EN 15657;
- $L_{vf,eq}$ der Pegel der äquivalenten (auf einen Punkt reduzierten) blockierten Kraft in dB Bezug 10^{-9} m/s nach EN 15657;
- Y_0 $Y_0 = 1 \text{ m/sN}$.

Die Admittanzen von Quelle und Empfänger in Gleichung (7) können entweder nach EN 15657 gemessen oder nach Anhang F geschätzt werden.

Gleichung (7) kann auch als Funktion des Pegels der äquivalenten blockierten Kraft $L_{Fb,eq}$ des Geräts ausgedrückt werden (siehe Gleichung (8)):

$$L_{WS,i} \approx 10 \lg \left(\frac{\operatorname{Re}(Y_{R,eq,i}) Y_0}{1 + \frac{|Y_{R,eq,i}|^2}{|Y_{S,eq}|^2}} \right) + L_{Fb,eq} \quad (8)$$

Dabei ist

- $L_{Fb,eq}$ der Pegel der äquivalenten (auf einen Punkt reduzierten) blockierten Kraft der gebäudetechnischen Anlage in dB Bezug 10^{-6} N nach EN 15657.

Um die in das Bauteil eingeleitete Leistung zu reduzieren, können Feder-Dämpfer-Elemente zwischen Quelle und Empfänger geschaltet werden. Die Wirkung, die vorzugsweise als leistungsabhängige Einfügedämmung 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 Bauelement i zu den Bauelementen 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 das entsprechende Messverfahren beschrieben. Sie stellen den Norm-Schalldruckpegel im Empfangsraum dar, der durch eine Körperschallquelle erzeugt wird, die eine Leistung von 1 Watt an verschiedenen Stellen des im Senderaum betrachteten Elements i überträgt. Dieselbe Notation/Definition kann verwendet werden, um die Übertragung unter Einbeziehung aller Übertragungswege zu charakterisieren (Norm-Schalldruckpegel am Bau von einer Körperschallquelle mit für 1 Watt installierter Körperschalleistung, gekoppelt an das Bauteil i ; Symbol $L'_{ne,s,0,i}$) oder nur den direkten Übertragungsweg des Empfängers aus dem der Norm-Schalldruckpegel der gebäudetechnischen Anlage $L'_{ne,s,i}$ mithilfe der beiden folgenden Prognoseverfahren berechnet werden kann.

5.3.2.2 Verwendung des Norm-Schalldruckpegels für 1 Watt Leistung

Dieses Verfahren wird üblicherweise bei Gebäudekonstruktionen des Typs B angewandt.

Für die Prognose von Geräuschen aus gebäudetechnischen Anlagen, die im Senderaum an das Bauelement i angekoppelt sind, kann folgende Gleichung (9) verwendet werden:

$$L'_{ne,s,i} = L'_{ne,s,0,i} + L_{Ws,i} - L_{W0} \quad (9)$$

Dabei ist

$L'_{ne,s,0,i}$ der Norm-Schalldruckpegel am Bau von einer Körperschallquelle mit 1 Watt installierter Körperschalleistung, gekoppelt an das Bauteil i einschließlich aller Übertragungswege nach der Definition in EN ISO 10848-1 und dem darin angegebenen Messverfahren;

$L_{Ws,i}$ die installierte Körperschalleistung der Quelle, gekoppelt an das Bauteil i , der 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).

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

ANMERKUNG 1 Es kann eine Datenbank mit $L'_{ne,s,0,i}$ -Werten gesammelt werden, die für verschiedene Leichtbautypen gemessen wurden, und Gleichung (9) kann grob als vereinfachtes Hilfsmittel zur Prognose verwendet werden [36].

ANMERKUNG 2 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 Verfahren ist in Anhang C (normativ) beschrieben.

5.3.2.3 Verwendung des Norm-Schalldruckpegels für 1 Watt Leistung

EN ISO 12354-2 berechnet das Norm-Trittschallpegel am Bau $L'_{n,i}$ des Elements i unter Berücksichtigung aller an der Übertragung beteiligten Übertragungswege (wie beim Schall der Gebäudetechnische Anlagen), wobei der Norm-Trittschallpegel $L_{n,i}$ der betrachteten Decke 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 Prognoseverfahren basiert, kann für gebäudetechnische Anlagen angewandt werden, indem das Norm-Hammerwerk durch eine Körperschallquelle mit 1 Watt Leistung ersetzt wird. Der wichtigste Eingangsparameter ist nun der nach EN ISO 10848-1 definierte und gemessene Norm-Schalldruckpegel von einer Körperschallquelle mit 1 Watt

installierter Körperschalleistung, gekoppelt an das Bauteil i , $L_{ne,s,0,i}$ um daraus für die gleiche Quelle und die gleiche Leistung den Norm-Schalldruckpegel am Bau $L'_{ne,s,0,i}$ zu ermitteln.

Mit der Gleichung (9) lässt sich dann $L'_{ne,s,i}$ aus $L'_{ne,s,0,i}$ berechnen. Element i kann eine Decke oder eine Wand sein.

Der Norm-Schalldruckpegel am Bau von einer Körperschallquelle mit 1 Watt installierter Körperschalleistung, gekoppelt an das Bauteil i , $L'_{ne,s,0,i}$ (und dann $L'_{ne,s,i}$) kann daher nach EN ISO 12354-2 prognostiziert werden, indem das Norm-Hammerwerk durch eine Quelle mit 1 Watt installierter Leistung ersetzt wird, d. h. der Norm-Trittschallpegel für das angeregte Bauteil i , $L_{n,i}$ (Eingangsgröße nach EN ISO 12354-2) wird durch den Norm-Schalldruckpegel von einer Körperschallquelle mit 1 Watt installierter Körperschalleistung, gekoppelt an das Bauteil i , $L_{ne,s,0,i}$ 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 Bauelement 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 aus Beton 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 äquivalenter Pegel der blockierten Kraft $L_{Fb,eq}$ ist in EN 15657 definiert, woran auch das entsprechende Messverfahren festgelegt ist.

Das Normhammerwerk kann auch durch den äquivalenten Pegel der blockierten Kraft $L_{Fb,eq,stm}$ charakterisiert werden, der theoretisch berechnet werden kann [35]. Aufgrund dessen kann das in EN ISO 12354-2 Prognose des Trittschallpegels) definierte Verfahren auch zur Prognose von Geräuschen aus gebäudetechnischen Anlagen am Bau, wie in EN 15657:2017, Anhang D beschrieben in diesem Fall verwendet werden. Der Norm-Schalldruckpegel am Bau einer gebäudetechnischen Anlage $L'_{ne,s}$, der von einer an einer schweren Decke oder eine schwere Wand montierten Anlage erzeugt wird, kann anhand des entsprechenden Norm-Trittschallpegels am Bau L'_n der Decke oder der Wand abgeschätzt werden. Dieser wird nach EN ISO 12354-2 berechnet (oder am Bau gemessen) und um die Pegeldifferenz der äquivalenten blockierten Kräfte der gebäudetechnischen Anlage und des Norm-Hammerwerkes korrigiert [siehe Gleichung (10)]:

$$L'_{ne,s,i} = L'_{n,i} + L_{Fb,eq} - L_{Fb,eq,stm} \quad (10)$$

Dabei ist

$L'_{n,i}$	der nach EN ISO 12354-2 berechnete oder vor Ort gemessene Norm-Trittschallpegel am Bau des Elements i , falls das Gebäude vorhanden ist;
$L_{Fb,eq}$	der äquivalente Pegel der blockierten Kraft in dB Bezug 10^{-6} N der Quelle, gemessen nach EN 15657 und vom Hersteller angegeben;
$L_{Fb,eq,stm}$	der äquivalente Pegel der blockierten Kraft in dB Bezug 10^{-6} N des Normhammerwerkes, berechnet aus der Literatur [35] und angegeben in Tabelle 1.

Tabelle 1 — Kraftpegel $L_{Fb,eq,stm}$ in dB Bezug 1 μ N für das Normhammerwerk 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 und Oberfläche des Empfängers abhängt [35]. Die messtechnischen ermittelten Werte für Betonplatten, die in einem Ringversuch nach EN 15657 unter Verwendung von Normhammerwerken als Quellen [32] 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 die gebäudetechnische Anlage an eine Wand (mit geringer Admittanz) angeschlossen ist, müssen der Norm-Trittschallpegel $L_{n,i}$ der Wand und die Eingangsdaten für die Berechnung bekannt sein. Diese können wie folgt ermittelt werden: (i) unter Verwendung bestehender Datenbanken für Norm-Trittschall von schweren Decken, (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 Daten, wenn die Norm zur Messung des Norm-Trittschallpegels von Wänden fertiggestellt ist (Projekt prEN 17823 wird innerhalb der CEN/TC 126/WG 1 entwickelt); 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 der Inhalt von EN ISO 12354-2:2017, B.1 wird erneut zur Änderung in Betracht gezogen.

Wenn $L'_{n,i}$ am Bau gemessen wird (Prognose für ein bestehendes Gebäude), kann das angeregte Bauteil eine Decke sein und ein Normhammerwerk kann verwendet werden, oder das angeregte Bauteil ist eine Wand, und das in 5.3.2.2 beschriebene Verfahren kann verwendet werden.

Wenn der die gebäudetechnische Anlage auf einem schwimmend verlegten Estrich montiert ist, dessen Admittanz wesentlich geringer ist als seine eigene Admittanz, gilt Gleichung (10) immer noch, und die Verbesserung des schwimmend verlegten Estrichs in Bezug auf die Trittschalldämmung (ΔL) ist auch für die gebäudetechnische Anlage relevant.

5.4 Genauigkeit

Detaillierte Verfahren wie GUM erscheinen im Falle des in dieser Norm beschriebenen Prognoseverfahrens kompliziert. Bei dem Prognoseverfahren wird der Bau-Norm-Schalldruckpegel der gebäudetechnischen Anlage jedoch als Summe von zwei Termen ausgedrückt: die Luft- oder Körperschallleistung (manchmal nur die blockierte Kraft), die die Anlage 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:

- *Luftschallleistung der gebäudetechnischen Anlage:* Für die Messung der Luftschallleistung von gebäudetechnischen Anlagen im Hallraum verweist EN 15657:2017 auf EN ISO 3740 bis EN ISO 3747, in denen nur begrenzte Informationen für Messungen in kleinen Hallräumen, bis zu 50 Hz, Terzbandmessungen und von nicht stationären Quellen enthalten 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 Luftschallleistung 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'):* Einige Informationen zur Genauigkeit sind in EN ISO 12354-1 enthalten.
- *Körperschall-Quellterme der gebäudetechnischen Anlage:* Nach dem Ringversuch, der nach der Norm EN 15657 unter Verwendung einer Referenzquelle [32] durchgeführt wurde, ergibt sich die folgende gemittelte Standardabweichung der Reproduzierbarkeit für jede Quellencharakteristik pro Terzband:
 - Pegel der äquivalenten blockierten Kraft: 3 dB;
 - Pegel der äquivalenten freien Schnelle: 4 dB;
 - äquivalente Admittanz der Quelle: 1 dB, was einem Verhältnis zum Mittelwert von 1,2 entspricht, wenn lineare Werte (in m/sN) verwendet werden.

Im allgemeinen Fall ist der Quellterm des *Körperschalls* der installierte Leistungspegel, der nach Gleichung (7) oder Gleichung (8) 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 [32] verwiesen. Bei schweren Gebäuden ist der Pegel der äquivalenten blockierten Kraft die einzige erforderliche Größe der Quelle; seine Standardabweichung ist daher ohne weiteres verfügbar.

ANMERKUNG 2 Die im Ringversuch ermittelte Standardabweichung der Reproduzierbarkeit könnte realen Quellen abweichen, da die geprüfte Referenzquelle insbesondere in Bezug auf die Montage- und Betriebsbedingungen nicht als repräsentativ für alle Arten von gebäudetechnischen Anlagen angesehen werden kann.

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

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

6 Anwendung der Modelle

6.1 Allgemeines

Gebäudetechnische Anlagen können sich über weitere Bereiche in einem Gebäude erstrecken (z. B. Aufzüge, Rohrleitungen, Raumlufthanlagen). In dieser Norm werden solche Anlagen nur als potenzielle lokale über das Gebäude verteilte 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 gebäudetechnischen Anlagen aufgeführt und nach der Art der Schallübertragung durch den Ausstattungsgegenstand eingeteilt, d. h. Luftschallübertragung (z. B. bei Raumlufthanlagen), Fluid- und Körperschallübertragung (z. B. bei Wasserversorgungsanlagen) und Körperschallübertragung (z. B. bei Aufzügen).

Prognosemodelle für die Schallübertragung durch die gebäudetechnische Anlage selbst fallen jedoch nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm.

6.2 Gebäudetechnische Anlagen mit interner Luftschallübertragung

6.2.1 Allgemeines

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

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

(i) Diese Schallquellen innerhalb eines Lüftungsgeräts sind häufig in einem Raum für gebäudetechnische Anlagen (Geräteraum) oder in einem Geschoss eines Gebäudes angeordnet. Ein Lüftungssystem umfasst üblicherweise Ventilatoren, Elektromotoren, Luft- und Rohrleitungen, Luftein- und -auslässe, Kühlkompressoren, Pumpen, Luftbefeuchter, Heiz- und/oder Kühleinheiten, Filter und Klappen mit Motorantrieb. Diese Ausstattungsgegenstände sind Luftschallquellen, deren Schallleistungspegel und zugehörige Messbedingungen (Standort im Raum, Installations- und Betriebsbedingungen) vom Hersteller angegeben werden sollten. Sie sind außerdem Körperschallquellen, die üblicherweise auf schweren Gebäudestrukturen installiert und mit Schwingungsdämpfern ausgestattet werden (siehe Anhang F); bei solchen Montagebedingungen und nach EN 15657 erfordert die Prognose des Körperschalls die Kenntnis des Schalldruckpegels der bodengedämmten Einheit, der im Labor gemessen und dessen Werte vom Hersteller angegeben werden sollten.

(ii) Andere Luftschallquellen können sich entlang von Leitungen (Schalllängsleitung) oder an den Enden von Kanälen (Luftauslässe) befinden. Deren Luftschallleistung hängt von den akustischen Leistungen des jeweiligen Systems ab, die üblicherweise von dem den Luftvolumenstrom des Systems ermittelnden Fachmanns berechnet und an den Akustiker weitergegeben werden. Zur Berechnung der Schallleistung solcher Systeme werden verschiedene Handbücher verwendet; diese sind nicht unbedingt vollständig und übereinstimmend. Dokumente wie VDI 2081 [6] [7], ASHRAE 2003 [8] und ARI 1998 [9] oder andere nationale Richtlinien können ebenfalls zur Bewertung der Luftschallübertragung durch Luftleitungen 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 Luftschall kann durch die Wand oder eine Öffnung (Lufteinlass oder -auslass) in eine Luftleitung eindringen und über eine gebäudetechnische Anlage in einen anderen Raum übertragen werden. Dieses Problem der Luftschallübertragung, das in EN ISO 12354-1 nicht berücksichtigt ist, wird in 6.2.3 behandelt.

6.2.2 Luftschallpegel der Quelle

6.2.2.1 Allgemeines

Zur 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 zusammengefasst sind.

6.2.2.2 Kanalöffnungen

Luftleitungsöffnungen (Lufteinlass- oder -auslasseinrichtungen) werden einem Schallleistungspegel $L_{W,r}$ eines nach [6] [7] [8] [9] oder anderen Dokumenten bewerteten Raums zugeordnet. Der zugehörige Schalldruckpegel in dem Raum, in dem sich diese Luftleitungsöffnung befindet, kann mit Gleichung (4) berechnet werden. Der Schallleistungspegel $L_{W,r}$ der Ausstattung im Raum ist eine Funktion der Schallleistung $L_{W,d}$ in der Luftleitung und der akustischen Eigenschaften des Elements, ausgedrückt durch die Einfügedämpfung oder den Übertragungsverlust nach Gleichung (11) und Gleichung (12):

$$L_{W,r} = L_{W,d} + D_i + D_{i,io} \quad (11)$$

oder

$$L_{W,r} = L_{W,d} + D_{t,io} \quad (12)$$

Dabei ist

- $L_{W,d}$ die in der Luftleitung bewertete Schallleistung, die von dem jeweils installierten System abhängt (siehe Anhang E) in Dezibel;
- $D_{i,io}$ die Einfügedämpfung, die für einen Luftdurchlass nach EN 13141-2 [10] bestimmt wird, in Dezibel;
- $D_{t,io}$ der Schallübertragungsverlust am offenen Ende des untersuchten Gegenstands, nach ISO 7235 [11] (siehe Anhang E), in Dezibel;
- D_i die Einfügedämpfung für einen Luftdurchlass, einen Schalldämpfer oder ein anderes Luftleitungselement, in Dezibel.

ANMERKUNG Der Übertragungsverlust für Volumendurchflussregler nach dieser Norm schließt gegebenenfalls den Übertragungsverlust für den Luftauslass ein. Der Übertragungsverlust für den Luftauslass hängt von der Position der Öffnung zu den reflektierenden Oberflächen davon ab, ob der Luftauslass in der Mitte des Raums, in einer Wand oder in der Nähe einer Ecke angeordnet ist (siehe Anhang E).

6.2.2.3 Schallübertragung durch die Luftleitungswand

Die Luftleitungswand kann auch Luftschall in den Raum abstrahlen; in diesem Fall kann der Schallleistungspegel der Schallquelle nach Gleichung (13) berechnet werden:

$$L_{W,r} = L_{W,d} + R_{io} + 10 \lg \left(\frac{S_k}{S} \right) \quad (13)$$

Dabei ist

- R_{io} das Schalldämm-Maß der Luftleitung für die Übertragung von der Innen- zur Außenseite, in Dezibel (siehe Anhang E);
- S_k die Fläche der Luftleitung, in Quadratmeter;
- S der Querschnitt der Luftleitung, in Quadratmeter.

Ein Schallschutzgehäuse kann um die Leitung herum angebracht werden; seine akustische Leistung wird als Einfügungsdämpfung D_W definiert, die dann von Gleichung (13) abgezogen werden kann.

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

6.2.3 Indirekte Luftschallübertragung durch das Luftleitungssystem

6.2.3.1 Allgemeines

Luftschall kann auch indirekt durch die Luftleitung 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 [10] verwendeten ähneln, indem die Norm-Pegeldifferenz $D_{n,e}$ der Anlage gemessen wird, die nach Gleichung (14) definiert ist:

$$D_{n,e} = L_{p1} - L_{p2} + 10 \lg \left(\frac{A_0}{A} \right) \quad (14)$$

Dabei ist

- L_{p1} der Schalldruckpegel im Schallemissionsraum, in dB;
- L_{p2} der Schalldruckpegel im Empfangsraum, in dB;
- A die äquivalente Bezugs-Absorptionsfläche des Empfangsraums, in Quadratmeter;
- $D_{n,e}$ die Norm-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 (Prognose der Luftschalldämmung zwischen Räumen), wobei $D_{n,e}$ die relevanten Eingangsdaten für die Prognose der indirekten Luftschallübertragung durch solche Anlagen liefert.

6.2.3.3 Berechnung

Unter Berücksichtigung der Luftleitungsanordnung können Eintritts- und Systemverluste (einschließlich des Verlusts durch Schallabstrahlung im Empfangsraum) bewertet und die entsprechende Norm-Pegeldifferenz $D_{n,e}$ berechnet werden. Die wichtigsten Eingangsparameter sind der in 6.2.2.2 und 6.2.2.3 angegebene Übertragungsverlust D_t der Luftleitungsöffnung (oder das Schalldämm-Maß R_{i0} der Wandung einer Luftleitung) im Empfangsraum und alle anderen Übertragungsverluste im gesamten System (siehe Anhang E). Der Eintrag wird als Schallleistung für die Schallrichtung von innen nach außen ausgedrückt, die wie in Anhang E angegeben berechnet wird.

6.3 Gebäudetechnische Anlagen mit interner Fluid- und Körperschallübertragungen

6.3.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt behandelt Systeme wie Wasserversorgungs-, Trinkwassererwärmungs- oder Abwasseranlagen unter Berücksichtigung von Fluid- und Körperschallübertragungen durch das System. Diese Systeme müssen so gehandhabt werden, dass lokale Schallquellen, z. B. Waschbecken oder Behälter bei Wasserversorgungsanlagen und WC-Becken bei Abwasseranlagen, vom eigentlichen Rohrleitungssystem (Armatur und Rohrleitung im Falle der Wasserversorgung) getrennt werden. Lokale Quellen z. B. WC-Becken können in Bezug auf den Körperschall mehrere separat zu betrachtende Quellen darstellen, wobei Abwasser und Trinkwasserzufuhr getrennt betrachtet werden müssen.

6.3.2 Wasserversorgungsanlagen

6.3.2.1 Allgemeines

Geräusche von Wasserversorgungssystemen umfassen den gesamten Schall, der von Armaturen, Pumpen usw. im Trinkwasserkreislauf erzeugt wird sowie den Schall, der durch den Durchfluss durch das Rohrleitungsnetz und durch das Befüllen von Badewannen, Spülbecken oder sonstigen Becken mit Wasser entsteht. Dazu gehört auch der Schall, der durch aufprallendes 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 (X) bedeutet „möglicherweise“		Erzeugung von			Übertragung zum Gebäude durch		
		Luftschall	Körperschall	Fluidschall	Direkte Montage	Montageelemente	Rohre
Armaturen und Hähne aller Art:							
	Entnahmeventile	—	X	X	X	X	X
	Schlauchventile	—	X	X	X	X	X
	Spülventile	—	X	X	X	X	X
Leistungsarmaturen:							
	— Absperrhahn	—	X	X	(X)	(X)	X
	— Eckventile	—	—	—	—	—	—
	— Rückflussverhinderer	—	—	—	—	—	—
	Drosselventile	—	X	X	X	X	X
	Druckminderventile	—	X	X	(X)	(X)	X
	— Regelelemente am Armaturenausgang	—	—	—	—	—	—