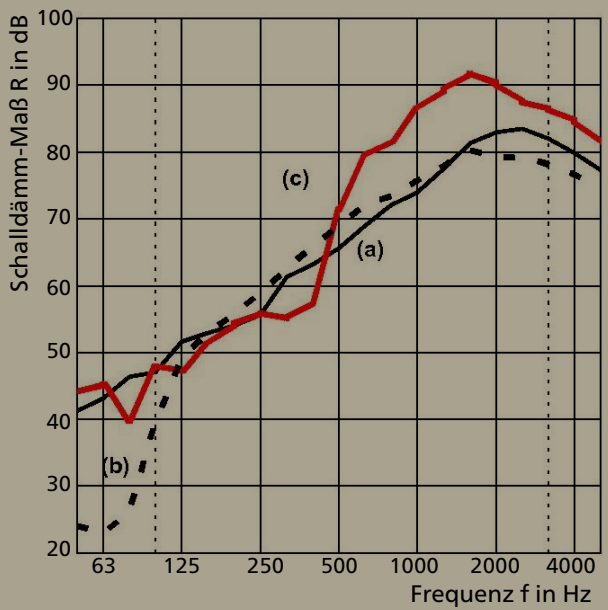
Schallschutz im Holzbau – Grundlagen und Vorbemessung



Inhalt

Seite 4 _**Impressum**
5 **1** _**Vorbemerkung**
6 **2** _**Grundlagen**
6 2.1 _Nachweis des Schallschutzes – Vorgehensweise
8 2.2 _Mindestanforderungen an den Schallschutz
10 2.3 _Berücksichtigung tiefer Frequenzen
13 2.4 _Zielwerte im Holzbau
16 2.5 _Technische Grundlagen der Bauakustik
16 2.5.1 _Massegesetz
18 2.5.2 _Koinzidenzfrequenz
20 2.5.3 _Platten-Eigenfrequenz
22 2.5.4 _Masse-Feder-Masse Resonanz
23 2.5.5 _Entkopplung
23 2.5.6 _Dämpfung / Schallabsorption

Seite 25 **3** _**Konstruktive Einflüsse auf die Schalldämmung**
25 3.1 _Wände
25 3.1.1 _Wandkonstruktionen
25 3.1.1.1 _Holztafelbauweise
29 3.1.1.2 _Massivholzkonstruktionen
31 3.1.2 _Außenwände
32 3.1.3 _Gebäudetrennwände
33 3.1.4 _Konstruktive Optimierung der Wände
33 3.1.4.1 _Anwendung für Außenwände
34 3.1.4.2 _Anwendung für Gebäudetrennwände
35 3.2 _Decken
36 3.2.1 _Deckenkonstruktionen
36 3.2.2 _Estrichaufbauten
38 3.2.3 _Rohdeckenbeschwerungen
39 3.2.4 _Schwingungstilger
39 3.2.5 _Tragstruktur und Dämmung im Balkenzwischenraum
40 3.2.6 _Unterdecken
41 3.2.7 _Gehbeläge
42 3.2.8 _Konstruktive Optimierung der Decken
42 3.2.8.1 _Einfluss von Estrichaufbauten
43 3.2.8.2 _Einfluss durch Rohdeckenbeschwerung
44 3.2.8.3 _Beispiele für Holzdecken mit verbesserter niederfrequenter Schalldämmung
45 3.3 _Steilddächer
45 3.3.1 _Dachkonstruktionen
46 3.3.1.1 _Steildächer mit Zwischensparrendämmung
47 3.3.1.2 _Steildächer mit Aufsparrendämmung
48 3.3.2 _Einfluss der Konstruktion auf die Transmissions-Schalldämmung von Steildächern
50 3.3.3 _Schalldämmung von Steildächern bei tiefen Frequenzen
52 3.4 _Flachdächer
52 3.4.1 _Dachkonstruktionen
52 3.4.2 _Unterdecke und raumseitige Bekleidung
53 3.4.3 _Dämmung
53 3.4.4 _Abdichtung, Dachdeckung und Gehbelag

Seite 55 **4** _**Bauakustische Vorbemessung von Holzbauteilen**
59 4.1 _Trenndecken
59 4.1.1 _Vorbemessungsbeispiel für Holzbalkendecken
64 4.1.2 _Vorbemessungsbeispiel für Massivholzdecken
66 4.1.3 _Konstruktive Einflüsse auf die Flankenübertragung
69 4.2 _Trennwände im Geschoßwohnbau
69 4.2.1 _Vorbemessungsbeispiel für Trennwände
78 4.2.2 _Flankenübertragung von Holztafelbauwänden und Holzbalkendecken
82 4.2.3 _Flankenübertragung von Massivholzelementen
85 4.3 _Trennwände für Doppel- und Reihenhäuser
86 4.3.1 _Vorbemessungsbeispiel für Doppel- und Reihenhaustrennwände
89 4.3.2 _Konstruktive Einflüsse auf die Flankenübertragung
92 4.3.3 _Treppen in Doppel- und Reihenhäusern
97 4.4 _Treppen in Geschoßwohnbauten
98 4.5 _Wohnungseingangstüren
100 4.6 _Laubengänge und Dachterrassen
101 4.7 _Balkone
103 4.8 _Haustechnik und Sanitärgegenstände
104 4.8.1 _Ver- und Entsorgungsleitungen im Gebäude
106 4.8.2 _Raumlufttechnische Anlagen
106 4.8.3 _Schornsteine und Schächte durch Wohnräume
106 4.8.4 _Aufzüge
110 4.9 _Außenbauteile
111 4.9.1 _Bauteile und Einbauten
112 4.9.2 _Besondere Lärmquellen (Wärmepumpen und Klimageräte)
114 4.9.3 _Vorbemessung für Außenlärm
116 4.9.4 _Vorbemessungsbeispiel

Seite 120 **5** _**HinweisefürdieBauüberwachung**
120 5.1 _Schallbrücken im Estrich
122 5.2 _Falsches Einbringen der Rohdeckenbeschwerung
123 5.3 _Offene Fugen zwischen Dachfläche und Trennwand
125 5.4 _Hoher Anpressdruck bei Aufdachdämmungen aus druckfesten Faserdämmstoffplatten
125 5.5 _Einbauküchen und Mobiliar

126 **6** _**Bauteilkatalog**
126 6.1 _Bauteilkatalog Decken
146 6.1.1 _Quellenverzeichnis Bauteilkatalog Decken
147 6.2 _Bauteilkatalog Flachdächer und Dachterrassen
154 6.2.1 _Quellenverzeichnis Bauteilkatalog Flachdächer und Dachterrassen
155 6.3 _Bauteilkatalog Wände
177 6.3.1 _Quellenverzeichnis Bauteilkatalog Wände

178 **7** _**Anhang A**
Verbale Beschreibung und Herleitung akustischer Anforderungswerte
178 **A1**
Verbale Beschreibung der Luftschalldämmung
182 **A2**
Herleitung von Anforderungen an den Trittschallpegel

186 **8** _**Literaturverzeichnis**

Impressum

Herausgeber:
Holzbau Deutschland-Institut e.V.
Kronenstraße 55-58
D-10117 Berlin
Tel. +49 (0) 30 20314 533
Fax +49 (0) 30 20314 566
www.institut-holzbau.de

Finanzierende Projektpartner
Bundesverband Deutscher Fertigbau e.V., Bad Honnef
Deutscher Holzfertigbau-Verband e.V., Ostfildern
Holzbau Deutschland – Bund Deutscher Zimmermeister im ZDB, Berlin und Landesverbände
Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V., Wuppertal

Gefördert durch:
Deutsche Bundesstiftung Umwelt e.V.

gefördert durch
DBU
Deutsche Bundesstiftung Umwelt
www.dbu.de

1. Auflage 2019
Erschienen: 03/2019
ISSN-Nr. 0466-2114
holzbau handbuch
Reihe 3: Bauphysik
Teil 3: Schallschutz
Folge 1: Schallschutz im Holzbau – Grundlagen und Vorbemessung
Die Wortmarke INFORMATIONSDIENST HOLZ ist Eigentum des Informationsverein Holz e.V.
www.informationsvereinholz.de

Autoren:
Dipl.-Wirtschaftsing. (FH) Adrian Blödt M.Sc., Ingenieurbüro Blödt &
Blödt Holzkomplettbau GmbH, Kohlberg
Prof. Dr.-Ing. Andreas Rabold, Rosenheim
RA Michael Halstenberg, Berlin

Bauteilkatalog:
Thomas Ecker, Anton Huber, Lukas Huissel, Sebastian Löffler, Michael Scheuerpflug, Technische Hochschule Rosenheim

Fachredaktion:
Dipl.-Ing. Arch. Arnim Seidel, Informationsverein Holz e.V., Düsseldorf
M.Eng. Florian Schmidt-Hieber, Dipl.-Ing. (FH) Johannes Niedermeyer, Holzbau Deutschland Institut e.V., Berlin

Begleitende Arbeitsgruppe:
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Bacher, ift Rosenheim GmbH
Dipl.-Ing. (FH) Jörg Hiller, Bauer Holzbau, Satteldorf-Gröningen
Dipl.-Ing. (FH) Martin Müller, Bundesverband Deutscher Fertigbau e.V., Bad Honnef
Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Schäfer, B.Eng. (FH) Micha Trefz, Deutscher Holzfertigbau-Verband e.V., Ostfildern
Prof. Dr. Ulrich Schanda, Technische Hochschule Rosenheim
Dipl.-Ing. (FH) Tim Sleik, Binderholz Bausysteme GmbH, A-Hallein
Dr.-Ing. Tobias Wiegand, Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V., Wuppertal

Bauteilprüfungen:
ift Rosenheim GmbH

Zeichnungen:
B.Eng. Max Köhnken, Holzbau Deutschland Institut e.V.

Gestaltung:
Schöne Aussichten, Düsseldorf
Oliver Iserloh, Volker Groß

Die technischen Informationen dieser Schrift entsprechen zum Zeitpunkt der Drucklegung den anerkannten Regeln der Technik. Eine Haftung für den Inhalt kann trotz sorgfältigster Bearbeitung und Korrektur nicht übernommen werden. Hinweise zu Änderungen, Ergänzungen und Errata unter: info@informationsdienst-holz.de

1 _ Vorbemerkung

Vor dem Hintergrund der sich fortwährend entwickelnden DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ mit den darin festgelegten Mindestanforderungen, dem neuen Prognoseverfahren und dem für den Holzbau wichtigen Teil 33 „Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Holz-, Leicht- und Trockenbau“ sahen die Herausgeber und Autoren es an der Zeit, mit der Informationsdienst Holz- Schrift „Schallschutz im Holzbau: Grundlagen und Vorbemessung“ einen ergänzenden Leitfaden für die Praxis im Holzbau zu entwickeln.

Die vorliegende Schrift wurde aufgrund langjähriger Erfahrungswerte aus der Praxis und Ergebnissen aus der Wissenschaft erstellt. Sie wurde durch die Zusammenarbeit aller wichtigen Holzbauverbände sowie durch eine Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt ermöglicht. Die Schrift bildet das Fundament einer Schriftenreihe zum Schallschutz im Holzbau. Weitere Schriften zur Nachweisführung von Bauteilen im Holzbau und zur schallschutztechnischen Altbausanierung sollen folgen.

Dem Leser bzw. Nutzer wird mit dieser Schrift neben den schallschutztechnischen Grundlagen die konkrete Beschreibung der konstruktiven Einflüsse, Hinweise für die Ausführung, orientierende Vorbemessungstabellen und einen ausführlichen Bauteilkatalog, der neben eigenen Bauteilprüfungen auch Ergebnisse aus begleitenden Forschungsprojekten zu Flachdächern und Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen berücksichtigt, geboten.

Ferner wurde erstmalig ein eigenes Schallschutzklassensystem im Holzbau für die vertragliche Vereinbarung mit Bauherren erstellt, das empfohlene Zielwerte für einen erhöhten und einen Komfortschallschutz enthält. Hierfür wurden u. a. die tiefen Frequenzbereiche beim Tritt- und Luftschall von Wohnungstrenndecken und Reihenhaustrennwänden über Spektrumanpassungswerte berücksichtigt. Eine Systeminnovation, die den Holzbau bei Auftraggebern und Bauherren noch vertrauenswürdiger macht und ihn unter den Bauweisen hervorhebt.

Mit der vorliegenden Schrift „Schallschutz im Holzbau: Grundlagen und Vorbemessung“ wurde ein aktueller Beitrag zur besseren Handhabung des Schallschutzes in der Planung und Ausführung von Holzbauten geleistet. Sie wird in regelmäßigen Abständen weiterentwickelt. Anregungen und Ideen hierzu können bei der Fachberatung Holzbau des Informationsdienst Holz eingereicht werden.

2 _ Grundlagen

Ist in dieser Schrift von Schallschutz die Rede, ist die schalldämmende Wirkung einzelner Bauteile und Komponenten in der Einbausituation, jedoch ohne raumakustische Einflüsse, gemeint.

2.1 _ Nachweis des Schallschutzes – Vorgehensweise

An den Schallschutz sind wie an alle anderen bautechnischen Bereiche bauordnungsrechtliche Mindestanforderungen gestellt. In DIN 4109-1:2018-01 „Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen" [1] sind die Mindeststandards für verschiedene Gebäudenutzungen definiert. Durch diese Norm ist die lange Zeit geltende Norm DIN 4109:1989-11 ersetzt worden, was auch Auswirkungen in Bezug auf die künftigen Vertragsinhalte hat, da die neue Norm dem Stand der Technik entspricht, während die frühere Schallschutznorm als technisch überholt galt. Grundsätzlich gilt es nunmehr zu klären, ob bauordnungsrechtliche Mindeststandards auch als zivilrechtlich bindendes Mindestmaß vereinbart werden können. Bei jedem Bauvorhaben ist zu prüfen, welche vertraglichen Vereinbarungen hinsichtlich des Schallschutzes konkret getroffen werden können oder getroffen werden müssen. Im Geschosswohnbau ist die Bandbreite der Nutzer naturgemäß sehr groß. Ein einheitliches Schallschutzniveau für alle Bauten wäre deshalb nicht sinnvoll. Für eine Komfortwohnung in bester Lage ist der Mindestschallschutz nicht das Maß der Dinge, hier dürfen Käufer mehr erwarten. Sehr häufig wird aber der Käufer- oder Nutzerwunsch hinsichtlich des Schallschutzes nicht ausreichend ergründet. In vielen Bau- und Kaufverträgen sind dann Klauseln zu finden wie „Schallschutz nach DIN 4109". Dieser Mindestschallschutz zum Schutz der Bewohner und zur Wahrung einer gewissen Mindestvertraulichkeit muss ohnehin immer eingehalten werden. Es kann aber je nach Nutzeranspruch weiterreichende Anforderungen geben. Dabei stellt sich die Frage, was ein Käufer aufgrund der vertraglichen Vereinbarungen erwarten darf. In diesem Kontext fällt auch immer wieder der Begriff der „Allgemein anerkannten Regeln der Technik". Dabei handelt es sich um Regeln, die wissenschaftlich bewiesen sind, sich in der Praxis bewährt haben und über die langzeitige Erfahrungen vorliegen. Somit sind Mindestwerte nicht zwingend mit allgemein anerkannten Regeln der Technik gleichzusetzen.

Für den Schallschutz im Geschosswohnbau hatte es sich in der Vergangenheit bewährt, zumindest in Teilbereichen über die Mindestanforderungen der DIN 4109-1 [1] hinaus zu gehen, da dies bei einer Vielzahl von Bauten ausgeführt wurde und in der Regel auch der Erwartungshaltung von Nutzern und Käufern entsprach. Entscheidend war dabei auch, dass nicht unbedingt die geplante Bauweise maßgebend war, sondern das von der Gesamtheit der Bauten gleichen Typs erreichte Niveau, das damit den Stand der allgemein anerkannten Regeln der Technik mit definiert. Um den Schallschutz mit einem Kunden im üblichen Geschosswohnbau rechtssicher zu vereinbaren, empfiehlt sich folgende Vorgehensweise:

Schritt 1	Ergründen des zu leistenden Schallschutzes eines Gebäudes mit dem Käufer/Nutzer oder Investor
Schritt 2	Vereinbarung von Zielwerten, bei denen Mindestwerte sicher eingehalten werden und die sich in der Höhe auch an vergleichbaren Bauten orientieren (siehe Abschnitt 2.4 Zielwerte im Holzbau)
Schritt 3	Beschreibung der Zielwerte in einer für Laien verständlichen Sprache (verbale Beschreibung)
Schritt 4	Auswahl von Bauteilen
Schritt 5	Prognose des Schallschutzes / Nachweis falls möglich
Schritt 6	Umsetzung und Überwachung der Baumaßnahme
Schritt 7	Messung nach der Ausführung

Im Ablaufdiagramm wird deutlich, dass man mit dem Auftraggeber die Zielwerte möglichst umfassend vereinbaren sollte, ggf. auch nach Wohneinheiten getrennt. Anhand von höchstrichterlichen Entscheidungen des BGH muss das Zielniveau in einer für Laien verständlichen Sprache beschrieben werden. Die Angabe von dB-Werten oder Normenverweisen sind für eine Vereinbarung mit dem Auftraggeber ungeeignet. Nach der Vereinbarung von Zielwerten ist also dem Käufer oder Auftraggeber zu vergegenwärtigen, was dieser in der Realität erwarten darf. Für die Beschreibung von Schalldämmmaßen sind Formulierungen wie „laute Sprache hörbar, aber nicht verstehbar" gebräuchlich. Auf die Herleitung der Beschreibungen und weitere Merkmale der Beschreibung wird auf Anhang A dieser Schrift verwiesen. Weitere Hilfestellungen können beispielsweise die Empfehlungen des Abschnitts 2.4 „Zielwerte für den Holzbau" darstellen. Bei diesen Zielwerten werden für die wichtigsten Trennbauteile die subjektiven akustischen Wahrnehmungen des Nutzers als Maßstab zugrunde gelegt. Dies erfordert die Berücksichtigung von Spektrumanpassungswerten. Es lässt sich somit zwischen den einzelnen Schallschutzniveaus eine gezielte Verbesserung des wahrgenommenen Schallschutzes erreichen. Wird vom Bauherrn ein erhöhter Schallschutz gewünscht, der das sonst übliche Niveau überschreitet, sollte eine Beratung und Beschreibung dieses „Schallschutzsolls" erfolgen und im Vertragswerk möglichst eindeutig

festgeschrieben werden. Hierbei sind auch die speziellen Eigenschaften jeder Bauweise zu berücksichtigen, um zu gewährleisten, dass die vereinbarten Zielwerte mit der geplanten Bauweise erreichbar sind. Hierfür ist eine schnelle bauakustische Vorbemessung sinnvoll, wie sie in Kapitel 4 vorgestellt wird.

Zusammenfassung:
Bevor im Schallschutz Prognosen vorgenommen werden sollten, ist der Zielwert möglichst präzise und ohne Interpretationsspielraum zu vereinbaren. Dazu gehört auch die sichere Einhaltung von Mindeststandards. Für eine rechtssichere Vereinbarung ist außerdem die Erläuterung der Zielwerte in einer für Laien verständlichen Sprache unumgänglich. Im Holzbau empfiehlt es sich die in Abschnitt 2.4 beschriebenen Zielwerte als Vereinbarungsgrundlage heranzuziehen. Außerdem ist auf „Versprechungen" zu verzichten, die aus Sicht des Bauherrn bzw. Nutzers vermuten lassen, dass ein höherer Schallschutz geschuldet ist (z. B. „Komfortwohnung, die höchsten Ansprüchen genügt"). Ein derartiges Marketing kann Auswirkungen auf das geschuldete technische Niveau haben, insbesondere wenn auch die Lage des Objekts und der aufgerufene Preis dies erwarten lassen.

2.2 _ Mindestanforderungen an den Schallschutz

Mindestanforderungen müssen – auch wenn sie nicht ausdrücklich vereinbart sind – immer eingehalten werden. Der bauordnungsrechtliche Mindeststandard gilt vom Unternehmer zumindest als stillschweigend zugesichert, denn der Bauherr darf ein Gebäude erwarten, das den bauordnungsrechtlichen Anforderungen genügt. Die DIN 4109-1 [1] legt hierfür die Werte fest. Im Anwendungsbereich der Norm ist folgendes zu lesen:

„Unter Zugrundelegung eines Grundgeräuschpegels von $L_{AF,eq}$ = 25 dB werden für schutzbedürftige Räume in z. B. Wohnungen, Wohnheimen, Hotels und Krankenhäusern folgende Schutzziele erreicht:
– Gesundheitsschutz,
– Vertraulichkeit bei normaler Sprechweise,
– Schutz vor unzumutbaren Belästigungen.

Es kann nicht erwartet werden, dass Geräusche von außen oder aus benachbarten Räumen nicht mehr, bzw. als nicht belästigend wahrgenommen werden, auch wenn die in dieser Norm festgelegten Anforderungen erfüllt werden.".

Es wird also deutlich, dass es sich bei derartigen Anforderungswerten um Mindestwerte handelt, die nicht uneingeschränkte Ruhe in den eigenen vier Wänden sicherstellen. Im bauordnungsrechtlichen Kontext werden an die folgenden Gebäudetypen bauakustische Anforderungen gestellt:
– Mehrfamilienwohnhäuser
– Bürogebäude
– Gemischt genutzte Gebäude
– Reihen- und Doppelhäuser
– Hotels und Beherbergungsstätten
– Krankenhäuser und Sanatorien
– Schulen und ähnliche Einrichtungen

Darüber hinaus muss für alle Gebäudetypen, die dem Aufenthalt von Menschen dienen, der Schutz gegen Außenlärm sichergestellt werden. In DIN 4109-1 [1] ist dem Schutz gegen Außenlärm ein eigener Abschnitt gewidmet. Für den Geschosswohnbau werden in Tabelle 1 auszugsweise die Mindestwerte für die wichtigsten Bauteile im Wohnungsbau dargestellt.

Für den Neubau von Gebäuden mit Deckenkonstruktionen nach DIN 4109-33 [1] (Holzdecken) gilt gemäß DIN 4109-1:2018

ein geringerer Mindestanforderungswert an den Trittschall. Dabei ist zu betonen, dass die Ausnahme zeitlich begrenzt ist. Hier wird beim Trittschall der Mindestwert nach oben geöffnet, dies dürfte wegen der Erläuterung in Abschnitt 2.1 für die Baupraxis in den wenigsten Fällen eine Erleichterung bedeuten. Die Aufzählung in Tabelle 1 ist nicht vollständig, zeigt aber für die wichtigsten Bauteile Trennwand und Trenndecke nicht unter- oder überschreitbare Mindestwerte auf. In Abschnitt 2.4 wird nochmals dargestellt, wie sich Mindeststandards verbal beschreiben lassen. In diesem Kontext sei nochmals darauf hingewiesen: Mindestwerte stellen das bauordnungsrechtliche Minium dar, um ein friedliches Miteinander und Gesundheitsschutz abzubilden. Das was üblicherweise mit einer Bauweise erreicht wird, kann bereits über diesem Mindestniveau liegen und wird damit der Maßstab dessen, was ein Bauherr oder Nutzer berechtigterweise erwarten darf. Auf keinen Fall darf das zu

Tabelle 1 | auszugsweise Mindestwerte für den Schallschutz aus DIN 4109-1 [1] für den Wohnbau

	1	2	3
	Bauteil / Übertragungsweg:	**DIN 4109-1:2018 Mindestwerte**	**Quelle in DIN 4109-1:2018**
Trennwände			
Geschosswohnbau			
1	Wohnungstrennwand	$R'_w \geq 53$ dB	Tabelle 2 Zeile 13, Spalte 3
Reihen- und Doppelhäuser			
2	Haustrennwände zu Aufenthaltsräumen im untersten Geschoss (erdberührt oder nicht) [2)]	$R'_w \geq 59$ dB	Tabelle 3 Zeile 4, Spalte 3
3	Haustrennwände zu Aufenthaltsräumen mit mindestens einem Geschoss darunter [2)]	$R'_w \geq 62$ dB	Tabelle 3 Zeile 5, Spalte 3
Trenndecken und horizontale Bauteile			
4	Wohnungstrenndecke Luftschall	$R'_w \geq 54$ dB	Tabelle 2 Zeile 2, Spalte 3
5	Wohnungstrenndecke Trittschallpegel	$L'_{n,w} \leq 50$ dB	Tabelle 2 Zeile 2, Spalte 4
6	Wohnungstrenndecke Trittschallpegel für Decken nach DIN 4109-33:2016	$L'_{n,w} \leq 53$ dB [1)]	Tabelle 2 Zeile 2, Spalte 4, Fußnote b
7	Dachterrassen und Loggien mit darunterliegenden Wohnräumen	$L'_{n,w} \leq 50$ dB	Tabelle 2, Zeile 7, Spalte 4
8	Balkone	$L'_{n,w} \leq 58$ dB	Tabelle 2, Zeile 8.1, Spalte 4
9	Treppenlauf und Treppenpodest	$L'_{n,w} \leq 53$ dB	Tabelle 2, Zeile 12, Spalte 4

[1)] Sonderregelung für Deckenkonstruktionen, die der DIN 4109-33:2016 zuzuordnen sind.
[2)] zur Erläuterung siehe auch Abschnitt 4.3.1

Aktuell ist nicht in allen Bundesländern die DIN 4109-1:2018, auf die sich Tabelle 1 bezieht, bauaufsichtlich eingeführt. Der Stand der Einführung ist sehr heterogen. Teilweise ist DIN 4109:1989 mit Änderung DIN 4109-1/A1:2001 eingeführt oder DIN 4109-1:2016 mit Änderung E DIN 4109-1/A1:2017-01. Dies ist für den Holzbau insbesondere wichtig, da der verminderte Trittschallanforderungswert für Decken nach DIN 4109-33:2016 aus Zeile 6 in Tabelle 1 in der Version DIN 4109-1:2018 und für Decken in Zweifamilienhäusern in der Version E DIN 4109-1/A1:2017-01 enthalten ist. Deshalb sind die Regelungen des jeweiligen Bundeslandes zu beachten. Es ist beabsichtigt, die DIN 4109-1:2018 in die neue Version der MVV TB 2019 aufzunehmen, womit im Laufe des Jahres 2019 zu rechnen ist. Der aktuelle Stand kann dem Dokument „Stand der Umsetzung der Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen (MLTB) und der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) in den Ländern" des DIBt entnommen werden.

bauende Niveau unter dem Mindeststandard liegen. Kritische Situationen können sich in der Planung ergeben, wenn dieser Mindeststandard, z. B. bei einer Sanierung, mit einer geplanten Ausführung nicht erreicht werden kann. In solchen Fällen empfiehlt es sich für Planer ggf. die Bauweise zu wechseln, um die Mindeststandards zu erreichen. Eine Unterschreitung ist bei einer grundlegenden Sanierung nicht in jedem Fall zulässig. In anderen Fällen wie Teilsanierungen ist eine genaue rechtliche Betrachtung erforderlich. Ggf. gilt hier das Niveau zum Zeitpunkt der Gebäudeentstehung. Aus diesen Gründen sollte dies vertraglich konkret geregelt werden.

Hinweis:
Werden die Zielwerte über dem Mindeststandard durch bestimmte Eigenschaften erreicht, wie z. B. die Masse oder Eigenschaften von Bodenbelägen, so empfiehlt sich dies im Vertragswerk als notwendig darzustellen. Die Einhaltung der Mindestanforderungen durch einfach austauschbare Schichten im Bauteilaufbau ist nicht zu empfehlen. Kommt es während der Nutzung zum Tausch dieser Schichten, ist sicherzustellen, dass der zum Bau gültige Mindestwert auch nach dem Tausch erreicht wird. Die Normenreihe DIN 4109 weist zudem ausdrücklich darauf hin, dass Mindestanforderungen ohne weichfedernde Bodenbeläge, z. B. Teppichböden, erreicht werden müssen.

Zusammenfassung:
Die Mindestanforderungen an den Schallschutz für verschiedene Gebäudetypen sind in DIN 4109-1 [1] dargestellt. Sie stellen sicher, dass durch Lärmbelästigung im Gebäude keine Menschen zu Schaden kommen und ein Mindestmaß an Vertraulichkeit erreicht wird.

Diese Standards kennzeichnen eine nicht unterschreitbare Mindestgrenze. Sie stellen aber nicht immer das erforderliche „Bausoll" dar, da dieses je nach Gebäudetyp in vielen Fällen über dem Mindeststandard liegen kann. Üblicherweise werden Anforderungen nur an schutzbedürftige Räume zwischen fremden Wohn- und Nutzungseinheiten gestellt (auch Zweifamilienhaus oder „EFH mit Einliegerwohnung"). Sollen Einfamilienhäuser eine bauakustische Würdigung erhalten, ist dies im Bauvertrag zu regeln. Für den Schutz gegen Außenlärm ist zu beachten, dass Mindestanforderungen auch an Einfamilienhäuser gestellt sind, ohne dass dies gesondert im Bauvertrag vereinbart ist.

2.3 _ Berücksichtigung tiefer Frequenzen

In der Baupraxis zeigen sich mit zunehmender Häufigkeit Beschwerden hinsichtlich tieffrequenter Schallübertragung im Inneren von Gebäuden und bei der Wahrnehmung von Verkehrslärm. Die Schalldämmung sinkt mit der Frequenz. Das bedeutet, alle in der Baupraxis üblichen Bauweisen zeigen einen erhöhten Schalldurchgang bei tiefen Frequenzen.

Gemeint sind typischerweise Frequenzen unter 100 Hz. Besonders hohes Störpotenzial haben dabei Trittschallübertragungen. Es kommt bei Anregung durch Laufen oder beispielsweise dem Spielen von Kindern auf den Trenndecken zu einer Anregung, welche wesentliche Anteile der Schallenergie unter den genannten 100 Hz überträgt. In Abb. 2.2 ist der unbewertete Laufpegel über der Frequenz schematisch aufgetragen. Der Kurvenverlauf verdeutlicht, dass ein Großteil der Schallenergie unter 100 Hz in den Empfangsraum übertragen wird. Hier liegen die Pegel teilweise 40 dB höher als bei den Frequenzen über 100 Hz.

Bei Frequenzen unter 100 Hz werden die Pegel von Nutzern als störend wahrgenommen, wenn keine entsprechende Berücksichtigung in der Bauweise von Trennbauteilen vorgenommen wird.

Die bauordnungsrechtlichen Nachweisverfahren zielen im Standardnachweisverfahren immer auf den einen Frequenzbereich von 100 Hz bis 3150 Hz beim Trittschall ab. So bleiben bei der Messung von Bauteilen die kritischen Frequenzbereiche unter 100 Hz unberücksichtigt, es entsteht ein „tauber Fleck".

In Abb. 2.2 ist der übliche Auswertebereich für den Trittschall rot hinterlegt. Dieser Bereich wird durch $L_{n,w}$ bzw. $L'_{n,w}$ charakterisiert. Legt man Bauteile nur anhand von $L_{n,w}$ bzw. $L'_{n,w}$ aus, überlässt man die kritischen Frequenzbereiche dem Zufall, da zwischen $L_{n,w}$ und dem tatsächlichem Störpotenzial kein Zusammenhang vorliegt. Um diesen „tauben Fleck" zu kompensieren, wurden Spektrumanpassungswerte eingeführt. Im Falle des Trittschalls ist als geeignetes Bewertungskriterium für die tatsächliche Störwirkung beim Nutzer der Spektrumanpassungswert $C_{I,50\text{-}2500}$ heranzuziehen (blauer Bereich in). Durch Addition auf $L_{n,w}$ findet somit eine Korrektur auf das Frequenzband von 50 Hz bis 2500 Hz statt und die kritischen Bereiche 50 Hz bis 100 Hz werden abgebildet. Holzbalken- und Massivholzdecken können mit bauüblichen Konstruktionsweisen im tiefen Frequenzbereich sehr gute Werte erreichen. Voraussetzung ist, dass der Spektrumanpassungswert $C_{I,50\text{-}2500}$ (Spektrumanpassungswert Impact für das Frequenzband von 50Hz – 2500 Hz) Eingang in die Betrachtung findet.

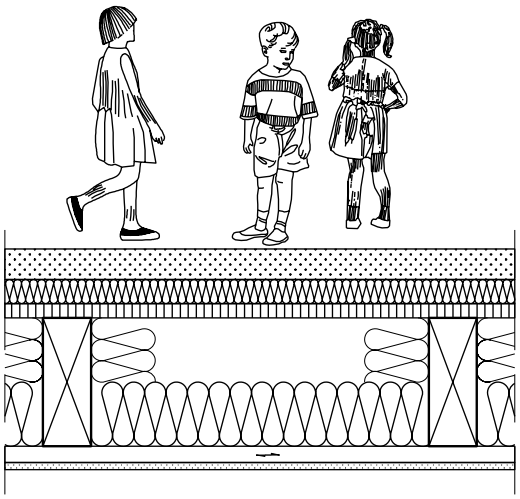


Abb. 2.1
Anregung tiefer Frequenzen beim Laufen

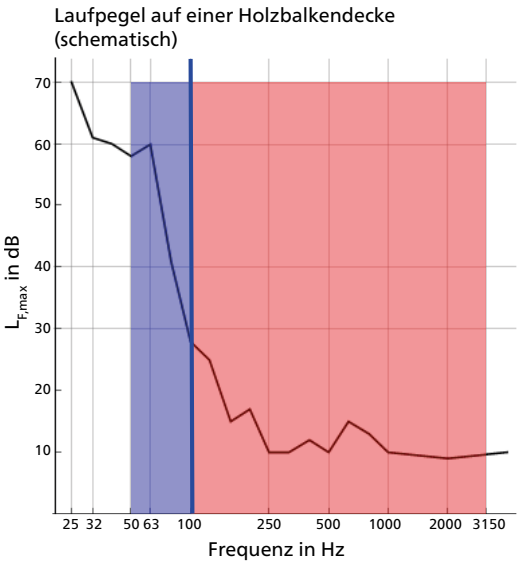


Abb. 2.2
Schematischer Verlauf des Laufpegels bei Deckenkonstruktionen aus Holz.

rot hinterlegt:
Mess- und Auswertebereich der Normtrittschallpegelmessung

blau hinterlegt:
Erweiterung auf 50 Hz für den Spektrumanpassungswert $C_{I,50\text{-}2500}$

blaue Linie:
Frequenzgrenze der „Norm"- Betrachtungsweise

Hinweis:
Häufig werden in Prüfzeugnissen oder Bauteilkatalogen die Werte C_I oder C ohne weitere Nennung des Frequenzbereiches angegeben. Hier ist Vorsicht geboten. Es muss sichergestellt sein, dass es sich um den Spektrumanpassungswert für das gewünschte Frequenzband handelt. Deshalb ist im Falle des Trittschalls auf den Index „I,50-2500" zu achten. Es gibt Spektrumanpassungswerte für viele Frequenzbänder und Anregungsarten, deshalb ist der vollständige Index zu betrachten. Für den Luftschallschutz ist die Analogie nicht ohne weiteres übertragbar. Hier zeigt sich, dass eine Übertragung im tiefen Frequenzbereich nicht das gleiche Störpotenzial aufweist wie beim Trittschall. Ausnahmen bilden Reihenhaustrennwände, die in Abschnitt 2.4 und 4.3 nochmals aufgegriffen werden, sowie Verkehrslärmgeräusche.

Zusammenfassung:
Wenn die tatsächliche beim Nutzer ankommende Störwirkung bei der Trittschallübertragung berücksichtigt werden soll, dann ist der Spektrumanpassungswert $C_{I,50\text{-}2500}$ ergänzend zum bewerteten Normtrittschallpegel $L_{n,w}$ heranzuziehen. Für die Holzbauweise sind diese in den Kapiteln 4 und 6, für die Konstruktionen angegeben, bei denen die Notwendigkeit der Berücksichtigung besteht. Die Anwendung des $C_{I,50\text{-}2500}$ ist im bauordnungsrechtlichen Nachweisverfahren bisher in Deutschland nicht verlangt. Wird dieser angewandt und mit den in 2.4 dargestellten Zielwerten eingehalten, ist damit für die Bewohner und das Gebäude ein erheblicher Zusatznutzen verbunden.

Spektrumanpassungswerte:

Grundsätzlich soll durch Spektrumanpassungswerte ein Bauteil hinsichtlich seiner schalldämmenden Wirkung gegen andere Geräuschquellen bewertet werden. Die Anregung bei der Messung durch rosa Rauschen oder das Normhammerwerk entspricht nicht über alle Frequenzen der realen Anregung durch Verkehrsgeräusche oder einer gehenden Person. Deshalb sind Korrekturen erforderlich, die Frequenzbereiche abbilden, welche in der Praxis die Störung hervorrufen.

Beschreibung		Frequenzbereich
Trittschall:		
C_I	I = Impact; Beschreibung der Berücksichtigung der Abweichung des Normhammerwerks vom Geher	100 Hz – 3150 Hz
$C_{I,50\text{-}2500}$	wie C_I, jedoch Einbeziehung der Frequenzen von 50 Hz bis 2500 Hz Zusammenhang zur Störwirkung durch Gehen psychoakustisch nachweisbar	50 Hz – 2500 Hz
Luftschall:		
$C_{50\text{-}5000}$	Abbildung von Wohngeräuschen; Wirksamkeit der Bauteile gegen wohnübliche Geräusche unter Berücksichtigung der tiefen Frequenzen	50 Hz – 5000 Hz
$C_{tr,50\text{-}5000}$	tr = Traffic; Anpassung der Schalldämmung an Verkehrsgeräusche; Beurteilung der Wirksamkeit eines Bauteils gegen Verkehrslärmgeräusche unter Berücksichtigung der tiefen Frequenzen.	50 Hz – 5000 Hz

2.4 _ Zielwerte im Holzbau

Für Nutzer und Planer ist es geboten, Zielwerte zu vereinbaren, die auf die Bauweise abgestimmt und mit üblichen Konstruktionen abzubilden sind. Deshalb werden im Folgenden Empfehlungen für Zielwerte gegeben, die diesen Vorgaben gerecht werden. Insbesondere wird der tieffrequenten Schallübertragung beim Trittschall Beachtung geschenkt. Die verstärkte tieffrequente Schallübertragung ist allerdings nicht nur eine Herausforderung des Holzbaus, sondern betrifft in der Bauakustik alle Bauweisen. Durch die Vielzahl der akustischen Parameter bei Holzbauteilen lassen sich wirksame Verbesserungsmaßnahmen leichter einbringen. Deshalb sind für Holzbauten, in Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber, gesonderte Zielwerte zu vereinbaren. In Tabelle 2 sind Empfehlungen für bauakustische Zielwerte hinterlegt, die sich in der Baupraxis umsetzen lassen.

Tabelle 2 | Normative Anforderung und Empfehlung für wichtige Zielwerte

		Schallschutzniveau		
1		2	3	4
	Bauteil / Übertragungsweg:	**BASIS ≙ DIN 4109-1:2018**	**BASIS +**	**KOMFORT**
1	Wohnungstrennwand	$R'_w \geq 53$ dB	$R'_w \geq 56$ dB	$R'_w \geq 59$ dB
2	Reihenhaustrennwand	$R'_w \geq 62$ dB	$R'_w \geq 62$ dB $R_w + C_{50\text{-}5000} \geq 62$ dB [1) 5)]	$R'_w \geq 67$ dB $R_w + C_{50\text{-}5000} \geq 65$ dB [1) 5)]
3	Wohnungstrenndecke	$R'_w \geq 54$ dB	$R'_w \geq 57$ dB	$R'_w \geq 60$ dB
4	Wohnungstrenndecke Trittschallpegel	$L'_{n,w} \leq 53$ dB [3)]	$L'_{n,w} \leq 50$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} \leq 50$ dB [2)]	$L'_{n,w} \leq 46$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} \leq 47$ dB [2)]
5	Dachterrassen und Loggien mit darunterliegenden Wohnräumen	$L'_{n,w} \leq 50$ dB	$L'_{n,w} \leq 50$ dB	$L'_{n,w} \leq 46$ dB
6	Decken unter Laubengängen (in alle Schallausbreitungsrichtungen)	$L'_{n,w} \leq 53$ dB	$L'_{n,w} \leq 50$ dB	$L'_{n,w} \leq 46$ dB
7	Treppenlauf und Treppenpodest	$L'_{n,w} \leq 53$ dB	$L'_{n,w} \leq 50$ dB	$L'_{n,w} \leq 46$ dB
8	Außenlärm nach Lärmpegelbereich und Anforderungen der DIN 4109			Anforderungen nach DIN 4109 inkl. Berücksichtigung $c_{tr,50\text{-}5000}$ für das opake Bauteil [4)]
9	Weitere Bauteile	nach DIN 4109-1:2018	nach DIN 4109-1:2018	nach DIN 4109-5:2019 [6)]

[1)] ergänzender Luftschallanforderungswert nur ans Bauteil ohne Flanken
[2)] ergänzender Trittschallanforderungswert nur ans Bauteil ohne Flanken
[3)] Sonderregelung für Deckenkonstruktionen, die der DIN 4109-33:2016 zuzuordnen sind, ansonsten $L'_{n,w} \leq 50$ dB
[4)] Für Fensterflächenanteile über 30% gesonderte Betrachtung, reine Bauteilanforderung
[5)] Anforderung an die Doppelschalenwand, beide Wände
[6)] nach jeweils gültiger Fassung oder E-DIN 4109-5:2018

Die einzelnen Stufen lassen sich wie folgt beschreiben:

Niveau: BASIS
Wird das Niveau BASIS vereinbart, so sind die in Abschnitt 2.2 dargestellten bauordnungsrechtlichen Mindestwerte eingehalten. Für eine wirksame Vereinbarung muss jedoch deutlich kommuniziert und dokumentiert werden, dass hier nur der Mindestschallschutz sichergestellt ist.

Diese Stufe liegt in vielen Bereichen unter dem, was durch übliche Konstruktionen erreichbar ist, und kann nur dann vereinbart werden, wenn dem Käufer, Nutzer oder Investor klar verständlich gemacht wird, dass hier nur Mindestwerte erbracht werden und was diese bedeuten (verbale Beschreibung des Niveaus).

Niveau: BASIS+:
Bei Anwendung dieser Klasse liegt das Schutzniveau über den genannten Mindestanforderungen der Stufe BASIS. Bei Einhaltung dieser Werte kann von einem mittleren Standard ausgegangen werden. Die Berücksichtigung tiefer Frequenzen beim Trittschall durch den $C_{I,50\text{-}2500}$ führt zu einer spürbaren Verbesserung des akustischen Niveaus. Diese Klasse sollte angewandt werden, wenn keine besonderen Vereinbarungen getroffen und ein übliches Niveau erreicht werden soll.

Diese Klasse wird durch kosteneffiziente Konstruktionen erreicht. Die Berücksichtigung der Spektrumanpassungswerte führt zu einer gehörrichtigen Bewertung der üblichen Störpotenziale.

Verbale Beschreibung der Klasse BASIS:

Laute Sprache:	verstehbar
Sprache in angehobener Sprechweise:	im Allgemeinen verstehbar
Sprache in normaler Sprechweise:	im Allgemeinen nicht verstehbar, noch hörbar
Gehgeräusche:	im Allgemeinen störend

Verbale Beschreibung der Klasse BASIS+:

Laute Sprache:	im Allgemeinen verstehbar
Sprache in angehobener Sprechweise:	im Allgemeinen nicht verstehbar
Sprache in normaler Sprechweise:	nicht verstehbar
Gehgeräusche:	nicht mehr störend [1)]

[1)] Dies wird durch die Berücksichtigung des $C_{I,50\text{-}2500}$ erreicht

Niveau KOMFORT:

In dieser Klasse darf von erhöhtem Schallschutz ausgegangen werden. Darüber hinaus finden für den Trittschall und die Schallübertragung bei Reihen- und Doppelhäusern die Spektrumanpassungswerte für tiefe Frequenzen eine stärkere Würdigung als bei der Klasse BASIS+. Im Gegensatz zum bauaufsichtlich eingeführten Verfahren sind die Spektrumanpassungswerte nur auf das Bauteil ohne weitere Flankenbetrachtungen anzuwenden. Gegenüber der Klasse BASIS und BASIS+ ist mit einer weiteren, deutlich wahrnehmbaren Verbesserung zu rechnen.

Die Klasse KOMFORT lässt sich durch optimierte und frequenzgerecht abgestimmte Bauteile erreichen. Es ist aber auch mit höheren Baukosten zu rechnen. Diese erbringen dafür einen deutlich erhöhten akustischen Komfort.

Verbale Beschreibung der Klasse KOMFORT:

Laute Sprache:	im Allgemeinen nicht verstehbar
Sprache in angehobener Sprechweise:	nicht verstehbar
Sprache in normaler Sprechweise:	nicht hörbar
Gehgeräusche:	nicht störend bzw. kaum wahrnehmbar [1)]

[1)] Dies wird durch die Berücksichtigung des $C_{I,50\text{-}2500}$ erreicht. Es ist davon auszugehen, dass der A-bewertete Pegel unter 33 dB(A) liegt und damit nur noch selten wahrgenommen wird.

Besondere Vereinbarung:

Die dargestellten Klassen müssen nicht zwangsweise als Ganzes, sondern können auch für einzelne Wohnungen oder Gebäudeteile vereinbart werden. Hier wäre beispielsweise das Penthouse in der Klasse KOMFORT abzubilden und das Gesamtgebäude in BASIS+. Gleiches gilt für einzelne Bauteile. Es können aus den Klassen BASIS+ und KOMFORT die einzelnen Bauteile individuell mit den Anforderungen belegt werden, wenn diese über dem Niveau BASIS liegen. Allerdings ist dann auch die verbale Beschreibung „bauteilweise" anzupassen. Für die Praxis empfiehlt es sich, die Klassen als Ganzes zu vereinbaren und zu beschreiben.

Hinweis für andere Bauweisen:

Da es sich bei der verstärkten tieffrequenten Schallübertragung um ein grundsätzliches physikalisches Phänomen handelt, ist die Anwendung dieser Klassen nicht auf den Holzbau beschränkt. Es ist hier klar zu betonen, dass diese niveaugebenden Vereinbarungen für alle Bauweisen (auch Mischbauweisen) anwendbar sind.

Zusammenfassung:

Für die wichtigsten Bauteile können Anforderungswerte für den Holzbau als Zielwerte vereinbart werden. Die beschriebenen Klassen lassen sich mit akustisch optimierten Bauweisen im Holzbau kosteneffizient umsetzen. Durch die besondere Beachtung der tieffrequenten Übertragung, insbesondere beim Trittschall, lässt sich eine für den Nutzer spürbare Verbesserung beim Schallschutz realisieren.

Die Nachweisführung und Umsetzung werden in den Kapiteln 4 und 6 dargestellt. Zu beachten ist, dass für alle drei Stufen die bauaufsichtlich eingeführten Nachweisverfahren der DIN 4109-2:2018 [1] anwendbar sind.

2.5 _ Technische Grundlagen der Bauakustik

Die Grundlagen der Bauakustik bieten ein Verständnis der schalltechnischen Übertragungsmechanismen. Für einschalige, flächige Bauteile lassen sich diese auf den Einfluss der flächenbezogenen Masse (Massegesetz) und der Biegesteifigkeit (Biegewellenresonanz bzw. Koinzidenzfrequenz und Platteneigenfrequenzen) des Bauteils zusammenfassen. Für mehrschalige Bauteile sind zusätzlich die Resonanzen zwischen den einzelnen Schalen (Masse-Feder-Masse Resonanzen) relevant. Diese können beispielsweise als Doppelwand-, Estrich- oder Unterdeckenresonanz auftreten. Ihre Auswirkung auf die Schalldämmung hängt maßgeblich von der Dämpfung im Bereich der Resonanzfrequenz ab, die sich durch geeignete Dämmstoffe zwischen den Bauteilschichten erhöhen lässt. Der Dämmstoff reduziert die Schallübertragung auch durch seine Schallabsorption, die häufig über den längenbezogenen Strömungswiderstand des Dämmstoffes charakterisiert wird. Die Übertragung ist auch von der Art der Schallanregung, das heißt der Luftschall- oder Körperschall- bzw. Trittschallanregung, abhängig.

Nachfolgend werden diese Größen durch Beispiele aus dem Holzbau kurz eingeführt, um eine Beurteilung der konstruktiven Einflüsse auf die Schalldämmung von Bauteilen zu ermöglichen, wie sie in Kapitel 3 erfolgt. Hierbei beschränken sich die Erläuterungen zugunsten der Übersichtlichkeit auf die praxisrelevanten Aspekte. Für weiterführende bauakustische Erläuterungen siehe zum Beispiel [2],[3].

2.5.1 _ Massegesetz

Der Widerstand (die Impedanz) eines Bauteils gegenüber der Anregung durch eine Schallwechseldruckwelle steigt mit zunehmender Bauteilmasse (Massenträgheit) an. Für biegeweiche, einschalige Bauteile lässt sich daraus ein Zusammenhang zwischen dem Schalldämm-Maß R und der flächenbezogenen Masse m' herleiten, wie dies erstmalig durch Berger [4] erfolgte.

$$R \approx 20\ lg\ (f\,m') - 47\ dB \qquad (1)$$

f … Frequenz in Hz

m' … flächenbezogene Masse in kg/m²

Dieses sogenannte Bergersche-Massegesetz lässt sich sowohl in Abhängigkeit der Frequenz f darstellen, als auch für das bewertete Schalldämm-Maß R_w als Einzahlwert. Hierzu dient ein Massediagramm (siehe Abb. 2.3), das empirisch aus Messdaten unterschiedlicher Materialien und Platten- bzw. Bauteildicken gewonnen wurde [2].

Bei der Bestimmung des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w anhand der flächenbezogenen Masse m' wird zwischen den unterschiedlichen Werkstoffen – Beton, Mauerwerk, Glas sowie Holz- und Holzwerkstoffen oder Blechen – unterschieden. Während biegeweiche Platten wie dünne Bleche oder Gummiplatten bei Verdopplung von m' eine Erhöhung des R_w um 6 dB aufzeigen, bildet sich bei biegesteiferen Platten ein Plateau aus, auf dem die Schalldämmung auch bei zunehmender Masse kaum ansteigt. Dies liegt daran, dass mit

zunehmender Plattendicke neben der flächenbezogenen Masse auch die Biegesteifigkeit der Platte zunimmt und sich begrenzend auf die Schalldämmung auswirkt. Neben der Masse des Bauteils ist bei bauüblichen Plattenmaterialien somit auch der Einfluss der Biegesteifigkeit zu berücksichtigen.

Die Prognose des bewerteten Schalldämm-Maßes anhand einer Massekurve hat für Massivbauteile (Mauerwerk, Beton) Eingang in das Nachweisverfahren der DIN 4109 [1] gefunden. Dort wird der Zusammenhang für flächenbezogene Massen oberhalb des Plateaubereichs genutzt (siehe Abb. 2.3, e). Im Gegensatz zur ursprünglichen Massekurve (siehe Abb. 2.3, b) wurden diese Daten im Prüfstand ohne Nebenwege ermittelt und auf die zu erwartende Körperschallnachhallzeit in der Bausituation umgerechnet.

Die Massenabhängigkeit lässt sich auch für die Trittschallübertragung einschaliger Massivdecken zeigen und wird in DIN 4109 für den Trittschallnachweis von Stahlbetondecken verwendet.

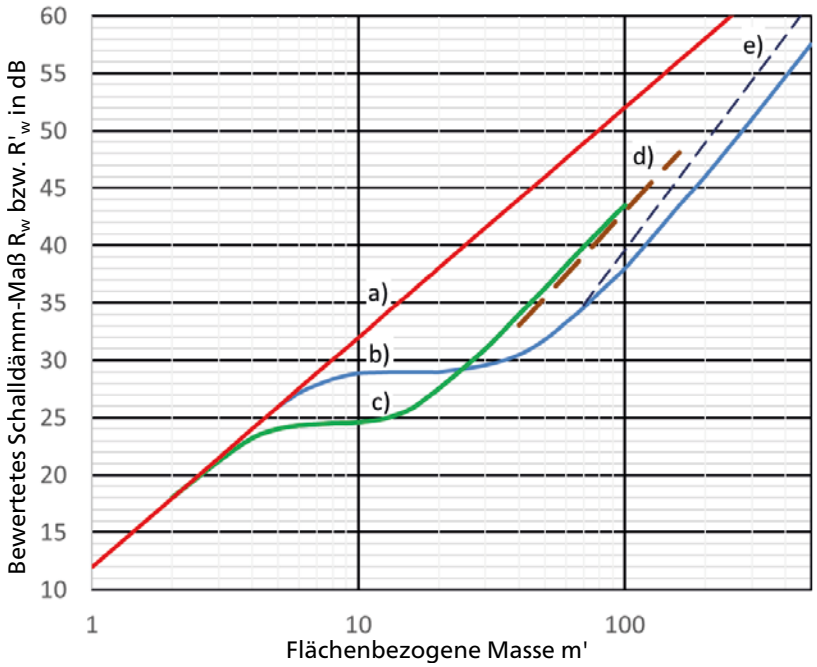


Abb. 2.3
Bewertetes Schalldämm-Maß einschaliger Bauteile in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse *m'*

a) ideal biegeweiche Bauteile nach [2],[4]
b) Gips, Beton, Mauerziegel, R'_w nach [2]
c) Holzwerkstoffplatten, R'_w nach [2]
d) Massivholzelemente, R_w nach [7],[5]
e) Beton, Kalksandstein, Mauerziegel, R_w nachhallzeitkorrigiert nach [1]

2.5.2 _ Koinzidenzfrequenz

Bauteile und Plattenmaterialien bilden bei Anregung durch Schallwechseldruckwellen wegen ihrer Biegesteifigkeit Biegeschwingungen bzw. Biegewellen in Plattenebene aus, deren Wellenlänge λ_B ebenso wie die der Luftschallwelle λ_L frequenzabhängig ist. Bei diesen Biegewellen wird unterschieden zwischen der erzwungenen Biegewelle, deren Wellenlänge der „aufgeprägten" Luftschallwelle entspricht, und der freien Biegewelle, deren Wellenlänge aus der Biegesteifigkeit der Platte resultiert. Die Schalleinleitung bzw. -abstrahlung bei einschaligen Bauteilen ist besonders groß, wenn die (projizierte) Wellenlänge des Luftschalls λ_L mit der Wellenlänge einer freien Biegewelle λ_B übereinstimmt (siehe Abb. 2.4). Die Schalldämmung des Bauteils ist im Bereich dieser Koinzidenzfrequenz entsprechend gering, der frequenzabhängige Verlauf zeigt einen deutlichen Einbruch (siehe Abb. 2.6).

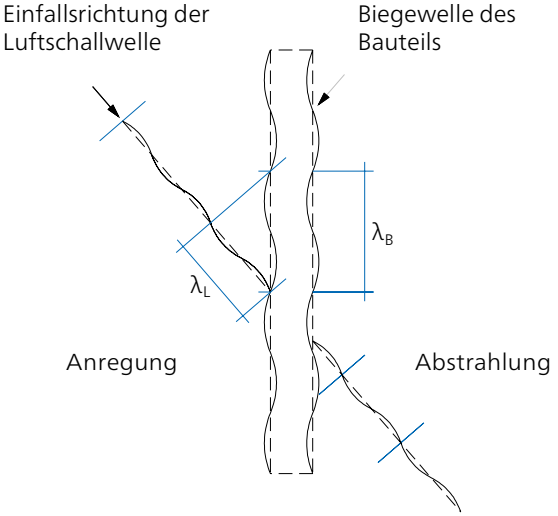


Abb. 2.4
Anregung und Abstrahlung von Biegewellen

Die Koinzidenzbedingung ist erfüllt für alle Frequenzen, die größer sind als die Koinzidenzgrenzfrequenz f_c, die nach Gleichung (2) für den streifenden Schalleinfall berechnet werden kann.

$$f_c = \frac{c_0^2}{2\pi}\sqrt{\frac{m'}{B'}} \quad mit: \quad B' = E\,\frac{t^3}{12\left(1-\mu^2\right)} \tag{2}$$

c_0 … Schallgeschwindigkeit (343 m/s bei 20 °C)

m' … flächenbezogene Masse in kg/m²

B' … Biegesteifigkeit in N m

E … Elastizitätsmodul in N/m²

t … Plattendicke in m

μ … Querkontraktionszahl

Durch Zusammenfassen der Materialparameter in eine Materialkonstante K lässt sich (2) stark vereinfachen zu:

$$f_c = \frac{K}{t} \tag{3}$$

K … Materialkonstante nach Tabelle 3 in Hz m

t … Plattendicke in m

Tabelle 3 | Koinzidenzfaktor *K* und Koinzidenzfrequenzen f_c einiger Materialien im Holzbau [10], ergänzt [6], [11]

Baustoff	***K* in Hz m**	***Dicke t***	***Koinzidenzfrequenz f_c***
Gipskartonplatten	30 (25 – 35)	12,5 mm	2500 Hz[1)]
		15 mm	2000 Hz[1)]
		18 mm	1600 Hz[1)]
		25 mm	1250 Hz[1)]
Gipsfaserplatten	35 (32 – 38)	10 mm	3150 Hz[1)]
		15 mm	2500 Hz[1)]
		18 mm	2000 Hz
Spanplatten	30 (23 – 36)	10 mm	3150 Hz[1)]
		19 mm	1600 Hz[1)]
OSB-Platten	25 (20 – 30)	12 mm	2000 Hz[1)]
		15 mm	1600 Hz[1)]
Zementestrich	16 – 17	50 mm	315 – 400 Hz
Stahlbeton	16 – 17	160 mm	100 – 125 Hz
Ziegel	16 – 17	115 mm	200 – 315 Hz

[1)] Messwert des Koinzidenzeinbruchs (Terzband) [6], [11]

2.5.3 _ Platten-Eigenfrequenz

Bei endlichen Bauteilabmessungen überlagern sich die am Bauteilrand reflektierten Biegewellen zu stehenden Wellen, die als Eigenmoden und die dazugehörigen Frequenzen als Eigenfrequenzen des Bauteils bezeichnet werden. Die Eigenfrequenzen einer Platte oder eines einschaligen Bauteils mit gelenkig gelagertem Plattenrand können nach Gleichung (4) aus der Biegesteifigkeit B' der flächenbezogenen Masse m' und den Abmessungen l_x und l_y berechnet werden. Die Ordnungszahlen n_x und n_y geben die Anzahl der Eigenmoden-Maxima in x- und y-Richtung an.

Ist die Koinzidenzfrequenz f_c bekannt, kann die vereinfachte Form nach Gleichung (5) verwendet werden. Für Wandbeplankungen, die auf den Ständern mechanisch befestigt sind, liegt die zu erwartende Eigenfrequenz zwischen der Berechnung für gelenkig gelagerte Platten und für eingespannte Ränder nach Gleichung (6).

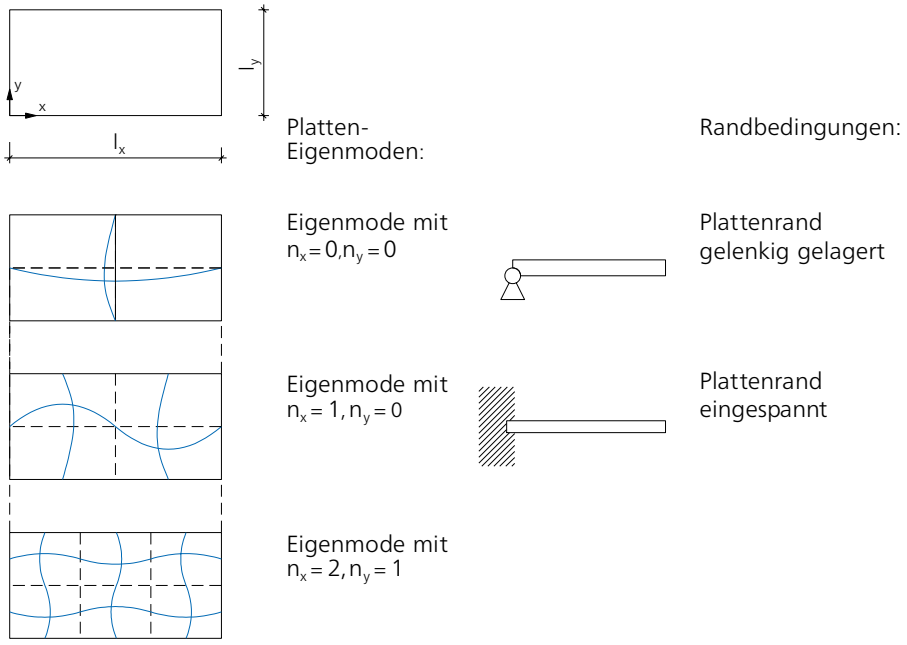


Abb. 2.5
Platten-Eigenmoden und Randbedingung

$$f_{n_x,n_y} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{B'}{m'}}\left(\left(\frac{n_x+1}{l_x}\right)^2+\left(\frac{n_y+1}{l_y}\right)^2\right) \quad mit: \quad B' = E\,\frac{t^3}{12\left(1-\mu^2\right)} \tag{4}$$

gelenkig gelagert:

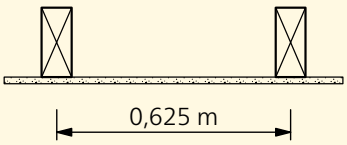
$$f_{0,0} = \frac{c_0^2}{4\,f_c}\left(\left(\frac{1}{l_x}\right)^2+\left(\frac{1}{l_y}\right)^2\right) \tag{5}$$

eingespannt:

$$f_{0,0} = \frac{c_0^2}{4 l_x^2\, f_c}\sqrt{5{,}14+3{,}13\left(\frac{l_x}{l_y}\right)^2+5{,}14\left(\frac{l_x}{l_y}\right)^4} \tag{6}$$

c_0 ... Schallgeschwindigkeit (343 m/s bei 20 °C)
f_c ... Koinzidenzfrequenz nach (2)
m' ... flächenbezogene Masse in kg/m²
$n_x n_y$ ... Ordnungszahl n = 0,1,2,3
$l_x l_y$ ... Plattenabmessungen in m ($l_x > l_y$)
B' ... Biegesteifigkeit in N m
E ... Elastizitätsmodul in N/m²
t ... Plattendicke in m
μ ... Querkontraktionszahl

Anwendungsbeispiel: Einschaliges Bauteil



Konstruktion:
Wandbeplankung verschraubt auf Holzständer,
Achsabstand e = 0,625 m

Beplankungsmaterial:
10 mm Gipsfaserplatte, $m' = 12\ kg/m^2$

Abmessungen: 2,65 m x 0,625 m

Schalldämm-Maß:
$R_w \approx 30$ dB (nach Abb. 2.3 für $m' = 12\ kg/m^2$)
$R_w \approx 32$ dB (Messergebnis, Abb. 2.6)

Koinzidenzfrequenz:

$$f_c = \frac{K}{t} = \frac{35\ Hz\ m}{0{,}010\ m} = 3500\ Hz$$

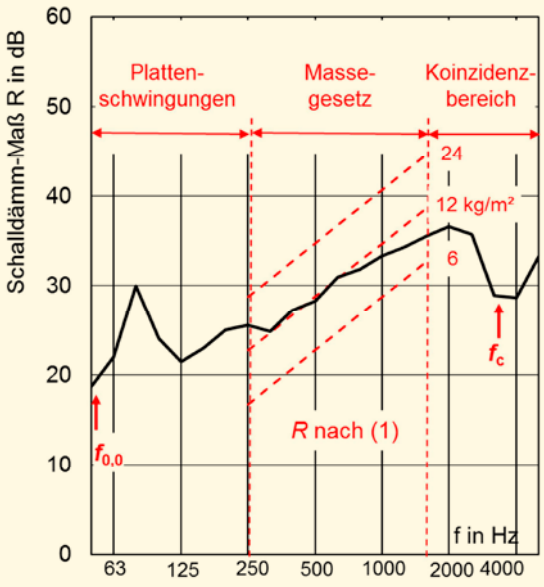


Abb. 2.6
Mess- und Prognoseergebnisse

1. Platteneigenfrequenz (Plattenränder eingespannt):

$$f_{0,0} = \frac{c_0^2}{4 l_x^2 f_c} \sqrt{5{,}14 + 3{,}13 \left(\frac{l_x}{l_y}\right)^2 + 5{,}14 \left(\frac{l_x}{l_y}\right)^4}$$

$$f_{0,0} = \frac{\left(343 \frac{m}{s}\right)^2}{4\,(2{,}65\,m)^2\, 3500\ Hz} \sqrt{5{,}14 + 3{,}13 \left(\frac{2{,}65\,m}{0{,}625\,m}\right)^2 + 5{,}14 \left(\frac{2{,}65\,m}{0{,}625\,m}\right)^4} = 50\ Hz$$

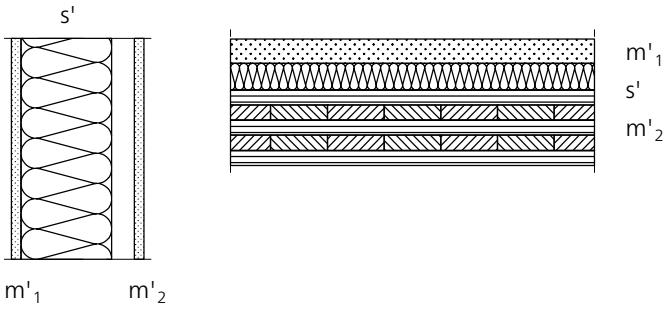
Schalldämmung des einschaligen Bauteils (Zusammenfassung):

- Im unteren Frequenzbereich wird die Schalldämmung des Bauteils durch die Lage der Platten-Eigenfrequenzen mit ihren jeweiligen Einbrüchen in der Schalldämmung bestimmt.
- Oberhalb dieses Bereichs zeigt sich das Bergersche Massegesetz nach Gleichung (1) mit einer frequenzabhängigen Steigung der Schalldämmung von ca. 6 dB pro Oktave. Durch eine Verdopplung der flächenbezogenen Masse wird der Kurvenverlauf um 6 dB parallel verschoben.
- Die Lage des Koinzidenzbereichs hängt von der Biegesteifigkeit des Bauteils ab. Bei biegeweichen Platten (wie im dargestellten Beispiel) liegt die Koinzidenzfrequenz im oberen Frequenzbereich und beeinflusst die Schalldämmung umso weniger je geringer die Biegesteifigkeit ist. Der Idealfall ist erreicht, wenn der Einbruch komplett oberhalb des Messbereichs liegt. Bei Beplankungen ist deshalb eine mehrlagige Ausführung mit (biegeweichen) dünnen Platten günstiger als die einlagige Ausführung mit einer entsprechend dickeren Platte.
  Bei biegesteifen Bauteilen ist es hingegen günstiger die Koinzidenzfrequenz zu möglichst tiefen Frequenzen zu verschieben. Liegt die Koinzidenzfrequenz zwischen diesen beiden Idealfällen, ergibt eine Massenerhöhung durch dickere Bauteile nur eine geringe Verbesserung der Schalldämmung (Plateaubereich in Abb. 2.3).

2.5.4 _ Masse-Feder-Masse Resonanz

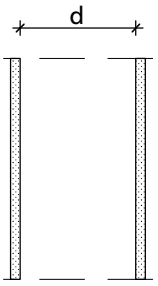
Wie die vorausgegangenen Abschnitte zeigen, lässt sich die Schalldämmung einschaliger Bauteile primär durch die Erhöhung der flächenbezogenen Masse verbessern. Einschalige Trennbauteile mit hoher flächenbezogener Masse wiedersprechen jedoch dem Vorfertigungsansatz des zeitgemäßen Holz- und Leichtbaus. Deutlich höhere Schalldämmungen bei geringen Massen lassen sich aber auch mit mehrschaligen Aufbauten erreichen, deren Bauteilschichten durch weichfedernde Zwischenschichten entkoppelt sind. Das schalltechnische Verhalten eines zweischaligen Aufbaus lässt sich mit dem Masse-Feder-Masse System nach Wintergerst [8] beschreiben. Zwei Schalen mit den flächenbezogenen Massen m'_1 und m'_2 sind über eine Feder mit einer dynamischen Steifigkeit s' miteinander gekoppelt. Durch Luft- oder Trittschallanregung wird das Masse-Feder-Masse System zu Schwingungen angeregt, die bei der Resonanzfrequenz f_0 besonders groß sind (entsprechend klein ist dort die Schalldämmung). Oberhalb der Resonanzfrequenz f_0 wird eine deutliche Verbesserung gegenüber dem gleichschweren, einschaligen Bauteil erzielt. Das heißt, je kleiner f_0 ist, desto größer ist die Verbesserung der Schalldämmung. Resonanzfrequenzen $f_0 > 100$ Hz sind möglichst zu vermeiden. Gute Verbesserungen werden für $f_0 < 50$ Hz erreicht. Die Feder kann durch druckfeste Dämmplatten ausgebildet werden (Trittschalldämmplatten oder Wärmedämmverbundsysteme). Die dynamische Steifigkeit s' dieser Platten wird als Materialkennwert vom Hersteller angegeben. Aber auch eine zwischen den Bauteilschichten eingeschlossene Luftschicht, die durch die schwingenden Platten komprimiert wird, hat Federeigenschaften, deren dynamische Steifigkeit über die Luftschichtdicke d beschreibbar ist.

Abb. 2.7
Zweischaliger Aufbau als Masse-Feder-Masse System.
Links: zweischalige Wandkonstuktion,
Rechts: Massivholzdecke mit schwimmendem Estrich,
Unten: Berechnung der Masse-Feder-Masse Resonanz f_0 nach [8]



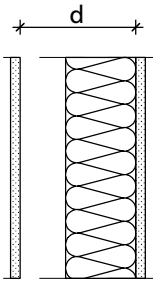
$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{s'\left(\frac{1}{m'_1}+\frac{1}{m'_2}\right)}$$

Dynamische Steifigkeit s' der Zwischenschicht



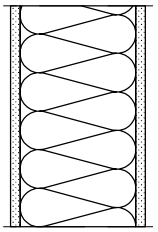
$$s' \approx \frac{0{,}14\ MN/m^2}{d}$$

Luft im Hohlraum



$$s' \approx \frac{0{,}08\ldots0{,}11\ MN/m^2}{d}$$

Luft + Teildämmumg



s' Materialwert nach Herstellerangabe

Druckfeste Dämmung

Wird die weichfedernde Zwischenschicht als druckfeste Dämmplatte ausgeführt, erfolgt die Berechnung nach Gleichung (7) mit der dynamischen Steifigkeit s' in MN/m³.

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad (7)$$

Wird die weichfedernde Zwischenschicht als ruhende Luftschicht ausgeführt, wird deren Steifigkeit in Abhängigkeit der Luftschichtdicke d eingesetzt. Gleichung (8) setzt nach DIN 4109 eine Teildämmung mit einem porösen Dämmstoff (5 kPa s/m² ≤ r ≤ 50 kPa s/m²) voraus.

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0{,}08}{d} \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad (8)$$

s' … dynamische Steifigkeit in MN/m³

m'_1 … flächenbezogene Masse der ersten Bauteilschicht in kg/m²

m'_2 … flächenbezogene Masse der zweiten Bauteilschicht in kg/m²

d … Luftschichtdicke (Abstand der Bauteilschichten) in m

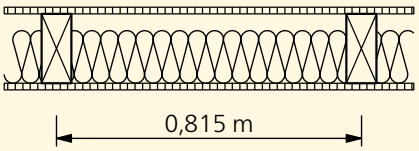
2.5.5 _ Entkopplung

Die Verbesserung des zweischaligen Bauteils oberhalb der Resonanzfrequenz wird durch eine Kopplung der Schalen anhand einer Verbindung (Ständer, Balken o.ä.) deutlich reduziert. Die starre Verbindung wirkt wie ein schalltechnischer Kurzschluss, der durch eine konstruktive Entkopplung der Bauteilschichten vermieden werden kann. Bei Holzbalkendecken werden hierzu abgehängte Unterdecken mit elastischen Abhängern oder Federschienen eingesetzt. Bei Wänden kann dies durch getrennte Ständer, freistehende Vorsatzschalen oder federnde Zwischenschichten erreicht werden (siehe Abschnitt 3.1.1.1).

2.5.6 _ Dämpfung / Schallabsorption

Die Dämpfung des Bauteils hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Resonanzüberhöhung der Bauteilschwingungen und damit auf den Einbruch der Schalldämmung in diesem Bereich. Während die Dämpfung der Konstruktion (Ständer, Balken, Beplankungen etc.) relativ gering ist, trägt ein offenporiger Dämmstoff im Hohlraum sehr deutlich zur Reduzierung des Einbruchs bei. Die Dämpfung erfolgt sowohl durch Reibung zwischen den einzelnen Dämmstofffasern, als auch zwischen der Dämmstoffstruktur und der Schallwechseldruckwelle. Um dies zu gewährleisten, sollte der Dämmstoff der eindringenden Wechseldruckwelle einen geeigneten Widerstand bieten. Dieser wird durch den längenbezogenen Strömungswiderstand r beschrieben, der nach DIN 4109 im Bereich 5 kPa s/m² ≤ r ≤ 50 kPa s/m² liegen sollte, um eine gute Dämpfung zu gewährleisten. Als Dämmstoff können zum Beispiel Mineralfaser-, Holzfaser-, Jutefaser-, Hanffaser-, Flachs-, Zellulose-, Schafwoll- oder Baumwolldämmstoffe, aber auch offenporige Schaumkunststoffe im angegebenen Bereich des längenbezogenen Strömungswiderstandes eingesetzt werden. Nicht geeignet sind geschlossenporige Schaumkunststoffe (Polystyrolplatten, PU-Schaum).

Anwendungsbeispiel: Zweischaliges Bauteil



Wandaufbau:
15 mm OSB-Platte, $m' = 9{,}0$ kg/m²
160 mm Holzständer, Achsabstand $e = 0{,}815$ m
15 mm OSB-Platte, $m' = 9{,}0$ kg/m²

Koinzidenzfrequenz:

$$f_c = \frac{K}{t} = \frac{25\ \text{Hz m}}{0{,}015\ m} = 1700\ Hz$$

Masse-Feder-Masse Resonanz

$$f_0 = 160\sqrt{\frac{0{,}08}{d}\left(\frac{1}{m'_1}+\frac{1}{m'_2}\right)}$$

$$f_0 = 160\sqrt{\frac{0{,}08}{0{,}16\,m}\left(\frac{1}{9{,}0\frac{kg}{m^2}}+\frac{1}{9{,}0\frac{kg}{m^2}}\right)} = 53\ Hz$$

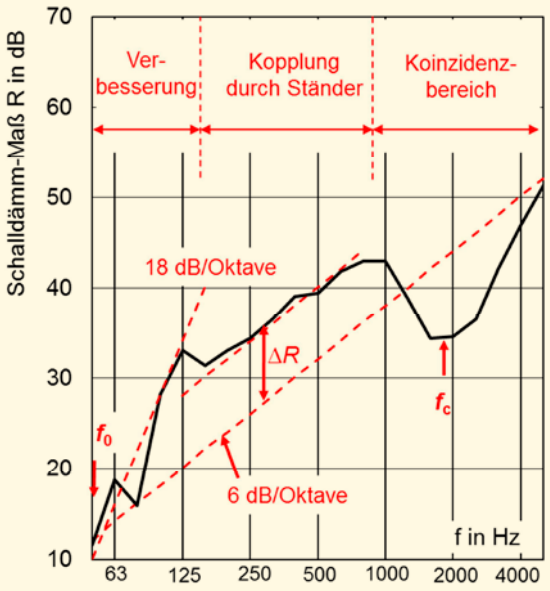


Abb. 2.8
Mess- und Prognoseergebnisse

Schalldämmung des zweischaligen Bauteils (Zusammenfassung):

- Unterhalb der Masse-Feder-Masse Resonanz f_0 verhält sich das Bauteil wie eine einschalige Wand gleicher Masse. Bei der Resonanzfrequenz f_0 kommt es zum Resonanzeinbruch der Schalldämmung. Oberhalb der Resonanzfrequenz steigt die Schalldämmung mit einer Verbesserung von 18 dB pro Oktave an. Ein Verschieben der Resonanzfrequenz zu tieferen Frequenzen ist durch eine weichere Feder (größerer Schalenabstand oder Dämmplatte mit geringerem s') und durch die Erhöhung der Beplankungsmassen (m'_1, m'_2) möglich. Hierbei ist es sinnvoll mit der leichteren Beplankung zu beginnen.
- Bei höheren Frequenzen bewirkt die Kopplung durch den Ständer einen schalltechnischen Kurzschluss. Die Schalldämmung steigt wie bei der gleichschweren Einfachwand nur noch mit 6 dB pro Oktave an. Die Größe der Parallelverschiebung ΔR ist abhängig von der Kopplungsstärke (Achsabstand der Ständer) und den Plattenmaterialien. Verbesserungen lassen sich durch Entkopplung (getrennte Ständer, Vorsatzschalen, abgehängte Unterdecken etc.) erreichen.
- Im Bereich der Koinzidenz ist wie beim einschaligen Bauteil der Einbruch der Schalldämmung durch die Spuranpassung (Übereinstimmung der projizierten Wellenlängen) zu erkennen. Ist die Wand symmetrisch beplankt, wie im dargestellten Beispiel, so ist der Einbruch besonders stark ausgeprägt. Eine Verbesserung ist durch biegeweiche, mehrlagig und unsymmetrisch ausgeführte Beplankungen erreichbar.

3 _ Konstruktive Einflüsse auf die Schalldämmung

Die Luft- und Trittschalldämmung von Bauteilen lässt sich durch konstruktive Maßnahmen stark beeinflussen. Nachfolgend werden für die Beurteilung dieser Maßnahmen die wichtigsten Einflussgrößen auf die Schalldämmung von Wänden, Decken und Dächern erläutert.

3.1 _ Wände

Bei den Wandkonstruktionen werden Innen- und Außenwände in Holzbauweise berücksichtigt. Zum Anwendungsbereich zählen vor allem Wohnungstrennwände, Gebäudetrennwände und Außenwände zum Einsatz bei hohen Außenlärmpegeln, aber auch Innenwände im eigenen Wohnbereich. Hierbei soll zunächst die Schalldämmung der reinen Wandkonstruktion ohne Einbauten (Türen, Fenster, Lüftungselemente etc.) betrachtet werden.

3.1.1 _ Wandkonstruktionen

Die meisten Wandkonstruktionen im Holzbau lassen sich unabhängig von ihrem konkreten Einsatz auf wenige Grundelemente zurückführen. Nachfolgend wird hierbei zwischen der Holztafelbauweise und der Massivholzbauweise unterschieden.

3.1.1.1 _ Holztafelbauweise

Holztafelwände als Innen- oder Außenwände bestehen aus einem Ständerwerk (Holzständer, Rähm) aus Vollholz oder aus Stegträgern, die mindestens einseitig mit Plattenmaterialien beplankt und deren Hohlräume i.d.R. mit einer Hohlraumdämmung ausgefüllt sind (siehe Abb. 3.1).

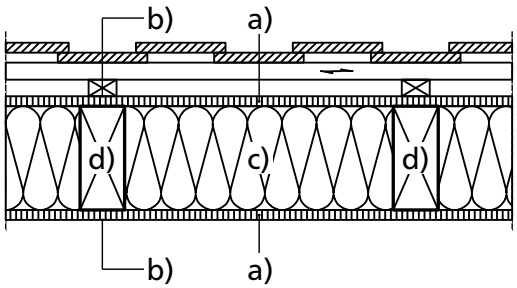


Abb. 3.1
Beispiel für eine Holztafelkonstruktion als Außenwand

Die für die Schalldämmung wesentlichen Einflussparameter sind:

a) Beplankungen

Üblich sind Beplankungen aus Holzwerkstoffen (Spanplatte, OSB, zementgebundene Spanplatte, Holzweichfaserplatte, Holzwolleleichtbauplatte) oder Gipswerkstoffen (Gipsplatte, Gipsfaserplatte). Hinsichtlich der schalltechnischen Eignung sind folgende Materialeigenschaften maßgeblich:

– Flächenbezogene Masse
  Sie ergibt sich aus Rohdichte und Dicke des Plattenmaterials und bestimmt maßgeblich die Anregbarkeit der Beplankung durch den Schallwechseldruck.
– Biegesteifigkeit
  Sie bestimmt zusammen mit der flächenbezogenen Masse und der Plattengeometrie (Wandhöhe, Ständerraster, Plattendicke) die Lage der Eigenfrequenzen der Plattenschwingungen und der Koinzidenzgrenzfrequenz.

Für eine Verbesserung der Schalldämmung einer Holztafelwand ist die Erhöhung der flächenbezogenen Masse bei gleichzeitiger Biegeweichheit der Beplankungen (d. h. Koinzidenzgrenzfrequenz $f_c \geq 2000$ Hz) anzustreben. Je nach Anwendungszweck (Optimierung des R_w / Verbesserung der Schalldämmung bei tiefen Frequenzen) kann auch eine separate Betrachtung der Eigenschwingungen der Beplankungen erforderlich sein.

b) Befestigung der Beplankungen

Die Beplankungen wirken akustisch gesehen als schallaufnehmende bzw. schallabstrahlende Flächen (zu vergleichen mit den „Membranen" eines Mikrofons/Lautsprechers). Durch eine Unterbrechung der Schallübertragung von schallaufnehmender zu schallabgebender Fläche lässt sich die Schalldämmung der Konstruktion verbessern. Konstruktiv kann dies durch eine Trennung des Ständerwerks oder eine entkoppelte Montage der Beplankung erreicht werden. Die Entkopplung kann auch durch eine zusätzliche Installationsebene als Vorsatzschale (freistehend oder schalltechnisch entkoppelt) erreicht werden.

c) Hohlraumdämmung

Der schalltechnische Einfluss der Hohlraumdämmung besteht aus der schallabsorbierenden und dämpfenden Wirkung im Hohlraum, weshalb für diesen Zweck fast ausschließlich Faserdämmstoffe eingesetzt werden. Darüber hinaus macht sich bei einigen Dämmstoffen auch die Massenerhöhung positiv bemerkbar. Bei druckfesten Dämmstoffen ist durch den Kontakt zur Beplankung eine verstärkte Schallübertragung möglich. Bei solchen Materialien sollte darauf geachtet werden, dass sie nicht dicker als das Ständerwerk sind, damit die Dämmung keinen Druck auf die Beplankungen ausübt. Weiterhin sollten die Dämmplatten ohne seitlichen Luftspalt in das Ständerwerk eingepasst werden. Beim Einsatz von Einblasdämmstoffen sollte darauf geachtet werden, dass sich keine unausgefüllten Hohlräume bilden. Zur Auswahl des Dämmstoffes siehe auch Abschnitt 2.5.6

d) Einfluss von Ständerwerk und Raster

Die Ständertiefe hat je nach Art der Beplankung nur einen verhältnismäßig geringen Einfluss auf die Schalldämmung. Bei umfangreichen Messreihen an Holztafelwänden wurde festgestellt, dass eine Verringerung der Ständertiefe von 160 mm auf 60 mm nur einen Verlust im bewerteten Schalldämm-Maß R_w von 0 bis 4 dB zur Folge hat. Eine Änderung im Ständerraster verschiebt die Eigenfrequenzen der Beplankungen stark [9] [11]. Hierdurch erfolgt eine deutliche Änderung im mittel- bis tieffrequenten Bereich der Schalldämmkurve. Durch die Vergrößerung des Ständerrasters wird in der Regel eine Verbesserung im R_w erzielt. In Abb. 3.2 wird dies beispielhaft für eine einfache Holztafelwand gezeigt. Die frequenzabhängigen Schalldämm-Maße zeigen deutlich die nach Abschnitt 2.5 prognostizierbaren Einbrüche aufgrund der Koinzidenzfrequenz, der Masse-Feder-Masse Resonanz und der Platteneigenfrequenzen.

Der Einfluss der Beplankungs-Eigenfrequenzen auf die Schalldämmung wird in Abschnitt 3.1.4.2 für die Optimierung von Gebäudetrennwänden genutzt.

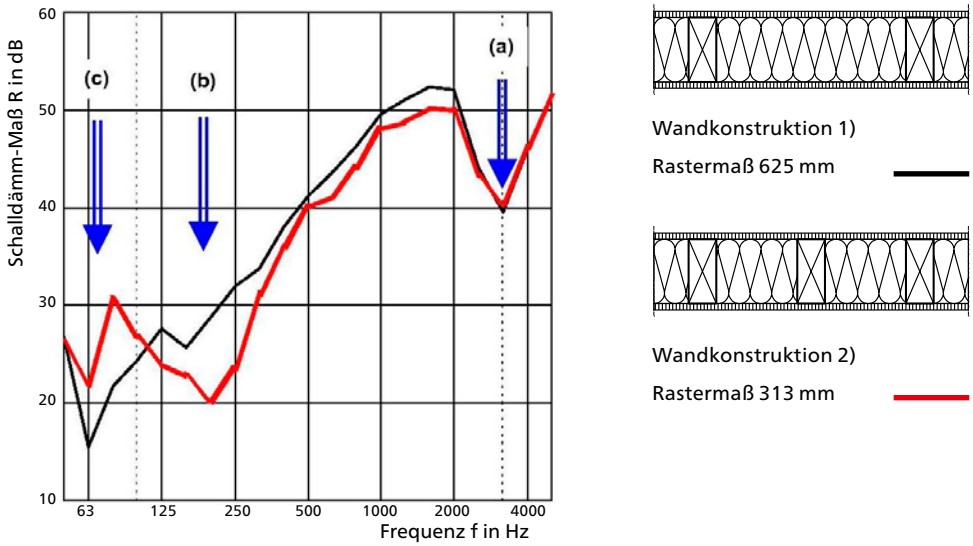


Abb. 3.2
Schalldämmung einer Holztafelwand

Schalldämmung einer Holztafelwand mit folgendem Aufbau:
– 12,5 mm Gipsfaserplatte
– 60 / 120 mm Holzständer, gefüllt mit 100 mm Mineralwolle
– 15 mm Gipsfaserplatte. Plattenbreite 1,25 m,
Gesamthöhe 2,65 m, Gesamtbreite 3,387 m.
Die Beplankungen sind mit dem Ständerwerk verschraubt.
Wandkonstruktion 1): Ständerraster 62,5 cm, R_w = 42 dB
Wandkonstruktion 2): Ständerraster 31,3 cm, R_w = 39 dB

Die Frequenzeinbrüche bei (a), (b) und (c) korrelieren mit:
(a) Koinzidenzgrenzfrequenz für Wandkonstruktion 1) und 2)
(b) 1. Platteneigenfrequenz für Wandkonstruktion 2)
(c) Doppelschalenresonanz für Wandkonstruktion 1) und 2) und
1. Plattenschwingung für Wandkonstruktion 1)

Da Ständerwerk und Rähm konstruktive Schallbrücken sind, wird bei hochschalldämmenden Konstruktionen wie z. B. Wohnungstrennwänden versucht, die Schallübertragung durch eine Trennung von Ständerwerk und Rähm zu reduzieren. Durch eine Trennung des Ständerwerks allein lässt sich bereits eine deutliche Verbesserung der Schalldämmung erreichen. Jedoch wird die vollständige Entkopplung der beiden Beplankungsschalen erst bei der zusätzlichen Trennung des gesamten Rähms erreicht.

Der Einfluss konstruktiver Maßnahmen auf die Schalldämmung von Holztafelbauwänden kann aus Abb. 3.3 abgelesen werden. Ausgehend von einer Standard-Innenwand (Holzständer beidseitig doppelt beplankt) mit einem bewerteten Schalldämm-Maß $R_w = 46$ dB kann durch eine freistehende Vorsatzschale mit einer Verbesserung von $\Delta R_w = 18$ dB bereits Wohnungstrennwandqualität erreicht werden (Abb. 3.3, a). Alternativ ist dies auch durch die Entkopplung einer Wandschale und Erhöhung der Beplankungsmasse möglich (Abb. 3.3, b).

Noch hochwertigere Lösungen lassen sich durch Trennwände mit komplett getrennten Wandschalen erreichen (Abb. 3.3, c). Hier kann auch der Einfluss der Dämmung zwischen den Ständern auf die Schallübertragung im Gefach gezeigt werden. Da keine Kopplung durch den Ständer vorhanden ist, kommt diese voll zum Tragen und wird durch den eingesetzten Faserdämmstoff um 14 dB reduziert. Die Konstruktionsdetails der Wandaufbauten können dem Bauteilkatalog in Kapitel 6 entnommen werden.

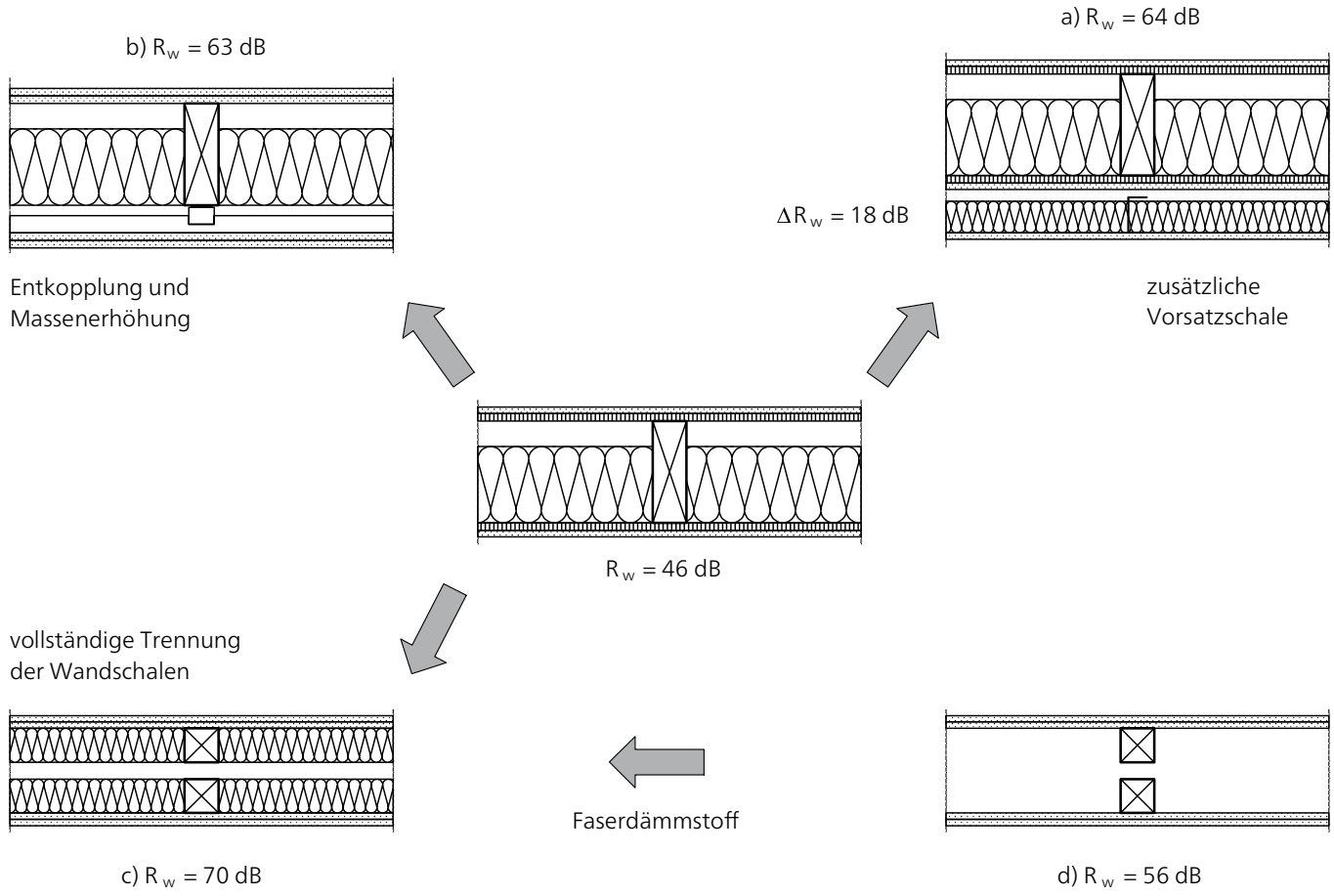


Abb. 3.3
Einfluss konstruktiver Maßnahmen auf die Schalldämmung von Holztafelwänden

a) zusätzliche Installationsebene als freistehende Vorsatzschale ($\Delta R_w = 18$ dB)
b) Entkopplung der Wandbeplankung mit gleichzeitiger Massenerhöhung
c) vollständige Trennung der Wandschalen
d) Einfluss der Hohlraumdämmung bei getrennten Wandschalen

3.1.1.2 _ Massivholzkonstruktionen

Bei Massivholzkonstruktionen besteht die Grundwand aus Brettschichtholz-, Brettsperrholz- oder Brettstapelelementen. Auch Kastenelemente oder dicke Holzwerkstoffplatten werden als Grundelemente eingesetzt (vergleiche Abb. 3.4).

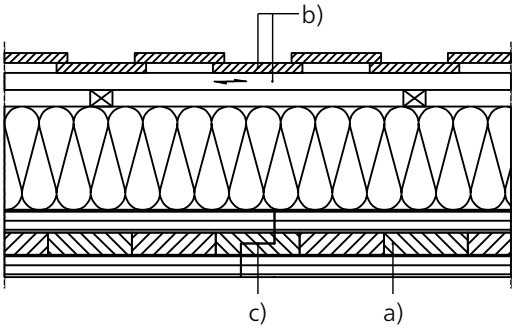


Abb. 3.4
Beispiel für eine Massivholzkonstruktion als Außenwand

Für die Schalldämmung wesentliche Einflussparameter sind:

a) Dicke und flächenbezogene Masse des Massivholzelements

Die maximal mögliche Schalldämmung der Massivholzelemente wird durch deren Flächengewicht und Biegesteifigkeit bestimmt. Bei massiven einschaligen Bauteilen lässt sich aus der flächenbezogenen Masse m' die Schalldämmung bestimmen. Hierzu dient ein Massediagramm, das empirisch aus vielen Messdaten gewonnen wurde (siehe Abschnitt 2.5.1, Abb. 2.3). Die Ermittlung des Zusammenhangs für Massivholzelemente wird in Abb. 3.5 dargestellt. Direkt montierte Beplankungen verbessern das Schalldämm- Maß des Wandaufbaus durch die Erhöhung der flächenbezogenen Masse und können in der flächenbezogenen Masse mitberücksichtigt werden. Bei üblicher Bauteildicke erreichen Massivholzelemente bewertete Schalldämm-Maße zwischen 30 und 45 dB. Direkt montierte Beplankungen wirken durch die Erhöhung der flächenbezogenen Masse des Wandaufbaus.

b) Bekleidungen

Prinzipiell kann die Schalldämmung durch Bekleidungen (z. B. Wärmedämmung) oder Beplankungen aus Plattenmaterialien (üblicherweise Gipskarton- oder Gipsfaserplatten) evtl. in Verbindung mit einer Vorsatzschale deutlich erhöht werden. Einige Systeme benötigen auch aus Gründen des Brand- bzw. Wärmeschutzes zusätzliche Bekleidungen oder Beplankungen der Wandkonstruktion.

c) Fugenschall

Massivholzwände werden in der Regel als elementierte Bauteile gefertigt. Diese Elemente werden an der Baustelle über unterschiedliche Verbindungssysteme miteinander gekoppelt. Bei kleinformatigen Elementen (40 bis 100 cm Breite) kann der über diese Verbindungsfugen übertragene Fugenschall die Schalldämmung der Grundkonstruktion maßgebend beeinflussen. Der Einfluss des Fugenschalls hängt von den tatsächlichen Einbaubedingungen (Kopplung, Fugenbreite) ab und kann nicht pauschal angegeben werden. Durch eine Beplankung der Grundkonstruktion auf zumindest einer Seite (z. B. durch GKB-Platten, Außenwärmedämmung, Vorsatzschale) wird der Fugenschall deutlich reduziert.

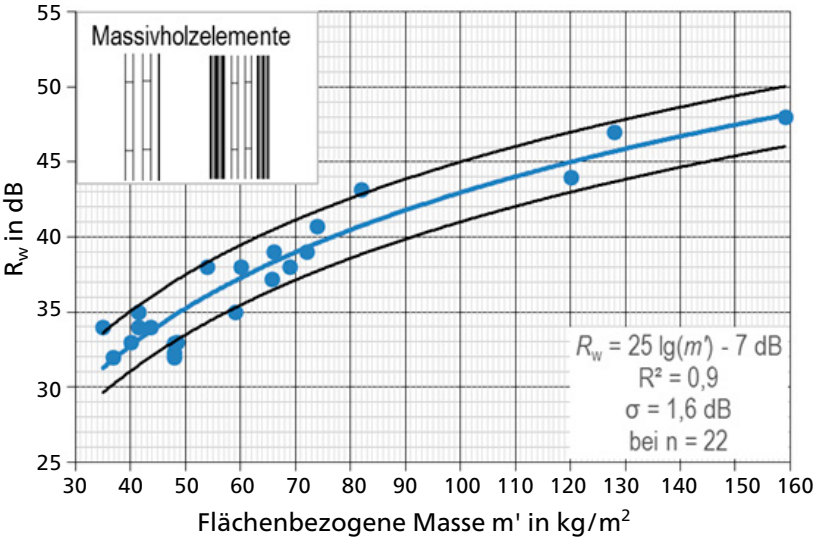
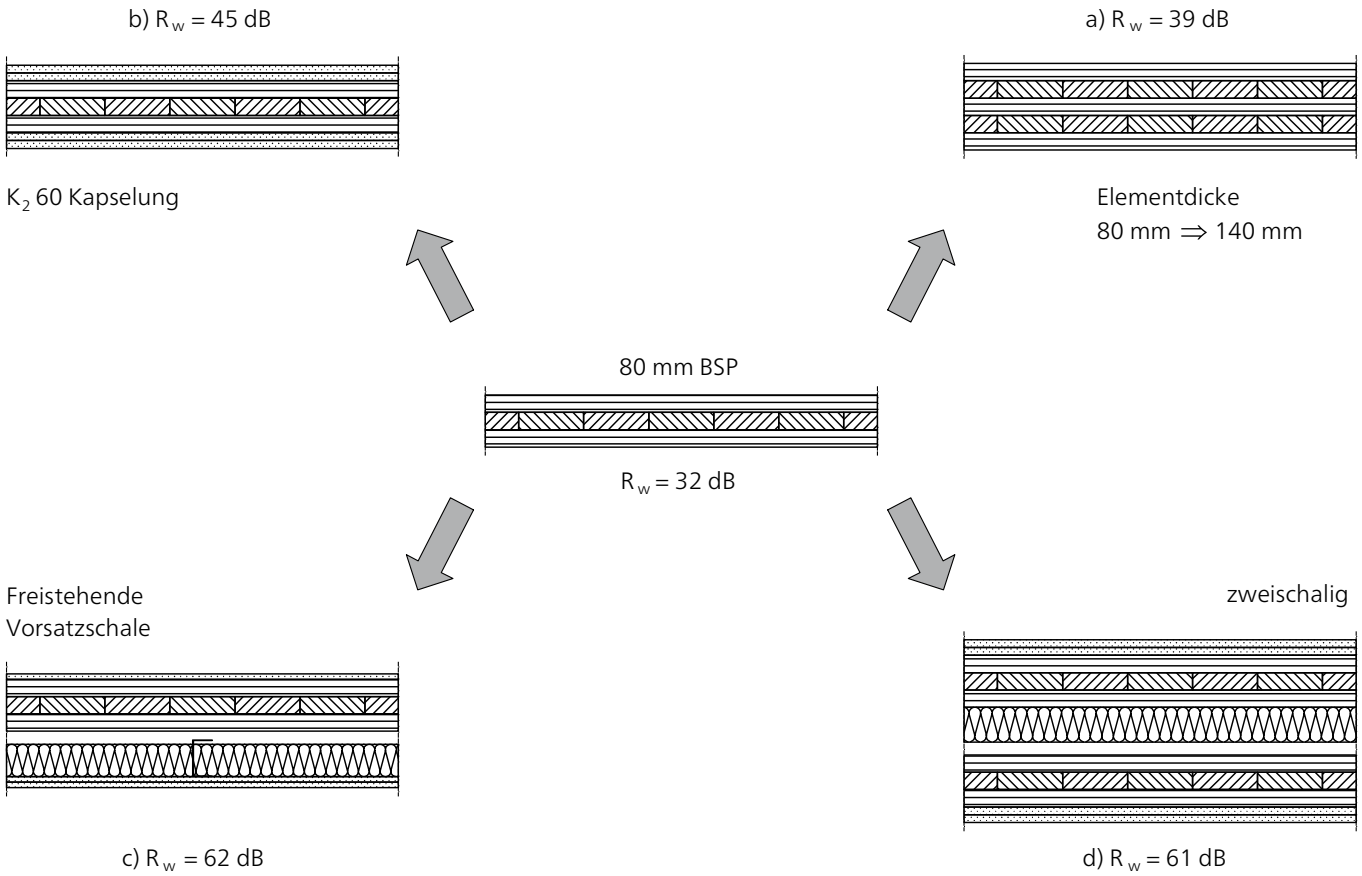


Abb. 3.5
Massegesetz für einschalige Massivholzbauteile [5]

Abb. 3.6
Einfluss konstruktiver Maßnahmen auf die Schalldämmung von Massivholzwänden

Der Einfluss der konstruktiven Maßnahmen auf die Schalldämmung von Massivholzwänden wird in Abb. 3.6 gezeigt. Durch Erhöhung der Elementmasse über die Elementdicke oder Zusatzbeplankungen (Abb. 3.6 a und b) steigt das Schalldämm-Maß nach dem in Abb. 3.5 dargestellten Massegesetz. Die Verbesserung durch eine Installationsebene als freistehende Vorsatzschale in Trockenbauweise oder die Ausführung als zweischaliger Aufbau, jeweils inklusive Zusatzbeplankungen, wird in Abb. 3.6 c) und d) gezeigt. Die Konstruktionsdetails der Wandaufbauten können dem Bauteilkatalog in Kapitel 6 entnommen werden.



a) Masseerhöhung durch Erhöhung der Elementdicke von 80 mm auf 140 mm
b) Masseerhöhung durch Brandschutzmaßnahmen (beidseitig 2 x18 mm GF)
c) zusätzliche Installationsebene als freistehende Vorsatzschale
d) vollständige Trennung der Wandschalen

3.1.2 _ Außenwände

Übliche Außenwandkonstruktionen bauen auf den oben beschriebenen Grundkonstruktionen auf. Auf die Grundkonstruktion (Holztafel- oder Massivholzwand) wird eine Außenwärmedämmung aufgebracht und – falls erforderlich – eine innenseitige Vorsatzschale als Installationsebene. Beispiele für die Schalldämmung von Holztafel-Außenwänden und die Verbesserung durch Außendämmungen und Installationsebenen sind in Abb. 3.7 dargestellt. Die frequenzabhängige Darstellung der Schalldämmung zeigt, dass die tieffrequente Verbesserung durch diese Maßnahmen jedoch recht gering ist. In Fällen mit tieffrequenten Anregungsspektren (z. B. Straßenverkehr mit hohem LKW-Anteil) kann die Verwendung von Konstruktionen mit einer verbesserten Schalldämmung bei tiefen Frequenzen sinnvoll sein (siehe Abschnitt 3.1.4.1).

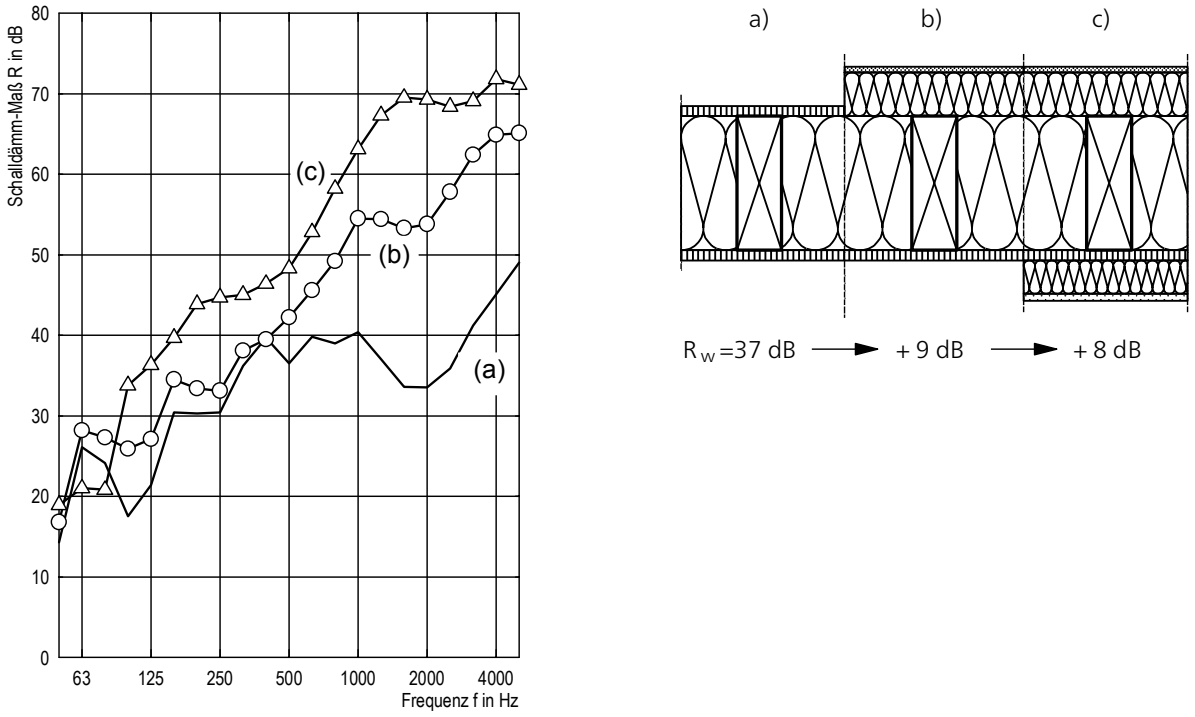


Abb. 3.7
Konstruktive Maßnahmen bei einer Holztafel-Außenwand

a) Holztafelwand mit beidseitig OSB-Beplankung, R_w = 37 dB

b) Holztafel-Außenwand mit 60 mm Holzfaser-WDVS, R_w = 46 dB

c) Holztafel-Außenwand mit 60 mm Holzfaser-WDVS und Vorsatzschale, R_w = 54 dB aus [17].

3.1.3 _ Gebäudetrennwände

Die Konstruktionsweise einer Gebäudetrennwand wird hauptsächlich durch die Anforderungen der Statik und des Brandschutzes bestimmt. Üblicherweise werden in Deutschland hierzu zwei auf Abstand gesetzte Wandscheiben eingesetzt, beispielhaft in Abb. 3.8 dargestellt. Der Einsatz von Gipskarton- oder Gipsfaserplatten ist durch die Anforderungen des Brandschutzes begründet. Wird die konsequente Trennung der beiden Schalen der Gebäudetrennwand auch in den Anschlussbereichen durchgezogen, so können, mit Ausnahme der Schall-Längsleitung über eine Dachfläche, Nebenwegübertragungen in der Regel vernachlässigt werden. Die Schall-Längsdämmung über ein Steildach ist bei einer Gebäudetrennwand zu berücksichtigen, es sei denn das Steildach wird auch hier konstruktiv unterbrochen. Die Wandkonstruktionen alleine können bei mangelfreier Ausführung bereits bewertete Schalldämm-Maße von $R_w \geq 66$ dB erbringen. Die Schalldämmung bei mittleren und hohen Frequenzen ist hierbei sehr gut und wie Abb. 3.9 zeigt, vergleichbar mit den Resultaten von Mauerwerks- und Betonwänden. Unterschiede zwischen den Bauweisen zeigen sich jedoch bei tiefen Frequenzen, insbesondere unterhalb von 100 Hz. Bewohner können diese tieffrequenten Schallübertragungen als „Dröhnen" wahrnehmen. Schalltechnisch verbesserte Konstruktionen werden in Abschnitt 3.1.4.2 beschrieben.

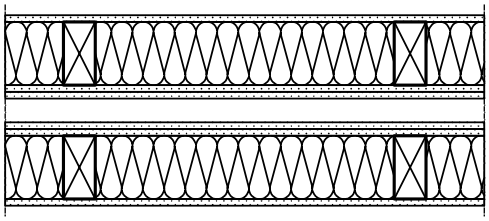
Zusätzlich zu den hier beschriebenen Gipsbauplatten werden bei tragenden Wänden häufig auch OSB oder Spanplatten eingesetzt.

Abb. 3.8

Prinzipskizze einer Gebäudetrennwand aus Holztafelwänden mit Aufbau

- 1 Lage Gipsbauplatte [1)]
- 120 / 60 mm Holzständer [2)] mit 120 mm Faserdämmstoff [3)]
- 2 Lagen Gipsbauplatten [4)]
- 45 mm Trennfuge ohne Dämmstoff

2. Schale symmetrisch aufgebaut



[1)] 12,5 mm Gipsfaserplatte mit einer flächenbezogenen Masse von mindestens 15 kg/m² oder als 12,5 mm Gipskartonplatte GKF mit einer flächenbezogenen Masse von mindestens 10 kg/m²

[2)] Holzständer aus konstruktivem Vollholz mit Ständerraster 62,5 cm

[3)] Faserdämmstoff mit Rohdichte ρ = 30 - 50 kg/m³ und Strömungswiderstand r ≥ 5 kN s/m⁴ oder Zellulosedämmstoff mit Rohdichte ρ = 45 - 60 kg/m³ und Strömungswiderstand r ≥ 5 kN s/m⁴

[4)] 2 x 15 mm Gipsfaserplatte mit einer flächenbezogenen Masse von mindestens 18 kg/m² oder als 2 x 18 mm Gipskartonplatte GKF mit einer flächenbezogenen Masse von mindestens 15 kg/m²

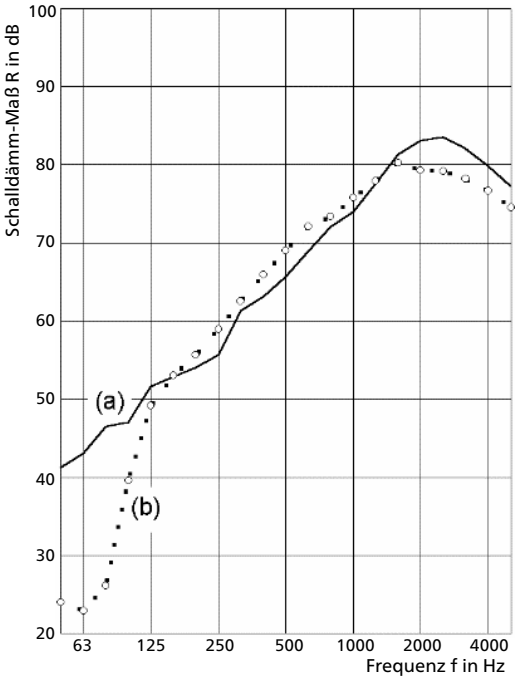


Abb. 3.9

Schalldämmung von Gebäudetrennwänden in Standard-Holztafelbauweise (Mittelwert – Kurve b) verglichen mit dem Mittelwert von Gebäudetrennwänden in Mauerwerksbauweise (Kurve a)

3.1.4 _ Konstruktive Optimierung der Wände

3.1.4.1 _ Anwendung für Außenwände

Werden Außenwände bei Belästigungen mit Verkehrslärm mit stark niederfrequenten Komponenten eingesetzt, so ist darauf zu achten, dass deren Schalldämmung im Frequenzbereich unterhalb 100 Hz ausreichend gut ist. Für diese Einsatzzwecke wurden im Rahmen eines Forschungsvorhabens [17] optimierte Wände in Holztafelbauweise entwickelt, die eine verbesserte Schalldämmung bei tiefen Frequenzen besitzen. Die Schalldämmkurven dieser Wände (siehe Abb. 3.10) zeigen deutlich, dass diese optimierten Konstruktionen auch bei Frequenzen unterhalb 100 Hz eine Schalldämmung aufweisen, die deutlich über den vergleichbaren Außenwänden in Holztafelbauweise liegt.

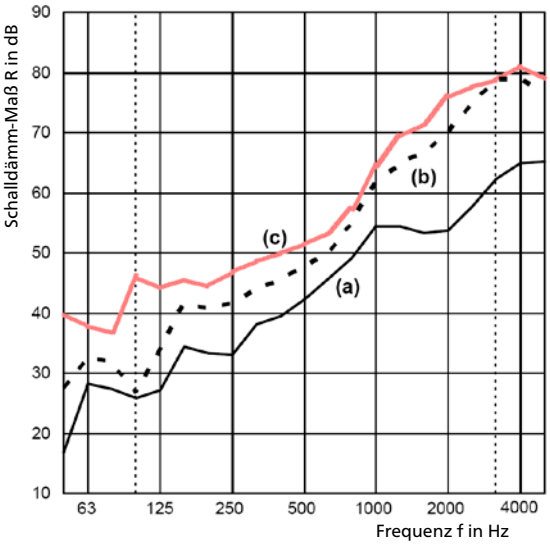
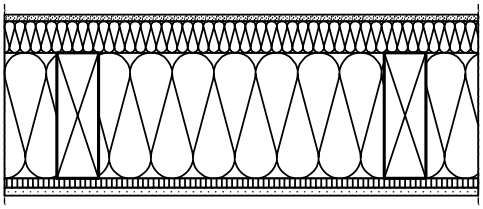
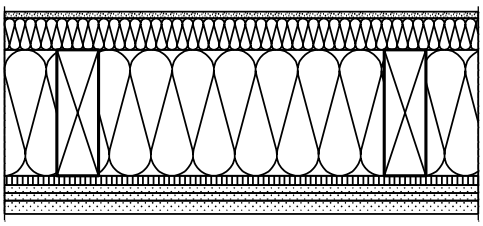


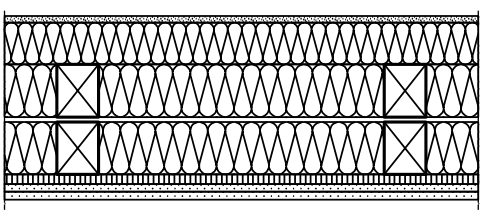
Abb. 3.10
Schalldämmung von niederfrequent optimierten Außenwänden in Holztafelbauweise verglichen mit Standard-Holztafel-Außenwand (Kurve a):



Typ Holztafelwand mit zusätzlicher Beplankung (Kurve b)



Typ Holztafelwand mit geteiltem Ständer (Kurve c)



3.1.4.2 _ Anwendung für Gebäudetrennwände

Abb. 3.9 hat für herkömmliche Gebäudetrennwände in Holzbauweise gezeigt, dass deren Schalldämmung im Bereich der tiefen Frequenzen niedriger liegt als bei üblichen Gebäudetrennwänden in Mauerwerks- oder Betonbauweise. Da sich die Schalldämmung bei Frequenzen unterhalb von 100 Hz zwar nicht im bewerteten Schalldämm-Maß widerspiegelt und damit auch keine bauaufsichtliche Relevanz besitzt, die niederfrequenten Schallübertragungen aber sehr wohl von den Bewohnern solcher Gebäude als störend empfunden werden, wurden im Bereich des Holzbaus Konstruktionen entwickelt, die im niederen Frequenzbereich eine ebenso gute Schalldämmung besitzen [11]. Ausgangspunkt für diese Entwicklung war die Identifizierung des Schwingungsverhaltens der Beplankungen von Holztafelwänden als Ursache für diese niederfrequenten Schallübertragungen. Der Lösungsansatz für die Optimierung der Schalldämmung besteht darin, das Ständerraster der Holztafelwände und gleichzeitig die Ständertiefe zu reduzieren und den hiermit eingesparten Platz in eine Erhöhung der Trennfugenbreite zu investieren. Die so optimierte Wand besitzt zwar im mittleren Frequenzbereich kleinere Defizite gegenüber üblichen Holztafelwandkonstruktionen, der Frequenzeinbruch bei Frequenzen unterhalb 100 Hz ist jedoch fast vollständig eliminiert.

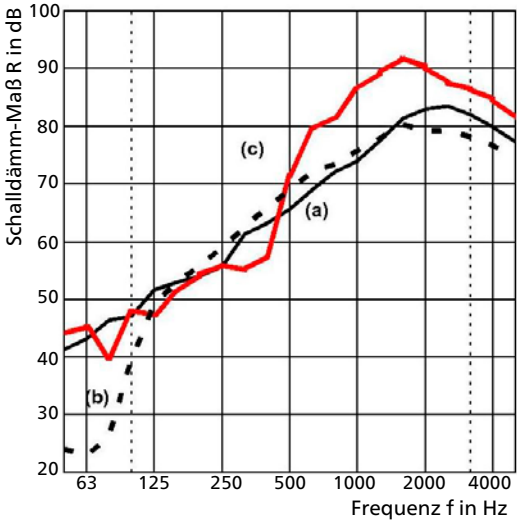
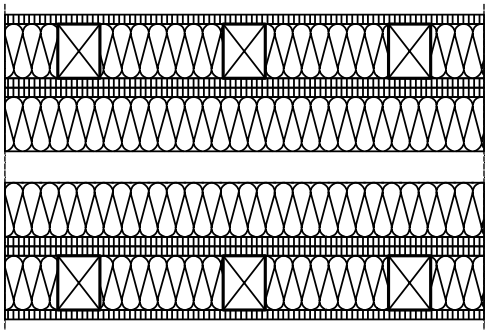


Abb. 3.11
Schalldämmung einer niederfrequent optimierten Gebäudetrennwand in Holztafelbauweise verglichen mit Mittelwert Gebäudetrennwände in Mauerwerks- und Betonbauweise (Kurve a)

Mittelwert Gebäudetrennwände in Holztafelbauweise (Kurve b)

Optimierte Gebäudetrennwand in Holztafelbauweise mit Ständerraster 313 mm und erhöhter Trennfugenbreite (Kurve c), aus [18], [11]



3.2 _ Decken

Als Deckenkonstruktion werden im Holzbau sehr unterschiedliche Konstruktionsvarianten eingesetzt. Eine Auswahl typischer Bauweisen und Bauteilschichten solcher Decken sind in Abb. 3.12 dargestellt. Die in Abb. 3.12 a) gezeigte Holzbalkendecke stellt die klassische Deckenkonstruktion im Holzbau dar. Sie wird auch mit Stegträgern oder Fachwerkträgern als Tragelement ausgeführt. Alternativ werden Massivholzdecken eingesetzt, die wegen ihrer flächigen Tragstruktur geringere Konstruktionshöhen ermöglichen. Sie können wie in Abb. 3.12 d) dargestellt als flächiges Vollholzelement (Brettstapel, Brettschichtholz, Brettsperrholzelement) oder als Rippen- bzw Kastenelement verbaut werden (Abb. 3.12 b und c). Holz-Beton-Verbundelemente (Abb. 3.12 e) wurden zur Nutzung der statischen Vorteile des auf Zug belasteten Holzelementes und der auf Druck belasteten Betonschicht entwickelt. Sie sind mit allen Deckentypen (a bis d) realisierbar.

Trenndecken werden in der Regel mit einem schwimmenden Estrich oder Trockenestrichelementen auf Trittschalldämmplatten ausgeführt. Zur Beschwerung und Bedämpfung der Rohdecke kann eine Rohdeckenbeschwerung auf oder im Element eingesetzt werden. Bei der Holz-Beton-Verbunddecke wird diese Funktion durch die (aus statischen Gründen aufgebrachte) Betonschicht übernommen. Bei der in Abb. 3.12 c) dargestellten Kastendecke werden zur Bedämpfung Schwingungstilger im Element eingesetzt. Abgehängte Unterdecken kommen am häufigsten in Kombination mit Balkendecken zum Einsatz. Hier können Sie bei richtiger Auslegung die Rohdeckenbeschwerung ersetzen und damit sehr leichte Deckenkonstruktionen ermöglichen.

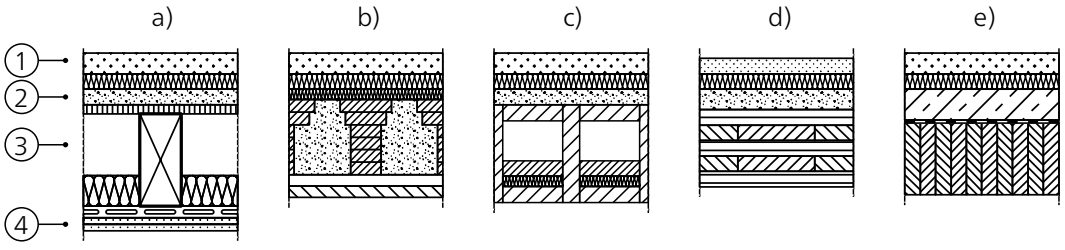


Abb. 3.12

Konstruktionsvarianten und Bauteilschichten einer Holzdecke

a) Holzbalkendecke (Vollholz, Stegträger, Fachwerkträger)
b) Brettsperrholz- Rippenelement aus Massivholzlamellen (hier mit Splitt-Beschwerung im Element)
c) Kastenelement aus Massivholzlamellen (hier mit Schwingungstilger im Element)
d) Massivholzdecke (Brettstapel, Brettschichtholz, Brettsperrholzelement)
e) Holz-Beton-Verbunddecke (in Verbindung mit Massivholzelementen, Holzbalken- oder Kastendecken)

① Estrichaufbau; schwimmender Estrich oder Trockenestrichelement auf Trittschalldämmplatten
② ggf. Rohdeckenbeschwerung oder Betonverbundschicht
③ Rohdecke ggf. mit Hohlraumdämmung, Tilger oder Beschwerungen
④ ggf. Unterdecke starr oder entkoppelt montiert

3.2.1 _ Deckenkonstruktionen

Die Wirkweise der einzelnen Bauteilschichten hängt von den spezifischen Materialparametern ab. Nachfolgend werden Hinweise für die Planung und Ausführung der Deckenaufbauten gegeben, die für optimale Luft- und Trittschalldämmwerte erforderlich sind.

3.2.2 _ Estrichaufbauten

In Deckenaufbauten lassen sich Trockenestriche auf Basis von Holzwerkstoffplatten oder Gipsbauplatten einsetzen. Alternativ kommen Zement-, Magnesia- oder Anhydritestriche mit der angegebenen Mindestdicke gemäß den Vorgaben der DIN 18560 [13] und EN 13318 [14] zum Einsatz. Um eine Erhöhung der Schall-Längsleitung im Estrich zu reduzieren, muss dieser im Türbereich getrennt werden. Eine vollständig schallbrückenfreie Verlegung des Estrichs wird vorausgesetzt. Besondere Sorgfalt ist bei der Durchführung von Installationsleitungen im Estrich erforderlich, etwa bei Heizkörpern oder im Schwellenbereich der Tür.

Die schalltechnische Wirkung eines schwimmenden Estrichs auf einer Holzdecke wird durch die bewertete Trittschallminderung $\Delta L_{w,t}$ beschrieben (auch als Trittschallverbesserungsmaß bekannt und für die Anwendung im Holzbau mit $\Delta L_{w,H}$ bezeichnet). Sie ist zu unterscheiden von der bewerteten Trittschallminderung ΔL_w, die aus Messungen auf schweren Massivdecken (Stahlbetondecken) nach DIN EN ISO 10140-1 gewonnen wird. Für denselben schwimmenden Estrichaufbau werden bei Messung auf schweren Massivdecken nach DIN EN ISO 10140-1 bessere Zahlenwerte ΔL_w ermittelt als bei Ermittlung von $\Delta L_{w,t}$ auf einer Holzdecke. Die Trittschallminderung hängt von verschiedenen Faktoren ab, im Besonderen sind zu nennen:

- flächenbezogene Masse der Estrichplatte,
- Weichheit der Trittschalldämmplatte, beschrieben durch die dynamische Steifigkeit s',
- Schwingungsdämpfung in der Estrichplatte,
- Aufbau der Rohdecke.

Die Einsatzgebiete sowie die Vor- und Nachteile der in Deutschland gebräuchlichsten Estrichsysteme sind in Tabelle 4 aufgelistet.

Verwendbare Trittschalldämmplatten

In der Praxis werden Trittschalldämmplatten aus unterschiedlichen Materialien wie z. B. Mineralfaser-, Holzfaser- oder Polystyrol-Trittschalldämmplatten mit dynamischen

Tabelle 4 | In Deutschland im Holzbau eingesetzte Estrichaufbauten

Schwimmender Estrichaufbau			
Konstruktionsdetails	**Einsatz**	**Vorteile**	**Nachteile**
Zement- und Anhydritestrich auf Trittschalldämmplatte	Neubau	hohe Trittschallminderung möglich, kostengünstig	Baufeuchte durch Zementestrich, benötigt Zeit zum Abbinden
Trockenestrich[1)] auf Trittschalldämmplatte	Selbstausbau, Altbausanierung	geringe Aufbauhöhen, keine Baufeuchte, Einbau durch Bauherrn möglich	relativ geringe Trittschallminderungen
Gussasphaltestrich auf Trittschalldämmplatte	Neubau, Altbausanierung	keine Baufeuchte, sehr kurze „Abbindezeit", geringere Aufbauhöhen als beim Zementestrich möglich	teuer, Gussasphalt neigt zu kaltem Fluss, daher nur relativ steife Trittschallplatten mit geringer Trittschallminderung einsetzbar

[1)] z. B. Gipsbauplatte, Spanplatte, OSB und zementgebundene Verlegespanplatte

Steifigkeiten zwischen 6 und 50 MN/m³ verwendet. Bei der Auswahl einer geeigneten Trittschalldämmplatte sind deren Zulassung und die maßgeblichen Normen zu beachten. Die im Bauteilkatalog angegebenen Dicken der Trittschalldämmplatten sind als Mindestdicken, die angegebenen dynamischen Steifigkeiten als Maximalwerte zu verstehen. Die Abhängigkeit des Norm-Trittschallpegels von der dynamischen Steifigkeit des eingesetzten Dämmstoffes findet sich in Abb. 3.13.

Bei Trockenestrichen werden von Herstellern Systemlösungen in Kombination mit den geeigneten Trittschalldämmplatten angeboten, die dem Einsatzzweck (Bodenbelag) entsprechen. Beim Verlegen der Trittschalldämmplatten ist auf eine lückenlose Verlegung zu achten. Vor dem Einbringen eines Nassestrichs ist eine Feuchtigkeitssperre (Folie) einzubringen, um die Trittschalldämmplatte zu schützen und Schallbrücken in der Fläche zu vermeiden. Installationen können in einer zusätzlichen Höhenausgleichplatte (Wärmedämmplatte) oder der Rohdeckenbeschwerung verlegt werden.

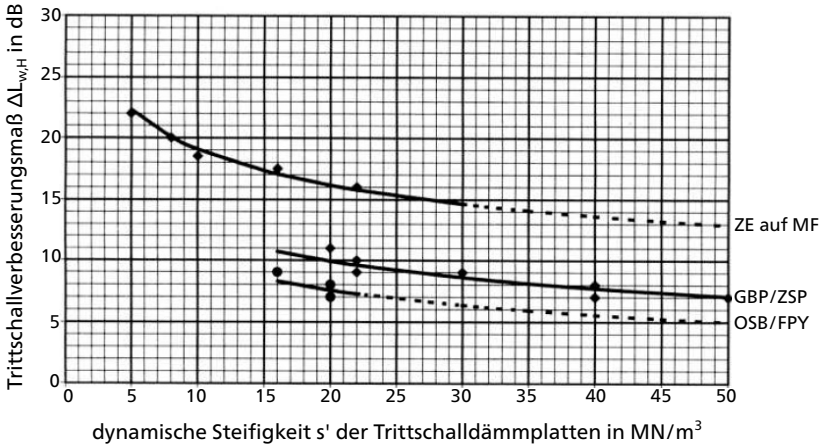


Abb. 3.13
Verbesserung der Trittschalldämmung durch einen schwimmenden Estrich auf Holzdecken. Bewertete Trittschallminderung (Trittschallverbesserungsmaß) für verschiedene Estriche auf Mineralfaser-Trittschalldämmplatten unterschiedlicher dynamischer Steifigkeit.
ZE auf MF = 50 mm Zementestrich auf Mineralfaser-Trittschalldämmplatten
ZSP = 22 mm Zementgebundene Spanplatte
GBP = 25 mm Gipsbauplatte
OSB = 18 mm OSB-Verlegeplatte
FPY = 22 mm Verlegespanplatte

Trittschalldämmplatten mit einer dynamischen Steifigkeit $s' \leq 6$ MN/m³ sind derzeit nicht auf dem Markt. Um Aufbauten aus dem Bauteilkatalog in Kapitel 6 mit diesen Vorgaben für die Trittschalldämmplatten realisieren zu können, ist eine Schichtung der Trittschalldämmplatten erforderlich. Dies lässt sich z. B. dadurch erreichen, dass als Höhenausgleichsplatte eine zusätzliche Trittschalldämmplatte verwendet wird. Die Gesamtsteifigkeit s'_{ges} der zwei Lagen errechnet sich nach dem Prinzip der Reihenschaltung zu:

$$s'_{ges} = \frac{1}{\frac{1}{s'_1} + \frac{1}{s'_2}}$$

Bei der Schichtung von Trittschalldämmplatten ist darauf zu achten, dass die zulässige Zusammendrückbarkeit $c_{ges} = c_1 + c_2$ sowie die erforderliche Estrichdicke nach DIN 18560-2 [13] eingehalten wird.

Beispiel:
Trittschalldämmplatte:
Mineralfaser DES-sh, $s' = 8$ MN/m³, CP5

Höhenausgleichsplatte:
EPS DES-sg, $s' = 20$ MN/m³, CP2
$s'_{ges} = 6$ MN/m³, $c_{ges} = 7$ mm
-> Erhöhung der Estrichdicke nach DIN 18560 erforderlich

Ausführung des Randdämmstreifens und von Randfliesen

Der Randdämmstreifen muss den Estrichaufbau (incl. Bodenbelag) vollständig von den umlaufenden Wänden entkoppeln. Der überstehende Rand ist erst nach dem Verlegen des Bodenbelags (Fliesen, Parkett o.ä.) zu entfernen. Die Fugen zwischen Randfliesen und Bodenfliesen sind dauerelastisch zu dichten und dürfen keine Schallbrücken durch Fliesenkleber oder Fugenmörtel aufweisen. Bei offenen Holzbalkendecken kann eine zusätzliche Abdichtung im Randanschluss und zwischen Deckenbalken und Wand erforderlich sein. Dies gilt insbesondere für den Anschluss bei Deckendurchbrüchen, beispielsweise für Kamine.

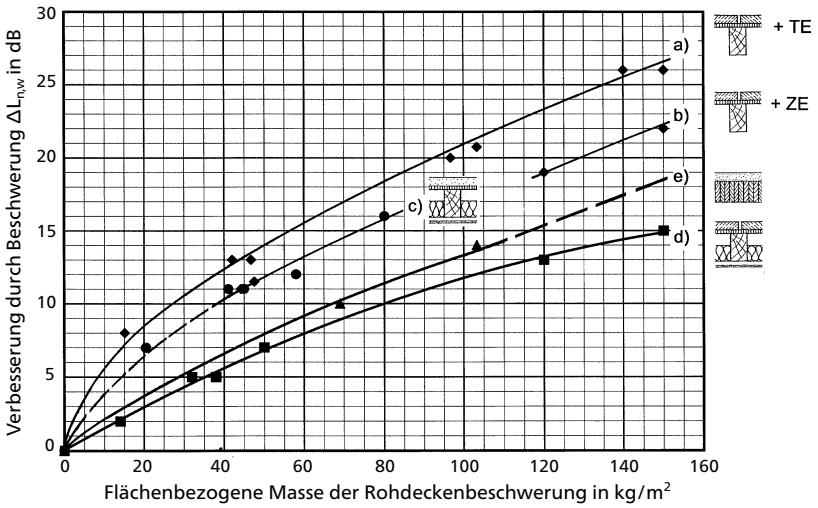


Abb. 3.14

Verbesserung der Trittschalldämmung durch Rohdeckenbeschwerungen

a) Plattenbeschwerung bei offenen Holzbalkendecken mit Trockenestrich

b) Plattenbeschwerung bei offenen Holzbalkendecken mit Zementestrich

c) Schüttungen auf Holzbalkendecken mit Unterdecke

d) Plattenbeschwerung auf Holzbalkendecken mit Unterdecke

e) Schüttungen auf Massivholzdecken

3.2.3 _ Rohdeckenbeschwerungen

Holzdecken sind als typische Leichtbauelemente zu betrachten, in einigen Fällen (z. B. bei offenen Holzbalkendecken oder bei erhöhten Trittschallanforderungen) ist es allerdings sinnvoll, zur Erhöhung der Trittschalldämmung diese Deckensysteme zu beschweren. Zur Beschwerung der Rohdecke können Plattenmaterialien oder Schüttungen verwendet werden. Die Angaben zur flächenbezogenen Masse sind Mindestmaße. Die Dickenangaben ergeben sich bei üblichen Beschwerungen aus Masse und Rohdichte. Plattenbeschwerungen können mit Fliesenkleber (o.ä.) auf der Rohdecke verklebt oder in ein Sandbett (ca. 5 mm) gelagert werden. Dadurch wird ein vollflächiger Kontakt zur Rohdecke und damit eine ausreichende Bedämpfung sichergestellt.
Die Plattenbeschwerung sollte nicht zu großformatig sein, ein Format von maximal ca. 30 cm x 30 cm hat sich bewährt. Bei Schüttungen sind geeignete Maßnahmen gegen ein Wandern der Schüttung (Bildung von Mulden) zu treffen. Dies ist möglich durch das Einbringen der Schüttung in Pappwaben, Sandmatten, einem Lattengitter (Feldgröße etwa 80 cm x 80 cm) oder die elastische Bindung mit Latexmilch. Weitere Bindemittel sind derzeit in Entwicklung. Als Entwicklungskriterien sind dabei – neben der gleichen schalltechnischen Verbesserung im Vergleich zur ungebundenen Schüttung – die schnelle Aushärtung, die mögliche Einbringung mit einer Estrichpumpe und eine möglichst geringe Baufeuchte zu nennen.

Die erreichbare Verbesserung der Trittschalldämmung hängt von dem Flächengewicht der eingebrachten Beschwerung ab, also von der Rohdichte der Platten bzw. Schüttung, und von Plattendicke bzw. Höhe der Schüttung. Außerdem ist zu beachten, dass die schalltechnische Wirkung vom Deckentyp (offene oder geschlossene Holzbalkendecke, Massivholz-

decke) abhängt. Tendenziell lässt sich mit Schüttungen bei gleichem Flächengewicht eine größere Verbesserung der Trittschalldämmung erzielen als mit Plattenbeschwerungen. Die Verbesserung durch die eingebrachte Masse der Rohdeckenbeschwerung kann Abb. 3.14 entnommen werden [12].

Beim Umgang mit Rohdeckenbeschwerungen ist darauf zu achten, dass zur Vermeidung von Feuchteschäden sowohl das Schüttgut als auch die Plattenbeschwerung in trockenem Zustand auf die Rohdecke gebracht werden.

3.2.4 _ Schwingungstilger

Schwingungstilger bestehen aus einer Masse und einer Feder, die auf oder im Bauteil als schwingungsfähiges System (Ein-Masse-Schwinger) eingebaut werden. Durch die Bauteilschwingung wird der Schwingungstilger zur Resonanz gebracht, in der er die Bauteilschwingung stark bedämpft. Im Gegensatz zur breitbandig bedämpfenden Beschwerung wirkt der Schwingungstilger somit in einem schmalen Frequenzbereich, der über die Größe der Masse und die Steifigkeit der Feder beeinflussbar ist. Bei Holzdecken werden Tilger zur Bedämpfung der Deckenschwingungen im Frequenzbereich von 30 Hz bis 100 Hz eingesetzt, um die Trittschallübertragung bei tiefen Frequenzen zu reduzieren. In Abb. 3.12 c) wird ein Kastenelement mit Schwingungstilger dargestellt, bestehend aus einem Betonstein auf einer Dämmplatte.

3.2.5 _ Tragstruktur und Dämmung im Balkenzwischenraum

Die Dimensionierung der Tragstruktur, also die Balkenhöhe bei Balkenlagen und die Elementdicke bei Massivholzelementen, kann nach statischen Kriterien erfolgen. Ihr Einfluss auf die Schallübertragung ist ab einer Mindestdicke gering. Im Bauteilkatalog werden deshalb Mindestmaße für die Dimensionierung angegeben. Die Balkenlage kann mit Vollholzbalken, Stegträgern oder Fachwerkträgern ausgeführt werden. Als Massivholzelemente sind Brettschichtholz-, Brettsperrholz- oder Brettstapelelemente möglich. Bei Balkenlagen mit abgehängten Unterdecken lässt sich in Holztafelbauten keine wahrnehmbare Verbesserung durch größere Balkenabstände (e = 0,625 m auf e = 0,815 m) erzielen.

Der Gefachdämmung bei Balkendecken mit elastisch abgehängten Unterdecken kommt hinsichtlich der Minderung der Schallübertragung eine größere Bedeutung zu, als dies bei starr montierten Unterdecken der Fall ist. Durch eine Verdopplung der Dämmstoffdicke wird eine Verbesserung von 1 bis 3 dB erreicht. Gegenüber dem leeren Gefach ergab bei Vergleichsmessungen ein 200 mm starker Faserdämmstoff eine Verbesserung von 7 dB im bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$. Wurde die Dämmstoffmatte seitlich am Balken hochgezogen, waren die Ergebnisse gleichwertig (siehe Abb. 3.15).

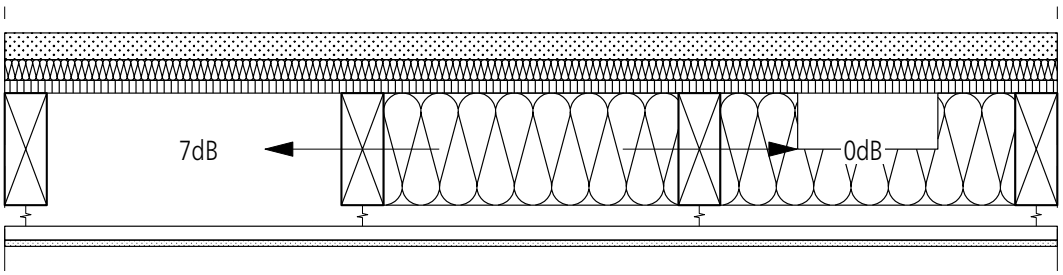


Abb. 3.15
Einfluss der Dämmstoffanordnung beim bewerteten Trittschallpegel eines Deckenaufbaus mit schwimmendem Estrich und abgehängter Unterdecke

Ähnliches gilt für die Art des Dämmstoffes. Verbesserungen des bewerteten Trittschallpegels durch Erhöhung der Dichte des Dämmstoffes von 15 kg/m³ auf 30 kg/m³ liegen im Bereich von max. 1 dB. Für Einblasdämmstoffe hat sich eine Dichte $\rho \approx 40$ kg/m³ als gut geeignet erwiesen. Bei diesem Dämmstofftyp ist unterhalb der Balkenlage eine Folie und eine zusätzliche Lattungsebene einzufügen, um das Einbringen des Dämmstoffes zu ermöglichen. Eine Beplankung ist an dieser Stelle aus schalltechnischer Sicht ungünstig, da sie eine zusätzliche Masse-Feder-Masse Resonanz bewirkt. Zur Auswahl des Dämmstoffes siehe auch Abschnitt 2.5.6.

3.2.6 _ Unterdecken

Die im Holzbau übliche Bekleidung der Deckenbalken bzw. der Massivholzdecken mit Gipsbauplatten (Gipskarton- oder Gipsfaserplatten) kann als direkte Bekleidung oder in Form unterschiedlicher Unterdeckensysteme ausgeführt werden. Je nach Montage wird aus schalltechnischer Sicht unterschieden zwischen:

- direkten Bekleidungen der Deckenelemente
- starr montierten Unterdecken (z. B. mit einer Lattungsebene)
- entkoppelt montierten bzw. abgehängten Unterdecken (z.B. mit Federschienen oder elastischen Abhängern)

Direkte Bekleidung der Deckenelemente

Die direkte Bekleidung wird hauptsächlich bei Massivholzelementen eingesetzt, um höheren Brandschutzanforderungen oder dem Kundenwunsch nach einer weißen Untersicht zu entsprechen. Schalltechnisch wirkt sich die direkte Bekleidung durch ihre geringfügige Massenerhöhung kaum aus. Bei der Montage der Bekleidung ist das Arbeiten der Massivholzelemente (Quellen / Schwinden) zu berücksichtigen.

Starr montierte Unterdecken

Eine Standardkonstruktion bei Holzbalkendecken ist die an einer Lattungsebene quer zum Balken befestigte Unterdecke. Im Vergleich zur offenen Holzbalkendecke wird die Schalldämmung dadurch um bis zu 15 dB verbessert. Eine doppelte Bekleidung der Unterdecke (zwei Lagen Gipsbauplatten) bringt keine wesentliche Verbesserung (ca. 1 dB).

Entkoppelt montierte Unterdecken

Durch die Befestigung der Unterdecke mittels Federschienen, Federbügeln oder elastischen Abhängern wird eine gute Entkopplung der Unterdecke erreicht. Die Verbesserungen gegenüber der offenen Holzbalkendecke betragen mit marktüblichen Abhängesystemen bis zu 25 dB. Das ist eine Verbesserung von ca.10 dB gegenüber der o.g. starr montierten Unterdecke.

Weiterentwickelte Abhänger mit elastischen Lagern können gezielt auf die optimale Eigenfrequenz der Abhänger ausgelegt werden und dadurch weitere Verbesserungen erzielen. Die Auslegung erfolgt nach Herstellerangaben anhand der Pressung im Lager, die aus dem Abstand der Abhänger und der flächenbezogenen Masse der Unterdecke resultiert. Als geeigneter Bereich dieser Eigenfrequenz f_0 wird

$$12 \text{ Hz} \leq f_0 \leq 25 \text{ Hz}$$

vorgeschlagen. Die so abgestimmte Unterdecke erzielt auch eine Reduktion der tieffrequenten Trittschallübertragung. Im Gegensatz zu der starr montierten Unterdecke wird bei der entkoppelten Montage durch zusätzliche Bekleidungen eine deutliche Verbesserung erreicht (3 - 6 dB bei Masseverdopplung). Auch hier sind mehrere dünne Bekleidungslagen günstig, um die Biegesteifigkeit der Unterdecke möglichst gering zu halten.

Sowohl die starr montierten als auch die entkoppelt montierten Unterdecken bewirken durch die eingeschlossene Luftschicht eine Masse-Feder-Masse Resonanz, die im Resonanzbereich zu verstärkten Schallübertragungen führt. Da die Verbesserungen durch die Unterdecke erst oberhalb dieser Resonanzfrequenz eintreten, wird angestrebt diese zu möglichst tiefen Frequenzen zu verschieben.

Konstruktiv lässt sich dies erreichen durch:
- eine Erhöhung der Luftschichtdicke (Abhängehöhe)
- eine Erhöhung der Masse (flächenbezogene Masse der Unterdeckenbekleidungen)
- Abhänger mit geringer Federsteifigkeit und möglichst großem Montageabstand

Aus diesen konstruktiven Größen lässt sich erkennen, dass eine Unterdecke unter flächigen Deckenelementen (Massivholzelementen) deutlich geringere Verbesserungen bringen wird als unter Holzbalkendecken. Die Hauptursache liegt in der geringeren Luftschichtdicke zwischen den flächigen Elementen und der Unterdecke. Wird beispielsweise eine Federschiene mit einer einlagigen Bekleidung unter eine Massivholzdecke montiert, ergibt sich gegenüber der Konstruktion ohne Unterdecke lediglich eine Verbesserung von ca. 4 dB im $L_{n,w}$. Die Trittschallübertragung beim Begehen der Decke kann vom Bewohner sogar lauter empfunden werden (siehe auch Abschnitt 2.3).

3.2.7 _ Gehbeläge

Weichfedernde Gehbeläge:
Teppichbeläge verbessern die Trittschalldämmung. Sie werden aber in ihrer Wirkung auf Holzbalkendecken häufig überschätzt. Die Wirkungsweise von Teppichen besteht darin, das Aufsetzen des menschlichen Fußes abzufedern und damit einen Teil der Schallenergie bereits bei der Einleitung in die Decke zu dämmen. Dieser Effekt von Teppichböden betrifft aber hauptsächlich die hochfrequenten Anregungen und ist bei tiefen Frequenzen relativ gering.

Weichfedernde Gehbeläge auf Estrichböden dürfen nach DIN 4109 nicht zum Nachweis der Mindestanforderungen von Wohnungstrenndecken bei Mehrfamilienhäusern herangezogen werden, da der Fußbodenbelag durch nachfolgende Nutzer ausgewechselt werden kann.

Aus praktischen Gründen wird daher empfohlen, bei der Planung der Deckenaufbauten die Verbesserung durch weichfedernde Beläge nicht zu berücksichtigen. Hinzu kommt, dass in vielen Wohnungen auf Teilflächen harte Bodenbeläge liegen (Fliesen in Küche, Bad und Esszimmer sowie Parkett oder Steinbelag in Diele, Flur und Wohnzimmer).

Fliesen und andere harte, schwere Beläge
Fliesen sind kraftschlüssig mit dem Estrich verbunden und nehmen daher eine Sonderstellung unter den Gehbelägen ein. Die Erhöhung der Gesamtmasse (Fliesen + Estrich) bewirkt eine leichte Verbesserung der Schalldämmung bei den tiefen Frequenzen. Durch die Erhöhung der Biegesteifigkeit und wegen der besseren Schalleinleitung in den Estrich wird die Schalldämmung bei den hohen Frequenzen allerdings verschlechtert.

Durch einen Holzbelag (z. B. Parkett) wird die Trittschallübertragung kaum verändert. Schwimmend verlegtes Parkett ergibt bei den mittleren und hohen Frequenzen Verbesserungen.

Die Verbesserung der Trittschalldämmung einer Holzbalkendecke (ohne Estrich) allein mittels Gehbelägen ist unzureichend. Der Einsatz von Gehbelägen kann jedoch als Zusatzmaßnahme nützlich sein.

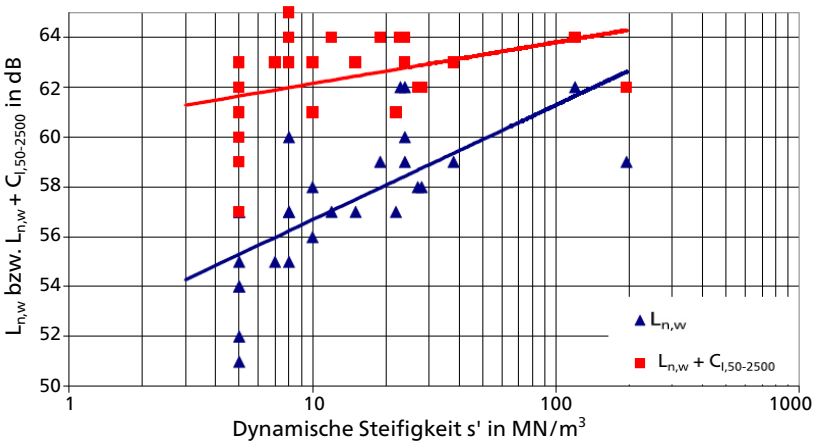


Abb. 3.16
Trittschalldämmung von Holzbalkendecken mit unterschiedlichen Estrichaufbauten. Die Estrichaufbauten unterscheiden sich nur durch die dynamische Steifigkeit s' der Trittschalldämmplatten.
blau: Analyse mit $L_{n,w}$
rot: Analyse mit $L_{n,w}+C_{I,50\text{-}2500}$

3.2.8 _ Konstruktive Optimierung der Decken

Die Trittschalldämmung von Holzdecken ist schon seit längerer Zeit ein Feld intensiver Forschungstätigkeit. In den meisten Fällen wurde hier der bewertete Norm-Trittschallpegel der Deckenkonstruktion untersucht und analysiert. Für das subjektive Empfinden der Bewohner ist jedoch auch der Bereich tieffrequenter Schallübertragungen zu berücksichtigen.

3.2.8.1 _ Einfluss von Estrichaufbauten

Bei der Frage nach Parametern mit Einfluss auf die niederfrequente Schalldämmung ist zunächst der Einfluss des Estrichaufbaus zu prüfen, da dieser Estrich als Masse-Feder-Masse System oft Resonanzfrequenzen in dem fraglichen Frequenzbereich hat. Für die Prognose der akustischen Eigenschaften von Estrichaufbauten ist die dynamische Steifigkeit s' der Trittschalldämmplatten ein wesentlicher Einflussfaktor. Der Einfluss auf die niederfrequente Trittschalldämmung wird in Abb. 3.16 illustriert, in der die Trittschalldämmung von Holzdecken verglichen wird, die sich lediglich in der Steifigkeit ihrer Trittschalldämmplatten unterscheiden.

Die Analyse wurde sowohl für den $L_{n,w}$ (Frequenzbereich von 100 Hz bis 3150 Hz) als auch für den $L_{n,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ (Frequenzbereich von 50 Hz bis 2500 Hz) durchgeführt. Die Analysen zeigen deutlich, dass für die Berücksichtigung der tieffrequenten Trittschalldämmung in Form des $L_{n,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ die Wahl der dynamischen Steifigkeit der Trittschalldämmplatten wenig ausschlaggebend ist. Eine deutliche Verbesserung ergibt sich erst bei sehr geringen dynamischen Steifigkeiten, wenn die Masse-Feder-Masse Resonanz des Estrichaufbaus tief genug liegt.

3.2.8.2 _ Einfluss durch Rohdeckenbeschwerung

Zur Verbesserung der Trittschalldämmung von Holzdecken ist oftmals die Beschwerung der Rohdecke erforderlich [12]. In der Praxis hat sich gezeigt, dass in Abhängigkeit von der Zusatzmasse eine deutliche Verbesserung des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L_{n,w}$ möglich ist. Um zu prüfen, wie sich diese Maßnahme auf die tieffrequente Schalldämmung auswirkt, wurden in Abb. 3.17 für verschiedene Holzdecken die Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ und $L_{n,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ gegen die jeweilige Zusatz-Beschwerungsmasse aufgetragen. Abb. 3.17 zeigt, dass die Korrelation zwischen $L_{n,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ und der Zusatzmasse wesentlich besser ist, als die Korrelation zwischen $L_{n,w}$ und der Zusatzmasse. Daraus lässt sich folgern, dass die Zusatzmasse der Rohdeckenbeschwerung ein entscheidender Parameter für die tieffrequente Trittschalldämmung ist. Zur Optimierung einer Holzdecke allein über die Beschwerung sind allerdings hohe Zusatzmassen (100 – 300 kg/m²) erforderlich.

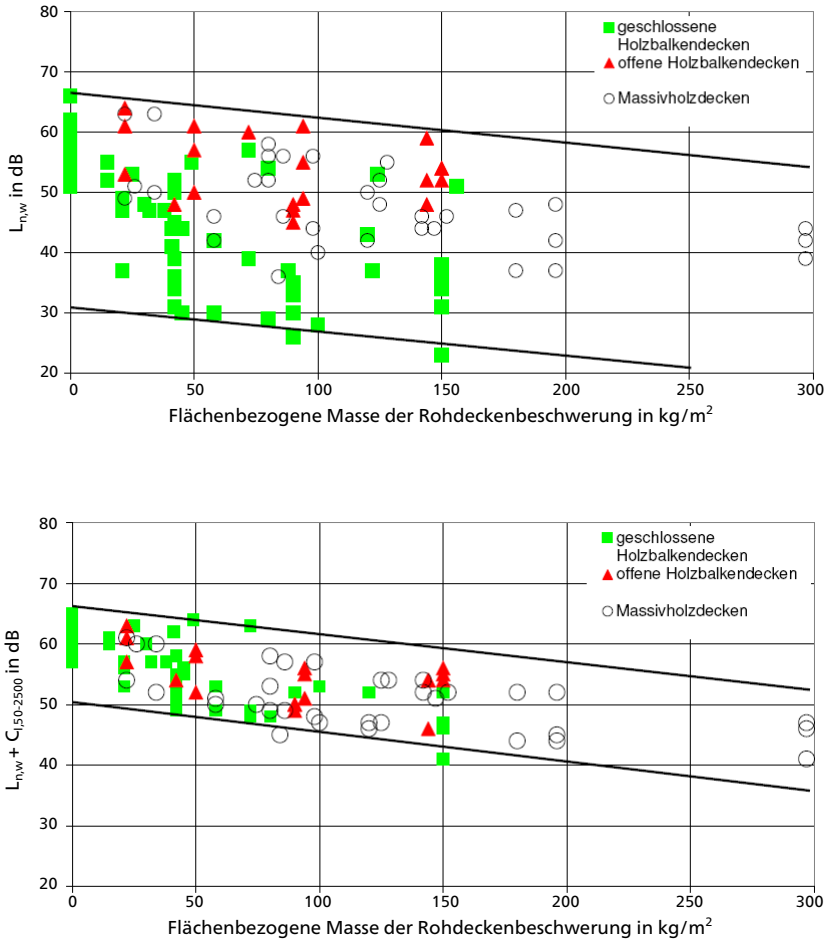


Abb. 3.17
Trittschalldämmung von Holzbalkendecken in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse der Zusatzbeschwerung

oben:
Analyse mit $L_{n,w}$

unten:
Analyse mit $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$

3.2.8.3 _ Beispiele für Holzdecken mit verbesserter niederfrequenter Schalldämmung

Sollen Holzdecken geplant werden, die hinsichtlich ihrer Schalldämmung auch das subjektive Empfinden der Bewohner widerspiegeln, so ist auch die niederfrequente Schalldämmung im Hinblick auf eine verringerte Trittschallübertragung zu berücksichtigen. Hierzu werden in Abschnitt 2.4 Zielwerte für den $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ angegeben, die eine bessere Beurteilung des Deckenaufbaus ermöglichen. Konstruktionen, die dem Schallschutzniveau BASIS+ entsprechen

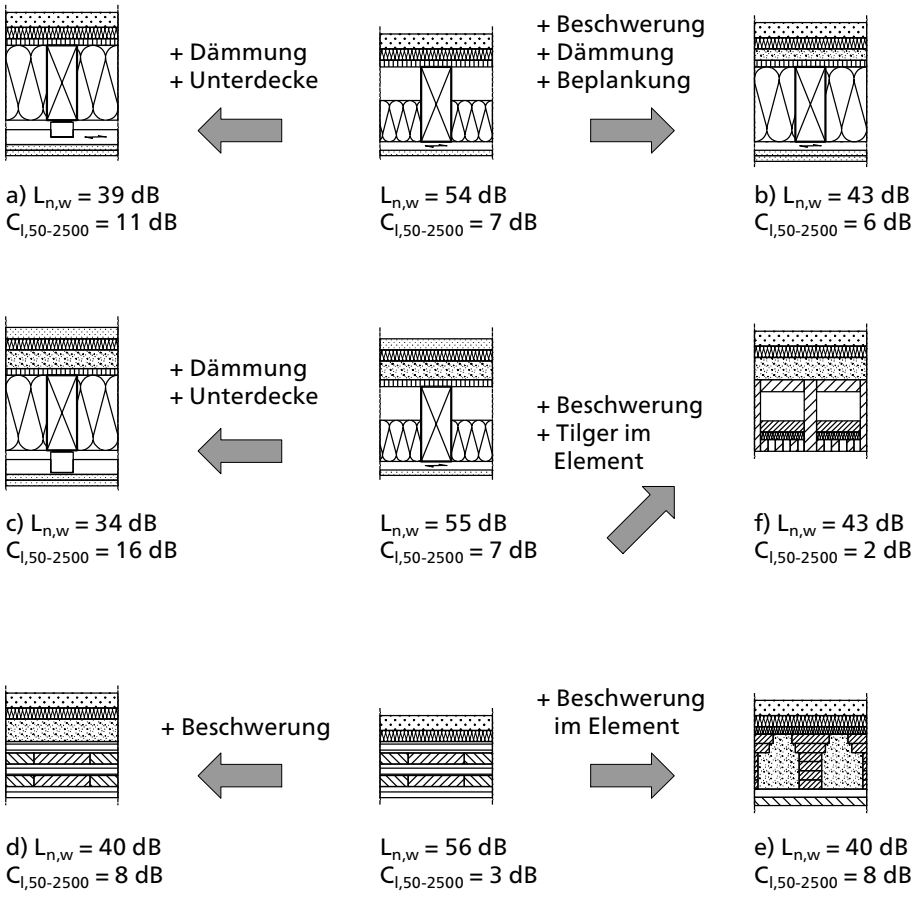


Abb. 3.18

Beispiele für Holzdecken mit verbesserter niederfrequenter Trittschalldämmung zum Einsatz als Wohnungstrenndecken im Vergleich zu einer einfachen Holzdecke (Einfamilienhausdecke) als Ausgangssituation. Zusatzmaßnahmen:

a) Unterdeckenabhänger + 2 x 12,5 mm GKF / 200 mm Faserdämmstoff im Gefach
b) 60 mm Splitt / Lattung + 2 x 12,5 mm GKF / 200 mm Faserdämmstoff im Gefach
c) Unterdeckenabhänger + 2 x 12,5 mm GKF / 200 mm Faserdämmstoff im Gefach
d) 60 mm Splitt
e) Splitt im Deckenelement (Brettsperrholz-Rippenelement)
f) 70 mm Splitt / Tilger im Deckenelement (Kastenelement)

($L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} \leq 50$ dB), werden in Abb. 3.18 dargestellt. Sie können aus typischen Einfamilienhausdecken (Abb. 3.18, Mitte) durch die angegebenen Zusatzmaßnahmen erreicht werden.

Abb. 3.18 a) und b) zeigt Holzbalkendecken mit im Werk vorfertigbarer Unterdecke mit doppelter Bekleidung (2 x 12,5 mm GKF). Bei Abb. 3.18 a) wird die Unterdecke mit druckbelastbaren, elastischen Abhängern entkoppelt; bei Abb. 3.18 b) wird eine Rohdeckenbeschwerung (60 mm Splitt, $m' = 90$ kg/m²) eingesetzt. Beide Aufbauten enthalten eine 200 mm starke Hohlraumdämmung aus Faserdämmstoff.

Eine Lösung mit Trockenestrichelementen ist in Abb. 3.18 c) dargestellt. Die Verbesserung gegenüber der Ausgangssituation wird durch die entkoppelte und doppelt bekleidete Unterdecke erreicht. Der komplette Deckenaufbau wurde mit Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen realisiert und zeigt, dass auch mit steiferen Trittschalldämmplatten (Holzfaserplatten $s' = 30$ MN/m³) ein guter Trittschallschutz erreichbar ist.

Für Massivholzelemente (Abb. 3.18 d bis f) ist eine Rohdeckenbeschwerung die beste Methode, um die Trittschallübertragung zu reduzieren. Sie kann auf dem Element (Abb. 3.18 d) oder im Element (Abb. 3.18 e) eingebracht werden. Bei Aufbau f) wurden im Kastenelement zusätzliche Schwingungstilger eingebaut, die die Trittschallübertragung bei tiefen Frequenzen reduzieren, wie der Vergleich von $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ zeigt. Der Aufbau entspricht in Bezug auf die tieffrequente Trittschallübertragung bereits dem KOMFORT Schallschutzniveau. Weitere Aufbauten dieses Niveaus mit unterschiedlichen Rohdeckentypen sind im Bauteilkatalog (Kapitel 6) zusammengestellt.

3.3 _ Steilddächer

3.3.1 _ Dachkonstruktionen

In diesem Abschnitt werden übliche Steildachkonstruktionen hinsichtlich ihrer Transmissionsschalldämmung und Flankenschalldämmung beschrieben. Die Beschreibung der einzelnen Bauteilschichten solcher Steildachkonstruktionen folgt [1] und ist in Abb. 3.19 dargestellt.

Die Konstruktionen von Steildächern mit Zwischensparrendämmung und Aufsparrendämmsystem werden diskutiert. Bei den Steildächern mit Aufsparrendämmung ist zwischen den Dämmsystemen mit Hartschaum-Dämmplatten und solchen aus Faserdämmstoffen zu unterscheiden.

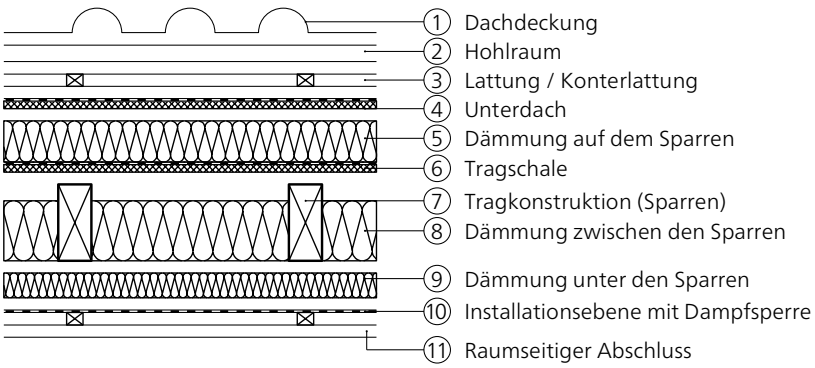


Abb. 3.19
Darstellung der Bauteilschichten eines Steildachs aus [1]

3.3.1.1 _ Steildächer mit Zwischensparrendämmung

Der prinzipielle Aufbau eines Steildachs mit einer Zwischensparrendämmung ist von innen nach außen wie folgt (vergleiche auch 0):

a) Raumseitige Bekleidung auf Querlattung oder Federschienen
b) Sparren aufliegend auf Pfetten, anstelle eines Sparren aus Vollholz kann auch ein Stegträger eingesetzt werden, Wärmedämmung zwischen den Sparren eingepasst
c) Unterdach als Unterspannung (Unterspannbahn) oder Unterdeckung (Unterdachschalung, MDF-Platte oder hydrophobierte Holzweichfaserplatte)
d) Konterlattung und Traglattung mit Dacheindeckung

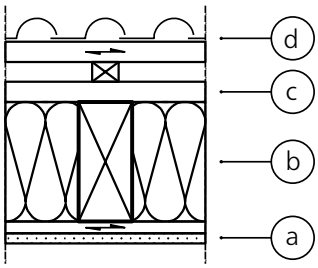


Abb. 3.20
Aufbau eines Steildachs mit Zwischensparrendämmung

Die für die Schalldämmung wesentlichen Einflussparameter sind:

a) Raumseitige Bekleidungen

Üblich sind Bekleidungen aus Gipswerkstoffen (Gipskartonplatte, Gipsfaserplatte). Beim Einsatz einer Nut- und Feder-Schalung ist im Vergleich zu den Gipsbauplatten mit Defiziten im Bereich von 5 - 7 dB zu rechnen. Diese erklären sich hauptsächlich durch undichte Fugen zwischen den Profilbrettern. Zur Vermeidung dieses Mangels können die Profilbretter als zweite Bekleidung auf einer GKB-Platte montiert werden. Hinsichtlich der Befestigung der Bekleidung besteht die Möglichkeit diese über Federschienen gegen die Sparren zu entkoppeln. Im Vergleich zur Standardbefestigung über Dachlatten ist mit einer Verbesserung im bewerteten Schalldämm-Maß R_w um ca. 2 dB zu rechnen.

b) Hohlraumdämmung / Tragkonstruktion

Die Wärmedämmung wird mit ca. 10 mm Übermaß zwischen die Sparren eingesetzt. Üblicherweise kommt hier ein Mineralfaserdämmfilz zum Einsatz. Alternativ können auch Zellulosedämmplatten, Baumwolle oder Holzweichfaserplatten eingesetzt werden. Geschlossenzellige Polystyrol-Dämmplatten werden für diesen Einsatzzweck nicht empfohlen, da diese schlechtere schalltechnische Eigenschaften als Faserdämmstoffe haben. Im Vergleich der verschiedenen Faserdämmstoffe (Mineralfaser, Zellulosedämmstoff, Baumwolle) wurden bei vergleichbaren Kenndaten (Dichte, Strömungswiderstand) keine wesentliche Unterschiede hinsichtlich der Schalldämmung festgestellt. Das Schalldämm-Maß der Dachkonstruktionen variiert mit der Dicke der jeweils eingebrachten Wärmedämmung aus Faserdämmstoff. Bei gleicher Dämmstoffdicke verhält sich ein höherer Sparren tendenziell etwas besser als ein weniger hoher Sparren. Der Einfluss der Dachneigung auf R_w ist eher gering und kleiner als 2 dB anzusetzen. Bei Einsatz eines Stegträgers anstelle eines Sparren aus Vollholz werden ähnliche Schalldämmwerte erreicht.

c) Einfluss der Dachschalung

Als Dachschalung kommen folgende Varianten in Betracht:

- Nut- und Feder-Schalung
- Gespundete Schalung
- Paraffinierte MDF-Platte ggf. mit Belag aus Abdeckbahnen
- Hydrophobierte Holzweichfaserplatte

Alternativ kann auch nur eine Unterspannbahn aufgebracht werden. Eine unbeschwerte Dachschalung verhält sich hinsichtlich des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w ungünstiger als wenn nur eine Unterspannbahn eingesetzt wird. Der Einsatz einer Dachschalung ist allerdings vorteilhaft, wenn speziell die niederfrequente Schalldämmung verbessert werden soll. Wird eine äußere Dachschalung eingesetzt, so kann diese zur Verbesserung der Schalldämmung noch zusätzlich beschwert werden. Hierzu eignen sich insbesondere ein- oder mehrlagige Bitumenschweißbahnen. Die Höhe der Verbesserung wird durch die Zusatzmasse bestimmt.

d) Einfluss der Dacheindeckung

Als Dacheindeckung kommen üblicherweise verfalzte Ton- oder Betondachsteine zur Verwendung. Aufgrund des geringeren Gewichts wird bei Tondachsteinen eine um ca. 2 dB reduzierte Schalldämmung gemessen. Verfalzte Betondachsteine und Biberschwanzziegel verhalten sich etwa gleichwertig im Hinblick auf die erreichbare Schalldämmung. Blecheindeckungen aus Trapezblech sind wegen der geringeren flächenbezogenen Masse wesentlich ungünstiger.

3.3.1.2 _ Steildächer mit Aufsparrendämmung

Der prinzipielle Aufbau eines Steildachs mit einer Aufsparrendämmung ist von innen nach außen wie folgt (vergleiche auch Abb. 3.21):

a) Sparren aufliegend auf Pfetten
b) Raumseitige Beplankung mit Sparren vernagelt
c) Wärmedämmung (Hartschaum oder Faserdämmstoff) über Konterlattung mit den Sparren verschraubt
d) Unterdeckung, Konterlattung und Traglattung mit Dacheindeckung

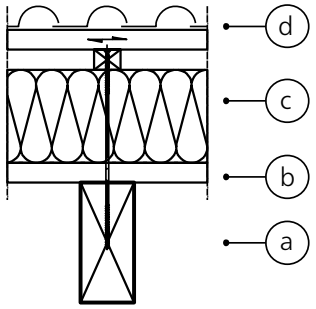


Abb. 3.21
Aufbau eines Steildachs mit Aufsparrendämmung

Die für die Schalldämmung wesentlichen Einflussparameter sind:

b) Dachschalung

Üblicherweise wird eine Dachschalung aus Mehrschichtplatten oder Nut-und-Feder-Brettern eingesetzt. Zur Verbesserung der Schalldämmung kann die Dachschalung noch beschwert werden. Zur Beschwerung eignen sich biegeweiche Materialien wie z. B. Bitumenschweißbahnen, elementierte zementgebundene Spanplatten oder Gipsbauplatten bei werkseitiger Vorfertigung.

c) Aufsparrendämmung

Die Wärmedämmung wird außen auf die Dachschalung aufgebracht. Hinsichtlich der Schalldämmung ist zwischen Dämmplatten aus PUR-Hartschaum oder aus Faserdämmstoff

(Mineralfaser oder Holzweichfaser) zu unterscheiden. Bei Dämmplatten aus Faserdämmstoff wird die Schalldämmung entscheidend durch den Anpressdruck der Dämmplatten an die Dachschalung beeinflusst. Für eine optimierte Schalldämmung ist der Anpressdruck so niedrig wie möglich zu halten. In der Praxis lässt sich dies durch den Einsatz von Doppelgewindeschrauben realisieren. Zwischen Mineralfaser und Holzweichfaser wurden keine systematischen Unterschiede in der Schalldämmung R_w festgestellt. Im Vergleich mit diesen Faserdämmstoffen verhalten sich Dämmplatten aus PUR-Hartschaum schalltechnisch ungünstiger. Bei Dämmplatten aus PUR-Hartschaum kann eine Verbesserung der Schalldämmung noch durch eine Kaschierung der Dämmplatte mit Mineral- oder Holzweichfaserplatte erfolgen. Diese aufkaschierte Dämmplatte kann raumseitig oder außenseitig liegen.

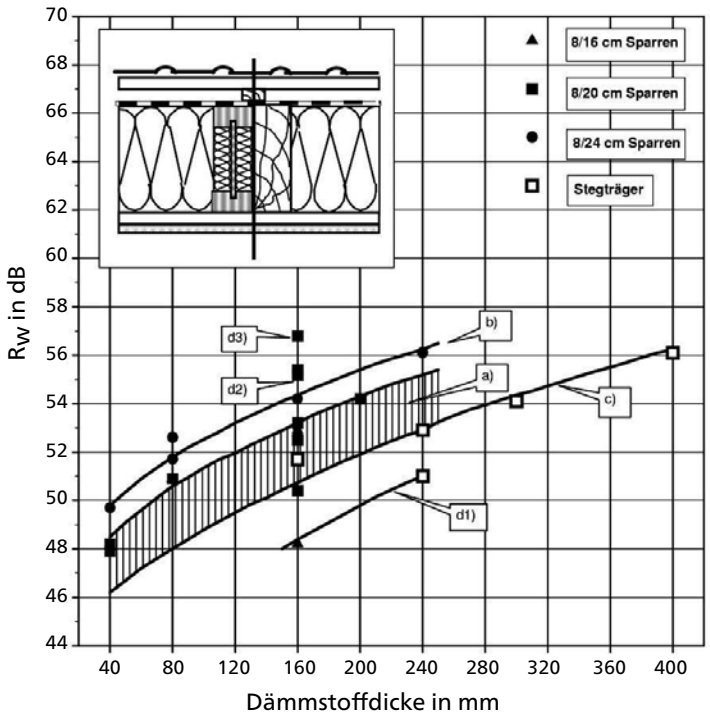


Abb. 3.22
Bewertetes Schalldämm-Maß R_w von Steildächern mit Zwischensparrendämmung als Funktion von der Dämmstoffdicke
a) Vollholzsparren 8/16 cm bis 8/20 cm (Darstellung mit Schwankungsbreite)
b) Vollholzsparren 8/24 cm
c) Stegträger mit Voll- und Teilwärmedämmung, Höhen 240 mm, 400 mm
d1) Vollholzsparren oder Stegträger mit Dachschalung oder Dachbeplankung
d2) Raumseitige Bekleidung aufgedoppelt und über Federschienen entkoppelt
d3) Ausführung wie d2) mit zusätzlicher beschwerter Dachschalung
Die angegebenen Schalldämm-Maße R_w sind Labor-Messwerte.

Einfluss der Dämmstoffdicke
Das Schalldämm-Maß der Steildachkonstruktionen mit einer Aufsparrendämmung aus Faserdämmstoff variiert mit der Dicke der jeweils aufgebrachten Wärmedämmung.

d) Einfluss der Dacheindeckung
Als Dacheindeckung kommen üblicherweise verfalzte Ton- oder Betondachsteine zur Verwendung. Bei Tondachsteinen wurde eine um ca. 2 dB reduzierte Schalldämmung gemessen. Verfalzte Betondachsteine und Biberschwanzziegel verhalten sich in etwa gleichwertig im Hinblick auf die erreichbare Schalldämmung. Blecheindeckungen aus Trapezblech sind wegen der geringeren flächenbezogenen Masse wesentlich ungünstiger.

3.3.2 _ Einfluss der Konstruktion auf die Transmissions-Schalldämmung von Steildächern

Das bewertete Schalldämmmaß R_w von Steildächern mit Zwischensparrendämmung wird in Abb. 3.22 dargestellt. In dieser Abbildung ist zu sehen, dass mit zunehmender Dämmstoffdicke auch die Schalldämmung des Steildachs verbessert wird. Durch Einsatz geeigneter Beschwerungsmaßnahmen und durch Entkopplung der raumseitigen Bekleidung kann eine Verbesserung der Schalldämmung um bis zu 6 dB gegenüber der Grundkonstruktion erzielt werden.

Die Transmissions-Schalldämmung R_w von Steildächern mit Aufsparrendämmung aus Faserdämmstoff wird in Abb. 3.23 dargestellt. Hier ist zu erkennen, dass mit zunehmender Dämmstoffdicke auch die Schalldämmung des Steildachs verbessert wird. Durch eine Reduzierung des Anpressdrucks des Faserdämmstoffs durch Montage mit Doppelgewindeschrauben, sowie durch Einsatz geeigneter Beschwerungsmaßnahmen lässt sich eine deutliche Verbesserung der Schalldämmung gegenüber der Grundkonstruktion erzielen.

Die Wirksamkeit von Beschwerungen bei der Schalldämmung wird in Abb. 3.24 noch einmal gesondert dargestellt. Als Beschwerungen eignen sich prinzipiell biegeweiche Materialien, in der Praxis sind Bitumenbahnen gebräuchlich. Bei hohen Anforderungen lassen sich auch elementierte zementgebundene Spanplatten (Plattengrößen von ca. 30 cm x 30 cm) einsetzen. Mit solch einer Beschwerungsmaßnahme konnten Labor- Schalldämm-Maße bis zu 62 dB gemessen werden, siehe [17]. Die Plattenbeschwerungen sind vollflächig mit der Dachschalung zu verkleben.

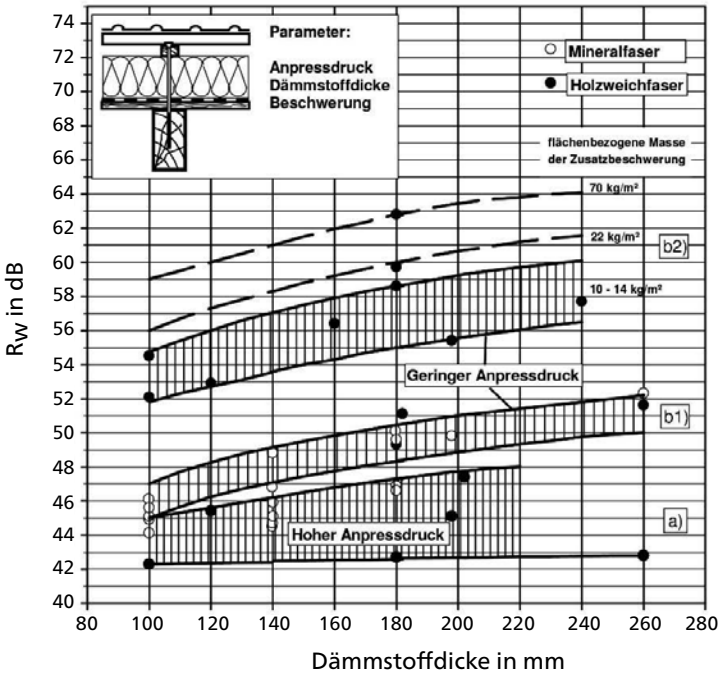


Abb. 3.23
Bewertetes Schalldämm-Maß R_w von Steildächern mit Aufsparrendämmung aus Faserdämmstoff als Funktion der Dämmstoffdicke.

a) Hoher Anpressdruck des Faserdämmstoffs durch Verschraubung mit Einfachgewindeschraube oder Montage mit Sparrennägeln.

b1) Geringer Anpressdruck des Faserdämmstoffs durch Verschraubung mit Doppelgewindeschraube.

b2) Geringer Anpressdruck des Faserdämmstoffs durch Verschraubung mit Doppelgewindeschraube und zusätzlicher Beschwerung der Dachschalung.
Die angegebenen Schalldämm-Maße R_w sind Labor-Messwerte.

Die Schalldämmung R_w von Steildächern mit Aufsparrendämmung aus PUR-Hartschaum wird im Bauteilkatalog (siehe Kapitel 6) dargestellt. Eine Verbesserung der Schalldämmung der Grundkonstruktion lässt sich durch den Einsatz von PUR-Dämmstoffen mit einer Kaschierung aus Faserdämmstoffen erreichen. Zur weiteren Verbesserung der Schalldämmung können Beschwerungen der Dachschalung verwendet werden. Die Wirksamkeit der Beschwerung ist abhängig von der aufgebrachten Zusatzmasse. Die erwarteten Verbesserungen im Schalldämm-Maß werden in Abb. 3.24 dargestellt.

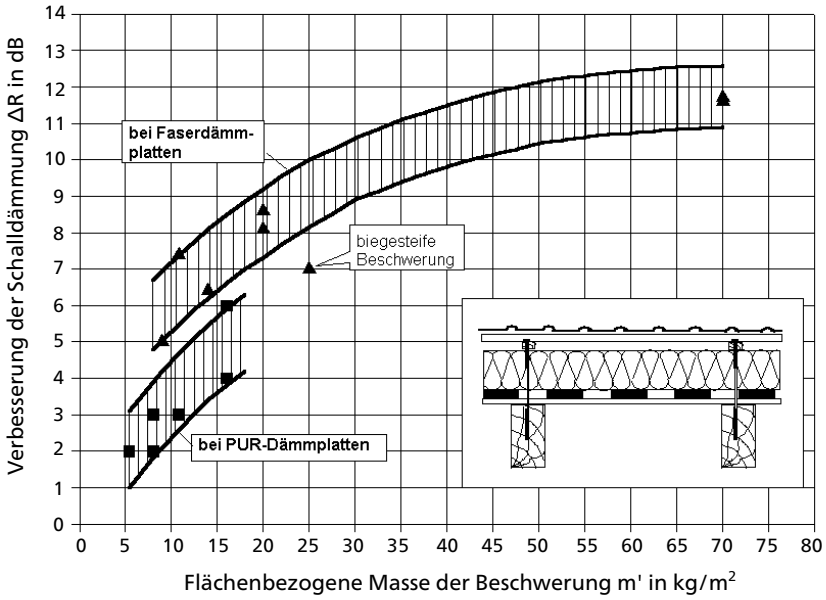
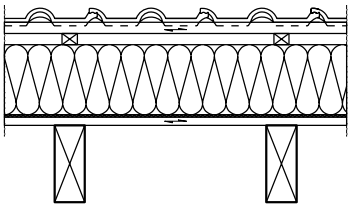


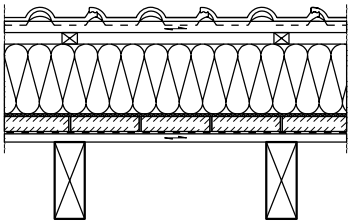
Abb. 3.24
Verbesserung der Schalldämmung R_w von Steildächern mit Aufsparrendämmung (Faserdämmplatten oder PUR-Dämmplatten) durch Einsatz biegeweicher Beschwerungen (z. B. Bitumenschweißbahnen, elementierte zementgebundene Spanplatten oder Gipsbauplatten bei werkseitiger Vorfertigung) auf der Dachschalung.

3.3.3 _ Schalldämmung von Steildächern bei tiefen Frequenzen

Werden Steildächer bei Belästigungen mit Verkehrslärm mit stark niederfrequenten Beiträgen eingesetzt, ist darauf zu achten, dass deren Schalldämmung im Frequenzbereich unterhalb 100 Hz ausreichend gut ist. Für diese Einsatzzwecke wurden im Rahmen eines Forschungsvorhabens [17] besondere Steildächer entwickelt, die eine verbesserte Schalldämmung bei tiefen Frequenzen, d. h. unterhalb von 100 Hz, besitzen. Vier dieser Dachkonstruktionen werden in Abb. 3.25 und Abb. 3.26 mit ihren Schalldämmkurven dargestellt. Sie zeigen, dass diese verbesserten Konstruktionen bei Frequenzen unterhalb 100 Hz eine Schalldämmung aufweisen, die deutlich über den üblichen Steildachkonstruktionen liegt. Eine detailliertere Beschreibung der hier vorgestellten Dächer ist der Literatur [17] zu entnehmen.



Konstruktion Kurve (b)



Konstruktion Kurve (c)

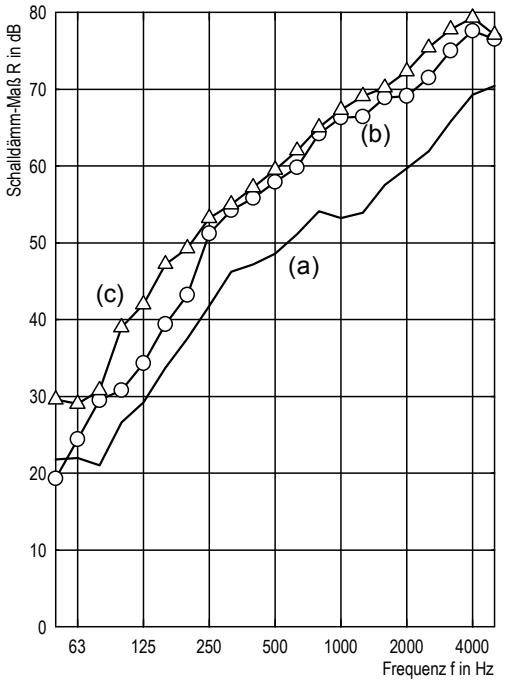
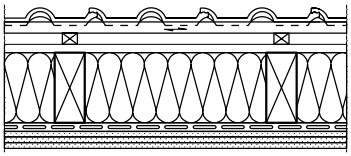
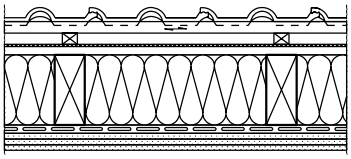


Abb. 3.25
Schalldämmung von optimierten Steildächern mit Aufsparrendämmung verglichen mit einer Standard-Steildachkonstruktion Holzweichfaser mit geringem Anpressdruck (Kurve a):
Typ Beschwerung der Dachschalung mit 12 kg/m² - Kurve (b)
Typ Beschwerung der Dachschalung mit 70 kg/m² - Kurve (c)
Beispiel aus [17]



Konstruktion Kurve (b)



Konstruktion Kurve (c)

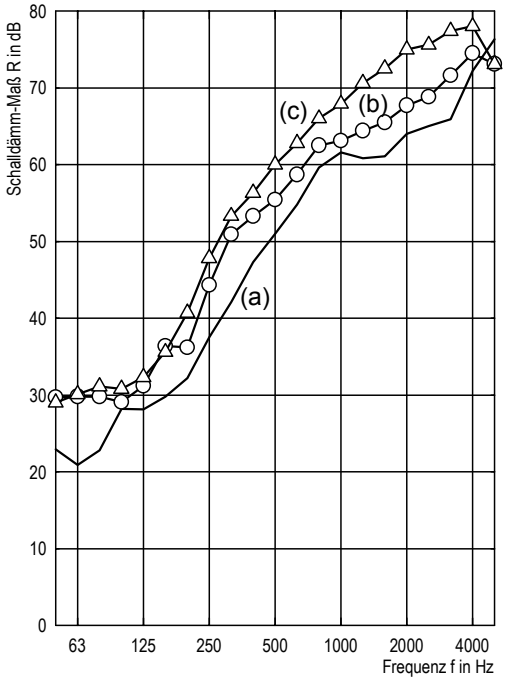


Abb. 3.26
Schalldämmung von optimierten Steildächern mit Zwischensparrendämmung verglichen mit einer Standard-Steildachkonstruktion (Kurve a):
Typ Entkopplung durch Federschiene - Kurve (b)
Typ Entkopplung durch Federschiene und Beschwerung Dachschalung - Kurve (c)
Beispiel aus [17]

3.4 _ Flachdächer

3.4.1 _ Dachkonstruktionen

Sichtbare Tragkonstruktionen können mit Sichtsparrendächern, Dachelementen aus Massivholzelementen (Brettsperrholz-, Brettschichtholz-, Brettstapelelemente) oder Rippen- und Kastenelementen realisiert werden. Diese einschaligen Bauweisen der Grundkonstruktionen erfordern für schalltechnisch hochwertige Ausführungen Zusatzmassen in Form einer Beschwerung in oder auf dem Element. Alternativ lässt sich durch eine (entkoppelte) Unterdecke die Luft- und Trittschalldämmung verbessern.

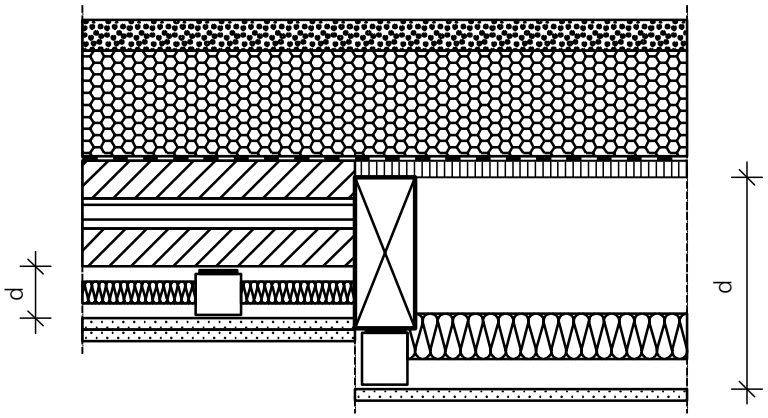


Abb. 3.27
Unterdecken bei Flachdächern. Schalltechnisch wirksame Luftschichtdicken *d*

3.4.2 _ Unterdecke und raumseitige Bekleidung

Die Bekleidung der Unterdecke erfolgt in der Regel mit Plattenmaterialien. Vorteilhaft ist eine große flächenbezogene Masse bei geringer Biegesteifigkeit der Plattenmaterialien. Anstelle einer dicken Lage sollten deshalb besser mehrere dünne Lagen aufgebracht werden. Mit geschlossenen Gipsbauplatten lassen sich gegenüber Nut-und-Feder-Schalungen aufgrund des geringeren Fugenanteils und der höheren flächenbezogenen Masse deutlich bessere Schalldämm-Maße erreichen.

Unterdecken wirken nach dem „Masse-Feder-Masse System", das erst oberhalb seiner Eigenfrequenz f_0 eine deutliche Verbesserung der Luft- und Trittschalldämmung aufweist. Um eine möglichst große Verbesserung zu erzielen, ist es deshalb sinnvoll f_0 zu tiefen Frequenzen hin zu verschieben. Dies kann durch die o.g. hohe flächenbezogene Masse der Plattenmaterialien sowie einer entkoppelten Montage der Unterdecke durch geeignete Abhänger erfolgen. Um eine gute Entkopplung zu gewährleisten, sollte nicht mehr als die konstruktiv erforderliche Anzahl an Abhängepunkten ausgeführt werden. Die Federsteifigkeit des Abhängesystems ist herstellerabhängig. Ihre schalltechnische Wirksamkeit lässt sich anhand der Lage der Eigenfrequenz bei gegebener Belastung gewährleisten (Angaben siehe Bauteilkatalog Kapitel 6).

Parallel zum Abhänger wirkt auch das durch die schwingende Unterdecke eingeschlossene und komprimierte Luftvolumen als Feder. Die Steifigkeit dieser Luftschicht hängt vom Volumen bzw. der Luftschichtdicke d ab. Je größer d gewählt wird, desto weicher ist die Feder. Eine abgehängte Unterdecke wirkt deshalb unter einem Sparrendach deutlich besser als unter einem flächigen Massivholzelement (siehe Abb. 3.27).

3.4.3 _ Dämmung

Nicht druckbelastete Dämmstoffe zwischen den Sparren und in der Unterdecke wirken schallabsorbierend, in dem Schallenergie durch Reibung an und zwischen den Dämmstofffasern in Wärmeenergie umgewandelt wird. Hierzu ist eine offenzellige Struktur des Dämmstoffes erforderlich, die der Schallwechseldruckwelle einerseits ein Eindringen ermöglicht und andererseits einen genügend großen Widerstand entgegensetzt. Eine gute schallabsorbierende Wirkung wird mit Dämmstoffen erreicht, deren längenbezogener Strömungswiderstand r zwischen 5 kPa s/m² und 50 kPa s/m² liegt [1]. Dies kann sowohl mit Faserdämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen als auch mit konventionellen Dämmstoffen erreicht werden. Geschlossenzellige Dämmstoffplatten (z. B. Hartschaumplatten) sind nicht geeignet.

Druckbelastete Aufdachdämmungen haben neben der absorbierenden Wirkung auch die Aufgabe der Entkopplung. Bei Steildächern werden hierzu bei Dachkonstruktionen mit Schallschutzanforderungen häufig Faserdämmplatten eingesetzt. Dies ist auch bei flach geneigten Dächern mit Blecheindeckung möglich (siehe Bauteilkatalog Kapitel 6). Bei Flachdächern werden wegen der höheren Belastung meist Hartschaumdämmplatten verwendet. Diese verhalten sich wegen ihrer hohen Steifigkeit, der geringen Rohdichte und der fehlenden Absorption zunächst ungünstig. In Verbindung mit dünnen Abdichtungssystemen können Hagel oder Vogeltritt zu merklicher Geräuschbildung führen. Eine deutliche Verbesserung ist allerdings durch einen geeigneten Aufbau oberhalb der Dämmschicht möglich.

3.4.4 _ Abdichtung, Dachdeckung und Gehbelag

Der Aufbau oberhalb der Dämmstoffebene wird nutzungsabhängig variiert. Für nicht begehbare Flachdächer werden Kiesschüttungen, extensive Begrünungen oder Dachabdichtungsbahnen verwendet. Die Ausführung mit Dachabdichtungsbahnen ohne weitere Zusatzmassen ergibt erwartungsgemäß geringere Schalldämm-Maße. Bisherige Vergleichsmessungen [22] ergaben jedoch auch für Dachaufbauten mit extensiver Dachbegrünung deutlich geringere Schalldämm-Maße als mit Kiesauflagen gleicher flächenbezogener Masse. Die Ursache ist noch zu klären. Bei Kiesauflagen oder extensiven Dachbegrünungen ist zusätzlich der Einfluss auf das Feuchteverhalten zu berücksichtigen. Für leicht geneigte Dächer kommen Metalldachdeckungen zum Einsatz. Leichte Dachabdichtungen und Metalldachdeckungen verhalten sich insgesamt ungünstiger als schwere, mehrlagig aufgebrachte Abdichtungsbahnen. Zusätzlich ist bei Blechdächern die Geräuschentwicklung bei Starkregen zu berücksichtigen. Auch wegen des Feuchteschutzes sollten strukturierte Trennlagen eingesetzt werden, wodurch eine wirksame Reduzierung der Geräuschentwicklung erfolgt.

Als Dachterrassen genutzte, begehbare Dächer können mit Betonplatten im Kiesbett, Platten auf Stelzlagern oder einem Holzrost ausgeführt werden. Während die Betonplatten im Kiesbett durch ihre flächenbezogene Masse wirksam sind, lässt sich bei Stelzlagern und Holzrosten eine zusätzliche Reduzierung der Übertragung durch Entkopplungsmaßnahmen (elastische Lagerung auf Baulager) erreichen. Hierzu wird das Entkopplungsmaterial vom

Hersteller auf eine geeignete Eigenfrequenz des Aufbaus ausgelegt. Als praxistauglicher Bereich für die Eigenfrequenz kann $f_0 = 60$ bis 70 Hz angestrebt werden. Die Einfederung unter der Zusatzbelastung einer gehenden Person sollte bei $\Delta t < 1{,}5$ mm liegen. Ausführungsvarianten sind in Abb. 3.28 dargestellt.

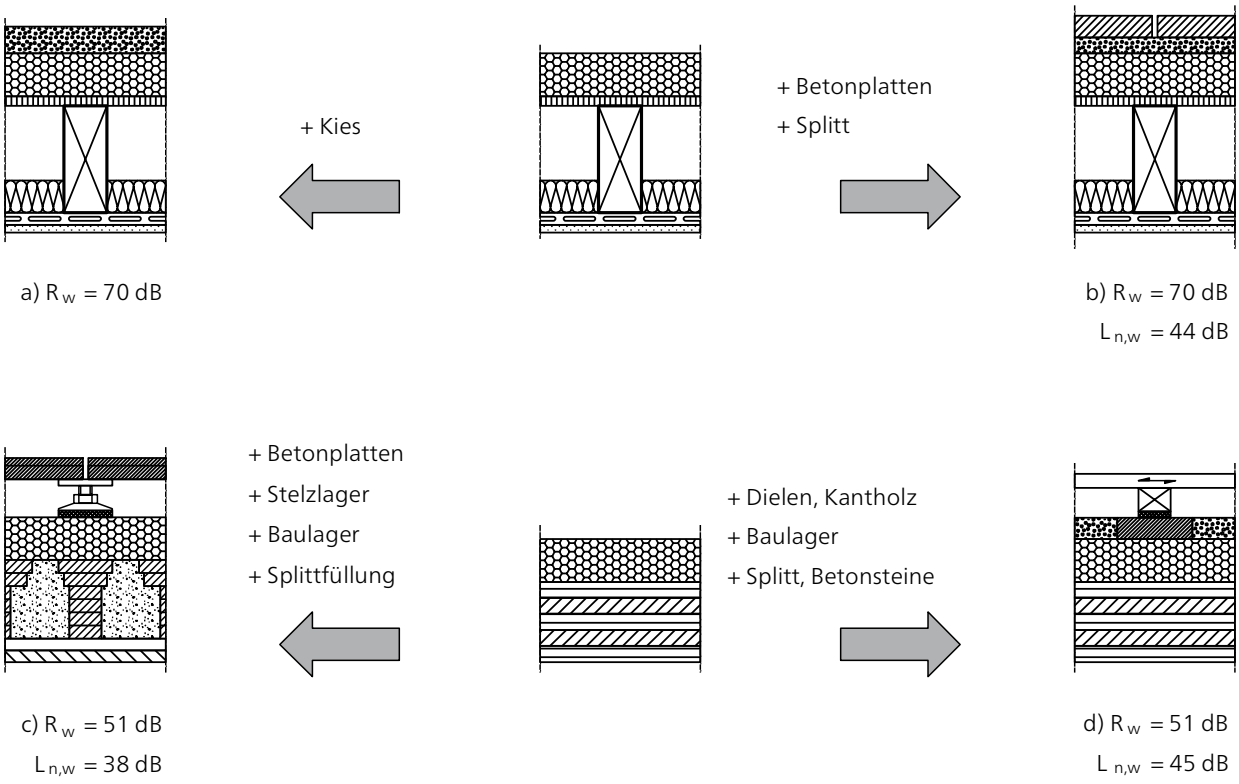


Abb. 3.28
Flachdächer aus Sparren- oder Massivholzelementen mit unterschiedlichen Aufbauten:
a) 50 mm Kies
b) 40 mm Betonplatten, 30 mm Splitt
c) 40 mm Betonplatten, > 40 mm Stelzlager, 12 mm Baulager
d) 26 mm Dielen, 44 mm Kantholz, 12 mm Baulager, 40 mm Splitt und Betonplattung (unter Baulager)

4 _ Bauakustische Vorbemessung von Holzbauteilen

In den folgenden Abschnitten wird für eine Beispielsituation im mehrgeschossigen Holzbau die bauakustische Planung durch eine einfache und auf der sicheren Seite liegende Vorbemessung dargestellt. Dabei wird der Fokus auf die Datenquellen sowie die Vorgehensweise gelegt. Die Vorbemessung findet üblicherweise in einer frühen Planungsphase statt, deshalb kann durch eine korrekte Vorbemessung der Grundstein für eine solide bauakustische Planung gelegt und eine aufwändige Bauteilnachbesserung zu einem späteren Zeitpunkt vermieden werden.

Die im bauakustischen Planungsablauf auf die Vorbemessung folgende genaue Berechnung im Nachweisverfahren nach DIN 4109-2 [1] ergibt, je nach den geometrischen Verhältnissen in der jeweiligen Bausituation, für den Luftschallnachweis in Gebäuden der Holztafelbauweise gleiche oder günstigere Ergebnisse. Gebäude in Massivholzbauweise können nach DIN 4109-2 [1] derzeit noch nicht berechnet werden. Für den häufig maßgebenden Trittschallnachweis von Trenndecken ergibt die Berechnung nach DIN 4109-2 [1] die gleichen Ergebnisse, da das Nachweisverfahren noch keine Berücksichtigung der geometrischen Verhältnisse und unterschiedlich ausgeführter Flanken zulässt.

Ergänzend werden deshalb neben dem Vorbemessungsverfahren zusätzliche Kombinationsmatrizen für Trenndecken und für Trennwände vorgestellt, die einerseits eine schnelle und sichere Auswahl verschiedener Bauteilkombinationen ermöglichen und andererseits auch Bauteilkombinationen abdecken, die noch nicht nach DIN 4109-2 [1] berechnet werden können. Die hierzu erforderlichen Berechnungen wurden nach [30] durchgeführt. Für die Beschreibung dieser Berechnungen und die Anwendung des Nachweisverfahrens für Holzbauten wird auf die Folgeschriften dieser Publikation verwiesen.

Vorbemessungsbeispiel:
Als Beispiel für die Vorbemessung soll ein Gebäude der Gebäudeklasse 4 nach MBO dienen. Abb. 4.1 und 4.2 zeigen hierfür die wesentlichen Informationen. Für die bauakustische Vorbemessung hat sich bewährt, zunächst die Trenndecken zu untersuchen, da an sie im Holzbau die bauakustisch höchsten Anforderungen gestellt werden. Mit der Festlegung der Deckenkonstruktion ergeben sich dann zum Teil wiederum die Flanken für die weiteren Bauteile. Dies bestimmt die Gliederung dieses Kapitels.

Neben den Anforderungen an den Schallschutz sollen auch Anforderungsmerkmale des Brandschutzes betrachtet werden. Dabei liegt der Fokus auf der hochfeuerhemmenden Bauweise. Für die Holzbauweise werden je nach Bundesland Anforderungen an die Baustoffklasse, die Feuerwiderstandsdauer und die sogenannte Kapselung der Bauteile gestellt. Besonders zu beachten ist die Kapselung, da hier nichtbrennbare Schichten in einer Gesamtdicke von ca. 36 mm erforderlich sind. Dies führt zu schweren nichtbrennbaren Beplankungsschichten, die bei richtiger Anordnung sich bauakustisch positiv auswirken. Eine integrale, disziplinenübergreifende Planung, die Brand-, Schall-, Wärmeschutz und statische Belange gleichermaßen beachtet, ist im modernen Holzbau unabdingbar.

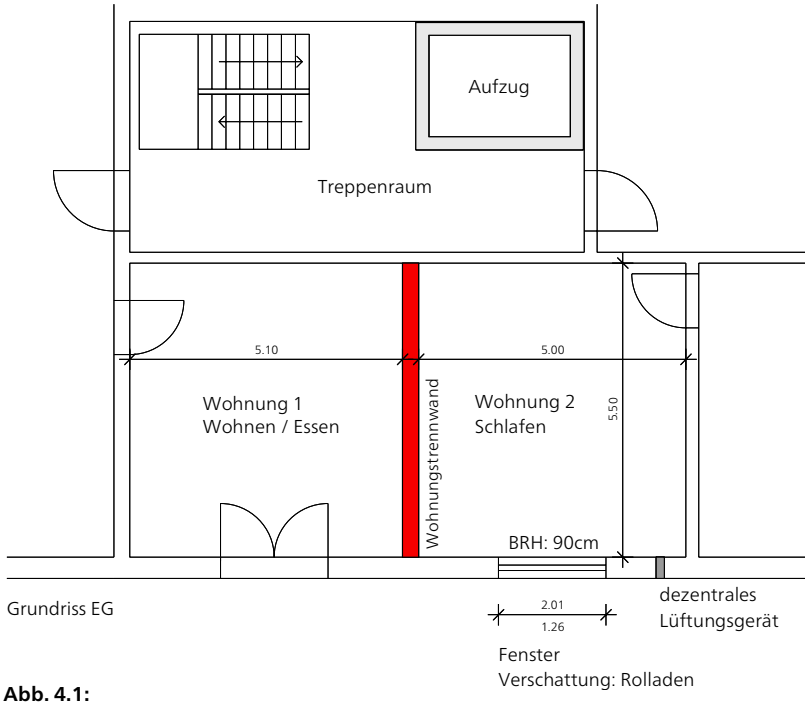


Abb. 4.1:
Grundrisssituation der Beispielbemessung

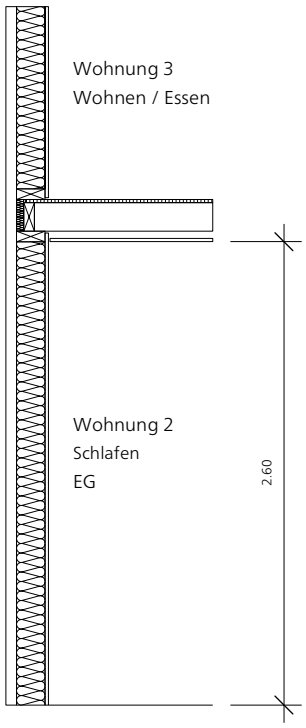


Abb. 4.2:
Schnitt im Untersuchungsbereich

Verfahren der bauakustischen Vorbemessung beim Luftschall

Da der Luftschalldurchgang bei allen Trennbauteilen zu bemessen ist, wird hier die generelle Vorgehensweise dargestellt. Die konkreten Beispiele werden in den einzelnen Abschnitten nochmals erläutert.

Vorgehensweise bei der Vorbemessung für den Luftschallschutz:

1. Zielwert für R'_w festlegen, falls erforderlich auch für $R_w + C_{50\text{-}5000}$ (z. B. BASIS+).
2. Ableiten des Bauteilniveaus aus dem Zielwert + 7 dB nach Gleichung (9) und Wahl eines entsprechenden Bauteils. Dazu können Tabelle 20, 30 und 35 im Kapitel 6 herangezogen werden, die auch Hinweise zum Brandschutz enthalten.
3. Bewerten der Flankensituation und Wahl von Flanken, die das Kriterium $D_{n,f,w}$ + 7 dB nach Gleichung (10) erreichen.
4. Bei Reihen- und Doppelhaustrennwänden Abgleich des Kriteriums $R_w + C_{50\text{-}5000}$.

Diese Vorbemessung ist sowohl für die vertikale wie auch die horizontale Schallübertragung in Gebäuden der Holztafelbauweise anwendbar. Für Trennbauteile mit Massivholzflanken ist eine Berechnung analog zum Massivverfahren der DIN 4109-2 [1] erforderlich, da die Flankenübertragung nicht durch die bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ beschrieben werden kann.

Vorbemessung:
Bauteil:

$$R_{w,Bauteil} \geq R'_{w,Zielwert} + 7\ dB \qquad (9)$$

Flanken:

$$D_{n,f,w,Bauteil} \geq R'_{w,Zielwert} + 7\ dB \qquad (10)$$

$R'_{w,\,Zielwert}$:
Vereinbarter Zielwert,
z. B. im Bauvertrag BASIS+
$R_{w,\,Bauteil}$:
Bewertetes Schalldämmmaß aus einem Bauteilkatalog, z. B. Kapitel 6 oder DIN 4109-33 [1]
$D_{n,fw,Bauteil}$:
Bewertete Normflankenpegeldifferenz aus einem Bauteilkatalog, z. B. DIN 4109-33 [1]

Hinweis:
Der Aufschlag von 7 dB berücksichtigt mit 2 dB die Prognoseunsicherheit des Rechenverfahrens und mit 5 dB die Flankenübertragung.

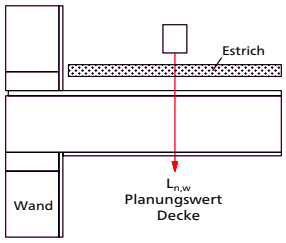
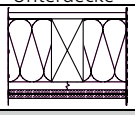
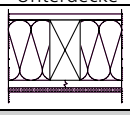
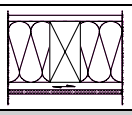
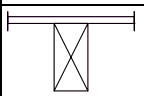
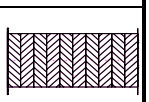
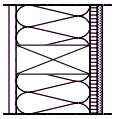
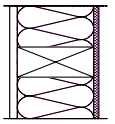
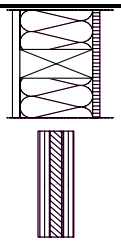
Verfahren der bauakustischen Vorbemessung beim Trittschall
Bei der Vorbemessung für den Trittschall ist wegen der heterogenen Situationen an den Flanken und den Decken eine zielwertabhängige Auswahl aus einer Tabelle erforderlich. Zusätzlich ist das Kriterium $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ zu prüfen, falls hieran Anforderungen gestellt sind.

Vorgehensweise bei der Vorbemessung für Trittschall:

1. Festlegung eines Zielwerts für $L'_{n,w}$ und $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ (z. B. BASIS+).
2. Grundsätzliche Vorauswahl einer Deckenkonstruktion (siehe dazu analog zum Luftschall Tabelle 20).
   a. Art der Decke:
      Balkenlage oder Massivholz
   b. Art des Estrichs:
      mineralischer Estrich auf Mineralfaser bzw. Holzweichfaser oder Trockenestrich
   c. Art der Unterdecke:
      starr verbunden oder entkoppelt
3. Wahl der Beplankung der unter der Decke liegenden Wände (die ungünstigste Wandbeplankung ist zu wählen).
4. Wahl des erforderlichen Bauteilkennwerts aus Tabelle 5.
5. Suche einer Bauteilkonstruktion, die den Bauteilkennwert erreicht (z. B. aus Kapitel 6).
6. Ablesen des $C_{I,50\text{-}2500}$ aus dem Bauteilkatalog für die gewählte Konstruktion und Abgleich mit dem entsprechenden Zielwert (z. B. BASIS+).

Hinweis:
Sind Zielwerte zwischen BASIS+ und KOMFORT zu wählen, ist die Zeile für KOMFORT zu verwenden. Für Zielwerte $L'_{n,w} < 46$ dB ist die vereinfachte Auswahl nicht mehr anwendbar.

Tabelle 5 | Vorbemessungstabelle für die Schallschutzniveaus BASIS+ und KOMFORT für den Trittschall

						1	2	3	4	5
	Trittschallvorbemessung für Trenndecken für die Klassen BASIS+ und KOMFORT [1)]									
						Holzbalken-decke mit entkoppelter 2-lagiger Unterdecke	Holzbalken-decke mit entkoppelter 1-lagiger Unterdecke	Holzbalken-decke mit direkter Gips-bekleidung [2)]	sichtbare Holzbalken-decke	Massivholz-decke
										
						erforderlicher $L_{n,w}$ für das Trennbauteil				
1	Holztafelbau-wand mit HWS- und Gips-Beplankung		Estrichaufbau	A	BASIS+	$L_{n,w} \leq 38$ dB	$L_{n,w} \leq 41$ dB	$L_{n,w} \leq 43$ dB		
					KOMFORT	4)	4)	4)		
				B	BASIS+	$L_{n,w} \leq 40$ dB	$L_{n,w} \leq 43$ dB	$L_{n,w} \leq 45$ dB		
					KOMFORT	$L_{n,w} \leq 34$ dB	$L_{n,w} \leq 37$ dB	$L_{n,w} \leq 39$ dB		
				C	BASIS+	$L_{n,w} \leq 40$ dB	$L_{n,w} \leq 43$ dB	$L_{n,w} \leq 45$ dB		
					KOMFORT	$L_{n,w} \leq 36$ dB	$L_{n,w} \leq 39$ dB	$L_{n,w} \leq 41$ dB		
2	Holztafelbau-wand mit Gipsbe-plankung		Estrichaufbau	A	BASIS+	$L_{n,w} \leq 37$ dB	$L_{n,w} \leq 40$ dB	$L_{n,w} \leq 43$ dB		
					KOMFORT	4)	4)	4)		
				B	BASIS+	$L_{n,w} \leq 39$ dB	$L_{n,w} \leq 42$ dB	$L_{n,w} \leq 45$ dB		
					KOMFORT	$L_{n,w} \leq 33$ dB	$L_{n,w} \leq 36$ dB	$L_{n,w} \leq 39$ dB		
				C	BASIS+	$L_{n,w} \leq 39$ dB	$L_{n,w} \leq 42$ dB	$L_{n,w} \leq 45$ dB		
					KOMFORT	$L_{n,w} \leq 35$ dB	$L_{n,w} \leq 38$ dB	$L_{n,w} \leq 41$ dB		
3	Holztafelbau-wand mit HWS-Beplankung oder Massivholz-wände [3)]		Estrichaufbau	A	BASIS+	$L_{n,w} \leq 33$ dB	$L_{n,w} \leq 37$ dB	$L_{n,w} \leq 38$ dB		
					KOMFORT	4)	4)	4)		
				B	BASIS+	$L_{n,w} \leq 34$ dB	$L_{n,w} \leq 38$ dB	$L_{n,w} \leq 39$ dB		
					KOMFORT	4)	4)	4)		
				C	BASIS+	$L_{n,w} \leq 37$ dB	$L_{n,w} \leq 41$ dB	$L_{n,w} \leq 42$ dB		
					KOMFORT	4)	4)	4)		

1) Basis+: $L'_{n,w} \leq 50$ dB, Komfort: $L'_{n,w} \leq 46$ dB, $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$: gesonderter Nachweis

2) Hier auch Gipsbekleidungen auf Holzlattung ohne weitere Entkopplungsmaßnahmen

3) Auch direkt beplankte Massivholzwände

4) Besondere Maßnahmen erforderlich, siehe Abschnitt 4.1.3 *"Konstruktive Einflüsse auf die Flankenübertragung"*

A ZE/WF: Zementestrich oder Gussasphalt auf Holzfaser-Trittschalldämmplatten

B ZE/MW: Zementestrich oder Gussasphalt auf Mineralfaser- oder EPS-Trittschalldämmplatten

C Trockenestrich auf Mineralfaser-, EPS - oder Holzfaser-Trittschalldämplatten

4.1 _ Trenndecken

Bei den Trenndecken sind Holzbalkendecken und Massivholzdecken zu betrachten. Es wird die Bemessung dieser beiden Deckentypen beim Tritt- und Luftschallschutz für die beispielhafte Grundriss- und Schnittsituation in Abb. 4.1 und 4.2 durchgeführt.

Exemplarisch werden die Trenndecken nur in Gebäuden in Holztafelbauart dargestellt. Für die reine Massivholzbauweise wird wegen der komplexen Stoßstellenbewertung und deren Berechnung auf die Kombinationsmatrix in Tabelle 7 bzw. die Folgeschriften dieser Publikation verwiesen.

4.1.1 _ Vorbemessungsbeispiel für Holzbalkendecken

Nachfolgend wird eine bauakustische Vorbemessung von Holzbalkendecken in Gebäuden der Holztafelbauweise für die Beispielsituation in Abb. 4.1 und 4.2 durchgeführt. Für die Vorbemessung ist zunächst im Beratungsgespräch mit dem Bauherrn das Schallschutzniveau des Gebäudes festzulegen. In diesem Beispiel wurde für die Trenndecken das Schallschutzniveau BASIS+ nach Abschnitt 2.4 gewählt. Dadurch kann von einem mittleren Standard ausgegangen werden, der mit wirtschaftlichen Deckenaufbauten realisierbar ist. Die zusätzliche Berücksichtigung tiefer Frequenzen beim Trittschall durch den $C_{I,50\text{-}2500}$ führt zu einer spürbaren Verbesserung des akustischen Niveaus gegenüber den Mindestanforderungen nach DIN 4109-1 [1].

Trittschallvorbemessung

Schritt 1:
Erster Schritt bei der Vorbemessung ist die Entnahme der Zielwerte aus Tabelle 2, Abschnitt 2.4 für das gewählte Schallschutzniveau:

Schallschutzniveau BASIS+

$L'_{n,w}$ ≤ 50 dB

$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ ≤ 50 dB

Schritt 2:
Festlegungen zur Deckenkonstruktion, um die Wahl aus Tabelle 20 zu ermöglichen.

Deckenbauweise:
Holzbalkendecke
Art der Unterdecke:
mind. 2-lagige Gipskartondecke als entkoppelte Unterdecke
Estrichart:
Zementestrich auf Mineralfaser-Trittschalldämmung

Schritt 3:
Festlegung der Flankenkonstruktionen:
Holztafelbauweise, raumseitig mit Holzwerkstoff- und Gipskartonplatten beplankt.

Bei unterschiedlichen Aufbauten der flankierenden Wände gilt es die ungünstigste Flanke zu wählen, um die Bemessung auf der sicheren Seite liegend durchführen zu können.

Schritt 4:
Anhand des Zielwertes für die Decke inklusive Nebenwege ($L'_{n,w}$ ≤ 50 dB) kann der hierzu benötigte Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ der Decke ohne Nebenwege nun aus Tabelle 5 entnommen werden. Für die Auswahl werden die Konstruktionsfestlegungen in Schritt 2 und 3 verwendet. Die gewählte Deckenkonstruktion

(Holzbalkendecke mit entkoppelter 2-lagiger Unterdecke) führt zu Spalte 1, die gewählte Flankenkonstruktion zu Zeile 1. Für einen Estrichtyp B (Zementestrich auf Mineralfaser-Trittschalldämmplatten) und das Schallschutzniveau BASIS+ beträgt dort der $L_{n,w} \leq 40$ dB.

Schritt 5:
Nun ist aus den Bauteilkatalogen des Kapitel 6 oder DIN 4109-33 [1] eine Decke mit $L_{n,w} \leq 40$ dB zu suchen:

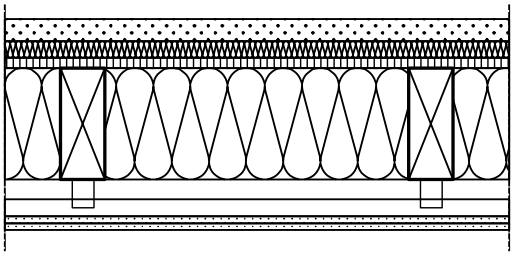


Abb. 4.3:
Aufbau der Beispieldecke für die Bemessung aus Kapitel 6, Tabelle 25, Zeile 17

Bauteilwerte:
$L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) = 37 dB (12 dB)
R_w = 82 dB

Brandschutztechnische Bewertung:
Kapselung: $K_2$60 möglich
Feuerwiderstandsdauer: F60-B
→ Tauglich für GK 4

Gewählter Deckenaufbau nach Abb. 4.3 mit:
$L_{n,w} = 37$ dB < 40 dB ✓

Schritt 6:
Überprüfung des Zielwertes für $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$.
Gewählter Deckenaufbau nach Abb. 4.3 mit:

$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 37$ dB + 12 dB = 49 dB < 50 dB ✓

Luftschallvorbemessung

Schritt 1:
Wahl des Zielwerts aus Tabelle 2, Abschnitt 2.4 für das gewählte Schallschutzniveau:

Schallschutzniveau: BASIS+
$R'_w \geq 57$ dB

Schritt 2:
Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w der Decke ohne Nebenwege, das zur Einhaltung des Zielwertes $R'_w \geq 57$ dB benötigt wird:

$R_w \geq R'_w + 7$ dB
$R_w \geq 64$ dB

Beurteilung des gewählten Deckenaufbaus nach Abb. 4.3:

$R_w = 82$ dB > 64 dB ✓

Schritt 3:
Berechnung der erforderlichen Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ der flankierenden Wände:

$D_{n,f,w} \geq R'_w + 7$ dB
$D_{n,f,w} \geq 64$ dB (erforderlicher Wert)

Beurteilung der gewählten Flanke in Holztafelbauweise nach Abb. 4.2:

Die Decke trennt die Wandbauteile vollständig (Plattformframing).

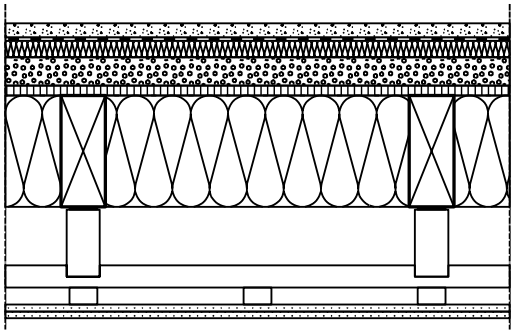
$D_{n,f,w} = 67$ dB
nach DIN 4109-33:2016 Abs. 5.1.3.2
$D_{n,f,w} = 67$ dB > 64 dB ✓

Exkurs: Alternative Vorbemessung für KOMFORT (Trittschall und Luftschall)

Wahl der Zielwerte aus Tabelle 2, Abschnitt 2.4 für das gewählte Schallschutzniveau:

Schallschutzniveau: KOMFORT
R'_w ≥ 60 dB
$L'_{n,w}$ ≤ 46 dB
$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ ≤ 47 dB

Deckenauswahl mit sonst gleichen Vorgaben wie im vorigen Beispiel. Es wird eine Konstruktion mit Trockenestrich und Beschwerung gewählt:



Bauteilwerte:
$L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) = 34 dB (11 dB)
R_w = 81 dB

Brandschutztechnische Bewertung:
Kapselung: $K_2$60 möglich
Feuerwiderstandsdauer: F60-B
→ Tauglich für GK 4

Hinweis:
Es ist eine Schüttung mit m´ ≥ 45 kg/m² erforderlich. Die Abhängehöhe der Unterdecke beträgt ab Unterkante Balkenlage 140 mm bei einer Eigenfrequenz der Unterdecke f_0 < 20 Hz.

Berechnung von $L_{n,w}$ und R_w der Decke ohne Nebenwege, die erforderlich sind, um die Zielwerte zu erreichen:

$L_{n,w} \leq 36$ dB
(Tabelle 5, Spalte 1, Zeile 1, Estrichaufbau C, Schallschutzniveau KOMFORT)

$R_w \geq 67$ dB
(Zielwert $R'_w + 7$ dB)

Berechnung der erforderlichen Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ der flankierenden Wände:

$D_{n,f,w} \geq 67$ dB (Zielwert $R'_w + 7$ dB)

Beurteilung der Decke nach Abb. 4.4:

$R_w = 81$ dB > 67 dB ✓
$L_{n,w} = 34$ dB < 36 dB ✓
$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 34$ dB + 11 dB = 45 dB < 47 dB ✓

Beurteilung der Flanke in Holztafelbauweise, im Deckenstoß vollständig unterbrochen:

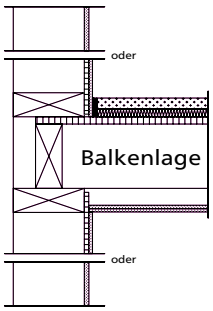
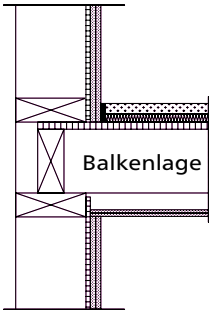
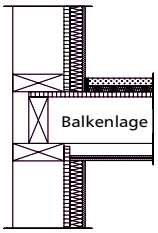
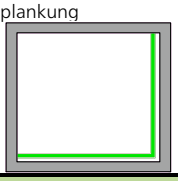
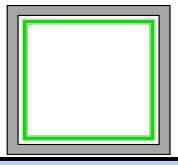
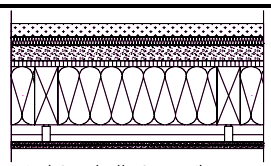
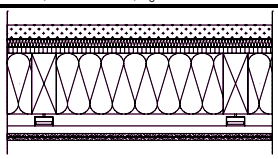
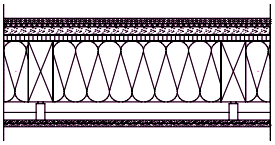
$D_{n,f,w} = 67$ dB
nach DIN 4109-33:2016 Abs. 5.1.3.2
$D_{n,f,w} = 67$ dB = 67 dB ✓

Aus der dargestellten Vorbemessung für das Schallschutzniveau KOMFORT wird ersichtlich, dass bei diesem Niveau die Trittschallübertragung über die flankierenden Wände dominant wird ($L_{n,w} \leq 36$ dB zu $L'_{n,w} \leq 46$ dB). Hier ist es deshalb sinnvoll eine detaillierte Berechnung durchzuführen, die auch Zusatzmaßnahmen an den flankierenden Wänden berücksichtigt.

Die Decken-Wand-Kombinationsmatrix in Tabelle 6 zeigt, wie mit optimierten Decken und Flanken die verschiedenen Schallschutzniveaus erreicht werden können. Die Ergebnisse sind für verschiedene Wand-Decken-Kombinationen ab 10 m² Trennbauteilfläche dargestellt. Dies dient einer schnellen Auswahl, kann aber einen detaillierten Nachweis nicht ersetzen.

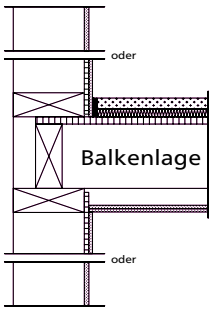
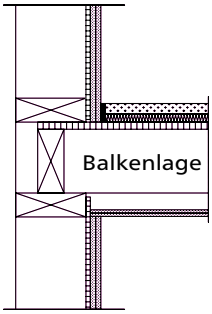
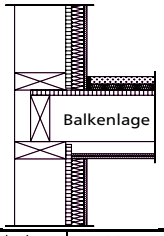
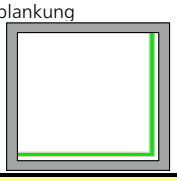
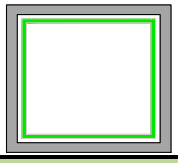
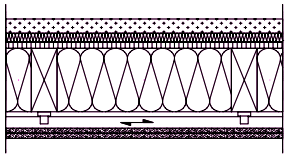
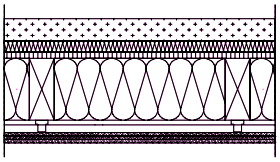
Abb. 4.4:
Aufbau der Beispieldecke für die Bemessung aus Kapitel 6, Tabelle 25, Zeile 30

Tabelle 6 | Kombinationsmatrix für Holzbalkendecken

			1	2	3	4
$L'_{n,w}$ und R'_w für verschiedene Holzbalkendecken und Wandkombinationen [1)]						
Deckenausbildung \ Wand- und Stoßstellenausbildung			Holztafelbauwände mit HWS + GK- oder 1-lagig GF-Beplankung 	Holztafelbauwände innenseitig mit 2 x 18 mm GF-Platte, $K_2 60$ [3)] 	Holztafelbauwände innen mit Vorsatzschale oben und unten $\Delta R_w \geq 5$ dB [2)]  1-seitige Vorsatzschale auf 2 Raumseiten, weitere Raumseiten mit Gipsfaser oder HWS + GK-Beplankung 	1-seitige Vorsatzschale auf 4 Raumseiten 
1	 Kapitel 6, Tabelle 25, Zeile 15: - ≥ 50 mm ZE - ≥ 30 mm TS-Dämmung mit $s' \leq 30$ MN/m³ - ≥ 90 kg/m² Schüttung - entkoppelte Unterdecke mit 2 x 12,5 mm GKF, $f_0 < 30$ Hz	$L_{n,w} \leq 32$ dB $C_{I,50\text{-}2500} = 14$ dB	$L'_{n,w} < 48$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 46$ dB	$L'_{n,w} < 46$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 46$ dB	$L'_{n,w} < 47$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 46$ dB	$L'_{n,w} < 44$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 46$ dB
		$R_w = 82$ dB	$R'_w > 60$ dB BASIS+	$R'_w > 65$ dB KOMFORT	$R'_w > 62$ dB BASIS+	$R'_w > 67$ dB KOMFORT
2	 Kapitel 6, Tabelle 25, Zeile 17: - ≥ 50 mm ZE - ≥ 30 mm TS-Dämmung mit $s' \leq 8$ MN/m³ - entkoppelte Unterdecke mit 2 x 12,5 mm GKF, $f_0 < 20$ Hz	$L_{n,w} \leq 37$ dB $C_{I,50\text{-}2500} = 12$ dB	$L'_{n,w} < 48$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 49$ dB	$L'_{n,w} < 47$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 49$ dB	$L'_{n,w} < 47$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 49$ dB	$L'_{n,w} < 44$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 49$ dB
		$R_w \geq 82$ dB	$R'_w > 60$ dB BASIS+	$R'_w > 65$ dB BASIS+	$R'_w > 62$ dB BASIS+	$R'_w > 67$ dB BASIS+
3	 Kapitel 6, Tabelle 25, Zeile 27: - ≥ 22 mm TE - ≥ 30 mm TS-Dämmung mit $s' \leq 30$ MN/m³ - ≥ 90 kg/m² Schüttung - entkoppelte Unterdecke mit 2 x 12,5 mm GKF, $f_0 < 30$ Hz	$L_{n,w} \leq 34$ dB $C_{I,50\text{-}2500} = 16$ dB	$L'_{n,w} < 45$dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 50$ dB	$L'_{n,w} < 44$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 50$ dB	$L'_{n,w} < 45$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 50$ dB	$L'_{n,w} < 42$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 50$ dB
		$R_w \geq 80$ dB	$R'_w > 60$ dB BASIS+	$R'_w > 65$ dB BASIS+	$R'_w > 62$ dB BASIS+	$R'_w > 67$ dB BASIS+

1) Trennbauteilfläche > 10,0 m², lichte Raumhöhe ≤ 2,60 m, alle Flanken gleich hoch, quadratischer Raumgrundriss
2) Vorsatzschale mit $\Delta R_w \geq 5$ dB, z.B. Installationsebene, bauakustische Bemessung der Vorsatzschale ist erforderlich (Verbesserung geg. Spalte 1)
3) Verbesserung von 2 x 18 mm GF gegenüber Beplankung mit 1 x 12,5 mm GF: $\Delta R_w \geq 3{,}5$ dB

Tabelle 6 | Fortsetzung

			1	2	3	4
$L'_{n,w}$ und R'_w für verschiedene Holzbalkendecken und Wandkombinationen [1]						
Deckenausbildung \ Wand- und Stoßstellenausbildung			Holztafelbauwände mit HWS + GK- oder 1-lagig GF-Beplankung 	Holztafelbauwände innenseitig mit 2 x 18 mm GF-Platte, $K_2$60 [3] 	Holztafelbauwände innen mit Vorsatzschale oben und unten $\Delta R_w \geq 5$dB [2]  1-seitige Vorsatzschale auf 2 Raumseiten, weitere Raumseiten mit Gipsfaser oder HWS + GK-Beplankung 	1-seitige Vorsatzschale auf 4 Raumseiten 
4	 Kapitel 6, Tabelle 25, Zeile 19: - ≥ 50 mm ZE - ≥ 30 mm TS-Dämmung mit $s' \leq 8$ MN/m³ - entkoppelte Unterdecke mit 2 x 18 mm GKF, $f_0 < 20$ Hz	$L_{n,w} \leq 42$ dB $C_{I,50\text{-}2500} = 7$ dB	$L'_{n,w} < 53$dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 49$ dB [5]	$L'_{n,w} < 50$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 49$ dB	$L'_{n,w} < 51$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 49$ dB [5]	$L'_{n,w} < 49$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 49$ dB
		$R_w \geq 80$ dB	$R'_w > 60$ dB BASIS	$R'_w > 65$ dB BASIS+	$R'_w > 62$ dB BASIS	$R'_w > 67$ dB BASIS+
5	 Kapitel 6, Tabelle 25, Zeile 22: - ≥ 80 mm ZE - ≥ 40 mm TS-Dämmung mit $s' \leq 7$ MN/m³ - entkoppelte Unterdecke mit 3 x 12,5 mm GKF, $f_0 < 20$ Hz	$L_{n,w} \leq 37$ dB $C_{I,50\text{-}2500} = 9$ dB	$L'_{n,w} < 48$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 46$ dB [4]	$L'_{n,w} < 46$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 46$ dB	$L'_{n,w} < 47$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 46$ dB [4]	$L'_{n,w} < 46$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 46$ dB
		$R_w \geq 83$ dB	$R'_w > 60$ dB BASIS+	$R'_w > 65$ dB KOMFORT	$R'_w > 62$ dB BASIS+	$R'_w > 67$ dB KOMFORT

1) Trennbauteilfläche > 10,0 m², lichte Raumhöhe ≤ 2,60 m, alle Flanken gleich hoch, quadratischer Raumgrundriss
2) Vorsatzschale mit $\Delta R_w \geq 5$ dB, z.B. Installationsebene, bauakustische Bemessung der Vorsatzschale ist erforderlich (Verbesserung geg. Spalte 1)
3) Verbesserung von 2 x 18 mm GF gegenüber Beplankung mit 1 x 12,5 mm GF: $\Delta R_w \geq 3{,}5$ dB
4) Subjektiv wahrgenommen bereits KOMFORT
5) Subjektiv wahrgenommen bereits BASIS+

Farbcodierung des Schallschutzniveaus in Tabelle 6:
gelb – BASIS
grün – BASIS+
blau – KOMFORT

Hinweis:

Für die Bewertung der Decken wurde in Tabelle 6 bereits die Prognoseunsicherheit $u_{prog} = 3$ dB für den Trittschall und $u_{prog} = 2$ dB für den Luftschall berücksichtigt. Die angegebenen Ergebnisse können somit direkt mit den Zielwerten des vereinbarten Schallschutzniveaus verglichen werden.

4.1.2 _ Vorbemessungsbeispiel für Massivholzdecken

Nachfolgend wird in gleicher Art wie für die Holzbalkendecken eine Vorbemessung für Massivholzdecken in Gebäuden in Holztafelbauart dargestellt.

Trittschallvorbemessung

Schritt 1:
Erster Schritt bei der Vorbemessung ist die Entnahme der Zielwerte aus Tabelle 2, Abschnitt 2.4 für das gewählte Schallschutzniveau:

Schallschutzniveau BASIS+	
$L'_{n,w}$	≤ 50 dB
$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$	≤ 50 dB

Schritt 2:
Festlegungen zur Deckenkonstruktion, um die Wahl aus Tabelle 20 zu ermöglichen.

Deckenbauweise:
Massivholzdecke
Art der Unterdecke:
sichtbare Holzoberfläche ohne Unterdecke
Estrichart:
Zementestrich auf Mineralfaser-Trittschalldämmung

Schritt 3:
Festlegung der Flankenkonstruktionen:
Holztafelbauweise, raumseitig mit Holzwerkstoff- und Gipskartonplatten beplankt

Schritt 4:
Anhand des Zielwertes für die Decke inklusive Nebenwege ($L'_{n,w} \leq 50$ dB) kann der benötigte Planungswert der Decke ohne Nebenwege aus Tabelle 5 entnommen werden. Die gewählte Deckenkonstruktion (Massivholzdecke ohne Unterdecke) führt zu Spalte 5, die gewählte Flankenkonstruktion zu Zeile 1. Für einen Estrichtyp B (Zementestrich auf Mineralfaser-Trittschalldämmplatten) und das Schallschutzniveau BASIS+ beträgt dort der Planungswert $L_{n,w} \leq 45$ dB.

Schritt 5:
Nun ist aus den Bauteilkatalogen des Kapitel 6 oder DIN 4109-33 [1] eine Decke mit $L_{n,w} \leq 45$ dB zu suchen:

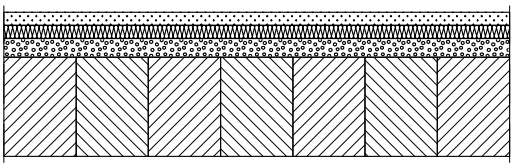


Abb. 4.5:
Aufbau der gewählten Massivholzdecke aus Kapitel 6, Tabelle 26, Zeile 3

Bauteilwerte:
$L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) = 40 dB (8 dB)
R_w = 72 dB

Brandschutztechnische Bewertung:
Kapselung: keine
Feuerwiderstandsdauer: F60-B

Gewählter Deckenaufbau nach Abb. 4.5 mit:
$L_{n,w} = 40$ dB < 45 dB ✓

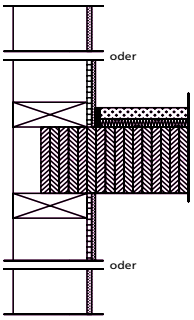
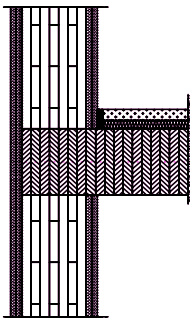
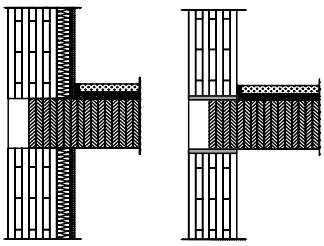
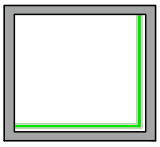
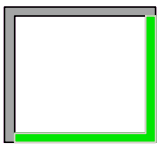
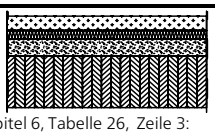
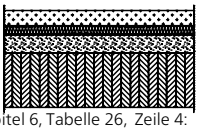
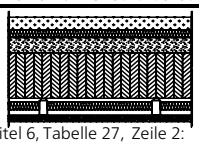
Schritt 6:
Überprüfung des Zielwertes für $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$.
Gewählter Deckenaufbau nach Abb. 4.5 mit:

$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 40$ dB + 8 dB = 48 dB < 50 dB ✓

Hinweis zur Luftschallbemessung:
Im Beispiel wird nur der Trittschallschutz nachgewiesen. Mit R_w = 72 dB und Plattformframing-Bauweise wird der Nachweis des Luftschalls zugunsten der Übersichtlichkeit weggelassen. Bei reiner Massivholzbauweise kann der Luftschallschutz durchaus bemessungsmaßgebend werden und ist zu überprüfen.

Die Decken-Wand-Kombinationsmatrix in Tabelle 7 zeigt, wie mit optimierten Decken und Flanken die verschiedenen Schallschutzniveaus erreicht werden können. Die Ergebnisse sind für verschiedene Decken-Wand-Kombinationen ab 10 m² Trennbauteilfläche dargestellt. Dies dient einer schnellen Auswahl, kann aber einen detaillierten Nachweis nicht ersetzen.

Tabelle 7 | Kombinationsmatrix für Massivholzdecken

				1	2	3	4
	$L'_{n,w}$ und R'_w für verschiedene Massivholzdecken und Wandkombinationen[1]						
	Wand- und Stoßstellenausbildung / Deckenausbildung			Holztafelbauwände mit HWS + GK- oder 1-lagig GF-Beplankung 	Massivholzwände mit 2 x 18 mm GF-Platte, R_w = 44,8 dB, K_260 [2) 3) 4) 5) 6)] 	Massivholzwände innen mit Vorsatzschale oben und unten $\Delta R_w \geq 5$ dB, Grundwand R_w = 32,8 dB [2) 3) 4) 5)] 	
						1-seitige freistehende Vorsatzschale CW + 12,5 mm GK auf 2 Raumseiten und weitere Raumseiten mit Holzständerwand mit HWS + GK oder GF 	Verbesserung durch Elastomereinlage oben und unten auf 2 Raumseiten und weitere Raumseiten mit Holzständerwand HWS + GK oder GF [7) 8)] 
1	 Kapitel 6, Tabelle 26, Zeile 3: - ≥ 50 mm ZE - ≥ 40 mm TS-Dämmung mit $s' \leq 7$ MN/m³ - ≥ 90 kg/m² Schüttung - R_w = 48 dB ohne Estrichaufbau	$L_{n,w} \leq 40$ dB $C_{I,50\text{-}2500} = 8$ dB	Massivholzdecken [3)]	$L'_{n,w} < 48$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 48$ dB	$L'_{n,w} < 47{,}2$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 48$ dB	$L'_{n,w} < 46$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 48$ dB	$L'_{n,w} < 46$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 48$ dB
		$R_w \geq 72$ dB		$R'_w > 60$ dB BASIS+	$R'_w > 56$ dB BASIS+	$R'_w > 56$ dB BASIS+	$R'_w > 59$ dB BASIS+
2	 Kapitel 6, Tabelle 26, Zeile 4: - ≥ 50 mm ZE - ≥ 40 mm TS-Dämmung mit $s' \leq 7$ MN/m³ - ≥ 150 kg/m² Schüttung - R_w = 51 dB ohne Estrichaufbau	$L_{n,w} \leq 38$ dB $C_{I,50\text{-}2500} = 4$ dB		$L'_{n,w} < 46$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 42$ dB	$L'_{n,w} < 46$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 42$ dB [9)]	$L'_{n,w} < 45$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 42$ dB [9)]	$L'_{n,w} < 45$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 42$ dB [9)]
		$R_w \geq 77$ dB		$R'_w > 60$ dB KOMFORT	$R'_w > 57$ dB BASIS+	$R'_w > 58$ dB BASIS+	$R'_w > 59$ dB BASIS+
3	 Kapitel 6, Tabelle 27, Zeile 2: - ≥ 50 mm ZE - ≥ 30 mm TS-Dämmung mit $s' \leq 8$ MN/m³ - ≥ 90 kg/m² Schüttung - entkoppelte Unterdecke (180 mm) mit 2 x 12,5 mm GKF, $f_0 < 30$ Hz	$L_{n,w} \leq 23$ dB $C_{I,50\text{-}2500} = 26$ dB		$L'_{n,w} < 46$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 49$ dB	$L'_{n,w} < 43$dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 49$ dB	$L'_{n,w} < 42$dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 49$ dB	$L'_{n,w} < 42$dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} = 49$ dB
		$R_w \geq 82$ dB		$R'_w > 60$ dB BASIS+	$R'_w > 59$ dB BASIS+	$R'_w > 57$ dB BASIS+	$R'_w > 60$ dB BASIS+

1) Trennbauteilfläche > 10,0 m², lichte Raumhöhe ≤ 2,60 m, alle Flanken gleich hoch, quadratischer Raumgrundriss
2) Massivholzwand mit d_{min} = 80 mm, R_w = 32 dB, Massivholzelement mit $m' \geq 36$ kg/m²
3) Massivholzdecken mit d_{min} = 140mm, R_w = 39 dB, Massivholzelement mit $m' \geq 36$kg/m² zzgl. der jeweiligen Beschwerung
4) Verbesserung durch freistehende Vorsatzschalen mit $\Delta R_w \geq 8$ dB
5) Das Luftschalldämmmaß wird vereinfacht für einseitige Beplankung der Wand mit direkten Beplankungen ermittelt und für T-Stöße mit K_{Ff} = 21 dB bzw. $K_{Fd/Df}$ = 14 dB, Vorsatzschalen werden auf einer Seite berücksichtigt (für Kreuz-Stöße liegen ähnliche Werte vor)
6) Werden Anstatt GF-Platten GKF-Platten verwendet, so ist mit einer Verschlechterung von 1,5 - 3 dB beim Luft- und Trittschall zu rechnen
7) Elastomer darf auch über den Holztafelbauwänden liegen, dadurch kann eine weitere Verbesserung eintreten
8) Elastomereigenschaften: K_{Ff} = 35 dB bzw. K_{Fd};K_{Df} = 22 dB, Eigenfrequenz der Elastomere: $f_0 \leq 20$ Hz (Pressung aus statischer Vorlast beachten)
9) Beim Trittschall bereits KOMFORT eingehalten, jedoch nicht beim Luftschallschutz

Farbcodierung des Schallschutzniveaus in Tabelle 7:
grün – BASIS+
blau – KOMFORT

Hinweis:
Für die Bewertung der Decken wurde in Tabelle 7 bereits die Prognoseunsicherheit u_{prog} = 3 dB für den Trittschall und u_{prog} = 2 dB für den Luftschall berücksichtigt. Die angegebenen Ergebnisse können somit direkt mit den Zielwerten des vereinbarten Schallschutzniveaus verglichen werden.

4.1.3 _ Konstruktive Einflüsse auf die Flankenübertragung

Für die Bewertung der Bauteile in der Einbausituation ist die Betrachtung der Decken alleine nicht ausreichend. Vielmehr kann bei hochschalldämmenden Holzdecken das bauakustische Geschehen von der Flankenübertragung dominiert werden. Deshalb ist der Flankenübertragung in der Bauakustik eine große Beachtung zu schenken. Für den Trittschall ist im Nachweisverfahren nach DIN 4109-2 [1] eine differenzierte Betrachtung wie beim Luftschall bisher nicht möglich.
Es ist also immer die schlechteste Flanke als bemessungsmaßgebend heranzuziehen.

Flankenübertragung bei Trittschallanregung
Bei der Bemessung des Trittschalls werden einzelne Schallübertragungspfade berücksichtigt. Dies ist zum einen der Weg über die Balkenköpfe in die darunterliegende Wand (Umgehen der Unterdecke) auf dem Weg Df in Abb. 4.6 und zum anderen der Weg über den Estrichranddämmstreifen auf dem Weg DFf in Abb. 4.6 in die flankierende Wand.

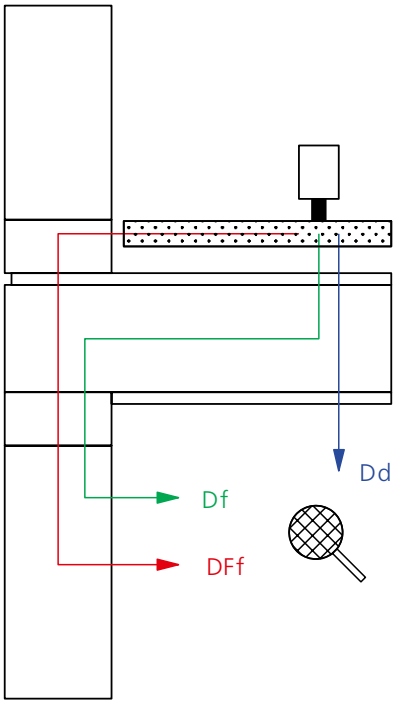


Abb. 4.6:
Flankenwege bei Trittschallanregung einer Decke

Diese beiden Wege erhöhen den bewerteten Trittschallpegel am Bau und werden in der Berechnung jeweils über einen gesonderten Korrektursummanden berücksichtigt. Grundsätzlich ist festzustellen, dass der Einfluss der flankierenden Wände umso größer wird, je besser die Trittschalldämmung der Decke selbst ist. Dies wird in Abb. 4.7 gezeigt. Dort wird der Einfluss der Flankenübertragung (Weg Df und DFf) als pauschaler Aufschlag auf den $L_{n,w}$ der Decke ohne Nebenwege darstellt.

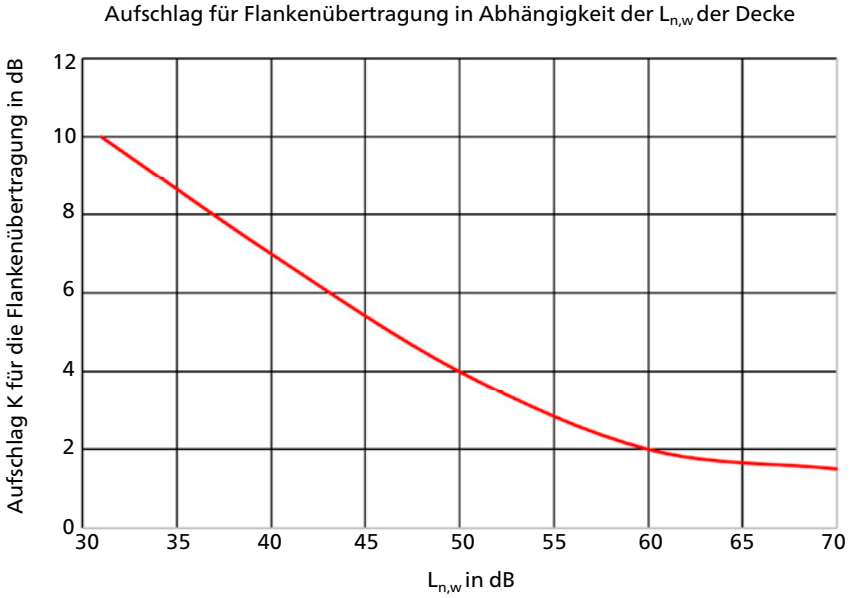


Abb. 4.7: Abhängigkeit der Flankenübertragung von der Qualität der verwendeten Decke

Es zeigt sich, dass mit zunehmender Qualität der Decke die Flanken immer stärker zu berücksichtigen sind. Während bei Decken mit $L_{n,w}$ über 60 dB der Zuschlag für die Flankenübertragung ca. 2 dB beträgt, liegt der Zuschlag für Decken mit $L_{n,w}$ = 35 dB bereits bei ca. 9 dB.

Die Flankenübertragung wird durch diesen pauschalen Aufschlag nur grob erfasst. Je nach Ausführung der Unterdecke und der flankierenden Wände sind deutliche Abweichungen von der Ausgleichskurve in Abb. 4.7 möglich. Die im dargestellten Aufschlag K enthaltenen Übertragungswege Df und DFf werden von folgenden Faktoren bestimmt:

Einflussfaktoren auf die Flankenübertragung

- Ankopplung der Decke an die flankierenden Wände (Deckenauflager).
- Ausführungstyp der flankierenden Wand (Holztafel- oder Massivholzwand).
- Art der Wandbeplankung (je steifer und leichter die Wandbeplankung, desto größer deren Übertragung).
- Anbindung der Wandbeplankung an das Wandgefach: je weicher die Ankopplung an die Wandschicht, desto geringer die Übertragung über diesen Weg.
- Zusätzliche Vorsatzschalen (Installationsebenen).
- Ausführung des Estrichaufbaus und des Randanschlusses.

Einfluss des Übertragungsweges Df auf die Gesamtübertragung

Der Einfluss der Flankenübertragung auf dem Weg Df gegenüber der direkten Übertragung durch die Decke (Weg Dd) hängt im Wesentlichen von der Ausführung der Unterdecke ab. Während Estrichaufbau und Rohdeckenbeschwerung die Übertragung auf den Wegen Dd und Df gleich stark abmindern, wirkt die Unterdecke nur auf den Weg Dd ein. Je hochwertiger die Unterdecke ausgeführt wird, desto größer ist der Einfluss des Weges Df auf die Gesamtübertragung. Hier können durch Zusatzmaßnahmen an den flankierenden Wänden deutliche Verbesserungen erzielt werden.

Bei offenen Holzbalkendecken und bei Massivholzdecken ohne Unterdecken treten die Flankenwege hingegen nicht so stark in Erscheinung, wie dies mit Unterdecke aufgrund der energetischen Addition der Fall wäre. Damit können Massivholzdecken ohne Unterdecken durchaus bessere Werte im eingebauten Zustand erreichen, wie dies der reine Vergleich des $L_{n,w}$ der Decken vermuten ließe.

Einfluss des Übertragungsweges DFf auf die Gesamtübertragung

Der zweite Korrektursummand bei der Trittschallübertragung berücksichtigt die Übertragung über den Estrichaufbau in die flankierende Wand. Bei diesem Übertragungsweg macht sich zunächst der Estrichtyp bemerkbar. Trockenestriche zeigen hinsichtlich der Flankenübertragung auf dem Weg DFf aufgrund ihrer geringeren Steifigkeit und höheren inneren Dämpfung die günstigsten Werte. Einen weiteren Einfluss hat die Ausführung der Trittschalldämmplatten und des Randdämmstreifens. Da der Weg DFf weder durch zusätzliche Rohdeckenbeschwerungen noch durch abgehängte Unterdecken reduziert wird, tritt er besonders deutlich bei hochwertigen Deckenaufbauten zu Tage, deren Übertragung auf den Wegen Dd und Df bereits stark reduziert wurde.

Besondere Zusatzmaßnahmen

In der Vorbemessungstabelle Tabelle 5 ist die Fußnote [4)] mit dem Hinweis „Besondere Maßnahmen erforderlich“ gekennzeichnet. Bei diesen Konstruktionen ist die Flankenübertragung derart dominant, dass mit den üblichen Deckenkonstruktionen die Zielwerte nicht mehr erreichbar sind. Hier müssen die Flanken deutlich verbessert werden. Dies kann durch entkoppelte Vorsatzschalen/Installationsebenen an allen Flankenwegen geschehen. Es ist allerdings darauf zu achten, dass die Unterdecke bis hinter die Vorsatzschale reicht, wie in Abb. 4.8 dargestellt. Sehr häufig ist dies für brandschutzwirksame Bekleidungen ohnehin geboten, dabei können auch weitere Maßnahmen wie beispielsweise Mineralfaserabschottungen gefordert sein. Für diese höherwertige Flankenausbildung liegen derzeit keine Bemessungswerte vor, somit ist auch die Nachweisführung nicht möglich. Außerdem bringen elastische Schichten zwischen Balken- und Wandkopf eine Verbesserung. Es empfiehlt sich in derartigen Grenzsituationen einen Schallschutzfachplaner hinzuzuziehen und ggf. Mustermessungen an Proberäumen durchzuführen.

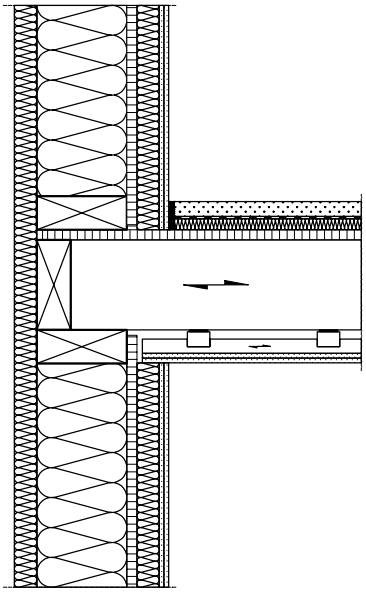


Abb. 4.8: Schematische Darstellung einer Vorsatzschale als verbesserte Trittschallflanke

Flankenbewertung bei der Luftschallübertragung

Für Trenndecken, welche die Holztafelbau-Wände vertikal vollständig unterbrechen („Plattformframing“) gilt gemäß DIN 4109-33 [1], Abschnitt 5.1.3.2 $D_{n,f,w} = 67$ dB. Das hat zur Folge, dass das Flankenkriterium im Falle des Luftschalls alle dargestellten Zielwerte bis zum Schallschutzniveau KOMFORT einhält. Für die Balloon-Framing-Bauweise liegen bisher keine gesicherten Erkenntnisse vor.

Flankierende Wände in Massivholzbauweise weisen eine deutlich höhere Flankenübertragung auf als Holztafelbauwände. Die deutlich steiferen Massivholzelemente benötigen Zusatzmaßnahmen, um die verschiedenen Schallschutzniveaus zu erreichen. Bewährte Zusatzmaßnahmen sind:

- Entkopplung der flankierenden Wand durch Elastomerlager zwischen Decke und Wand.
- Installationsebenen als Vorsatzschalen.
- Brandschutztechnisch erforderliche Zusatzbeplankungen ($K_2$60 Kapselung).

4.2 _ Trennwände im Geschosswohnbau

An Trennwände werden neben den Trenndecken aus akustischer Sicht die höchsten Anforderungen im Geschosswohnbau gestellt. Sie sorgen für Vertraulichkeit in den eigenen vier Wänden. Für eine wohnwirtschaftlich optimale Nutzung sollte eine Trennwand die Breite von 30 cm allerdings nicht überschreiten. Im Folgenden wird eine Vorbemessung nach dem dargestellten Faustformelsystem durchgeführt.

4.2.1 _ Vorbemessungsbeispiel für Trennwände

Für die Vorbemessungssituation wird mit der nachfolgend beschriebenen Trennwand aus dem Bauteilkatalog in Kapitel 6 eine vereinfachte Vorbemessung durchgeführt.

Schritt 1:
Wahl des Zielwerts aus Tabelle 2, Abschnitt 2.4 für das gewählte Schallschutzniveau:

Schallschutzniveau: BASIS+
$R'_w \geq 56$ dB

Schritt 2:
Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w der Trennwand ohne Nebenwege, das zur Einhaltung des Zielwertes $R'_w \geq 56$ dB erforderlich ist:

$R_w \geq R'_w + 7$ dB
$R_w \geq 63$ dB

Auswahl einer geeigneten Trennwand von Wohnung 1 nach Wohnung 2 mit $R_w \geq 63$ dB aus dem Bauteilkatalog in Kapitel 6:

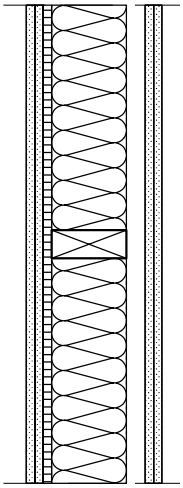


Abb. 4.9:
Wohnungstrennwand Kapitel 6, Tabelle 41, Zeile 2

Bauteilwert:
$R_w = 63$ dB

Brandschutztechnische Bewertung:
Kapselung: $K_2$60
Feuerwiderstandsdauer: F60-B

Beurteilung der Trennwand nach Abb. 4.9:

$R_w = 63$ dB (Anforderungswert) = 63 dB (Bauteilkennwert) ✓

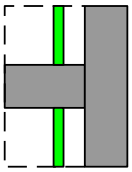
Schritt 3:
Berechnung der erforderlichen Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ der flankierenden Bauteile:

$D_{n,f,w} \geq R'_w + 7$ dB
$D_{n,f,w} \geq 63$ dB

Auswahl der flankierenden Außenwand

Für die flankierende Außenwand ist eine Installationsebene vorgesehen. Hier kann aus DIN 4109-33 [1], Tabelle 28, Zeile 1, folgender Wert abgelesen werden:

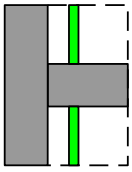
$D_{n,f,w}$ = 68 dB > 63 dB ✓
DIN 4109-33:2016, Tabelle 28, Zeile 1



Auswahl der flankierenden Innenwand zum Treppenraum

Die Anforderung an die Treppenraumwand ist ähnlich hoch wie an die Wohnungstrennwand. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die gleiche Bauweise wie bei der Wohnungstrennwand zur Anwendung kommt. Die Vorsatzschale der Trennwand aus Abb. 4.9 kann dann an der Treppenraumwand wohnraumseitig angebracht und durch die Wohnungstrennwand unterbrochen werden:

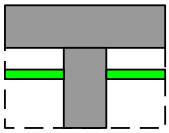
$D_{n,f,w}$ = 68 dB > 63 dB ✓
DIN 4109-33:2016, Tabelle 28, Zeile 1



Auswahl der flankierenden Decke

Für eine Holzbalkendecke mit über der Trennwand unterbrochener Unterdecke, wie sie in diesem Beispiel verwendet werden soll, gilt:

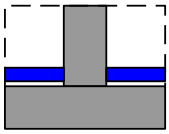
$D_{n,f,w}$ = 67 dB > 63 dB ✓
DIN 4109-33:2016, Tabelle 36, Zeile 8



Auswahl des flankierenden Bodenaufbaus

Für schwimmende Estriche, die durch die Trennwand unterbrochen werden, gilt:

$D_{n,f,w}$ = 67 dB > 63 dB ✓
DIN 4109-33:2016, Abschnitt 5.3.1.1

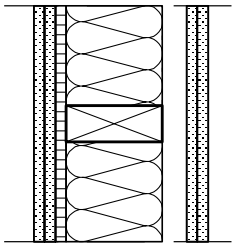
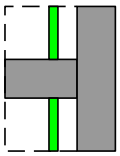
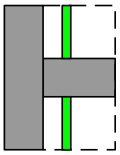
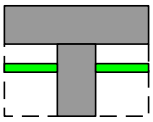
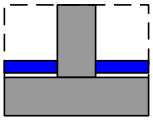


Zusammenfassung und Hinweise zu weiteren Bauteilkombinationen

Die Zusammenfassung des Vorbemessungsbeispiels sowie ein ergänzendes Beispiel mit flankierender Massivholzdecke werden in Tabelle 8 und 9 dargestellt. Für die Vorbemessung wird von den Bezugsgrößen der DIN 4109 [1], also einer Trennwandfläche von 10 m^2, einer Raumhöhe von 2,80 m und einer Trennwandbreite von 4,50 m ausgegangen. Die Bauteildaten sind somit unmittelbar aus den Bauteilkatalogen wie beispielsweise aus DIN 4109-33 [1], aus Kapitel 6 dieser Schrift oder aus Prüfzeugnissen zu entnehmen. Die detaillierte Prognose führt bei Trennbauteilflächen über 10 m^2 oder Raumhöhen kleiner 2,80 m zu günstigeren Ergebnissen. Dies kann zu einer wirtschaftlicheren baulichen Umsetzung führen.

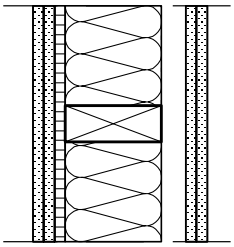
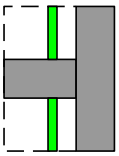
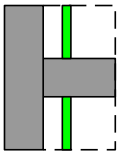
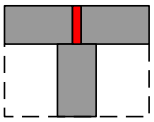
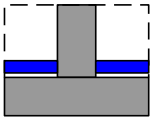
Die dargestellte Vorbemessung ist nur für flankierende Bauteile möglich, deren Flankenübertragung durch die bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ beschrieben werden kann. Für flankierende Massivholzbauteile ist dies nicht der Fall. Um auch für die Kombination von Holztafelbauteilen mit Massivholzbauteilen Planungswerte zur Verfügung stellen zu können, wurde die Kombinationsmatrix in Tabelle 10 erstellt. Die Berechnungen wurden nach [30] durchgeführt. In gleicher Weise wurde eine Kombinationsmatrix für die reine Massivholzbauweise in Tabelle 11 erstellt. Für diese Kombinationsmatrizen wurde von einer Raumhöhe kleiner 2,60 m ausgegangen. Für die angegebenen Berechnungsergebnisse R'_w in Tabelle 10 und 11 wurde bereits die Prognoseunsicherheit u_{prog} = 2 dB nach DIN 4109-2 [1] abgezogen. Die abgelesenen Werte können also direkt mit dem Zielwert des entsprechenden Schallschutzniveaus verglichen werden.

Tabelle 8 | Vorbemessung einer Trennwand mit Holzbalkendecke als Flanke

	1	2	3	4
	Vorbemessung Trennwände			
	Zielwert	Schallschutzniveau **BASIS+** $R'_w \geq 56$ dB	Vorbemessungsaufschlag = 7 dB	Bauteilwert ≥ 63 dB
	Bauteil bzw. Übertragungsweg:	**R_w bzw. $D_{n,f,w}$**	**Ausführung**	**Beurteilung**
1	Bauteil direkt	$R_{w,Bauteil} = 63$ dB		**63 dB =** 63 dB ✓
2	Außenwandflanke Installationsebene unterbrochen durch Trennwand	$D_{n,f,w} = 68$ dB DIN 4109-33:2016, Tabelle 28, Zeile 1		**68 dB >** 63 dB ✓
3	Treppenraumflanke Installationsebene unterbrochen durch Trennwand	$D_{n,f,w} = 68$ dB DIN 4109-33:2016, Tabelle 28, Zeile 1		**68 dB >** 63 dB ✓
4	Decke Trennwand unterbricht Unterdecke	$D_{n,f,w} = 67$ dB DIN 4109-33:2016, Tabelle 36, Zeile 8		**67 dB >** 63 dB ✓
5	Boden Trennwand unterbricht Estrich	$D_{n,f,w} = 67$ dB DIN 4109-33:2016, Abschnitt 5.3.1.1		**67 dB >** 63 dB ✓

Beplankung mit HWS oder GK
Wand- oder Deckenkörper
Estrichaufbau – Trocken oder Nass

Tabelle 9 | Vorbemessung einer Trennwand mit getrennter Massivholzdecke als Flanke

	1	2	3	4
	Vorbemessung Trennwände			
	Zielwert	Schallschutzniveau **BASIS+** $R'_w \geq 56$ dB	Vorbemessungsaufschlag = 7 dB	Bauteilwert ≥ 63 dB
	Bauteil bzw. Übertragungsweg:	**R_w bzw. $D_{n,f,w}$**	**Ausführung**	**Beurteilung**
1	Bauteil direkt	$R_{w,Bauteil} = 63$ dB		**63 dB =** 63 dB ✓
2	Außenwandflanke Installationsebene unterbrochen durch Trennwand	$D_{n,f,w} = 68$ dB DIN 4109-33:2016, Tabelle 28, Zeile 1		**68 dB >** 63 dB ✓
3	Treppenraumflanke Installationsebene unterbrochen durch Trennwand	$D_{n,f,w} = 68$ dB DIN 4109-33:2016, Tabelle 28, Zeile 1		**68 dB >** 63 dB ✓
4	Deckenflanke Massivholz, getrennt mit Beschwerung	$R_{Ff,w} = 64$ dB [1)]		**64 dB >** 63 dB ✓
5	Boden Trennwand unterbricht Estrich	$D_{n,f,w} = 67$ dB DIN 4109-33:2016, Abschnitt 5.3.1.1		**67 dB >** 63 dB ✓

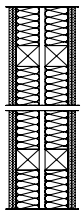
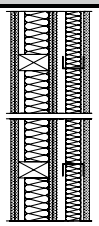
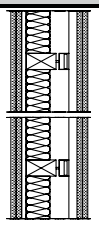
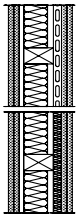
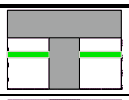
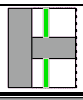
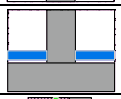
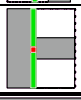
[1)] Berechnet nach [30], mit Messdaten für 160 mm Massivholzelement + m' = 90 kg/m² Splitt, $R_w = 54$ dB

Beplankung mit HWS oder GK
Wand- oder Deckenkörper
Estrichaufbau – Trocken oder Nass
Trennung der Ebenen

Tabelle 9 zeigt, dass das Schallschutzniveau BASIS+ durch Trennung der Massivholzdecke erreichbar ist. Durchlaufende Massivholzdecken erbringen in den seltensten Fällen die notwendige Flankenschalldämmung.

Das Flankendämm-Maß $R_{Ff,w}$ der flankierenden Massivholzdecke wurde hierzu für die Bezugsgrößen der DIN 4109 nach [30] mit Messdaten aus [21] ermittelt.

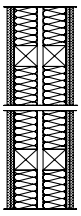
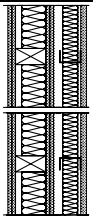
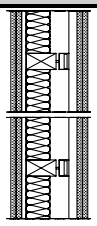
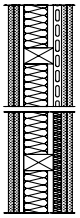
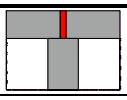
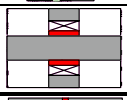
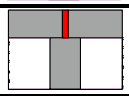
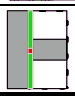
Tabelle 10 | Kombinationsmatrix zur Flankensituation von Trennwänden in Holztafelbauweise

			1	2	3	4
	R'_w für verschiedene Holztafeltrennwand-Flankenkombinationen					
	Wandbauteil [1] / Flankenkombination		 Kap. 6, Tab. 41, Z. 8: - Doppelschalen-Holztafelwand - 2-Lagig GF beidseits, 10 mm + 12,5 mm - **R_w = 66 dB**	 Kap. 6, Tab. 41, Z. 4: - Holztafelwand mit freistehender Vorsatzschale (CW-Profil) - **R_w = 64 dB**	 Kap. 6, Tab. 41, Z. 2: - Holztafelwand ($K_2$60) - 2 x 18 mm GKF + HWS - 2 x 18 mm GKF auf CD-Profil mit Schwingbügel - **R_w = 63 dB**	 Kap. 6, Tab. 41, Z. 6: - Holztafelwand mit Federschiene als nachträgliche Bekleidung - **R_w = 61dB**
1	Balkenlage mit getrennter Unterdecke $D_{n,f,w}$ = 67 dB		R'_w > 58 dB	R'_w > 58 dB	R'_w > 57 dB	R'_w > 56 dB
	Wand auf Decke, Estrich getrennt $D_{n,f,w}$ = 67 dB					
	Wandkopplung 1 mit getrennter Installationsebene $D_{n,f,w}$ = 68 dB					
	Wandkopplung 2 mit getrennter Installationsebene $D_{n,f,w}$ = 68 dB		BASIS+	BASIS+	BASIS+	BASIS+
2	Balkenlage mit getrennter Unterdecke $D_{n,f,w}$ = 67 dB		R'_w > 56 dB	R'_w > 56 dB	R'_w > 56 dB	R'_w > 55 dB
	Wand auf Decke, Estrich getrennt $D_{n,f,w}$ = 67 dB					
	Wandkopplung 1 mit getrennter Installationsebene $D_{n,f,w}$ = 68 dB					
	Wandkopplung 2 mit getrennter Beplankung $D_{n,f,w}$ = 61 dB		BASIS+	BASIS+	BASIS+	BASIS
3	Balkenlage mit getrennter Unterdecke $D_{n,f,w}$ = 67 dB		R'_w > 55 dB	R'_w > 54 dB	R'_w > 54 dB	R'_w > 53 dB
	Wand auf Decke, Estrich getrennt $D_{n,f,w}$ = 67 dB					
	Wandkopplung 1 mit getrennter Beplankung $D_{n,f,w}$ = 61 dB					
	Wandkopplung 2 mit getrennter Beplankung $D_{n,f,w}$ = 61 dB		BASIS	BASIS	BASIS	BASIS

1) Trennbauteilfläche > 10,0 m², lichte Raumhöhe ≤ 2,60 m

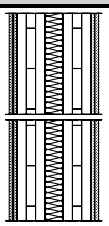
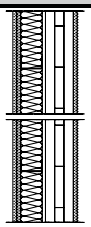
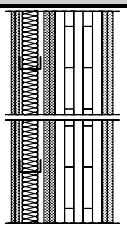
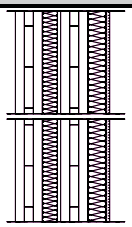
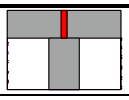
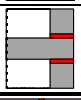
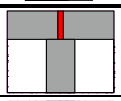
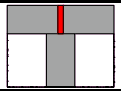
Beplankung mit HWS oder GK
Wand- oder Deckenkörper
Estrichaufbau
Trennung der Ebenen

Tabelle 10 | Fortsetzung

			1	2	3	4
	R'_w für verschiedene Holztafeltrennwand-Flankenkombinationen					
	Wandbauteil [1] / Flankenkombination		 Kap. 6, Tab. 41, Z. 8: - Doppelschalen-Holztafelwand - 2-Lagig GF beidseits, 10 mm + 12,5 mm - **R_w = 66 dB**	 Kap. 6, Tab. 41, Z. 4: - Holztafelwand mit freistehender Vorsatzschale (CW-Profil) - **R_w = 64 dB**	 Kap. 6, Tab. 41, Z. 2: - Holztafelwand ($K_2$60) - 2 x 18 mm GKF + HWS - 2 x 18 mm GKF auf CD-Profil mit Schwingbügel - **R_w = 63 dB**	 Kap. 6, Tab. 41, Z. 6: - Holztafelwand mit Federschiene als nachträgliche Bekleidung - **R_w = 61dB**
4	sichtbare Massivholzdecke mit Trennschnitt über Wand [2) 3)]		R'_w > 56 dB	R'_w > 55 dB	R'_w > 55 dB	R'_w > 55 dB
	Wand auf Decke, Estrich getrennt $D_{n,f,w}$ = 67 dB					
	Wandkopplung 1 mit getrennter Installationsebene $D_{n,f,w}$ = 68 dB					
	Wandkopplung 3: Kreuzstoß mit Trocken- oder Holztafelwand, $D_{n,f,w}$ = 67 dB		BASIS+	BASIS	BASIS	BASIS
5	sichtbare Massivholzdecke mit Trennschnitt über Wand [2) 3)]		R'_w > 55 dB	R'_w > 54 dB	R'_w > 54 dB	R'_w > 54 dB
	Wand auf Decke, Estrich getrennt $D_{n,f,w}$ = 67 dB					
	Wandkopplung 1 mit getrennter Installationsebene $D_{n,f,w}$ = 68 dB					
	Wandkopplung 2 mit getrennter Beplankung $D_{n,f,w}$ = 61 dB		BASIS	BASIS	BASIS	BASIS
	1) Trennbauteilfläche > 10,0 m²; lichte Raumhöhe ≤ 2,6 0m 2) Mindestbeschwerung ≈ 90 kg/m²; Massivholz d_{min} = 140 mm; R_w = 54 dB 3) R_{Ff} ≥ 61 dB; K_{Ff} = 7 dB; gemischte Flankenwege bleiben unberücksichtigt			Beplankung mit HWS oder GK Wand- oder Deckenkörper Estrichaufbau Trennung der Ebenen		

Farbcodierung des Schallschutzniveaus in Tabelle 10:
gelb – BASIS
grün – BASIS+

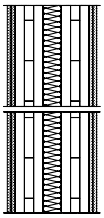
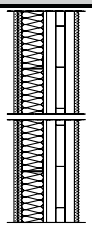
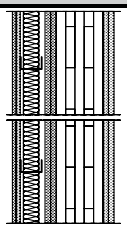
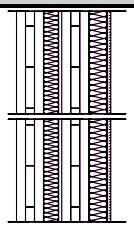
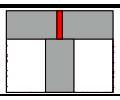
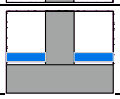
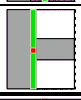
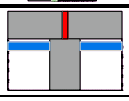
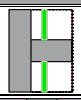
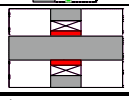
Tabelle 11 | Kombinationsmatrix zur Flankensituation von Trennwänden in Massivholzbauweise

			1	2	3	4
	R'_w für verschiedene Massivholztrennwand-Flankenkombinationen					
	Wandbauteil [1] / Flankenkombination		 Kap. 6, Tab. 42, Z. 4: - 2 x 90 mm MH-Wand mit 60 mm Abstand - 2 x 12,5 mm GKF einseitig - **R_w = 61 dB**	 Kap. 6, Tab. 42, Z. 1: - 100 mm MH-Wand - 75 mm frei-stehende Vorsatz-schale (CW-Profil) mit 2 x 12,5 mm GKF - **R_w = 62 dB**	 Planungswert: [6] - 140 mm MH-Wand mit 2 x 18 mm GF beidseitig - 75 mm freistehende Vorsatzschale mit 2 x 12,5 mm GKF **- R_w = 67 dB**	 Kap. 6, Tab. 42, Z. 1: **-** 100 mm MH-Wand - 50 mm MW + 10 mm Trennung - 90 mm MH-Wand - 60 mm Lattung auf Schwingbügel mit 12,5 mm GKF **- R_w = 67 dB**
1	sichtbare Massivholzdecke mit Trennschnitt über Wand [2]		$R'_w \geq 56$ dB	$R'_w \geq 48$ dB	$R'_w \geq 54$ dB	$R'_w \geq 57$ dB
	Wand auf Massivholzdecke, Estrich getrennt [2] [3]					
	Kopplungstyp 1: mit unterbrochener MH-Wand [4]					
	Kopplungstyp 1: mit unterbrochener MH-Wand [4]		BASIS+	Mindestanforderung nicht eingehalten	BASIS	BASIS+
2	sichtbare Massivholzdecke mit Trennschnitt über Wand [2]		$R_w \geq 56$ dB	$R'_w \geq 47$ dB	$R'_w \geq 53$ dB	$R'_w \geq 57$ dB
	Wand auf Massivholzdecke, Estrich getrennt [2] [3]					
	Kopplungstyp 2: mit getrennter Massivholzwand [4]					
	Kopplungstyp 2: mit getrennter Massivholzwand [4]		BASIS+	Mindestanforderung nicht eingehalten	BASIS	BASIS+
3	sichtbare Massivholzdecke mit Trennschnitt über Wand [2]		$R'_w \geq 57$ dB	$R'_w \geq 50$ dB	$R'_w \geq 56$ dB	$R'_w \geq 59$ dB
	Wand auf Massivholzdecke, Estrich getrennt [2] [3]					
	Kopplungstyp 1: mit unterbrochener MH-Wand [4]					
	Kopplungstyp 3: durchlaufende Massivholzwand mit Vorsatzschale [5]		BASIS+	Mindestanforderung nicht eingehalten	BASIS+	BASIS+

1) Trennbauteilfläche > 10,0 m², lichte Raumhöhe ≤ 2,60 m, ρ_{GKF} = 800 kg/m³, ρ_{Holz} = 450 kg/m³, ρ_{GF} = 1150 kg/m³
Das Berechnungsverfahren beruht auf aktuellen Forschungsergebnissen und ist bisher nicht normativ festgelegt.
2) Mindestbeschwerung durch Schüttung ≈ 90 kg/m², Massivholz d_{min} = 140 mm, m´ = 153 kg/m², R_w = 54 dB (aus Messung)
3) $\Delta R_{w,Estrich} \geq 14$ dB, 50 mm ZE auf Mineralfaser
4) 90 mm MH + 2 x 12,5 GKF, m´= 61 kg/m², GKF- od. GF-Beplankung nicht durchlaufend
5) $\Delta R_{w,VS} \geq 16$ dB freistehend mit 1 x 12, 5mm GKF, Abstand 70 mm
6) Planungswert als Berechnungsergebnis aus Messdaten der Grundwand und der Vorsatzschale

Beplankung mit HWS oder GK
Wand- oder Deckenkörper
Estrichaufbau - Trocken oder Nass
Trennung der Ebenen

Tabelle 11 | Fortsetzung

			1	2	3	4
	R'_w für verschiedene Massivholztrennwand-Flankenkombinationen					
	Wandbauteil [1] / Flankenkombination		 Kap. 6, Tab. 42, Z. 4: - 2 x 90 mm MH-Wand mit 60 mm Abstand - 2 x 12,5 mm GKF einseitig - **R_w = 61 dB**	 Kap. 6, Tab. 42, Z. 1: - 100 mm MH-Wand - 75 mm frei-stehende Vorsatz-schale (CW-Profil) mit 2 x 12,5 mm GKF - **R_w = 62 dB**	 Planungswert: [6] - 140 mm MH-Wand mit 2 x 18 mm GF beidseitig - 75 mm freistehende Vorsatzschale mit 2 x 12,5 mm GKF **- R_w = 67 dB**	 Kap. 6, Tab. 42, Z. 1: **-** 100 mm MH-Wand - 50 mm MW + 10 mm Trennung - 90 mm MH-Wand - 60 mm Lattung auf Schwingbügel mit 12,5 mm GKF **- R_w = 67 dB**
4	sichtbare Massivholzdecke mit Trennschnitt über Wand [2]		$R'_w \geq 55$ dB	$R'_w \geq 54$ dB	$R'_w \geq 56$ dB	$R'_w \geq 57$ dB
	Wand auf Massivholzdecke, Estrich getrennt [2] [3]					
	Kopplungstyp 4: Holztafelwand mit getrennter Installationsebene, $D_{n,f,w}$ = 68 dB					
	Kopplungstyp 5: Holztafelwand mit getrennter Beplankung, $D_{n,f,w}$ = 61 dB		BASIS	BASIS	BASIS+	BASIS+
5	Massivholzdecke + 2 x 12,5 mm GF-Beplankung, getrennt mit Trennschnitt über Wand [7]		$R'_w \geq 57$ dB	$R'_w \geq 56$ dB	$R'_w \geq 59$ dB	$R'_w \geq 60$ dB
	Wand auf Massivholzdecke, Estrich getrennt [2] [3]					
	Kopplungstyp 4: Holztafelwand mit getrennter Installationsebene, $D_{n,f,w}$ = 68 dB					
	Kopplungstyp 6: Kreuzstoß mit Trocken- oder Holztafelwand $D_{n,f,w}$ = 67 dB		BASIS+	BASIS+	BASIS+	KOMFORT

1) Trennbauteilfläche > 10,0 m², lichte Raumhöhe ≤ 2,60 m, ρ_{GKF} = 800 kg/m³, ρ_{Holz} = 450 kg/m³, ρ_{GF} = 1150 kg/m³
Das Berechnungsverfahren beruht auf aktuellen Forschungsergebnissen und ist bisher nicht normativ festgelegt.
2) Mindestbeschwerung durch Schüttung ≈ 90 kg/m², Massivholz d_{min} = 140 mm, m´ = 153 kg/m², R_w = 54 dB (aus Messung)
3) $\Delta R_{w,Estrich} \geq 14$ dB, 50 mm ZE auf Mineralfaser
6) Planungswert als Berechnungsergebnis aus Messdaten der Grundwand und der Vorsatzschale
7) Sonderdeckenausführung nach Detail: $\Delta R_w \geq 3$ dB + 2 x 12,5 GF direkt beplankt, sonst wie 2)

Beplankung mit HWS oder GK
Wand- oder Deckenkörper
Estrichaufbau - Trocken oder Nass
Trennung der Ebenen

Farbcodierung des Schallschutzniveaus in Tabelle 11:
rot – Mindestanforderung nicht eingehalten
gelb – BASIS
grün – BASIS+
blau – KOMFORT

4.2.2 _ Flankenübertragung von Holztafelbauwänden und Holzbalkendecken

Für den Holztafelbau sind die gemischten Übertragungswege F_d und D_f in Abb. 4.10 als vernachlässigbar anzusehen. Deshalb bieten Maßnahmen, die auf dem Weg Ff ansetzen, ein großes Verbesserungspotenzial. Diese günstige Betrachtungsweise erklärt sich dadurch, dass über den vergleichsweise weichen Anschluss der Wände untereinander vernachlässigbar wenig Schallenergie übertragen wird. Ein Großteil der Schallübertragung auf dem Flankenweg Ff wird von der Beplankungslage übertragen. Die Gefachkonstruktion (Ständer und Schwellen) tragen nur wenig zur Flankenübertragung bei. Auch hieraus lassen sich gezielte Maßnahmen zur Verringerung der Schallübertragung ableiten.

Vorsatzschalen

Eine gängige Verbesserungsmaßnahme, sowohl für Bauteile selbst als auch an Flanken, sind Vorsatzschalen. Sie lassen sich als Verbesserung in allen Bereichen (Boden = schwimmender Estrich, Decken = Unterdecke und Wand = z. B. Installationsebene) anbringen. Im Falle der Flanken an Trennwänden können diese sowohl senderaumseitig, empfangsraumseitig oder beidseitig angebracht werden. Die bekanntesten Anwendungsfälle – wenn auch nur zum Teil aus akustischen Gründen – sind die Installationsebene, Unterdecke und der schwimmend verlegte Estrich. Entscheidend ist, dass die Vorsatzschale durch das Trennbauteil unterbrochen wird. Läuft diese vor der Trennwand durch, ist keine Verbesserung realisierbar. Ansonsten sollte auf Durchdringungen für Kabel oder Leitungen in diesem Anschlussbereich schon aus Brandschutzgründen verzichtet werden. Tabelle 12 zeigt mögliche Verbesserungen an Flanken durch Vorsatzschalen an Wänden, Böden und Decken. Vorsicht ist bei der Anwendung von Unterdecken bei Massivholzdecken als Flankenverbesserung geboten.

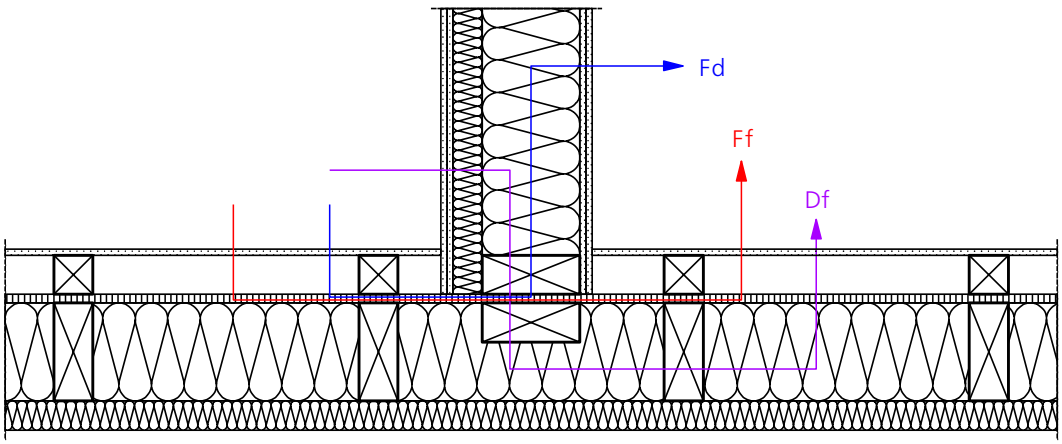
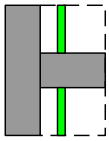
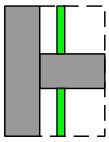
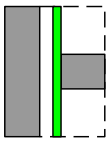
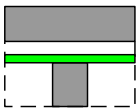
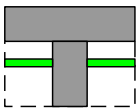
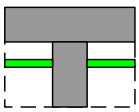
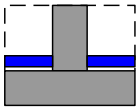


Abb. 4.10:
Übertragungswege bei Trennwänden an der Flanke (Ff, Df, Fd)

Tabelle 12 | Planungsdaten für Holztafelbauwände mit Vorsatzschalen

Vorsatzschalen			
Ausführung	**$D_{n,f,w}$**	**Darstellung**	**Einsatzbereich im Geschosswohnbau**
Wandflanke			
Unterbrochene Vorsatzschale auf Federschiene	$D_{n,f,w}$ = 68 dB DIN 4109-33:2016, Tabelle 28, Zeile 1		bis KOMFORT
Unterbrochene Vorsatzschale auf Holzlatte	$D_{n,f,w}$ = 68 dB DIN 4109-33:2016, Tabelle 28, Zeile 1		bis KOMFORT
Durchlaufende Vorsatzschale auf Federschiene oder Holzlatte	$D_{n,f,w}$ = 50 dB DIN 4109-33:2016, Tabelle 28, Zeile 2		ungeeignet
Deckenflanke			
Durchlaufende Unterdecke aus Gipskarton	$D_{n,f,w}$ = 52 dB DIN 4109-33:2016, Tabelle 36, Zeile 1		ungeeignet
2-lagige Unterdecke auf Holzlattung unterbrochen durch Trennwand	$D_{n,f,w}$ = 61 dB DIN 4109-33:2016, Tabelle 36, Zeile 7		Mindestanforderung der DIN 4109-1:2018
2-lagige Unterdecke auf entkoppelter Abhängung (z. B. Federschiene) unterbrochen durch Trennwand	$D_{n,f,w}$ = 67 dB DIN 4109-33:2016, Tabelle 36, Zeile 8		bis KOMFORT
Bodenflanke			
schwimmender Estrich durch Trennwand unterbrochen	$D_{n,f,w}$ = 67 dB DIN 4109-33:2016, Abschnitt 5.3.1.1		bis KOMFORT

Beplankung mit HWS oder GK
Wand- oder Deckenkörper
Estrichaufbau – Trocken oder Nass

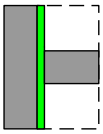
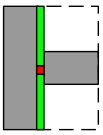
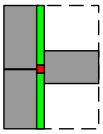
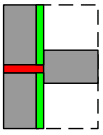
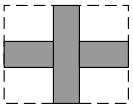
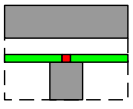
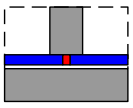
Getrennte Beplankungslagen

Wie bereits erwähnt, wird ein Großteil der Schallenergie durch die Beplankungen übertragen. Deshalb hat es sich bewährt, Beplankungslagen hinter der einbindenden Wand zu trennen. Nach Tabelle 13 wird durch die Trennung der Beplankungslage verglichen zur durchlaufenden Beplankung eine Verbesserung an der Stoßstelle von 5 dB erreicht. Gemäß der Faustformel für die Bemessung reicht dies für eine sichere Zielwerterreichung noch nicht aus. Wird allerdings eine von vier Flanken so ausgeführt, kann es im detaillierten Prognoseverfahren und bei Bauteilflächen über 10 m^2 zur Einhaltung der Werte bis zu BASIS+ kommen. Eine vollständige Trennung von Ständer, Schwelle, Rähm und Beplankungslage erreicht Werte bis $D_{n,f,w}$ = 68 dB. Allerdings ist es baupraktisch kaum umsetzbar, Wandenden ohne weitere Verschraubungen zu belassen. Bei der üblichen Verschraubung im Bereich des Ständers kommt es zu einer Reduktion um 7 dB. Auch hier gilt das vorgenannte zur getrennten Beplankungslage: In vielen Fällen lässt sich durch eine detaillierte Prognose BASIS+ erreichen, die Mindestwerte aus DIN 4109-1 [1] werden sicher erreicht. Der geringe Unterschied zwischen dem verschraubten Ständerwerk ($D_{n,f,w}$ = 61 dB) und nur unterbrochener Beplankungslage ($D_{n,f,w}$ = 58 dB) macht deutlich, dass für die baupraktisch relevante Übertragung die Beplankungslagen auf dem Flankenweg Ff zu einem großen Teil relevant sind (siehe Tabelle 13).

Direkte Befestigung

Werden Wände an Flanken ohne weitere Trennung oder Vorsatzschalen angebunden, ist eine Eignung der Flanke für den Geschosswohnbau nicht gegeben. Ein „stumpfer" Anschluss ohne weitere Maßnahmen erreicht Werte von $D_{n,f,w} \approx$ 50 dB – 53 dB. Nach der Faustformel, bei der mindestens ein Aufschlag von 7 dB zum Zielwert vorzunehmen ist, sind durchlaufende Beplankungsschichten ohne Vorsatzschalen im Geschosswohnbau nicht ausführbar.

Tabelle 13 | Planungsdaten für flankierende Holztafelbauwände mit getrennten Beplankungslagen

getrennte Beplankungslagen			
Ausführung	**$D_{n,f,w}$**	**Darstellung**	**Einsatzbereich im Geschosswohnbau**
Wandflanke			
Rähm und Schwellen durchlaufend; Beplankung durchlaufend	$D_{n,f,w}$ = 53 dB DIN 4109-33:2016, Tabelle 27, Zeile 1		ungeeignet
Rähm und Schwellen durchlaufend; Beplankungslage unterbrochen	$D_{n,f,w}$ = 58 dB DIN 4109-33:2016, Tabelle 27, Zeile 2		bedingt geeignet an einer Flanke; differenzierte Prognose erforderlich
Wand hinter der Trennwand vollständig getrennt (Rähme und Ständer) und verschraubt	$D_{n,f,w}$ = 61 dB DIN 4109-33:2016, Tabelle 27, Zeile 5		Mindestanforderung der DIN 4109-1:2018
Wand hinter der Trennwand vollständig getrennt und nicht verschraubt	$D_{n,f,w}$ = 68 dB DIN 4109-33:2016, Tabelle 27, Zeile 4		bis KOMFORT
Kreuzung von Wänden; Kreuzstoß	$D_{n,f,w}$ > 70 dB Annahme		bis KOMFORT
Deckenflanke			
Unterdecke aus Gipskarton über Trennwand unterbrochen	$D_{n,f,w}$ = 54 dB DIN 4109-33:2016, Tabelle 36, Zeile 3		ungeeignet
Bodenflanke			
Estrich im Bereich der Trennwand mit Trennschnitt, ansonsten durchlaufend	$D_{n,f,w}$ = 57 dB DIN 4109-33:2016, Tabelle 41, Zeile 2		ungeeignet

Beplankung mit HWS oder GK
Wand- oder Deckenkörper
Estrichaufbau – Trocken oder Nass
Trennung der Ebenen

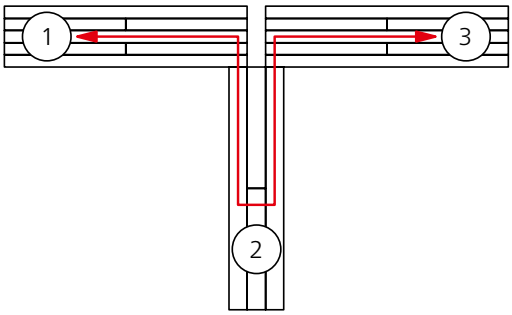


Abb. 4.11:
Schematische Darstellung Deckenschnitt über Trennwand

4.2.3 _ Flankenübertragung von Massivholzelementen

Die Leistungsfähigkeit einer Flanke hängt im Massivholzbau im Wesentlichen von folgenden Faktoren ab:

- Schalldämmmaß des Bauteils inkl. ggf. vorhandener Splittschüttung.
- Vorsatzschalen, die nicht im Übertragungsweg liegen, bleiben unberücksichtigt (bei der Deckenflanke einer Trennwand wird also der oben aufliegende Estrich nicht berücksichtigt).
- Stoßstellendämmmaß K_{ij} der Decke-Wand Kombination (hier fließen die Verbesserungen z. B. durch Trennung der Decke oder Elastomere ein).
- Verbesserung durch Vorsatzschalen, die auf dem jeweils zu betrachtenden Übertragungsweg liegen, z. B. Unterdecke (Vorsicht: siehe nachfolgende Hinweise).

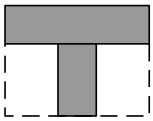
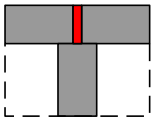
Trennschnitt über der Trennwand

Werden Flankenbauteile in Massivholzbauweise errichtet, sind diese Flankenwege einer sehr genauen Betrachtung zu unterziehen. Hierbei ist auch die statische Umsetzbarkeit von Trennfugen zu prüfen. Durchlaufende Massivholzdecken genügen nur unter bestimmten Umständen den Mindestanforderungen. Für höherwertige Schallschutzniveaus wie BASIS+ und KOMFORT kann mit elastischen Zwischenschichten oder vorzugsweise mit Trennschnitten auf dem Weg 1 – 3 in Abb. 4.11 gearbeitet werden.

Wird das Massivholz-Deckenelement auf Trennwänden in Holztafelbauweise eingesetzt, so können die Übertragungswege Fd und Df vernachlässigt werden. Die Berücksichtigung der Flankenübertragung erfolgt wie beim reinen Holztafelbau nur auf dem Weg Ff. Tabelle 14 zeigt hierzu die bauakustische Bewertung der gängigen Stoßstellenausbildung bei Massivholzdecken als Flankenbauteil. Anstelle der bewerteten Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ wird für diese Situation das bewertete Flankendämmmaß $R_{Ff,w}$ angegeben, das mit Messwerten nach [21] in Anlehnung an das Massivbauverfahren in DIN 4109-2 [1] ermittelt und auf die Bezugsgrößen ($S_0 = 10\,m^2$, $l_f = 2{,}80\,m$) umgerechnet wurde. Dadurch ist auch mit diesen Planungswerten eine Vorbemessung möglich.

Wird hingegen auch das Trennbauteil in Massivholzbauweise ausgeführt, so können die Übertragungswege Fd und Df maßgeblich werden und sind deshalb im Prognoseverfahren zu berücksichtigen. Eine einfache Vorbemessung ist deshalb nicht möglich. Den Einfluss dieser Übertragungswege zeigt Tabelle 15 für einige Decken-Wand-Anschlüsse [21].

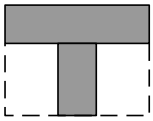
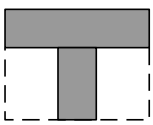
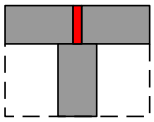
Tabelle 14 | typische Stoßvarianten von beschwerten Massivholzdecken auf Trennwänden in Holztafelbauweise

Massivholzdecken als Flankenbauteil auf Holztafelwänden			
Ausführung	**Flankendämmmaß $R_{Ff,w}$ [2)]**	**Darstellung**	**Einsatzbereich im Geschosswohnbau**
Deckenflanke			
beschwerte Massivholzdecke durchlaufend [1)]	$R_{Ff,w} \geq 61$ dB		bedingt geeignet an einer Flanke, differenzierte Prognose erforderlich
beschwerte Massivholzdecke mit Trennschnitt über der Trennwand [1)]	$R_{Ff,w} \geq 64$ dB		bis KOMFORT

[1)] Massivholzdecke mit Beschwerung, min. $R_w \geq 54$ dB
[2)] Anstelle von $D_{n,f,w}$ kann für die Vorbemessung $R_{Ff,w}$ verwendet werden.

Wand- oder Deckenkörper
Trennung der Ebenen

Tabelle 15 | typische Stoßvarianten von beschwerten Massivholzdecken auf Trennwänden in Massivholzbauweise

Massivholzdecken als Flankenbauteil auf Massivholzwänden			
Ausführung Decke	**Ausführung Wand**	**Darstellung**	**Messwerte für $l_{lab} = 4{,}30$ m, $S_{S,lab} = 11{,}8$ m²**
Deckenflanke			
160 mm BSP, durchlaufend	80 mm BSP		$R_{Ff,w} = 44$ dB $R_{Fd,w} = 50$ dB $R_{Df,w} = 50$ dB
60 mm Splitt, m' = 90 kg/m² 160 mm BSP, durchlaufend	80 mm BSP		$R_{Ff,w} = 61$ dB $R_{Fd,w} = 55$ dB $R_{Df,w} = 55$ dB
160 mm BSP, getrennt	80 mm BSP		$R_{Ff,w} = 50$ dB $R_{Fd,w} = 51$ dB $R_{Df,w} = 51$ dB

Wand- oder Deckenkörper
Trennung der Ebenen

Massivholzdecken mit Unterdecken für die Verbesserung der Flankenübertragung

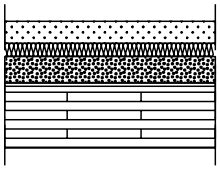
Lassen sich Verbesserungsmaßnahmen wie ein Trennschnitt bei Massivholzdecken aus statischen Gründen nicht durchführen, wird häufig eine Unterdecke als akustisch wirksame Vorsatzschale auf diesem Flankenweg eingebracht. Diese Maßnahme reduziert die Schallübertragung über den Flankenweg erheblich, kann aber die Trittschallübertragung des Deckenbauteils im tieffrequenten Bereich teilweise erheblich beeinträchtigen.

Bei Massivholzdecken mit Unterdecken verbessert sich der $L_{n,w}$. Allerdings kann es bei geringen Abhängehöhen vorkommen, dass sich $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ verschlechtert. Abb. 4.12 zeigt den Vergleich von drei Massivholzdecken mit verschiedenen Unterdecken und ohne Unterdecke.

Aufbau der Decke in Abb. 4.12:
Zementestrich:
120 kg/m²
Trittschalldämmung:
30 mm MW mit s´ ≤ 8 MN/m³
Schüttung:
elastisch gebunden oder ungebunden mit 90 kg/m² bzw. d = 60 mm
Massivholzelemente:
120 mm

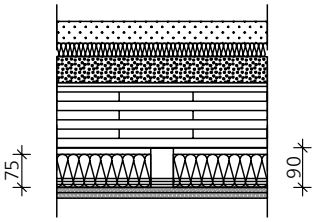
Abb. 4.12:
Vergleich von Massivholzdecken mit verschiedenen Unterdecken und ohne Unterdecke

Massivholzdecke ohne Unterdecke



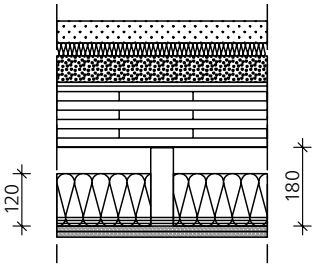
$L_{n,w}$	= 40 dB
$C_{I,50\text{-}2500}$	= 9 dB
$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$	= 49 dB

Massivholzdecke mit Unterdecke (90 mm Abhängehöhe)



$L_{n,w}$	= 24 dB
$C_{I,50\text{-}2500}$	= 29 dB
$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$	= 53 dB

Massivholzdecke mit Unterdecke (180 mm Abhängehöhe)



$L_{n,w}$	= 23 dB
$C_{I,50\text{-}2500}$	= 26 dB
$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$	= 49 dB

An den Bauteilkennwerten lässt sich erkennen, dass eine Verschlechterung des $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ von bis zu 4 dB eintritt. Dadurch wird für die Nutzer die wahrnehmbare Trittschallbelästigung größer als bei der Vergleichsdecke ohne zusätzliche Unterdecke. Es zeigt sich, dass die Verschlechterung unter 100 Hz für die Decke mit 90 mm Abhängehöhe sehr deutlich ausfällt, obwohl der reine Wert für $L_{n,w}$ erheblich verbessert ist. Hier ist größte Vorsicht geboten, um mit der „Standardverbesserungsmaßnahme" Vorsatzschale/Unterdecke an den Flanken keine Verschlechterung für die Nutzer bei der Trittschallübertragung herbeizuführen. Deshalb sollte bereits bei der Vorbemessung das Kriterium für tiefe Frequenzen geprüft werden. Besonders kritisch ist, wenn die Decke als Flanke für Trennwände bemessungsmaßgebend wird. Die Unterdecke verbessert zwar den Deckenflankenwert für die Trennwand und damit deren Schalldämmvermögen, kann aber die Trenndecke selbst verschlechtern. Wenn die Unterdecke für die Dämmung der Flankenwege erforderlich ist, so sollte diese so ausgeführt werden, dass es zu keiner Verschlechterung beim $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ kommt. Dies ist in der Regel bei Abhängehöhen ab ca. 20 cm der Fall. Alternativ und vorzugsweise lässt sich, wenn dies statisch möglich ist, die Massivholzdecke mit einem Trennschnitt über der Trennwand ausführen, siehe hierzu auch Tabelle 9.

4.3 _ Trennwände für Doppel- und Reihenhäuser

Für Doppel- und Reihenhäuser haben sich zweischalige Bauweisen etabliert. Unter zweischalig ist hier zu verstehen, dass jedes Gebäude mit einer eigenen Wand abschließt. Die beiden Wände werden mit Abstand zueinander aufgestellt. Die jeweiligen Wände können wiederum aus mehreren Schichten bestehen. Je nach Gebäudetyp und -klasse sind auch Anforderungen an den Brandschutz gestellt, die grundsätzlich zu beachten sind.

Anregungsarten und spezielle Erfordernisse

Bei der genannten Wandart liegt die Besonderheit vor, dass sowohl die Trittschallübertragung von Treppen als auch der Luftschallübertragungsweg eine Rolle spielen. Beschwerden bei Reihen- und Doppelhaustrennwänden in zweischaliger Bauweise befassen sich häufig mit Belästigung durch Trittschall von Treppen des Nachbargebäudes. Die Belästigung wird als Dröhnen wahrgenommen und ist damit tieffrequenter Übertragung zuzuordnen. Maßnahmen zur Verbesserung an diesen Wänden sollten primär den tieffrequenten Frequenzbereich ansprechen. Nach aktuellen Forschungsergebnissen gilt es hier das Ständerraster, den Abstand der Wände untereinander und die Beplankungsart maßgeblich zu beachten. Bei Reihenhaustrennwänden erweisen sich im tieffrequenten Bereich Achsmaße von 31 cm als besonders günstig, im Gegensatz zum üblichen Ständerraster von 62,5 cm. Deshalb beziehen sich alle folgenden Darstellungen auf das „akustisch günstigere" Raster von 31 cm.
In diesem Abschnitt werden Empfehlungen für die Wände und für die Treppen in Reihen- und Doppelhäusern gegeben.

4.3.1 _ Vorbemessungsbeispiel für Doppel- und Reihenhaustrennwände

Bisher liegen für Doppel- und Reihenhaustrennwände im Holzbau nicht für alle Flanken Bemessungswerte vor. Dies betrifft speziell den Deckenknoten und die Außenwandflanke. Es ist aber davon auszugehen, dass deren Schallübertragung sehr gering ist. Diese sind zur Bemessung näherungsweise vernachlässigbar, wenn die Fuge durchgängig ist. Deshalb erfolgt in diesem Abschnitt eine vereinfachte praxistaugliche Vorbemessung für die in Abb. 4.13 und 4.14 dargestellte Trennwandsituation sowie den Zielwert des Schallschutzniveaus BASIS+.

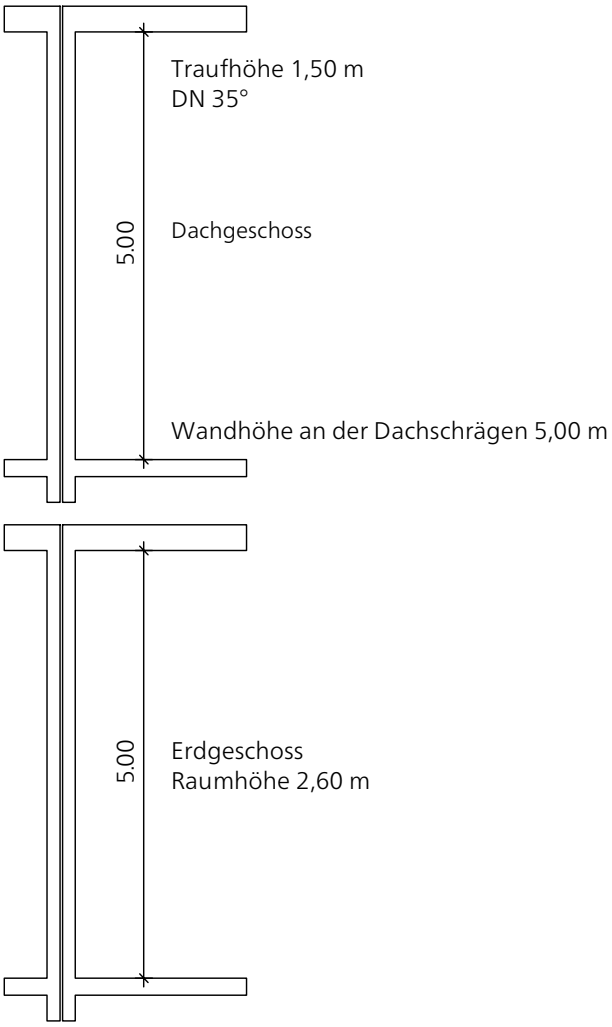


Abb. 4.13:
unten:
Grundrisssituation Erdgeschoss,
oben:
Grundrisssituation Ober-/Dachgeschoss

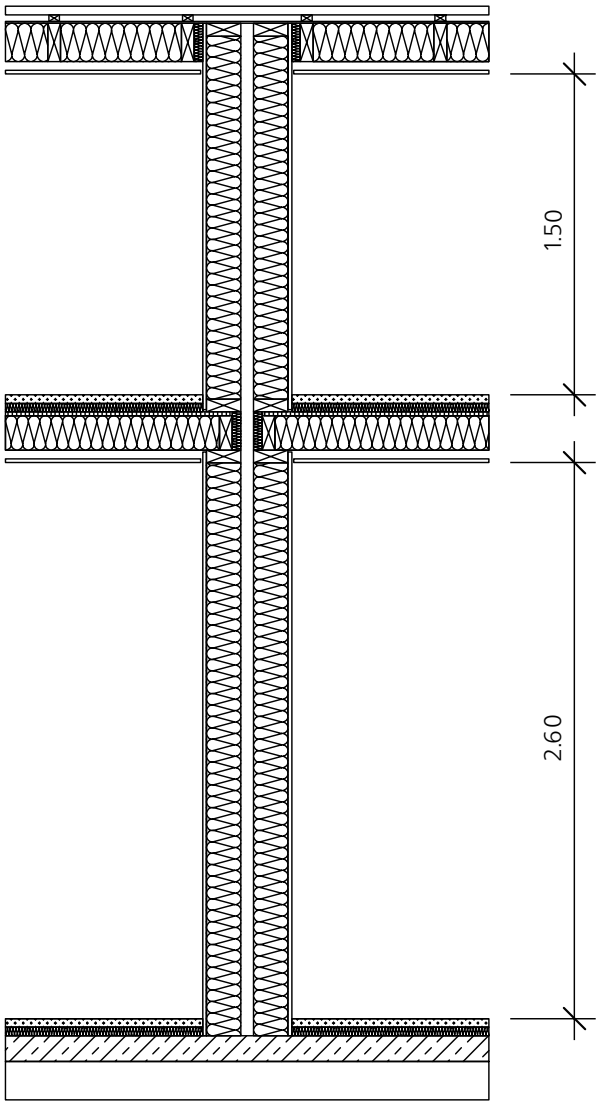


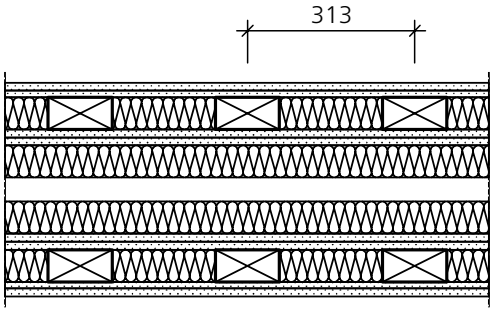
Abb. 4.14:
Schnittsituation zur Bemessung

Schritt 1:
Wahl des Zielwerts

Schallschutzniveau: BASIS+
R'_w ≥ 62 dB
$R_w + C_{50\text{-}5000}$ ≥ 62 dB

Das bedeutet, dass alle Übertragungswege mit einem bauakustischen Kennwert von 62 dB + 7 dB = 69 dB zu wählen sind.

Schritt 2:
Wahl eines Bauteils mit R_w ≥ 69 dB aus Kapitel 6:



Bauteilwerte:
R_w ($C_{50\text{-}5000}$) = 69 dB (-2 dB)

Brandschutztechnische Bewertung:
Feuerwiderstandsdauer: F30-B – F90-B

Es sind zwei Situationen zu prüfen:
1. Erdgeschoss mit durchlaufender Bodenplatte und schwimmendem Estrich
2. Dachgeschoss mit darunterliegendem getrennten Erdgeschoss

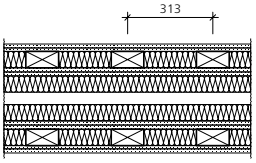
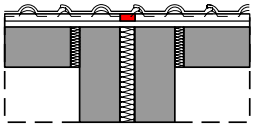
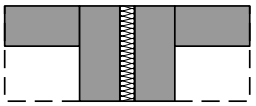
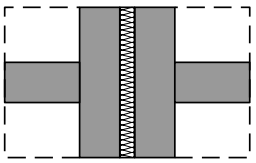
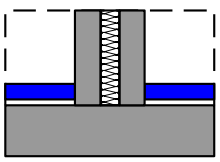
Unterer Gebäudeabschluss:
Stahlbeton Bodenplatte, d = 180 mm mit schwimmend verlegtem Estrich

Schritt 3 und Schritt 4:
Bewertung der Flankensituation sowie des Kriteriums für tiefe Frequenzen.

Abb. 4.15:
Bauteilaufbau Kapitel 6,
Tabelle 43,
Zeile 8

Konstruktionsempfehlung
Für eine Reihenhausdoppelwand sollten folgende Grundregeln eingehalten werden:
- 31 cm als Achsraster bei Holztafelbauwänden
- Aufbau der beiden Seiten bzw. deren Ständerlage asymmetrisch versetzt
- Pfostenquerschnitt sollte so gering wie statisch möglich gewählt werden zugunsten eines großen Abstands zwischen den Wänden
- möglichst große Masse der raumseitigen Beplankung

Tabelle 16 | Vorbemessung einer Reihenhaustrennwand gemeinsam für EG und OG

	1	2	3	4
	Vorbemessung Reihen- und Doppelhaustrennwände			
	Zielwert	Schallschutzniveau **BASIS+** $R'_w \geq 62$ dB	Vorbemessungsaufschlag = 7 dB	Bauteilwert ≥ 69 dB
	Bauteil bzw. Übertragungsweg:	**R_w bzw. $D_{n,f,w}$**	**Ausführung**	**Beurteilung**
1	Bauteil direkt	$R_{w,Bauteil} = 69$ dB		**69 dB =** 69 dB ✓
2	Flanke Dach	75 dB DIN 4109-33:2016, Tabelle 30, Zeile A mit Tabelle 34, Zeile 1		**75 dB >** 69 dB ✓
3	Flanke Außenwand	≥ 75 dB gleichwertig wie Zeile 2		**75 dB >** 69 dB ✓
4	Deckenknoten	≥ 75 dB gleichwertig wie Zeile 2		**75 dB >** 69 dB ✓
5	Boden Trennwand unterbricht Estrich, Bodenplatte min. d = 180 mm	$R_{Ff,w} = 70$ dB Berechnung nach Massivbauverfahren mit $K_{Ff,min}$		**70 dB >** 69 dB ✓
	Ergänzendes Kriterium für tiefe Frequenzen			
6	Bauteil direkt	$R_w + C_{50\text{-}5000} =$ 69 dB + (-2 dB) = 67 dB	Zielwert: $R_w + C_{50\text{-}5000} = 62$ dB	**67 dB >** 62 dB ✓

Wand- oder Deckenkörper
Estrichaufbau – Trocken oder Nass
Trennung der Ebenen

4.3.2 _ Konstruktive Einflüsse auf die Flankenübertragung

Unterer Gebäudeabschluss

Für die Bemessung ist von entscheidender Bedeutung, ob der untere Gebäudeabschluss durchlaufend ist oder sich darunter beispielsweise nicht schutzbedürftige Kellerräume befinden, die ebenfalls durch eine Fuge voneinander getrennt sind. Unterkellerte Gebäude mit Abstell- und Nebenräumen haben sich als günstiger erwiesen als Gebäude auf einer durchlaufenden Bodenplatte. Der Abstellraum im Keller wirkt wie ein akustischer Pufferraum für die Übertragung von Schallenergie. Hierbei ist allerdings Vorsicht geboten: Ein Aufenthaltsraum kann kein akustischer Pufferraum sein. Befinden sich im Kellergeschoss schutzbedürftige Räume, ist in der Regel davon auszugehen, dass auch hier der untere Gebäudeabschluss durchlaufend ist. Nur in den seltensten Fällen wird die Bodenplatte wegen den unterschiedlichen Setzungen ebenfalls mit einer Fuge versehen. Abb. 4.16 zeigt schematisch die Situation.

Für getrennte Flankenwege, bei denen die Schallübertragung über nicht schutzbedürftige Räume einen "Umweg" nimmt, zeigen sich deutlich bessere Schalldämmmaße. Deshalb werden an Gebäude mit darunter liegendem getrennten Geschoss höhere Anforderungen gestellt als an Räume in Geschossen mit durchlaufendem Bodenbauteil. Die Situation in Abb. 4.16 rechts entspricht der mit durchlaufender Bodenplatte und Estrich, wie sie in der Musterbemessung dargestellt ist, jedoch für ein Erdgeschoss.

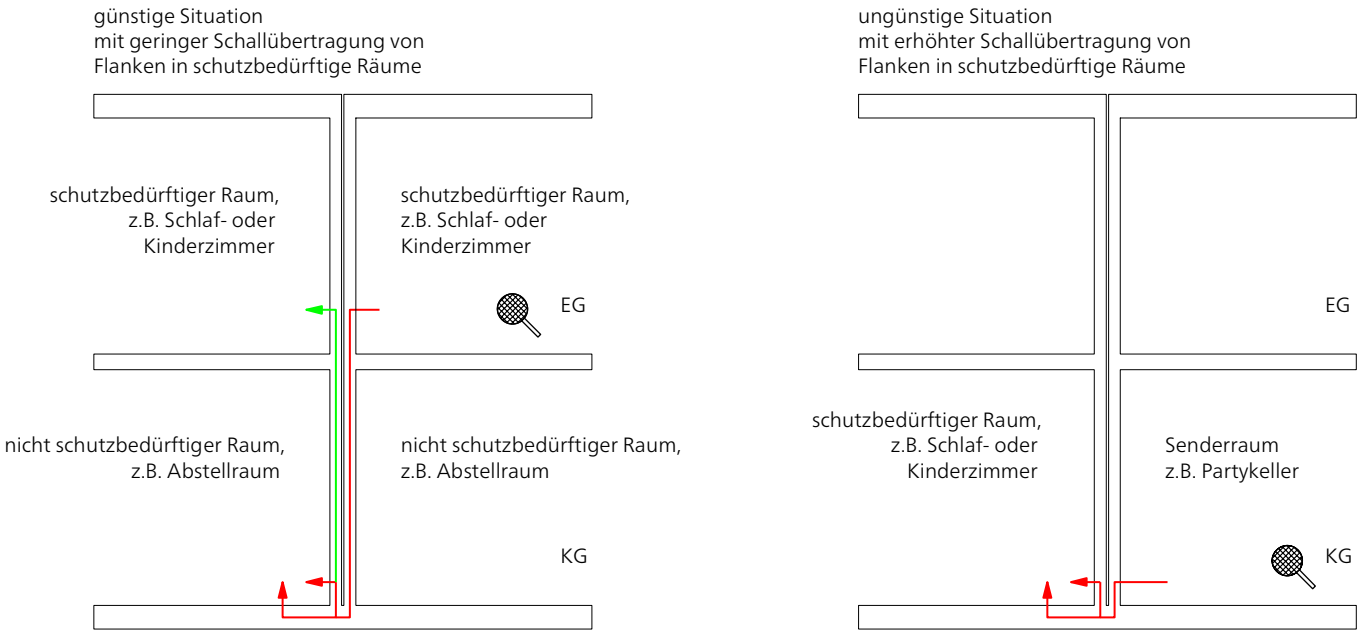


Abb. 4.16:
schematische Darstellung bauakustisch günstiger und ungünstiger Raumanordnung bei Doppel- und Reihenhäusern

Flankierendes Dach

Für die Flanken im obersten Geschoss haben sich vollständige Trennungen bewährt. Wie bereits erwähnt ist für die hohen Anforderungen eine vollständige Trennung der Wände erforderlich. Besonders beachtenswert sind beim Dachabschluss folgende Punkte:

- Dachlatten vollständig getrennt, ggf. erforderliche Metallspangen beidseitig montieren. Die Traglattung der Dachsteine darf nicht über die Trennwand hinweg durchlaufend ausgeführt werden. Hier spielen auch brandschutztechnische Anforderungen eine Rolle. Im Bereich der Trennwand sollte diese Traglattung durch zwei Metallprofile ersetzt werden.
- Dachschalung über der Wand trennen. Idealerweise steht das Kopfrähm der Wand über der Dachschalung. Gleiches gilt für Hartschaum-Aufdachdämmungen.
- Trennung der Schalung auch im Vordachbereich.
- Der Hohlraum ist mit schallabsorbierender Dämmung zu füllen, ggf. ist auch eine brandschutztechnisch notwendige Aufmörtelung sinnvoll, wenn diese die getrennten Latten nicht überbrückt. Bei hochschalldämmenden Dächern läuft der wesentliche Schallübertragungsweg über den Hohlraum zwischen der Dacheindeckung und der Dämmung bzw. Trennwand. Um diese Schallübertragungen zu reduzieren, sollte dieser Hohlraum bis zur Dacheindeckung mit Mineralfaser (Brandschutzanforderungen beachten) ausgefüllt werden. Falls erforderlich kann man auch noch die Hohlräume in den jeweils ersten Sparrenfeldern mit Mineralfaser füllen. Alternativ werden auch speziell für diese Anforderungen ausgelegte Schallschutz-Schotts eingesetzt.
- Dachdeckung oder Dachabdichtung kann durchlaufen.
- Dachkonstruktionsteile wie Pfetten oder Sparren dürfen die Wandfuge keinesfalls überbrücken.

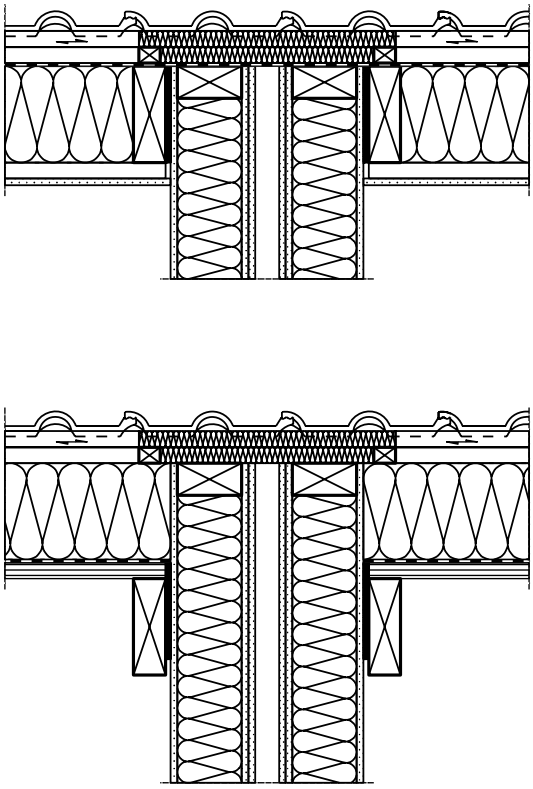


Abb. 4.17:
Bauanschluss von Steildächern (Zwischensparrendämmung / Aufsparrendämmung) an Gebäudetrennwände. Der erste Sparren wird jeweils mit 1 bis 5 cm Abstand von der Trennwand montiert. Der Hohlraum wird ausgedämmt.

Bei über der Dachhaut stehenden Trennwänden darf die Flankenübertragung vernachlässigt werden. Eine mangelhafte Planung und Ausführung von Bauanschlüssen von Trennwänden an Steildächer führt immer wieder zu Beschwerden wegen einer nicht ausreichenden Schalldämmung zwischen den benachbarten Räumen. Daher werden nachfolgend weitere Hinweise zur ordnungsgemäßen Bauausführung solcher Anschlüsse gegeben. Für den Anschluss an eine zweischalige Gebäudetrennwand ist der prinzipielle Aufbau für Steildächer mit Zwischensparren- bzw. Aufsparrendämmung in Abb. 4.17 dargestellt.

Zusätzlich zu den vorgenannten Punkten ist folgendes zu beachten:

Trennwand

Die Trennwand ist unabhängig von der Bauweise bis unter die Dachlattung zu führen.

Anschlussfugen

Die Anschlussfugen zwischen Trennwand und Dachaufbau sind besonders sorgfältig auszuführen.

Einfluss der Pfetten

Die Pfetten in den beiden Räumen sind vollständig zu trennen. Sie dürfen nicht über die Trennwand hinweg durchlaufen. Die verbleibenden Hohlräume in den Auflagerlöchern der Pfetten sind luftdicht zu schließen. Ggf. ist aus Brandschutzgründen eine Gipsplatte vorzustellen.

Deckenflanke und vertikale Wandflanke

Bauteile des Deckenknotens wie der Außenwand dürfen nicht die Trennfuge überbrücken. Folgende Konstruktionsregeln sollten beachtet werden:

- Beim Einbau der Dämmung im Hohlraum vor der Deckenstirnseite zur Gebäudefuge und der Außenwand ist auf die Lagesicherung zu achten.
- Trennung aller Schichten der Außenwand in der Fugenebene. Putzschichten sind durch Trennprofile mit Schaumstoffen schlagregendicht zu trennen.

Unter den genannten Voraussetzungen kann die Übertragung über diese Flanken vernachlässigt werden, da die bewertete Norm-flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ mindestens bei 70 dB liegt.

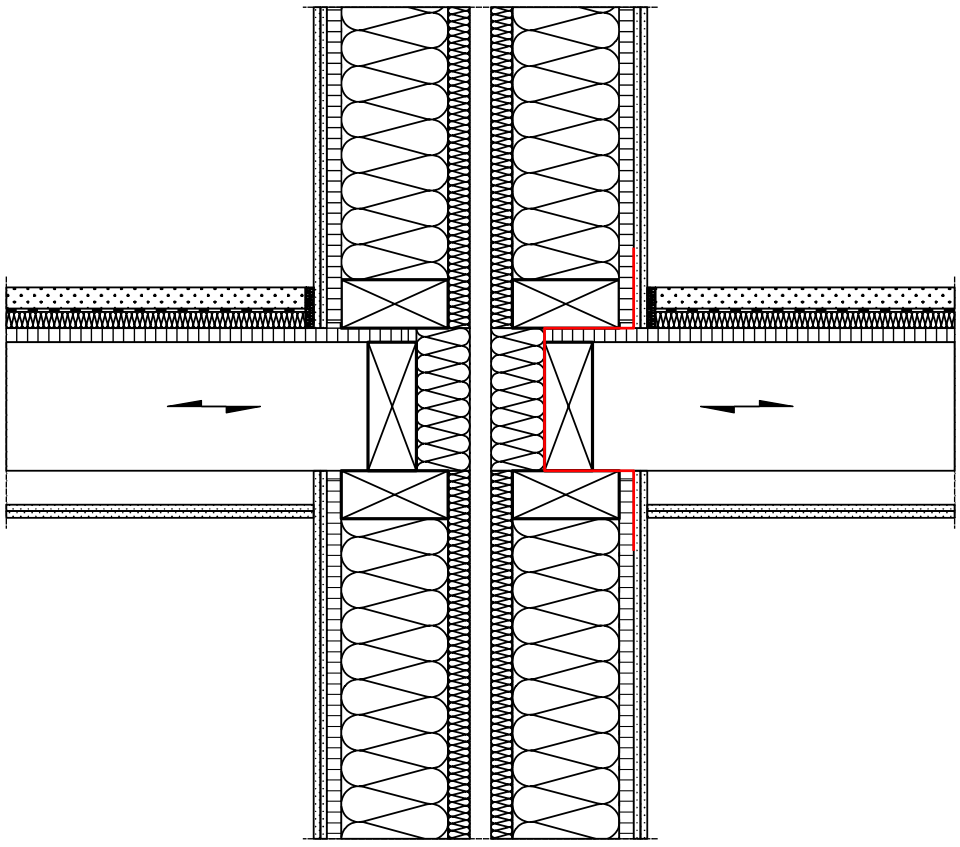


Abb. 4.18:
Darstellung Deckenknoten mit vorgestellter hochabsorbierender Wärmedämmung,
in rot: Einbau einer Luftdichtungsfolie

4.3.3 _ Treppen in Doppel- und Reihenhäusern

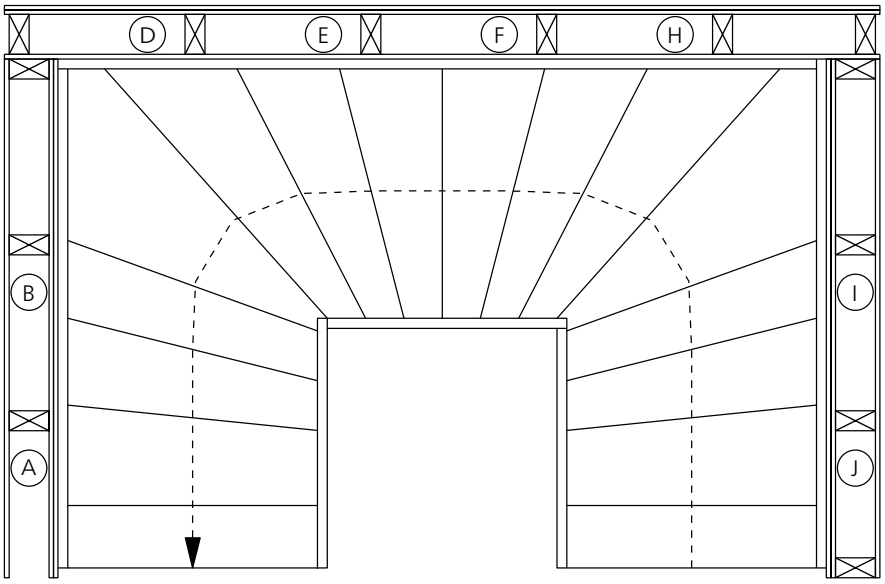
Wegen der zu Beginn dieses Abschnitts dargestellten Problematik der Trittschallübertragung zwischen Doppel- und Reihenhäusern werden nun Konstruktionsempfehlungen für die Ausführung von Treppen gegeben. Eine Trittschallbemessung ist für die Treppen derzeit nicht möglich. Deshalb können nur Ausführungsempfehlungen gegeben werden.

Stahl-Holz-Treppen

Eine zwei-viertel-gewendelte Stahl-Holztreppe wird üblicherweise am Baukörper über Antritt und Austritt sowie 1 bis 2 mal an der Trennwand und maximal 2 mal an den Seitenwänden befestigt, wobei die Anbindung über starre Auflager erfolgt. Mögliche Auflagerpunkte für eine solche Treppenkonstruktion werden in Abb. 4.19 schematisch dargestellt. Führt man die Trennwand als zweischalige Gebäudetrennwand in Holztafelbauweise aus, werden so formal die Anforderungen nach DIN 4109:1989-11 sowie in aller Regel auch die Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz ($L'_{n,w}$ = 46 dB) nach DIN 4109 Beiblatt 2: 1989-11 bzw. der Schallschutzstufe II nach VDI 4100:2007-08 eingehalten.

Eine Auftragung des Norm-Trittschallpegels L_n gegen die Frequenz einer Stahl-Holztreppe ist in Abb. 4.20 dargestellt. In Abb. 4.20 wird allerdings ersichtlich, dass schalltechnische Schwachpunkte der Konstruktion im niederfrequenten Bereich liegen, d. h. zwischen 50 Hz und 200 Hz, so dass es in diesem Frequenzbereich zu störenden Lärmbelästigungen („Dröhnen“) kommen kann. Diese niederfrequenten Trittschallübertragungen koinzidieren mit Einbrüchen in der Schalldämmkurve, wie sie bei der Luftschalldämmung von Gebäudetrennwänden in Holzbauweise zu beobachten sind, siehe Abschnitt 3.1.4. Maßnahmen zur Reduzierung des „Dröhnens“ werden in Abschnitt 3.4.4 aufgezeigt.

Abb. 4.19:
Anbindung von Holztreppen an den Baukörper.



Anbindung an die Trennwand in Holzständerbauweise: Punkte D, E, F, H
Anbindung an die Seitenwände in Holzständerbauweise: Punkte A, B, I, J

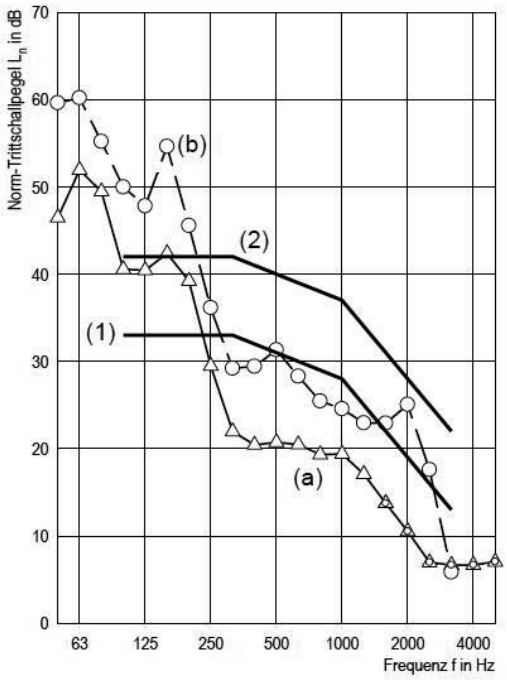


Abb. 4.20:
Trittschalldämmung einer Stahl-Holztreppe, angeschlossen an eine zweischalige Gebäudetrennwand in Holzbauweise mit einem bewerteten Schalldämm-Maß von R_w = 71 dB.

Dargestellt sind zwei Versionen:
Kurve (a) mit Bezugskurve (1):
Anbindung nur an die Seitenwand, $L_{n,w}$ = 31 dB
Kurve (b) mit Bezugskurve (2): normale Anbindung der Treppe an Trenn- und Seitenwände, $L_{n,w}$ = 40 dB

Für beide Versionen sind neben den gemessenen Schalldämmkurven L'_n auch die jeweiligen verschobenen Bezugskurven nach EN ISO 717-2 eingezeichnet.
Die Überschreitungen der gemessenen Kurve über die Bezugskurve bestimmen die Höhe des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L_{n,w}$ aus [19].

Massivholztreppen

Massivholztreppen werden über die Außenwange an die Trennwand angebunden, wobei üblicherweise bis zu 4 Verschraubungen zur Befestigung der Wange an der Trennwand dienen. Mögliche Verschraubungspunkte für eine solche Treppenkonstruktion werden in Abb. 4.19 schematisch dargestellt. Zusammen mit einer zweischaligen Gebäudetrennwand in Holzbauweise werden bei einer solchen Anbindung der Treppe an die Gebäudetrennwand formal die Anforderungen nach DIN 4109:1989-11 sowie in aller Regel auch die Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz ($L'_{n,w}$ = 46 dB) nach DIN 4109 Beiblatt 2:1989-11 eingehalten.

Einfluss der Trennwand auf die Trittschalldämmung der Treppe

Die zuvor beschriebenen Ergebnisse sind mit Treppen, angebunden an mängelfrei gefertigte zweischalige Gebäudetrennwände, erzielt worden. Die sehr guten Trittschalldämmwerte dieser Treppen haben ihre Ursache auch in der konsequenten Trennung und Entkopplung der beiden Trennwandschalen. Die gleiche Treppenkonstruktion, angebunden an eine einschalige Trennwand, wird daher eine deutlich schlechtere Trittschalldämmung erzielen. Die starke Abhängigkeit der Trittschalldämmung einer Treppe von der Wandkonstruktion wird deutlich, wenn man graphisch die Trittschalldämmung der Treppe $L'_{n,w}$ gegen die Schalldämmung der Trennwand R'_{w}, an der die Treppe angebunden ist, aufträgt, siehe Abb. 4.21. Wenn man die Treppen nach den verschiedenen Konstruktionsmerkmalen (Bauart der Treppe, Anbindung an die Trennwand) klassifiziert, erkennt man einen nahezu linearen Verlauf zwischen $L'_{n,w}$ und R'_{w}. Bei Kenntnis der Schalldämmung der Trennwand lässt sich wegen dieses Zusammenhangs die Trittschalldämmung einer Leichtbautreppe im Holzbau abschätzen. Ein Prognoseverfahren, das auf diesen Erkenntnissen basiert, wird in [27], [28], [29] beschrieben. Erste Vergleiche mit verschiedenen Bausituationen haben gute Ergebnisse erbracht.

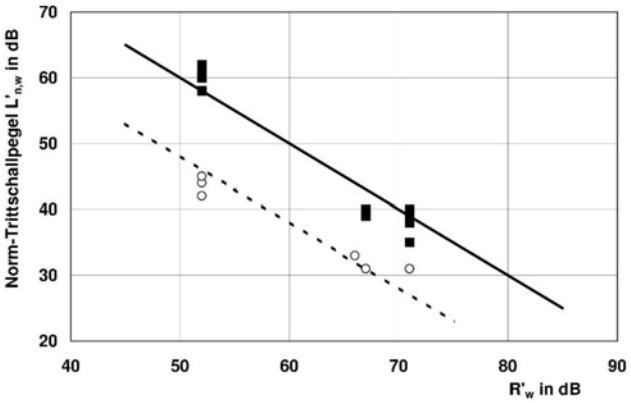


Abb. 4.21:
Trittschalldämmung von Stahl-Holztreppen im Holzbau in Abhängigkeit von der Luftschalldämmung R'_w der Trennwand (ein- und zweischalig) aus [19]. Dargestellt sind zwei verschiedene Versionen der Anbindung an die Trennwand.
■ – Messwerte: Treppe mit 1 bis 2 Auflagerpunkten in der Trennwand.
O – Messwerte: Treppe nicht an Trennwand, sondern nur an den Seitenwänden angebunden.
Die durchgezogenen und gestrichelten Linien sind Prognosen der $L'_{n,w}$ der Treppe nach empirischem Verfahren [27], [28], [29].

Verbesserung der Trittschalldämmung von Treppen

Obwohl sehr viele Leichtbau-Treppen im Holzbau die erhöhten Anforderungen an die Schalldämmung nach DIN 4109 Beiblatt 2:1989-11 erfüllen, kann es zu Beschwerden der Bewohner hinsichtlich der Trittschalldämmung kommen. Meist wird die niederfrequente Schallübertragung, ein „Dröhnen", bemängelt. Die Defizite in der niederfrequenten Schalldämmung lassen sich jedoch durch geeignete Ausführung der Treppenkonstruktionen kompensieren. Im Folgenden werden verschiedene Maßnahmen und deren Wirksamkeit hinsichtlich der Verbesserung der Trittschalldämmung beschrieben.

Anbindung der Treppe an die Trennwand

Eine deutliche Verbesserung der Trittschalldämmung im niederfrequenten Bereich lässt sich durch die vollständige Entkoppelung der Treppe von der Trennwand erreichen. Bei einer Stahl-Holztreppe ist dies realisierbar, indem die Auflagerung der Treppe vollständig über die Seitenwände erfolgt. Die Verbesserungen betragen sowohl im niederfrequenten Bereich als auch im bewerteten Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ = ca. 8 dB. Aus Gründen der Statik und Nutzungssicherheit (tieffrequentes Schwingungsverhalten, Baudynamik) müsste bei einer Stahl-Holztreppe hierzu die Treppenstatik verbessert werden. Bei Spannweiten bis zu ca. 2,2 m kann dies durch eine Vergrößerung des Holmquerschnitts erfolgen.

Bei Massivholztreppen lassen sich ähnliche Verbesserungen durch den Verzicht auf einen Körperschallkontakt zwischen Wange und Trennwand und durch Einsatz eines speziellen Eckauflagers erzielen. Die schalltechnische Eignung und prinzipielle Machbarkeit eines solchen Eckauflagers wurden in Laborversuchen nachgewiesen, siehe [27].

Entkopplung der Auflagerpunkte über Elastomerlager

Wegen der Statik oder der Nutzungssicherheit ist eine vollständige Abkopplung der Treppe von der Trennwand, wie oben beschrieben, vielfach nicht möglich. Eine Entkopplung der Auflager ist über geeignete Elastomerlager möglich. Die Verbesserung bei der Trittschalldämmung hängt von der Weichheit des Elastomerlagers ab. Dies wird in Abb. 4.22 dargestellt. Hier werden zwei Anbindungssituationen miteinander verglichen:
1.) starr angebunden und 2.) Entkopplung mit einem relativ weichen Elastomerlager. Dieses Beispiel zeigt, dass sich der bewertete Norm-Trittschallpegel der Treppe durch den Einsatz eines weichen Elastomerlagers bis zu 10 dB gegenüber dem starr angebundenen reduzieren, d. h. verbessern lässt. Beim Einsatz

von Elastomerlagern ist auf die Gebrauchstauglichkeit der Treppenkonstruktion zu achten, da zu weich gelagerte Treppen beim Begehen zu tieffrequenten Schwingungen und Schwankungen neigen und damit die Trittsicherheit gefährden könnten.

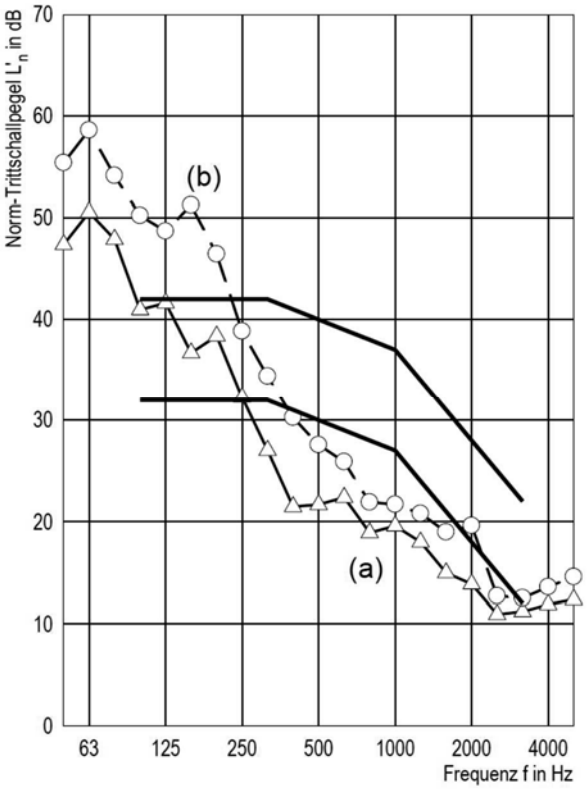


Abb. 4.22:
Trittschalldämmung einer Stahl-Holztreppe angebunden an eine zweischalige Gebäudetrennwand in Holzbauweise (bewertetes Schalldämm-Maß von $R'_w = 67$ dB), gemessen in einem ausgeführten Bau. Dargestellt sind zwei Varianten:

Kurve (a):
Anbindung über Elastomerlager (Fabrikat Trelleborg Typ STG), $L'_{n,w} = 30$ dB

Kurve (b):
starre Anbindung der Treppe an Trenn- und Seitenwände, $L'_{n,w} = 40$ dB, aus [19]

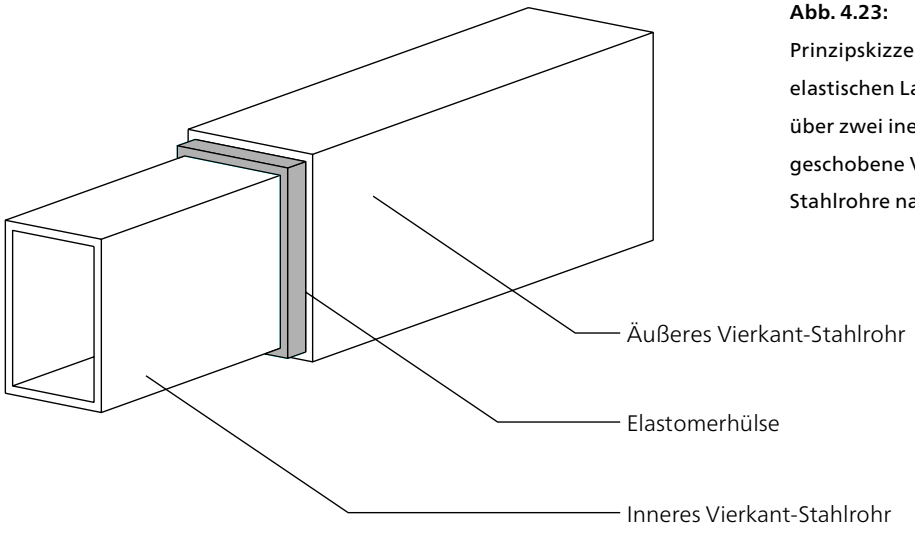


Abb. 4.23:
Prinzipskizze einer elastischen Lagerung über zwei ineinander geschobene Vierkant-Stahlrohre nach [19].

Eine praktische Realisierung eines Elastomerlagers ist in Abb. 4.23 dargestellt. Dazu wird das Elastomer zwischen zwei Vierkant-Stahlrohre geschoben. Die schalltechnische Wirksamkeit dieser Konstruktion im Zusammenspiel mit einem weicheren Elastomermaterial wurde im Laborversuch nachgewiesen [27].

Neben der Entkopplung der Auflager wird oft versucht eine Verbesserung der Trittschalldämmung über die Schwingungsentkopplung der Trittstufen selbst zu erreichen. Versuche, bei denen die Trittstufen über handelsübliche Elastomerlager praxistauglich auf die Holme geschraubt wurden, haben gezeigt, dass eine Verbesserung der Trittschalldämmung nur im hochfrequenten Trittschallbereich oberhalb von ca. 400 Hz erfolgt, also in einem Bereich, in dem Treppen an Gebäudetrennwänden ohnehin eine sehr gute Trittschalldämmung besitzen. Prinzipiell bietet sich eine ähnliche Problematik wie bei der Entkopplung von Auflagern über Elastomere: eine schalltechnisch wirksame Entkopplung von Stufe und Holm wird nur dann erreicht, wenn sehr weiche Zwischenschichten eingesetzt werden. Diese sind jedoch nicht als gebrauchstauglich zu bewerten, da auf solche Art gelagerte Trittstufen beim Begehen zu stark schwanken und keine Trittsicherheit gewährleisten. Durch eine Verschraubung wird die Wirksamkeit der elastischen Lagerung zusätzlich reduziert.

Auslegung der Elastomere

Als Gütekriterium für die Lagerung von Treppen auf Baulagern (z. B. Elastomeren) lässt sich die Zusammendrückbarkeit des Lagers und die Eigenfrequenz heranziehen. Dabei muss die Belastung je Punktlager der Treppe und die Nutzlast durch einen Geher (z. B. 75 – 100 kg) auf die Fläche des Elastomerlagers verteilt werden. Daraus ergibt sich eine Flächenpressung in N/mm². Aus dieser lässt sich die „Setzung" (Einsenkung Δt) des Elastomers nur unter statischer Vorlast und unter statischer Vorlast + Nutzlast (Geher) ermitteln. In gleicher Weise lässt sich die Eigenfrequenz des Auflagers aus Angaben des Herstellers ermitteln. Dabei sollte die zusätzliche Einsenkung des Elastomers beim Begehen durch eine Person und die Eigenfrequenz des Auflagers folgende Grenzwerte einhalten:

Einsenkung	$\Delta t \leq 1{,}5$ mm
Eigenfrequenz	$f_0 \leq 30$ Hz

4.4 _ Treppen in Geschosswohnbauten

Wie für Treppen in Doppel- und Reihenhäusern liegen auch für Treppen in Geschosswohnbauten keine Prognoseverfahren vor. Je nach Gebäudetyp und Gebäudeklasse sind auch aus Sicht des Brandschutzes Anforderungen zu erfüllen. In der Gebäudeklasse 4 beispielsweise dürfen diese nur aus nichtbrennbaren Materialien bestehen. Das bedeutet wiederum aus akustischer Sicht, dass entweder leichte Stahltreppen mit nichtbrennbaren Stufen ausgeführt werden oder Stahlbetontreppenläufe. Damit fallen die Holztreppen des vorangegangenen Abschnittes weg. Dafür kommen die Massivtreppen hinzu. Auf die erneute Darstellung aller Treppenarten wird verzichtet. Die Ausführung ist analog zu wählen wie in Abschnitt 4.3.3.

Massivtreppen

Für massive Treppen z. B. aus Stahlbetonfertigteilen in Holzgebäuden gelten sinngemäß die gleichen Ausführungen wie für leichte Treppen. Dabei muss der Treppenlauf vom Gebäude entkoppelt sein. Sind Podeste vorgesehen, muss entweder das Podest vom Gebäude elastisch getrennt oder mit einem schwimmenden Estrich versehen werden. Der größte Unterschied zu den leichten Treppen besteht neben der größeren Masse darin, dass hier linienförmige Elastomerauflager auszuführen sind, welche entsprechend höhere Lasten aufnehmen müssen. Es sind nicht die gleichen Elastomere wie für die vorgenannten Treppen verwendbar, da diese für die statische Vorlast zu dimensionieren sind. Dabei ist die Abhängigkeit des dynamischen E-Moduls von der statischen Vorlast zu beachten. Sehr häufig kann es sinnvoll sein, die für den Massivbau gebräuchlichen zugelassenen Elastomerauflager auch für diese Bauweise einzusetzen.

Allerdings steht wie für die vorgenannten Treppen derzeit kein Prognoseverfahren zur Verfügung. Es empfiehlt sich für beide Treppenarten eine Überprüfung der Ausführung durch Messung.

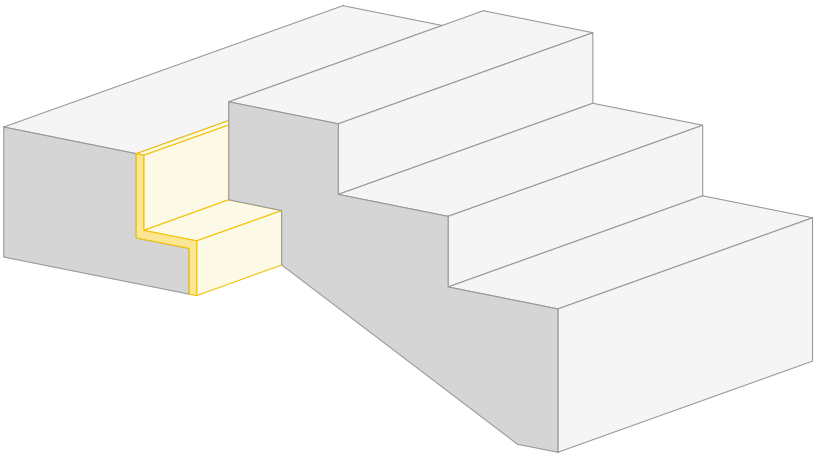


Abb. 4.24:
Massiver Treppenlauf mit elastomerer Zwischenlage

Zusammenfassung

Für Treppen in Geschosswohnbauten lassen sich folgende Empfehlungen geben:

- Entkoppelte Auflagerung der Treppe am Baukörper gemäß Abb. 4.24 mit möglichst weichem Elastomer (siehe dazu auch Abschnitt 4.3.3).
- Möglichst hohes bewertetes Luftschalldämmmaß der Befestigungswand.
- Befestigung der Treppen entweder an Außenwänden oder an Wänden, die nicht an schutzbedürftige Räume grenzen.
- Stufenauflager durch Entkopplungsmaßnahmen von der Wange trennen.
- Kein Kontakt zwischen den Stufen und den sonstigen Decken oder Wandbauteilen.
- Bei massiven Treppen lassen sich die Konstruktionsregeln des Massivbaus sinngemäß übernehmen.

Bei derartigen Treppenkonstruktionen sind Trittschallpegel von $L'_{n,w} \leq 48$ dB möglich.

4.5 _ Wohnungseingangstüren

Bei Wohnungseingangstüren ist zu unterscheiden, ob diese unmittelbar in einen Aufenthaltsraum oder in einen abgeschlossenen Flur münden. Für den ersten Fall sind die Anforderungen höher zu sehen als für den Fall in einen Flur. Die Besonderheit ist, dass für den zu erreichenden Zielwert 5 dB (u_{prog}) aufzuschlagen sind, um die Qualität der Tür zu beschreiben. Das bedeutet, wenn 37 dB am Bau gefordert sind, wäre eine Tür mit einem Prüfzeugniswert von $R_w = 42$ dB erforderlich. Es sollten folgende Zielwerte im modernen Geschosswohnbau erreicht werden:

Wohnungstür in einen abgeschlossenen Flur:

R_w ≥ 37 dB
→ $R_{w,Prüfzeugnis}$ ≥ 42 dB

Wohnungstür direkt in den Aufenthaltsraum:

R_w ≥ 38 dB
→ $R_{w,Prüfzeugnis}$ ≥ 43 dB

Die wesentlichen Konstruktionsmerkmale von Türen mit bewerteten Schalldämmmaßen über 40 dB lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Türblatt

Beim Türblatt steigt mit zunehmender Masse auch das bewertete Schalldämmmaß. Werden Umleimer oder allgemein aussteifende Stege in das Blatt eingebracht, sinkt die Schalldämmung. Verbessern lässt sich die Schalldämmung durch mehrschichtige Türblätter, die eine hohe innere Dämpfung aufweisen. Um die vorgenannten Schalldämmmaße zu erreichen, sind Türblätter mit einer flächenbezogenen Masse von ca. 40 – 50 kg/m² erforderlich. Diese Türblätter besitzen häufig eine Dicke bis zu 80 mm. Mit Beschwerungslagen lässt sich das Schalldämmmaß weiter erhöhen und die Dicke ggf. reduzieren.

Bodendichtung

Für Wohnungseingangstüren hat sich die absenkbare Bodendichtung bewährt und ist für die oben genannten Zielwerte unerlässlich. Es ist darauf zu achten, dass diese dicht zum Boden abschließt und auf einem harten Untergrund aufliegt. Die Bodendichtung darf nicht gegen weiche Untergründe wie z. B. Teppiche anlaufen. Der zu überbrückende Spalt sollte 5 mm nicht überschreiten.

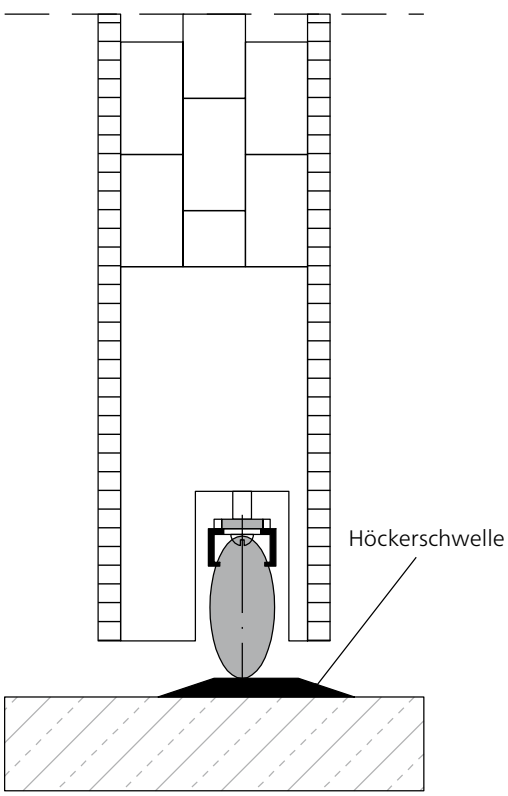


Abb. 4.25:
Absenkbare Bodendichtung mit Höckerschwelle als Gegenlager, falls Abstände zu groß sind.

Zarge und Zargendichtung

Die Zarge ist mit mindestens einer umlaufenden Dichtung zum Türblatt abzudichten. Die Krümmung des Türblatts oder eine zu geringe Schließkraft kann den Anpressdruck an der Dichtung herabsetzen. Mit zunehmender Spaltgröße zwischen Türblatt und Zarge durch fehlenden Anpressdruck kann das Schalldämmmaß um bis zu 10 dB absinken. Die Einstellungen der Tür sind also nach Inbetriebnahme eines Gebäudes nochmals zu überprüfen. Die sog. Einfederung der Dichtung sollte bei 5 mm liegen. Häufig ist es auch erforderlich bei Umfassungszargen eine Dichtung zwischen Wandebene und Umfassungszarge einzubauen. Sowohl Holz- als auch Stahlzargen erreichen die genannten Werte.

Verbindung zur Wandkonstruktion

Die Fuge zwischen der Treppenraumwand und der Türzarge ist vollständig z. B. mit Mineralfaser (auch bestimmte Bauschäume können zulässig sein) zu füllen und dann außen- und innenseitig mit Dichtstoff abzudichten. Abb. 4.26 zeigt schematisch die Abdichtung zwischen Zarge und Wandbauteil.

Hinweis

Die genannten Merkmale können je nach Hersteller stark variieren, so dass immer Prüfzeugnisse anzufordern sind. Die Einbausituation und die einzuhaltenden Einbaubedingungen sind auch auf der Baustelle umzusetzen.

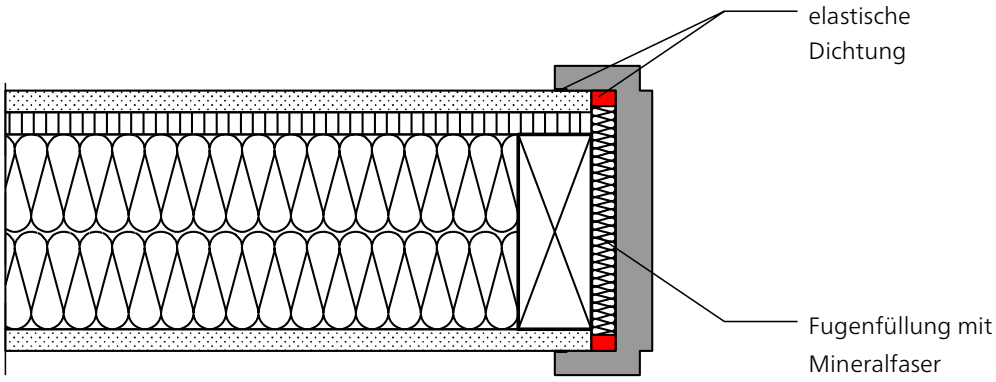


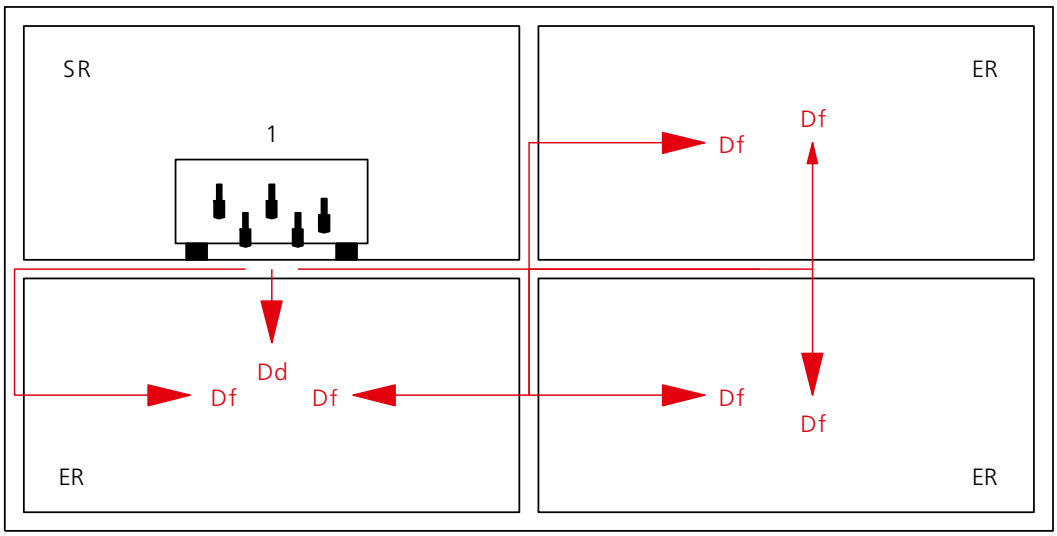
Abb. 4.26:
Schematische Darstellung der Abdichtung Zarge zu Wand

4.6 _ Laubengänge und Dachterrassen

Auch an Laubengänge und Dachterrassen werden Anforderungen hinsichtlich des Trittschalls gestellt. Für das Luftschalldämmmaß sind die Bauteile wie für den entsprechenden Außenlärmbereich zu bemessen. Bei den genannten Bauteilen ist zu beachten, dass für den Trittschall nicht ausschließlich in vertikaler Richtung eine Bemessung durchzuführen ist, sondern gemäß DIN 4109-2 [1] in alle Schallausbreitungsrichtungen, siehe Abb. 4.27.

Speziell für Laubengänge ist üblicherweise eine Diagonallage zu verzeichnen. Hierbei liegt der potenziell schutzbedürftige Raum schräg diagonal unter dem Laubengang. Im Massivbau sind hier Korrekturwerte K_T für die Lage vorhanden. Diese fehlen bisher für den Holzbau. Für die Praxis ist somit derzeit nichts anderes möglich, als auf der sicheren Seite liegend, die Bemessung wie in Abschnitt 4.1 dargestellt, für die Lage unmittelbar übereinander durchzuführen. Dies trifft bei Dachterrassen in der Mehrheit der Fälle ohnehin zu. Planungsdaten für Dachterrassenaufbauten sind in Abschnitt 6.2 gelistet. Auf ein Bemessungsbeispiel soll unter Verweis auf die Vorgehensweise bei Trenndecken in Abschnitt 4.1 verzichtet werden.

Abb. 4.27:
Trittschallübertragungsrichtungen, Bild 3 der DIN 4109-2:2018



Legende

ER	Empfangsraum
SR	Senderaum
Dd	direkte Trittschallübertragung über die Decke
Df	flankierende Trittschallübertragung über Decke und Wände
1	Hammerwerk

4.7 _ Balkone

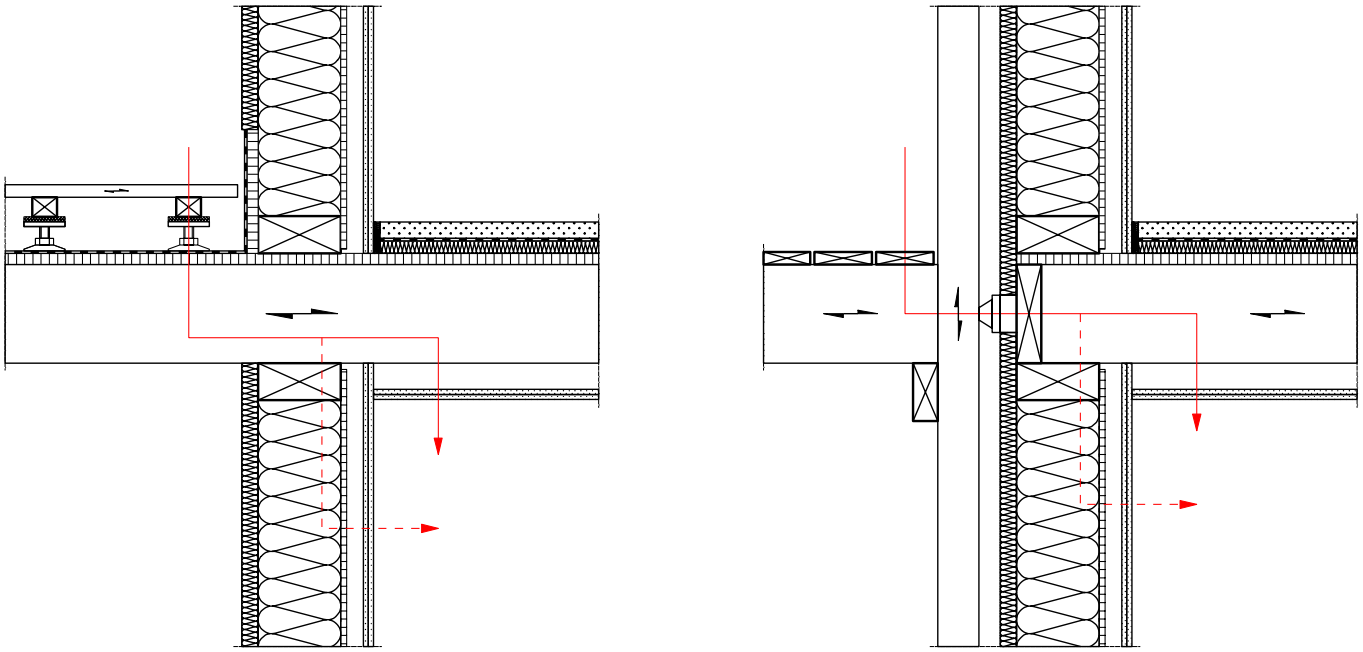
Analog zum vorstehenden Abschnitt werden seit 2018 auch an Balkone Anforderungen hinsichtlich des Trittschalls gestellt. Häufig wird hier eine Diagonalübertragung in einen darunterliegenden Raum zu bemessen sein. Die Mindestanforderung aus DIN 4109-1 [1], Tabelle 2, Zeile 8.1 lautet $L'_{n,w} \leq 58$ dB.

Diese Anforderung kann mit der in Abschnitt 4.6 beschriebenen Vorgehensweise und den folgenden Maßnahmen sicher eingehalten werden.

Es sind grundsätzlich zwei Arten der Balkonausführung zu unterscheiden:

- Vorgestellter Balkon aus Holz oder Stahl
- Auskragende Decken mit leichten oder schweren Belägen

Abb. 4.28:
links: Balkon mit auskragender Decke und Abdichtung mit leichtem Belag auf entkoppeltem Stelzlager.
rechts: vorgestellter Balkon mit entkoppelter horizontaler Halterung.



Vorgestellte Balkone

Für leichte vorgestellte Balkone, die horizontal am Gebäude gehalten werden, gelten die gleichen Grundsätze wie für die leichten Treppen. Mit entkoppelter Ausführung lassen sich die Trittschallanforderungen in der Praxis einhalten. Eine Prognose ist derzeit nicht möglich. Für horizontale wie vertikale Anbindungen des Balkons gilt es grundsätzlich, diese entkoppelt zu befestigen. Schematisch ist dies in Abb. 4.29 für eine horizontale Stützenanbindung dargestellt.

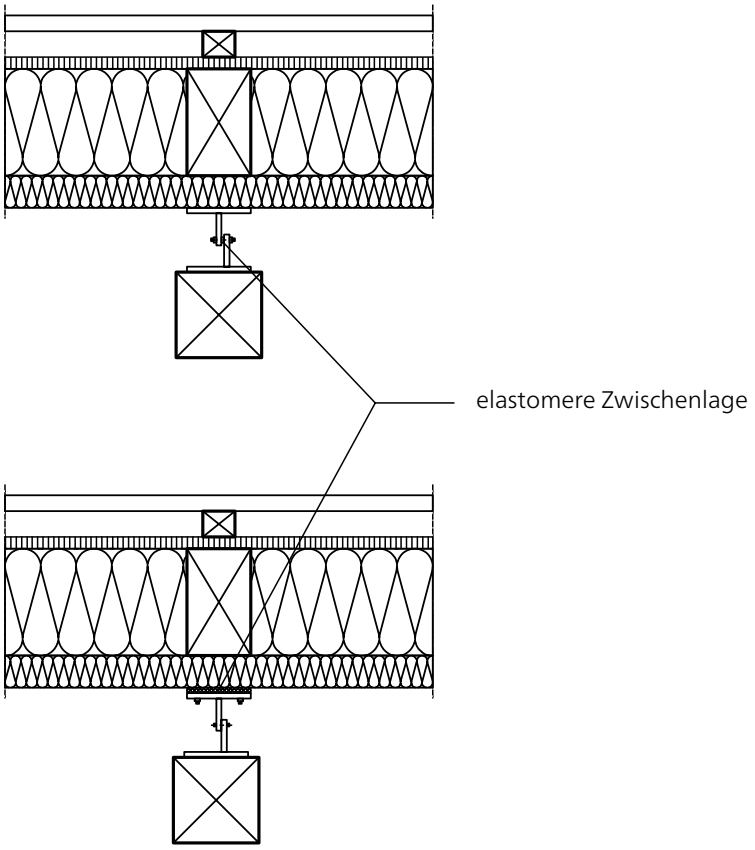


Abb. 4.29:
Entkoppelte Horizontalkraftanbindung mit elastomeren Zwischenlagen

Auskragende Decken

Im Holzbau sind auskragende Decken wegen der besseren thermischen Verhältnisse mit vergleichsweise einfachen Zusatzmaßnahmen (Dämmung oder Bekleidung an der Deckenunterseite) ausführbar. Für die Bemessung des Trittschallschutzes empfiehlt sich die Vorgehensweise wie für die Dachterrassen in Abschnitt 4.6 dargestellt. Vereinfachend kann für die Bemessung davon ausgegangen werden, dass der schutzbedürftige Raum nicht diagonal darunterliegt, sondern unmittelbar vertikal darunter angeordnet ist. So ergibt sich ein auf der sicheren Seite liegendes Ergebnis. Die Ausführung mit Abdichtung ist bei auskragenden Decken ohnehin aus Holzschutzgründen als grundsätzliche bauliche Maßnahme anzusehen. Damit muss im Zweifel eine weitere „trittschallverbessernde“ weiche Zwischenlage – ggf. auch mit Masseerhöhung – auf der Abdichtung angebracht werden.

4.8 _ Haustechnik und Sanitärgegenstände

Auch an die Pegel, die von haustechnischen Anlagen zu erwarten sind, werden Anforderungen gestellt. Diese gelten grundsätzlich für folgende Installationen:

- Versorgungs- und Entsorgungsanlagen
- Transportanlagen
- fest eingebaute, betriebstechnische Anlagen

Als gebäudetechnische Anlagen im vorgenannten Sinne gelten außerdem

- Gemeinschaftswaschanlagen
- Schwimmanlagen, Saunen usw.
- Sportanlagen
- zentrale Staubsauganlagen
- Garagenanlagen
- fest eingebaute, motorbetriebene außenliegende Sonnenschutzanlagen und Rollläden
- Armaturen und Geräte der Wasserinstallation
- Aufzüge

Außer Acht dürfen dagegen ortsveränderliche Maschinen und Geräte bleiben, wie zum Beispiel Waschmaschinen oder Staubsauger, welche im eigenen Wohnbereich betrieben werden. Für den Geschosswohnbau in Wohn- und Schlafräumen lassen sich die Anforderungen zahlenmäßig wie folgt quantifizieren:

Sanitärtechnik/Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam)

Mindestwert:
$L_{AF,max,n} \leq 30$ dB(A)
DIN 4109-1:2018, Tabelle 9, Zeile 1

Einzelne Geräuschspitzen beim Betätigen der Armaturen sind nicht zu berücksichtigen.

Sonstige hausinterne, fest installierte technische Schallquellen der technischen Ausrüstung, Ver- und Entsorgung sowie Garagenanlagen

Mindestwert:
$L_{AF,max,n} \leq 30$ dB(A)
DIN 4109-1:2018, Tabelle 9, Zeile 2

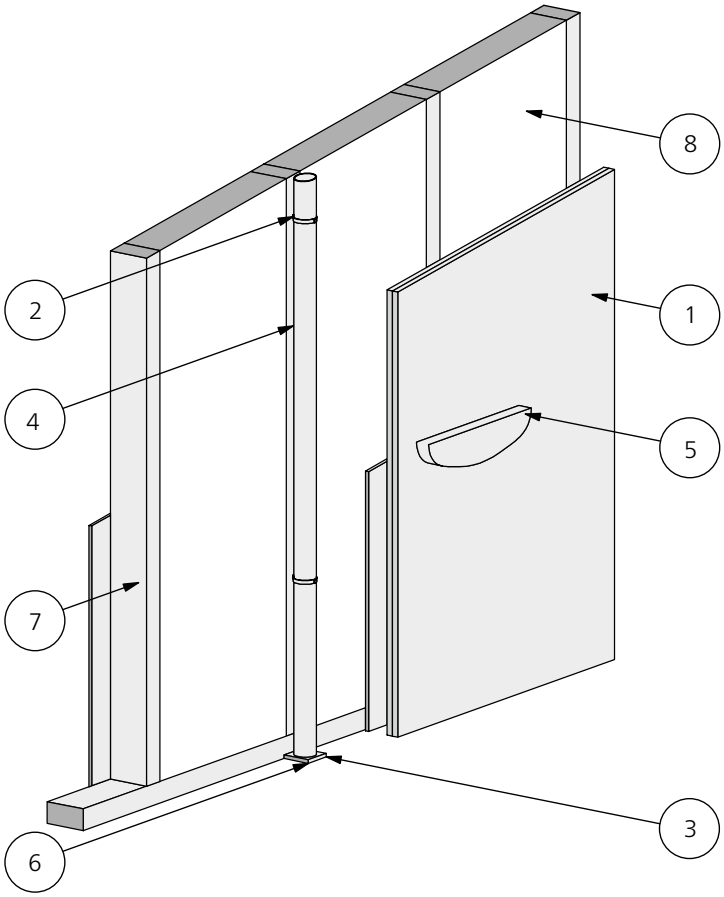
An Armaturen und Geräte der Trinkwasserinstallation werden ebenfalls Anforderungen in DIN 4109-1 [1], Tabelle 11 gestellt. Für die Trinkwasserarmaturen kann an dieser Stelle nur empfohlen werden, grundsätzlich Bauteile zu wählen, die der Armaturengruppe I zuzuordnen sind. Hierbei sind die geringsten Fließ- und Durchflussgeräusche zu verzeichnen. Auch für die Körperschallübertragung aus haustechnischen Installationen sind derzeit für den Holz- aber auch den Massivbau keine Prognoseverfahren verfügbar. Es lassen sich lediglich Konstruktionsempfehlungen abgeben. Im Folgenden werden für verschiedene Installationen Ausführungsempfehlungen gegeben.

4.8.1 _ Ver- und Entsorgungsleitungen im Gebäude

Für die grundsätzliche bauliche Durchbildung von Holzgebäuden hinsichtlich haustechnischer Anlagen können exemplarisch die Empfehlungen aus Abb. 4.30 herangezogen werden. Die Empfehlungen gelten sinngemäß für alle Ent- und Versorgungsleitungen sowie deren zugehörige Komponenten.

1. Vorwandinstallation mit mindestens 18 mm Gipskartonplatten (besser 2 x 12,5 mm), mehrschalige Wandsysteme mit biegeweicher Beplankung.
2. Entkoppelte, systemzugehörige Schellen. Für das Anziehen der Schellen gilt das Prinzip „So fest wie statisch nötig, aber so locker wie möglich". Es empfiehlt sich bei einem Einweisungstermin der TGA Gewerke, die Monteure speziell zu diesem Punkt zu unterweisen. Häufig werden Schellen so fest angezogen, dass die Zwischenlagen seitlich „ausquellen". Das muss vermieden werden. Montageanleitungen der Hersteller sind zu beachten. Schellen sind ständernah anzubringen und nicht in der Mitte der Plattenlage.

Abb. 4.30: schematische Darstellung einer Holztafelbauwand mit haustechnischen Installationen



Legende

1 Biegeweiche Vorsatzschale, min. 18 mm GK, besser 2 x 12,5 mm GK
2 entkoppelte, systemzugehörige Befestigungs-Schellen
3 Verfüllen des Schachtquerschnitts, z. B. durch erf. Brandschotts
4 Rohrleitung mit hoher innerer Dämpfung, z. B. mineralfaserverstärkte PE-Leitung
5 Sanitärgegenstand entkoppelt
6 Leitungen ohne Berührung zum Bauwerk (auch nicht in Schlitzen und Durchführungen)
7 Wandständer (Einrichtung möglichst immer am Ständer montieren)
8 Verfüllen des Installationshohlraums (Hohlraumdämpfung ca. 90% des Querschnitts ohne Fehlstellen)

3. Verfüllung des Schachtquerschnitts auf der Deckenebene zur Leitung mindestens mit absorbierendem Material. Für eine schalltechnische Entkopplung ist auf harte Baustoffe, die Körperschallbrücken darstellen, zu verzichten. Es eignet sich z. B. ein ohnehin notwendiges weiches Brandschott.
4. Mineralfaserverstärkte PE-Leitungen mit Ummantelung mit hoher innerer Dämpfung oder hoher flächenbezogener Masse.
5. Entkoppelte Sanitärgegenstände auf der Vorwandinstallation (Schallschutzsets).
6. Leitungen dürfen den Baukörper ohne Trennung nicht berühren. Vermeidung von Schallbrücken. Speziell bei der Verlegung der Leitungen in Schlitzen ist zu beachten, dass keine Berührung zwischen Leitung und Baukörper vorhanden ist. Dies gilt besonders für die Berührung von Holzwerkstoffplatten. Hier ist darauf zu achten, dass diese keinen direkten Kontakt zu Leitung haben.
7. Verlegung der Leitungen nach Möglichkeit an Wänden, die keine Trennwände zu fremden Nutzungseinheiten darstellen.
8. Installationsschächte sind innenseitig vollständig mit Absorptionsmaterial zu bekleiden und dicht an den Baukörper anzubringen.
9. 90°-Bögen in den Fallleitungen sind zu vermeiden und z. B. durch 2 x 45°-Bögen zu ersetzen.

Weitere bauakustische Konstruktionsprinzipen für die TGA-Installation sind in folgender Liste aufgeführt:

– Bei Leichtbauinstallationswänden sind die CW-Ständerprofile der beiden Wandseiten (wie in DIN 18183-1 beschrieben) mittels Gipsplattenstreifen oder Blechprofilen in Höhe von 1/3 und 2/3 der Wandhöhe durch Laschen zug- und druckfest miteinander zu verbinden.
– Rohrleitungen und Rohrschellen sind an einer separaten Unterkonstruktion aus Ständerprofilen (z. B. aus Aussteifungsprofilen UA) zu befestigen, welche freistehend und ohne Kontakt zu den Beplankungsschalen oder Laschen im Hohlraum eingebaut wurden.
– Reduzierung des Fließdrucks auf das erforderliche Minimum, ggf. sind Druckminderer einzubauen bzw. Ruhedruck vor der Armatur darf 0,5 MPa nicht übersteigen.
– Montage der Leitung und Sanitärobjekte in Ständernähe.
– Pumpen sind druck- und saugseitig mit Kompensatoren auszustatten, z. B. auch Sperrmassen.
– Pumpenschalteinrichtungen oder ähnliches sind ebenfalls zu entkoppeln.
– Durchgangsarmaturen dürfen nur im ganz geöffneten Zustand verwendet werden und nicht als Drosselventile.
– Armaturen dürfen nur in der Durchflussklasse verbaut werden, für welche diese akustisch bemessen wurden und Armaturabgang und Auslaufvorrichtung müssen hinsichtlich der Durchflussklasse identisch sein. Das heißt in der hydraulischen Kette darf kein Element auslaufseitig einer höheren Durchflussklasse angehören wie die vorgelagerten Elemente.
– Die Montageanleitungen der Hersteller zur Montage auf dem jeweiligen Untergrund sind zu beachten. Systeme sind entweder für Massivinstallation geeignet oder Leichtbauinstallation.
– Wannen und Duschtassen sind mittels Musterprüfmessung durch den Hersteller nachzuweisen.

4.8.2 _ Raumlufttechnische Anlagen

An raumlufttechnische Anlagen werden hinsichtlich des Schalldruckpegels, den diese verursachen, Anforderungen gestellt. Diese Werte gelten für den eigenen Wohnbereich.

Mindestanforderung:
$L_{AF,max,n} \leq 30$ dB(A)

Zusätzlich dürfen einzelne Geräuschspitzen beim Ein- und Ausschalten max. 5 dB höher sein, DIN 4109-1:2018, Tabelle 10 Zeile 1.

Die hier gestellte Anforderung ist in den meisten Fällen unabhängig von der Bauweise, wenn die Montagerichtlinien für die jeweilige Bauweise eingehalten sind. Der sich einstellende Normschalldruckpegel im Raum ist dann abhängig von folgenden Faktoren:

- Luftvolumenstrom [m^3/h]
- Strömungsgeschwindigkeit [m/s]
- Geometrie der Auslassventile
- Maschinengeräusche des Antriebs

In den Prüfzeugnissen werden die gewünschten Schalldruckpegel $L_{AF,max,n}$ in Abhängigkeit des Luftvolumenstroms für das jeweilige Lüftungsgerät angegeben. Das bedeutet, die Bauakustik ist mit dem Lüftungskonzept abzustimmen. Die Luftvolumenströme müssen ggf. angepasst werden, um die Schallschutzanforderungen einzuhalten. Dabei ist aber zu prüfen, ob bei Einhaltung der akustischen Anforderung noch ausreichend Mindestvolumenströme vorhanden sind.

4.8.3 _ Schornsteine und Schächte durch Wohnräume

Sollten ein Schornstein mit Mantelstein oder Installationsschächte (z. B. reine Elektroinstallationsschächte) durch Wohnräume führen, so sind diese wegen der geringen Masse der Mantelsteine durch eine Vorsatzschale schalltechnisch zu verbessern. Der Aufbau sollte wie folgt ausgeführt werden:

- Abstand eines biegeweichen Ständers mindestens 10 mm ohne Berührung zur Schachtwand.
- Metallständerprofile mindestens 75 mm, zu mind. 60 % mit Absorptionsmaterial gefüllt.
- Mindestens eine einfache biegeweiche Beplankung mit 15 mm Gipskartonplatten (besser 2 x 12,5 mm) mit hohem Flächengewicht.

4.8.4 _ Aufzüge

Ähnlich wie bereits in den vorangegangenen Abschnitten, ist für die bauakustische Auslegung von Aufzugsanlagen kein Rechenverfahren verfügbar. Es können auch in diesem Abschnitt nur konstruktive Angaben zur baulichen Durchbildung gemacht werden. Die Besonderheit bei Aufzügen liegt darin, dass diese sowohl eine Luftschallanregung als auch eine Körperschallanregung verursachen. Zwar steigt mit steigender Luftschalldämmung der Bauteile auch deren Vermögen zur Körperschalldämmung, ein Prognoseverfahren lässt sich daraus aber nicht unmittelbar ableiten.

In diesem Abschnitt werden nur die heute überwiegend verbauten Aufzugsanlagen ohne gesonderten Triebwerksraum behandelt. Die in den folgenden Absätzen gemachten Empfehlungen zielen auf einen Anforderungswert von $L_{AF,max} \leq 30$ dB(A) ab. Für verschiedene Bausituationen liegen auch Baumustermessungen der Hersteller vor, die dann als Auslegungsgrundlage herangezogen werden können. Allerdings liegen für Holzgebäude derzeit nicht ausreichend Messergebnisse vor.

Lage des Aufzugschachts im Gebäude

Vor allen bauakustischen Überlegungen sollte immer die Lage des Aufzugschachts im Grundriss bedacht werden. Grundsätzlich sind folgende Aspekte zu beachten:

- Aufzugschächte sollten an keinem schutzbedürftigen Raum vorbeiführen.
- Die ideale Lage des Schachtes ist im Treppenauge mit dem vierseitig vorbeiführenden Treppenhaus oder an einer Außenwand. Der Treppenraum dient als „Schutz- oder Pufferbereich".
- Der Aufzugschacht sollte, wenn statisch möglich, nicht mit dem Gebäude verbunden werden.
- Wenn mit Aufzügen direkt in Wohnungen gefahren werden kann, sollten diese immer in einem Treppenhaus oder einer Diele enden, nie direkt in der Wohnung.

In Abb. 4.31 ist eine günstige Anordnung des Aufzugschachtes im Grundriss dargestellt.

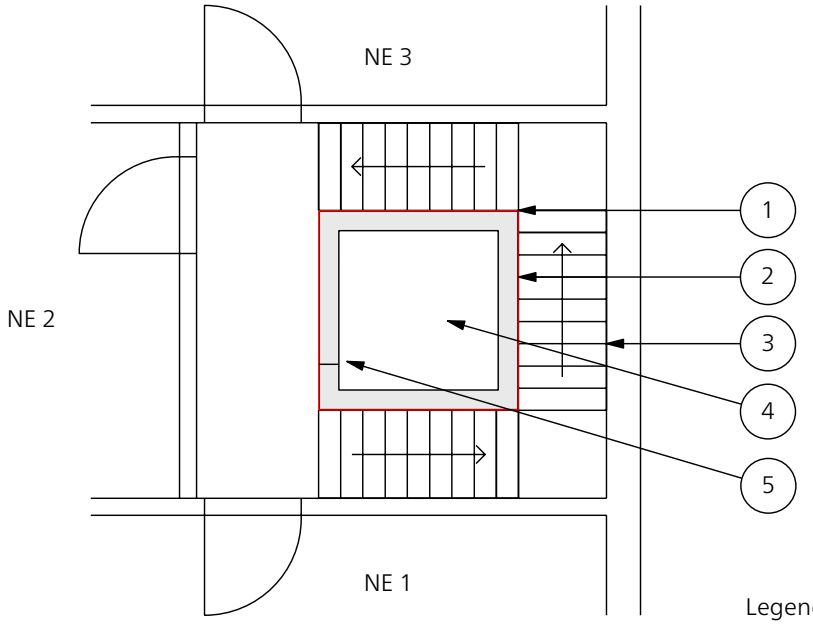


Abb. 4.31: günstige Grundrissanordnung des Aufzugschachtes

Legende

1 Trennfuge rund um den Schacht
2 Aufzugsschacht mit Mindestmasse
3 entkoppelte Treppenläufe und Podeste
4 Aufzugskorb auf entkoppelten Schienen
5 Aufzugstüren

Für Holzgebäude können im Wesentlichen zwei Fälle unterschieden werden:

A massiver Aufzugschacht in einem massiven Treppenhaus

B massiver Aufzugschacht in einem Treppenhaus in Holzbauweise

Daneben gibt es weitere Varianten, die hier nicht gesondert dargestellt werden. Für alle anderen Fälle, die beispielsweise keine günstige Raumanordnung aufweisen, müssen die Hersteller der Aufzüge und ein Bauakustiker hinzugezogen werden. Durch einen Bauakustiker erfolgen dann beispielsweise die Dimensionierung von Vorsatzschalen zu schutzbedürftigen Räumen oder ähnliche Kompensationsmaßnahmen.

Fall A

Wie in einem massiven Gebäude steht mit VDI 2566 Blatt 2 [23] ein umfassendes Werkzeug für die Planung des Aufzugs zur Verfügung. Dabei sollte in enger Abstimmung mit dem Hersteller des Aufzugs, ggf. auch einem Bauakustiker, die Bemessung der Aufzugschachtwände sowie der Treppenräume vorgenommen werden.

Als Anhaltswerte für den Fall A mit der in Abb. 4.31 dargestellten günstigen Grundrisssituation können folgende Werte zur Vorbemessung dienen:

- Aufzugschachtmasse $m' \geq 480\ kg/m^2$, $\triangleq R_w \approx 60{,}5$ dB (z. B. d = 20 cm Stahlbeton)
- Massive Treppenraumwände und flankierende Bauteile $m' \geq 480\ kg/m^2$, $\triangleq R_w \approx 57{,}5$ dB
- Einfach elastische Lagerung der Aufzugschienen EL1 nach VDI 2566, Blatt 2

Fall B

Ähnlich wie in Fall A stellt sich die Situation für Aufzugschächte in Treppenhäusern in Holzbauweise dar. Bisher sind keine Planungswerkzeuge für diesen Fall vorhanden. Deshalb kann mittels der für den Fall A dargestellten Empfehlungen für die Vorbemessung eine Analogie hergestellt werden:

- Aufzugschachtmasse $m' \geq 480\ kg/m^2$, $\triangleq R_w \approx 60{,}5$ dB (z. B. d = 20 cm Stahlbeton)
- Treppenraumwände in Holzbauweise, $R_w \geq 58$ dB, z. B. Kapitel 6, Tabelle 41, Zeile 5
- Einfach elastische Lagerung der Aufzugschienen EL1 nach VDI 2566, Blatt 2
- Holzdeckenkonstruktion vollständig vom Aufzugschacht trennen

Es ist nochmals darauf hinzuweisen, dass zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Schrift keine Messdaten bzw. Planungsdaten für diesen Fall vorlagen. Der Nachweis ist also immer in enger Abstimmung mit einem Bauakustiker oder dem Hersteller zu führen.

Aufzugstechnik und Einbindung des Schachtes

Neben der vorgenannten bauakustischen Durchbildung rund um den Aufzugschacht sind auch der Aufzug selbst und dessen Anbauteile von großer Relevanz. Durch besonders geräuscharme Technik lässt sich im Bereich des Aufzugs das Störpotenzial drastisch senken. In Abb. 4.32 sind die typischen Bauteile eines Aufzugs mit den jeweiligen Konstruktionsempfehlungen dargestellt.

Zur Bildnummerierung in Abb. 4.32 werden folgende Konstruktionsempfehlungen gegeben:

1: Körperschalldämmung des Antriebs und der Schienen

Die Köperschalldämmung der Aufzugsanlage ist der maßgeblich größere Einflussfaktor auf die Gesamtakustik als die umliegende Baukonstruktion. Die Mindestanforderung ist eine einfach elastische Lagerung (EL1) des Triebwerks, der Schienen und aller mit dem Schacht verbundenen Einbauteile. Diese ist durch den Hersteller nachzuweisen.

2: Aufzugstüren

Die Türen sollten körperschallgedämmt befestigt werden, wenn sich dies aus brandschutztechnischer Sicht ausführen lässt. Über der Trennfuge ist eine schallbrückenfreie Montage sicherzustellen. In den Endstellungen ist ein gedämpftes Anlegen der Türblätter erforderlich.

3: Aufzugschacht

Der Aufzugschacht sollte eine Mindestmasse von 480 kg/m² besitzen, wenn dieser frei im Treppenauge steht und nicht an schutzbedürftige Räume angrenzt. Sollte dies dennoch der Fall sein, so müssen durch einen Bauakustiker weiterführende Maßnahmen ergriffen werden.

4: Fuge um den Aufzugschacht

Der freistehende Schacht sollte vom Restgebäude durch eine mindestens 20 mm breite (besser 30 mm) durchgängige, schallbrückenfreie Fuge abgetrennt sein. Diese Fuge ist z. B. mit Mineralfaser, die für Trittschallanwendungen geeignet ist, zu füllen. Die Fugenfüllung dient als Schutz gegen das Ansammeln von Gegenständen in der Fuge, die als Schallbrücken wirken können.

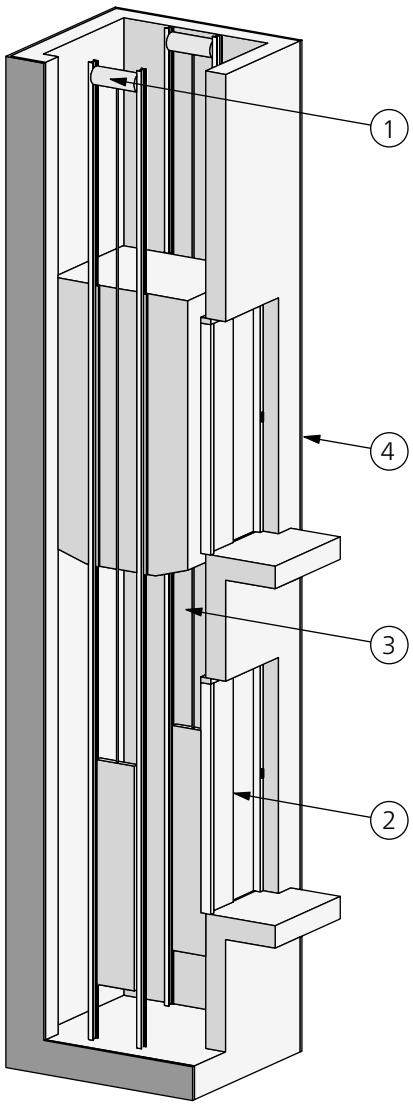


Abb. 4.32: Aufzugsanlage mit typischen Bauteilen

4.9 _ Außenbauteile

Grundsätzlich ist die Bemessung der Außenbauteile gegen den Außenlärm ähnlich aufgebaut, wie das Verfahren für die Luftschallübertragung im Inneren von Gebäuden. Auch hier werden die Beiträge aller Bauteile, die Schallenergie von außen in den Innenraum übertragen können, auf eine „Trennfläche" bezogen und dann energetisch aufaddiert. Allerdings ist in diesem Fall die gesamte mit Lärm belastete, von innen gesehene Fläche (S_S) eines Wohn- oder Aufenthaltsraums als „Trennfläche" und das Verhältnis zur jeweiligen Bauteilfläche (S_i/S_S) als Bezugsgröße zu sehen. Zusätzlich wird auch das Verhältnis der Grundfläche (S_G) des Raums im Vergleich zur lärmbelasteten Außenbauteilfläche berücksichtigt. Hat ein Raum große Außenbauteilflächen im Verhältnis zur Grundfläche, so erhöht sich die Anforderung an diese Bauteile, um das gleiche Schallschutzniveau zu gewährleisten wie in einem Raum mit günstigeren Flächenverhältnissen. Diese ungünstige Konstellation ist beispielsweise bei einer Dachwohnung in Ecklage der Fall, bei der drei Seiten dem Lärm zugewandt sein können.

Beim Schutz gegen Außenlärm gibt es im Gegensatz zu den Trennbauteilen im Inneren des Gebäudes keinen festen Anforderungswert an das Außenbauteil. Die Anforderung muss in Abhängigkeit der Lage im Lärmumfeld für jeden Raum bzw. jedes Gebäude errechnet werden. Von entscheidender Bedeutung ist, welchem Lärmpegel die Außenbauteile des zu untersuchenden Raums ausgesetzt sind. Hierbei muss der maßgebliche Außenlärmpegel L_a als Einwirkungsgröße quantifiziert werden. Die Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels ist speziell dann, wenn mehrere Lärmquellen wie z. B. Straße und Schiene aufeinandertreffen, eine Aufgabe für akustische Fachingenieure. Im Rahmen der Vorbemessung werden in dieser Schrift auszugsweise maßgebliche Außenlärmpegel für bestimmte Verkehrssituationen dargestellt.

Das Berechnungsverfahren nach DIN 4109-2 [1] berücksichtigt auch die Übertragung von benachbarten Außenbauteilen und von flankierenden Innenbauteilen. Für den Holzbau ergibt sich die günstige Situation, dass diese Flankenübertragung in vielen Fällen bei Außenlärmeinwirkung als vernachlässigbar betrachtet werden darf. Dies ermöglicht eine überschlägige Ermittlung der notwendigen bauakustischen Güte von Fassadenbauteilen wie in Abschnitt 4.9.3 vorgestellt.

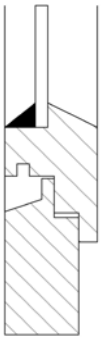
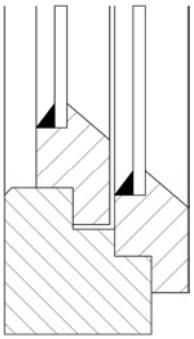
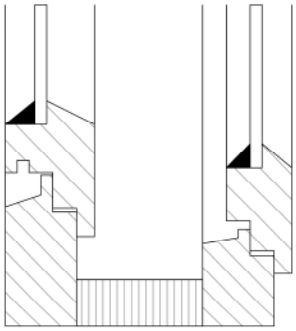
4.9.1 _ Bauteile und Einbauten

Planungsdaten für Außenwände und Dächer können Kapitel 6 oder DIN 4109-33 [1] entnommen werden. Neben diesen Außenbauteilen sind auch alle Einbauten, also Fenster und Fenstertüren (z. B. Balkontüren), Fassadenelemente, Verschattungselemente (z. B. Rollladenkästen) und Lüftungsgeräte zu berücksichtigen.

Fenster und Fassadenelemente

Die Auswahl der Fenster und Fassadenelemente stellt beim Schutz gegen Außenlärm einen zentralen Aspekt dar. Neben der Bauart spielen auch der Aufbau der Verglasung und die Art sowie Anzahl der Dichtungsebenen eine bedeutende Rolle. Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Fenstergröße und die Art des Einbaus ebenfalls das bewertete Schalldämmmaß eines Fensterelements beeinflussen. Auch unterschiedliche Fenstergrößen besitzen bei sonst gleicher Ausführung unterschiedliche bewertete Schalldämmmaße, siehe dazu auch DIN 4109-35 [24] und DIN EN 14351-1 [25]. Einen groben Überblick über die Leistungsfähigkeit verschiedener Fensterarten gibt Tabelle 17. Es ist allerdings zu beachten, dass einzelne Prüfzeugnisse auch bessere Werte ausweisen können. Die Tabelle stellt nur einen groben Anhaltspunkt für die Planung dar.

Tabelle 17 | typische Werte von erreichbaren Schalldämmmaßen bei Fenstern, siehe z. B. [24], [25] und Hersteller-Prüfzeugnisse

	schematischer Aufbau	erreichbare Schalldämmmaße $R_{w,Fenster}$
Einfachfenster mit Isolierverglasung		30 dB bis 40 dB [1),5)]
Verbundfenster		35 dB bis 50 dB [2),4)]
Kastenfenster		45 dB bis > 50 dB [3),4)]

[1)] Mit Scheiben $R_{w,Glas} \geq 50$ dB und mindestens zwei Dichtungsebenen bis zum $R_{w,Fenster} \approx 45$ dB, erreichbar in der Regel mit Scheiben aus Verbundsicherheitsglas (VSG)

[2)] das bewertete Schalldämmmaß des Gesamtfensters liegt maximal 5 dB über dem des Hauptflügels

[3)] $R_{w,Fenster} \geq 50$ dB nur in Abstimmung mit den Herstellern

[4)] $R_{w,Fenster} \geq 45$ dB, Nachweis immer mit Prüfzeugnis für Verbund- und Kastenfenster

[5)] $R_{w,Fenster} \geq 32$ dB, Nachweis immer mit Prüfzeugnis für Einfachfenster

Verschattungselemente
Verschattungseinrichtungen werden über die bewertete Normschallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$ charakterisiert. In der Regel müssen in der frühen Phase der Planung Zielwerte für diese Kenngröße vorgegeben werden, da diese stark herstellerabhängig sind. Diese Kennwerte sind dann über Prüfzeugnisse zu belegen.

Hinweis:
Häufig wird in Prüfzeugnissen $D_{n,e,w,lab}$ angegeben. Dieser Kennwert ist die im Labor gemessene bewertete Normschallpegeldifferenz mit der entsprechenden Länge des Prüfkörpers. Weicht die Länge des einzubauenden Verschattungselements gegenüber der „Laborlänge" ab, so muss dieser Wert längenabhängig korrigiert werden. Mit zunehmender Länge des Verschattungselements wird auch dessen schalldämmende Wirkung geringer.

Lüftungsgeräte
Für Einbauten in Wandbauteilen, wie dezentrale Lüftungsgeräte oder Öffnungen (Zwangsbelüftungen) können Schalldämmmaße ermittelt und im detaillierten Bemessungsverfahren berücksichtigt werden. Dies ist im Kontext zu Lüftungskonzepten besonders zu beachten. Bei dezentralen Lüftungsgeräten muss beachtet werden, dass die erreichbare Schalldämmung des Gerätes bzw. dessen bewerte Normschallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$ eine starke Abhängigkeit zum geförderten Luftvolumenstrom besitzt. Es ist deshalb zu prüfen, bei welchem Luftvolumenstrom das Prüfzeugnis die akustischen Kennwerte angibt und ob damit der gewünschte Luftvolumenstrom des Lüftungskonzepts eingehalten wird. Ähnliche Fragestellungen ergeben sich bei sogenannten Fensterfalzlüftern, hier sind bewertete Schalldämmmaße in Abhängigkeit der eingebauten Anzahl von Elementen herstellerabhängig zu prüfen. Hier wird das Schalldämmmaß des Fensters mit dem Fensterfalzlüfter als Einheit angegeben.

4.9.2 _ Besondere Lärmquellen (Wärmepumpen und Klimageräte)

Durch den zunehmenden Einsatz von regenerativen Energien zur Gebäudebeheizung nimmt auch der Anteil an Wärmepumpen als Heizsystem zu. Akustisch besonders zu beachten sind dabei Luftwärmepumpen mit Außengeräten. Diese werden in vielen Fällen gebäudenah errichtet. Kritisch ist dabei, dass nicht nur die Wärmepumpe für das eigene Gebäude zu unerwünschten Lärmeinwirkungen führen kann, sondern auch die Wärmepumpe/-n der Nachbarbebauungen in Kombination mit der Eigenen. Dies kann unter Umständen zu einer ungünstigen Kumulation von Lärmquellen führen. Aus akustischer Sicht sind primär Maßnahmen, die am Gerät selbst ansetzen von Vorteil. Hier sollten leisere Geräte verwendet werden bzw. auch Geräte die für die Nachtstunden mit einem sog. „Flüstermodus" ausgestattet sind. Des Weiteren ist der Abstand zum Gebäude und die Anordnung vor dem Gebäude ein wesentlicher akustischer Planungsgegenstand. Hierbei ist sowohl das eigene Gebäude, als auch die Nachbarbebauung zur berücksichtigen. Abb. 4.33 zeigt günstige und eher ungünstige Anordnungen von Luftwärmepumpen.

Hinweis:
Für frei auf dem Boden stehende Geräte mit einem Schallleistungspegel 65 dB(A) ≤ L_w ≤ 75 dB(A) werden die Immissionsgrenzwerte für die Nacht von 35 dB(A) in reinen Wohngebieten ohne weitere Maßnahmen in einem Abstand von 13 m (65 dB(A)) bzw. 40 m (75 dB(A)) eingehalten. Sollten die Geräte im Außenbereich vor Raumecken, z. B. an Nebengebäuden oder unmittelbar vor reflektierenden Fassaden (z. B. Grenzwand eines Nachbargebäudes) angeordnet werden, müssen die Abstände deutlich erhöht werden, da mit einer Erhöhung der Pegel zu rechnen ist. Häufig werden als Schutzmaßnahmen vor Wärmepumpen oder Klimageräten auch Hecken oder „Lärmschutzwände" vorgesehen. Die Wirksamkeit von Bepflanzungen als Lärmschirm ist wohl eher psychologischer Natur. Wahrnehmbare, physikalisch messbare Schallpegelminderungen fallen hier sehr gering aus. Bei Lärmschirmen / Lärmschutzwänden muss die effektive Höhe vergleichsweise groß werden, um eine gewisse Wirksamkeit zu erreichen. Dies ist häufig aus planungsrechtlichen Gründen nicht realisierbar. Deshalb müssen Maßnahmen zur Lärmpegelreduzierung wie bereits erwähnt primär am Gerät selbst ansetzen und ein Mindestabstand zu schutzbedürftigen Räumen ist einzuhalten. Hierbei spielt die Anordnung des Geräts auf dem Grundstück eine große Rolle, siehe Abb. 4.33.

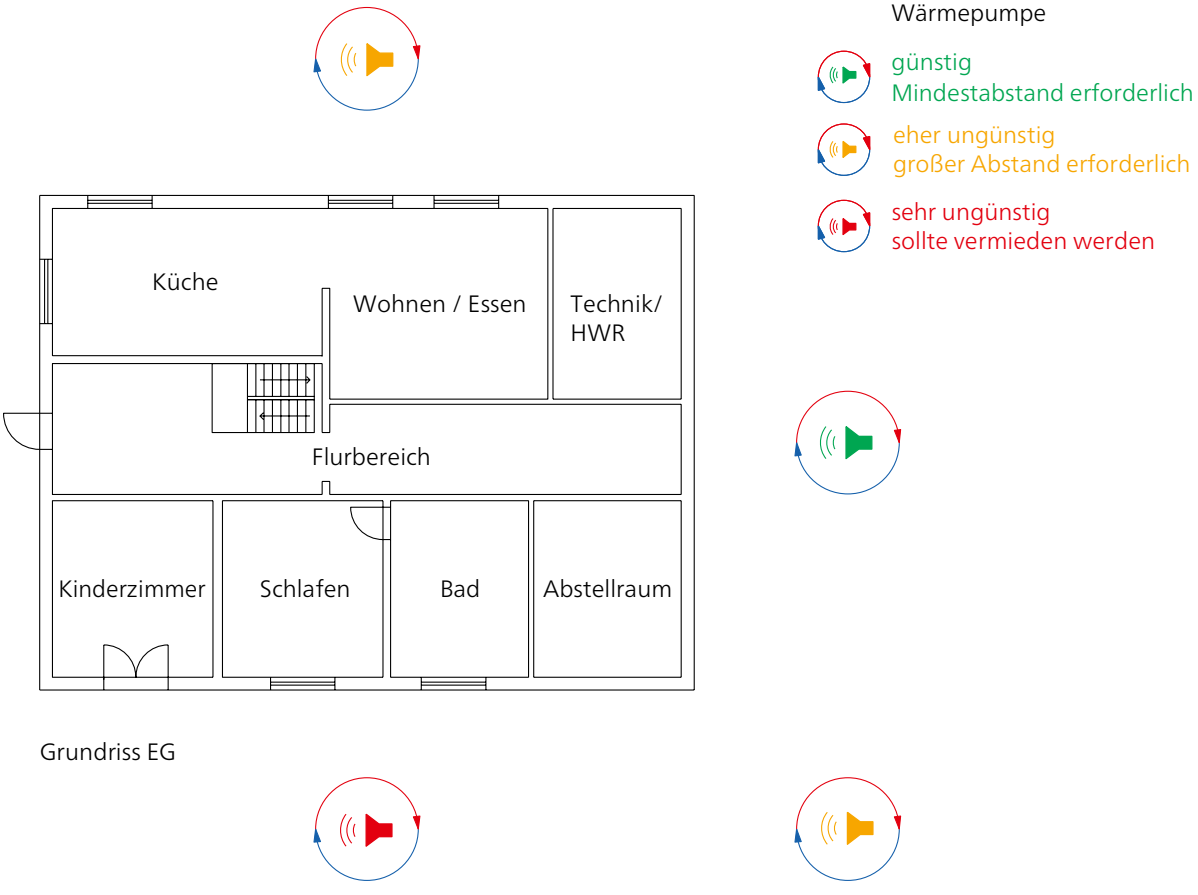


Abb. 4.33:
günstige und ungünstige Anordnung von Wärmepumpen

4.9.3 _ Vorbemessung für Außenlärm

Analog zur Vorbemessung für die inneren Bauteile lässt sich für einfache Fälle der Schutz gegen Außenlärm aus Diagrammen abschätzen.

Für die Anwendung der Diagramme gelten folgende Einschränkungen:

- Nur für Räume mit einer lärmbelasteten Fassade anwendbar (keine Eckräume).
- Rechteckiger Grundriss mit einfacher Fassadenstruktur.
- Maximal ein Lüftungsgerät in der Fassade mit $D_{n,e,w}$ mindestens 50 dB oder 10 dB über dem bewerteten Schalldämmmaß des Fensters.
- Wand- und Verschattungsbauteil besitzen ein höheres bewertetes Schalldämmmaß als die Fenster.
- Länge des Verschattungselements entspricht näherungsweis der Breite der Fenster.
- Raumfassadenfläche muss größer als 10 m² sein. Größere Raumfassadenflächen wirken sich günstig aus, wobei der Einfluss aber mit steigendem Fensterflächenanteil abnimmt.
- $R_{w,Fenster} \leq 40$ dB.
- Eine Extrapolation der Verhältniszahlen in den Diagrammen ist nicht ohne weiteres möglich.

Die Abweichung bei diesem vereinfachten Diagrammverfahren kann bis 1 dB betragen. Für alle Fälle außerhalb dieser Randbedingungen und für die konkrete Bemessung bzw. Nachweisführung ist eine detaillierte Berechnung wie sie in der Folgeschrift dieser Publikation dargestellt wird, unerlässlich.

Vorgehensweise bei der Vorbemessung:

1. Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels für die am stärksten lärmbelastete Fassade.
2. Ermittlung der Geometrie und der Verhältniszahlen (Raumtiefenverhältnis $\frac{T}{H}$ und Fensterflächenanteil) für einen kritischen Raum.
3. Ableitung des Anforderungsniveaus erf. $R'_{w,ges}$ mit Hilfe von Diagramm 1.
4. Vorauswahl der Fassadenbauteile:
   a) $R_{w,Fenster}$ für Fenster wählen.
   b) Verschattungselemente und ggf. Lüftungselemente durch Aufschlag der Werte in der Legende von Diagramm 2.
   c) Ermitteln des erforderlichen Schalldämmmaßes für die Wand aus der Legende in Diagramm 2.
5. Aus dem Fensterflächenanteil wird in Diagramm 2 K_{aprox} ermittelt.
6. Nachweisführung
   $R_{w,Fenster} + K_{aprox} \geq erf.\ R'_{w,ges}$.
7. Abgleich des Kriteriums $R_w + C_{tr,50\text{-}5000}$ falls das Schallschutzniveau KOMFORT angestrebt wird.

Hinweis:

Es handelt sich um ein abschätzendes Verfahren zur Auswahl der Fassadenbauteile in einer frühen Phase der Planung. Eine detaillierte Untersuchung und ein genauer Nachweis werden durch diese Art der Ermittlung nicht ersetzt.

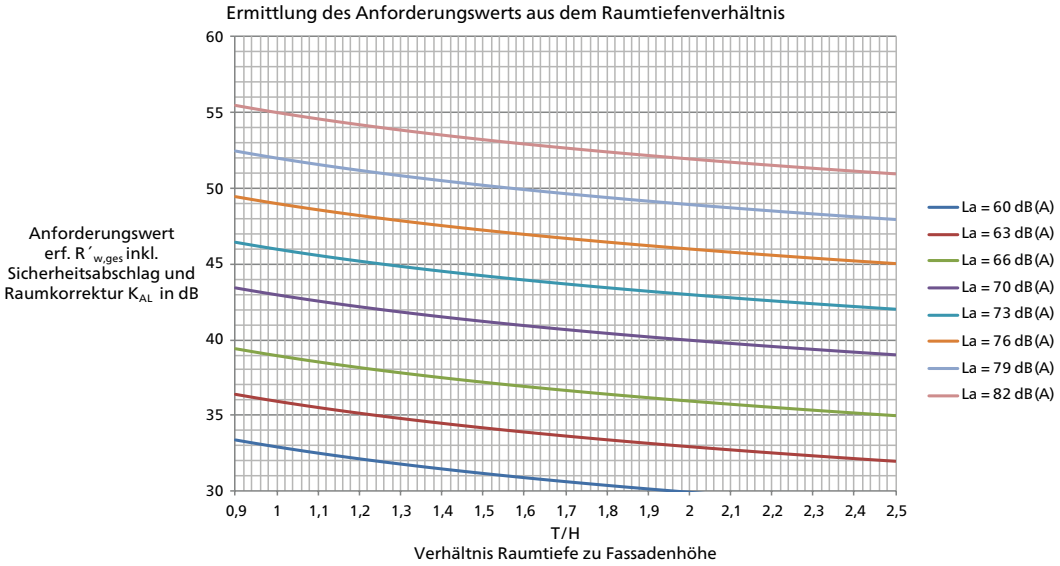


Diagramm 1:

Vereinfachte Ermittlung der Anforderungswerte für Außenlärm bei Räumen mit einer lärmbelasteten Fassade. Ablesewerte an der Ordinate sind Anforderungswerte an das resultierende Gesamtschalldämmmaß der Fassade mit Raumkorrekturfaktor und Sicherheitsabschlägen.

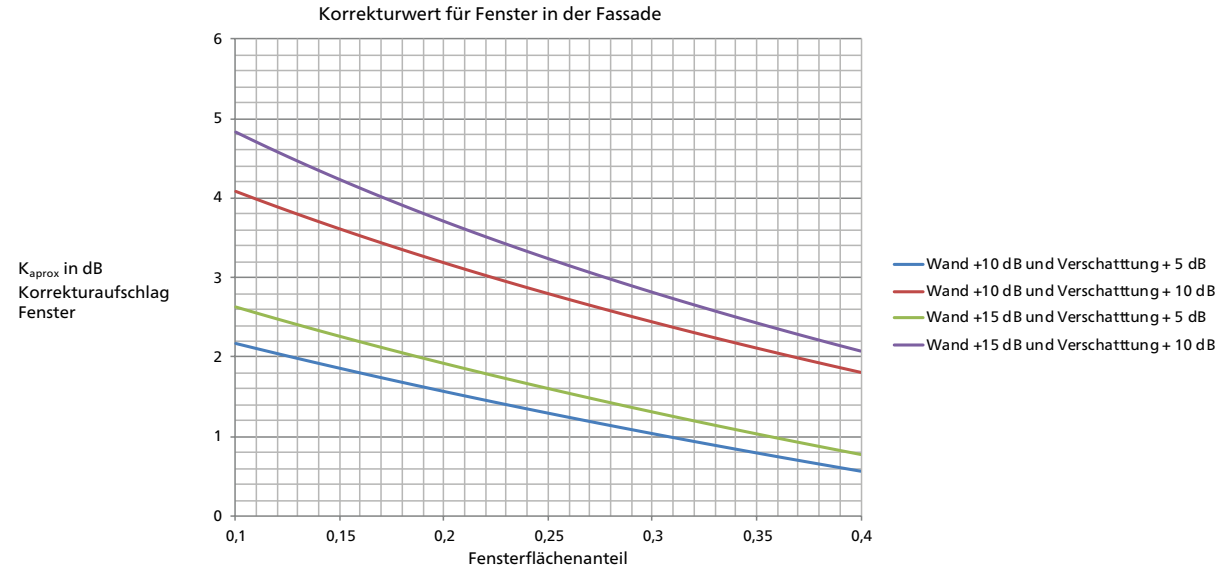


Diagramm 2:

Korrekturaufschlag K_{aprox} auf die Fensterwerte in Abhängigkeit des Fensteranteils

blaue Kurve: $D_{n,e,w,Verschattung}$ ist 5 dB höher als $R_{w,Fenster}$ und $R_{w,Wand}$ mindestens 10 dB höher als $R_{w,Fenster}$

grüne Kurve: $D_{n,e,w,Verschattung}$ ist 5 dB höher als $R_{w,Fenster}$ und $R_{w,Wand}$ mindestens 15 dB höher als $R_{w,Fenster}$

rote Kurve: $D_{n,e,w,Verschattung}$ ist 10 dB höher als $R_{w,Fenster}$ und $R_{w,Wand}$ mindestens 10 dB höher als $R_{w,Fenster}$

violette Kurve: $D_{n,e,w,Verschattung}$ ist 10 dB höher als $R_{w,Fenster}$ und $R_{w,Wand}$ mindestens 15 dB höher als $R_{w,Fenster}$

4.9.4 _ Vorbemessungsbeispiel

Nachfolgend wird die Vorbemessung an einem Ausführungsbeispiel erläutert.

Schritt 1:
Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels.

Die Ermittlung des Außenlärmpegels ist in vielen Situationen nicht ohne weiteres darstellbar. Unterstützend kann für einige einfache Fälle Tabelle 18 herangezogen werden. Hier sind Werte dargestellt, welche inklusive der Berücksichtigung des 10 dB Tag-Nacht-Differenzkriteriums und unter Aufschlag von 3 dB aus den Nomogrammen in [26] gebildet wurden. Dies dient der Veranschaulichung. Für ein konkretes Objekt muss der maßgebliche Außenlärmpegel aus allen relevanten Verkehrs-, Freizeit- und Gewerbelärmquellen objektspezifisch gebildet werden.

Tabelle 18 | Auszugsweise Darstellung verschiedener maßgeblicher Außenlärmpegel an Straßenverkehrswegen

Beispiele für Außenlärmpegel L_A [dB] Straßenverkehr [1)]					
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
	Abstand	**DTV / Verkehrsstärke KfZ/24h**	**Gemeindestraßen [2) 4)]**	**Bundes-, Landes- und Kreisstraßen [3) 4)]**	**Autobahn [3) 4)]**
1	25 m	1000 KfZ/24h	57 dB	65 dB	69 dB
1 a	25 m	5000 KfZ/24h	64 dB	72 dB	76 dB
2	50 m	2000 KfZ/24h	55 dB	63 dB	67 dB
2 a	50 m	5000 KfZ/24h	59 dB	67 dB	71 dB
3	100 m	2000 KfZ/24h	51 dB	60 dB	64 dB
3 a	100 m	10000 KfZ/24h	58 dB	66 dB	70 dB
4	500 m	2000 KfZ/24h	40 dB	48 dB	52 dB
4 a	500 m	5000 KfZ/24h	44 dB	52 dB	56 dB
5	1500 m	50000 KfZ/24h	44 dB	50 dB	54 dB

[1)] Nachtzuschlag 10 dB je nach Bedarf berücksichtig, ebenfalls 3 dB Korrektur
[2)] Höchstgeschwindigkeit max. 50 km/h, nicht geriffelter Gussaspahlt
[3)] nicht geriffelter Gussasphalt, keine Geschwindigkeitsbeschränkung
[4)] sollten sich Ampeln im Abstand von weniger als 100 m befinden, sollten 2 dB aufgeschlagen werden

Beispielsituation:
Für das Beispiel soll das zu bemessende Gebäude mit einer Fassade zu einer Bundesautobahn im Abstand von 100 m liegen. Aus einer der unten genannten Datenquellen geht hervor, dass mit einer Verkehrsstärke von 10.000 KfZ/24h zu rechnen ist. Damit ergibt sich aus Tabelle 18, Spalte 5, Zeile 3a:

L_A = 70 dB

Hinweis:
In der Praxis kommt es häufig vor, dass sich mehrere Lärmquellen überlagern. Dies kann in diesem Beispiel nicht aufgeführt werden. In DIN 4109 [1] sind Vorschriften zur energetischen Überlagerung mehrerer Schallquellen dargestellt.

Quellen für Verkehrsdaten:
- DIN 18005-1 Schallschutz im Städtebau – Grundlagen und Hinweise für die Planung
- BASt – Bundesanstalt für Straßenwesen
- Straßeninformationssysteme der Bundesländer, z. B. BAYSIS

Hinweis:
Die Daten der Umgebungslärmrichtlinie mit L_{DEN} können nicht zur bauakustischen Bemessung herangezogen werden. Die Daten müssen so aufbereitet sein, dass die Bildung eines Tag- und Nachtpegels möglich ist.

Schritt 2:
Für das Beispiel ist nun der kritischste Raum hinter der lärmzugewandten Fassade zu suchen. Dieser soll folgende Geometrie besitzen:
B x T x H = 5,0 m x 5,2 m x 2,6 m
Ermittlung des Raumtiefenverhältnisses:

$$\frac{T}{H} = \frac{5{,}20\ m}{2{,}6\ m} = 2{,}0$$

T Raumtiefe senkrecht zur lärmbelasteten Fassade im Innenraum [m]
H Höhe des Raumes bzw. der lärmbelasteten Fassade von innen gesehen [m]
Ermittlung des Fensterflächenanteils:
Fenstergröße: 2,01 m x 1,29 m = 2,53 m²
Fensterflächenanteil an der Fassade:

$$\frac{A_{FE}}{A_{FA}} = \frac{2{,}01\ m \cdot 1{,}29\ m}{5{,}20\ m \cdot 2{,}60\ m} = 0{,}20 \triangleq 20\%$$

A_{FE} Fensterfläche aus den lichten Rohbaumaßen [m²]

A_{FA} Fassadenfläche aus den lichten Rauminnenmaßen [m²]

Schritt 3:
Ermittlung des Anforderungswertes aus Diagramm 1 für T/H = 2,0 und L_A = 70 dB

Ablesewert aus Diagramm 1 (siehe Abb. 4.34):

erf. $R'_{w,ges} \approx$ 40dB

Schritt 4:
Vorauswahl der Fassadenbauteile.
Fenster
Zunächst ist für das Fenster eine Vorauswahl zu treffen.
Es wird folgendes Fenster gewählt:
$R_{w,Fenster}$ = 37 dB
Quelle: DIN 4109-35 [24] Tabelle 1, ohne weitere Korrekturen

Konstruktionsmerkmale des Fensters:

- $R_{w,Glas} \geq 35$ dB oder 6 + 4 mm Scheiben mit Scheibenzwischenraum 16 mm
- mindestens eine wirksame umlaufende Falzdichtung
- Ausreichender Anpressdruck des Flügels

Wandbauteil

Das bewertete Schalldämmmaß der Wand sollte mindestens 10 dB über dem Schalldämmmaß des Fensters liegen. In Kapitel 6, Tabelle 45, Zeile 13 wird eine Holzrahmenbauwand mit

$R_{w,Wand} = 52$ dB

ausgewählt.

→ $R_{w,Wand} - R_{w,Fenster} = 15$ dB $= \Delta R_w$

Es liegt demnach die günstige Situation vor, dass das bewertete Schalldämmmaß der Wand 15 dB über dem des Fensters liegt.

Verschattungseinrichtung

Für die Verschattungseinrichtung wird vorgegeben, dass diese mit dem Prüfzeugniswert für $D_{n,e,w}$ mindestens 10 dB über den Werten für das Fenster liegen soll. Das bedeutet

$D_{n,e,w,Verschattung} \geq 47$ dB (Planungsvorgabe)

Lüftungseinrichtung

Es soll ein Lüftungsgerät verbaut werden, welches gemäß Anwendungsbedingungen für die Diagramme $D_{n,e,w} \geq 50$ dB oder 10 dB größer als $R_{w,Fenster}$ erreicht.

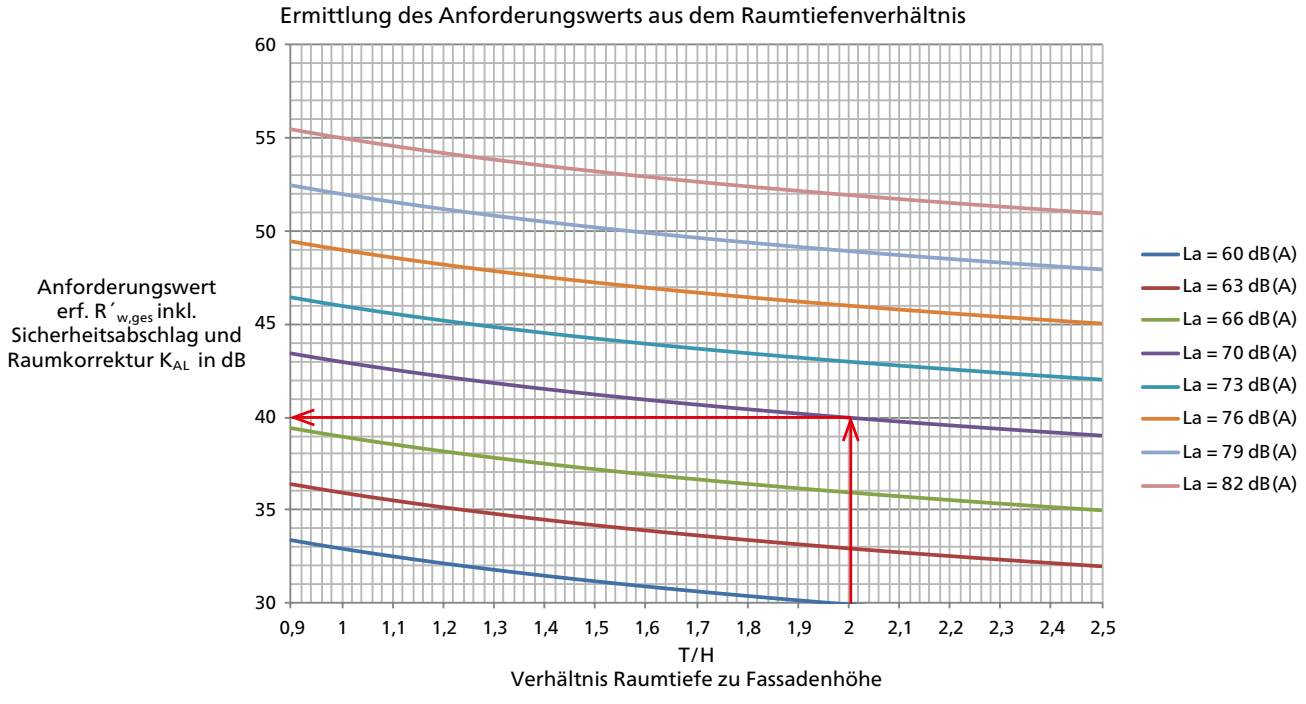


Abb. 4.34:
Diagramm 1 für Eintragung des Raumtiefenverhältnisses

Ausgewählte Fassadenbauteile

$R_{w,Fenster} = 37$ dB
(Auswahl nach Prüfzeugnis oder Bauteilkatalogen)
$R_{w,Wand} = 52$ dB
(Bauteilkatalog Kapitel 6, 15 dB höher als $R_{w,Fenster}$)
$D_{n,e,w,Verschattung} \geq 47$ dB
(planerische Vorgabe 10 dB größer als $R_{w,Fenster}$)
$D_{n,e,w,Lüftungsgerät} \geq 50$ dB oder 10 dB größer als $R_{w,Fenster}$
(planerische Vorgabe, 10 dB größer als $R_{w,Fenster}$)

Schritt 5:
Ermittlung von K_{aprox} zur Korrektur des Fensterflächenanteils in der Fassade aus Diagramm 2 für

$$\frac{A_{FE}}{A_{FA}} = 20\ \%$$

Ablesewert für den Korrekturaufschlag
$K_{aprox} \approx 3{,}6$ dB (abgerundet, siehe Abb. 4.35)
$R'_{w,ges,aprox} \approx R_{w,Fenster} + K_{aprox}$
$R'_{w,ges,aprox} \approx 37\ dB + 3{,}6\ dB \approx 40{,}6\ dB$
Das Ergebnis der Vorbemessung liegt auf der sicheren Seite, da die Fläche des Fassadenabschnitts größer ist als 10 m² und $R_{w,Fenster} < 40$ dB.

Schritt 6:
Vergleich des erreichten Gesamtschalldämmmaßes mit den Anforderungswerten.
Nachweiskriterium:

$$R_{w,Fenster} + K_{aprox} \geq erf.\ R'_{w,ges}$$
$$37\ dB + 3{,}6\ dB = 40{,}6\ dB > 40\ dB$$

Nach diesem vereinfachten Verfahren wären folgende Bauteile notwendig, um den Schallschutz gegen Außenlärm sicherzustellen.
$R_{w,Fenster}$ = 37 dB
$R_{w,Wand}$ = 52 dB (Bauteilkatalog Kapitel 6)
$D_{n,e,w,Verschattung} \geq 47$ dB
$D_{n,e,w,Lüftungsgerät} \geq 50$ dB oder mindestens 10 dB größer als $R_{w,Fenster}$
(Beachtung des Luftvolumenstroms).

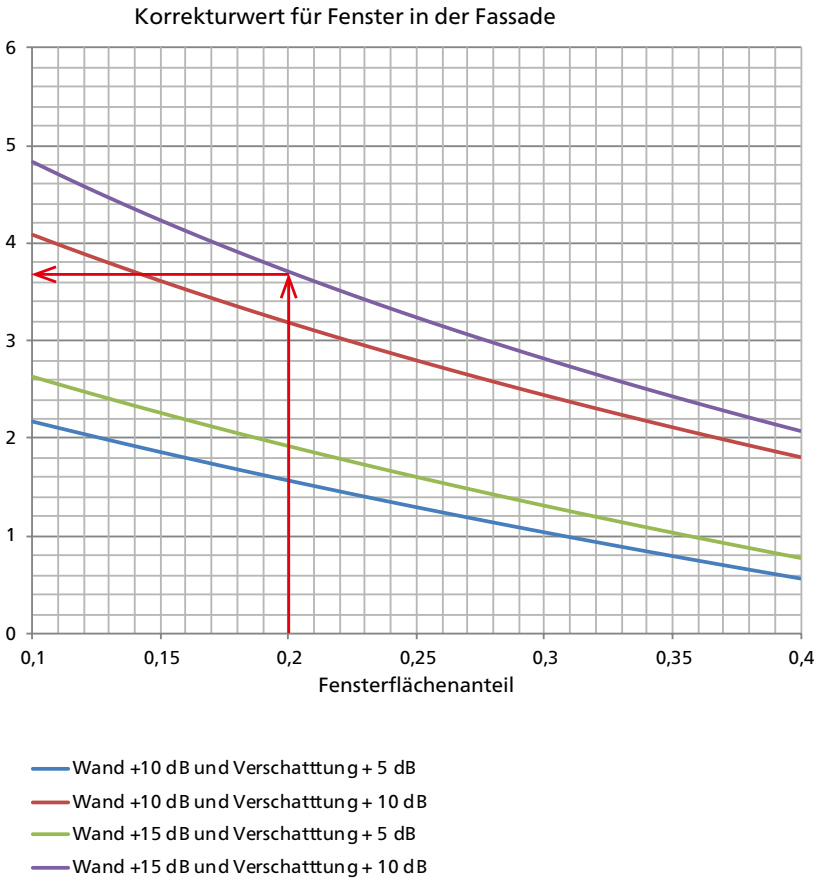


Abb. 4.35:
Diagramm 2 mit Eintragungen für den Beispielfall: Fensterflächenanteil von 20% bzw. violette Kurve gemäß der Auswahl der Fassadenbauteile

5 _ Hinweise für die Bauüberwachung

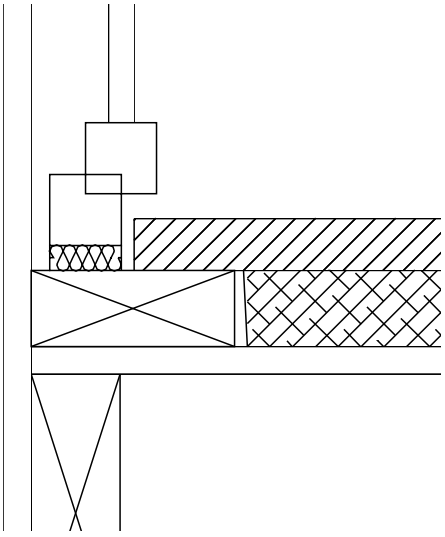
Die Planung der Schalldämmung und die Konstruktionsbeispiele in Kapitel 6 gehen immer von mangelfreien Gewerken aus. In der Praxis werden in ausgeführten Bauten auch Abweichungen von den prognostizierten Schalldämmwerten festgestellt, die in Fehlern der Bauausführung resultieren. Im Folgenden wird auf besondere Fehlerquellen hingewiesen. Die Auflistung der dargestellten Beispiele erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

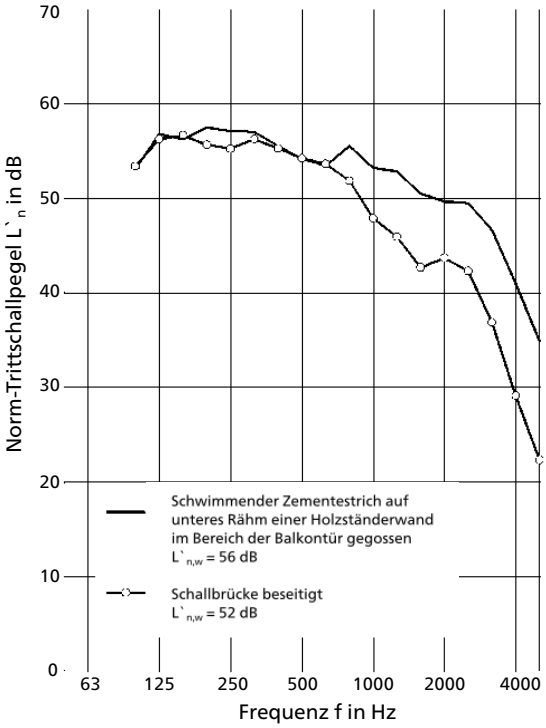
5.1 _ Schallbrücken im Estrich

Obwohl der schallbrückenfreie Einbau von schwimmendem Estrich mit ordnungsgemäß verlegten Randstreifen seit langer Zeit zu den allgemein anerkannten Regeln der Technik gehört, gibt es immer wieder Beispiele, bei denen Detaillösungen falsch geplant und ausgeführt werden. Jede Schallbrücke führt zu einer Minderung der Schalldämmung, insbesondere der Trittschalldämmung. Bei Schadensfällen wurden die nachfolgend dargestellten Körperschallbrücken gefunden:

Abb. 5.1:
Norm-Trittschallpegel einer Holzbalkendecke mit Schallbrücke über aufgegossenem Zementestrich (aus [16]).

Ist-Zustand, d. h. mit aufgegossenem Zementestrich:
$L'_{n,w} = 56$ dB
sanierte Holzbalkendecke:
$L'_{n,w} = 52$ dB





– Sockelfliesen werden zu nahe an den Estrich geführt.

– Der Randstreifen wurde nicht mängelfrei verlegt oder vom nachfolgenden Handwerker entfernt, weil sich dieser behindert fühlte. Dadurch konnte Ausgleichsmasse, Kleber o.ä. in die Randfuge gelangen. Der Randstreifen darf erst nach dem Verlegen des Fußbodens abgeschnitten werden.

– Schallbrücken entstehen, wenn im Bereich von Fenstertüren der Zementestrich ohne Trittschalldämmplatte direkt auf das untere Rähm gegossen wird, siehe Beispiel in Abb. 5.1.

– Schallbrücken können auch entstehen, wenn die Dämmplatten nicht korrekt gestoßen werden und der Estrich im Stoßbereich bis auf die Verlegeplatten läuft. Der Estrich ist dann zwar immer noch von den Verlegeplatten durch die Schutzfolie getrennt, aber diese Trennung ist schalltechnisch unwirksam.

– Unter der Estrichplatte verlegte Heizungsrohre oder sonstige Installationen können Schallbrücken bilden. Unsauber verlegte Installationsleitungen, die in Teilbereichen über die Trittschalldämmplatten hinausragen, werden in den Estrich eingegossen. Besonders kritisch sind Kreuzungen von Heizungsrohren. Es wird empfohlen diese durch eine sorgfältige Planung generell zu vermeiden, da die ordnungsgemäße (d. h. schallbrückenfreie) Ausführung einen entsprechend höheren Estrichaufbau erfordert.

– Bei gefliesten Böden werden oftmals an den Wänden eine Reihe Randfliesen befestigt. Durch eine unsachgemäße Montage kann Fliesenkleber in die Randfuge zwischen Estrich und Wand gelangen und beim Aushärten eine linien- oder punktförmige Schallbrücke ausbilden. Wird die Fuge zwischen Wand- und Bodenfliesen mit normalem Ausfugmaterial geschlossen, wird systematisch eine Körperschallbrücke eingebaut. Abb. 5.2 zeigt den Einfluss von mangelhaft montierten Wandfliesen auf die Schalldämmung im Vergleich mit dem sanierten Zustand. Im Schadensfall muss die gesamte umlaufende Estrichfuge gesäubert und mit dauerelastischem Dichtstoff versiegelt werden.

– Durch die Verwendung eines Nagelbretts bei der Verlegung des Estrichs kann es zu Beschädigungen der Trittschalldämmplatten und nachfolgend zu einem Eindringen der Estrichmasse in die beschädigten Dämmplatten kommen, insbesondere wenn der Estrich zu dünnflüssig ist. Hieraus resultieren dann punktweise Schallbrücken in der Fläche, die zu einer Reduzierung der Trittschalldämmung führen.

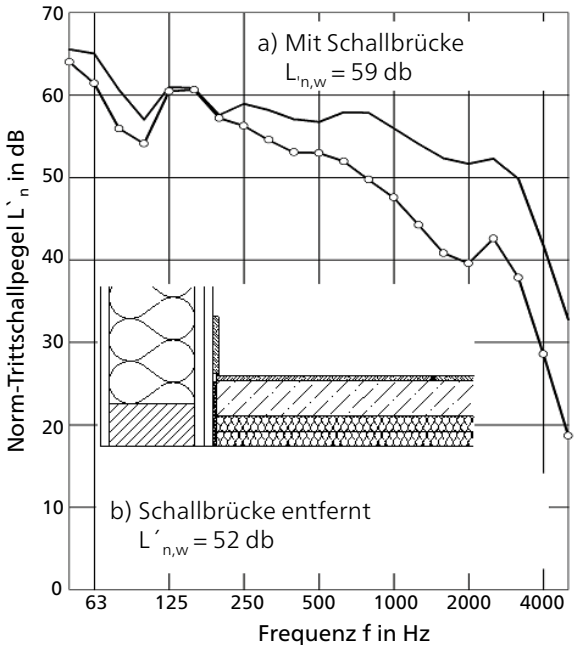


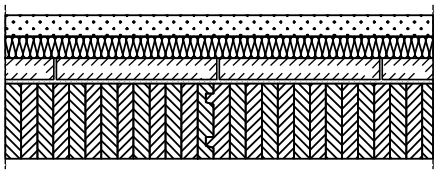
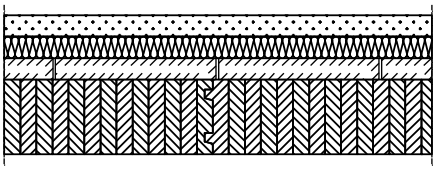
Abb. 5.2:
Norm-Trittschallpegel einer Decke mit mangelhaft montierten Randfliesen ($L´_{n,w}$ = 59 dB) und mit entfernten Randfliesen und gesäuberter Estrichfuge ($L´_{n,w}$ = 52 dB), aus [16].

5.2 _ Falsches Einbringen der Rohdeckenbeschwerung

Die Beschwerung von Holzdecken zur Verbesserung der Trittschalldämmung ist ein übliches Verfahren. Nachfolgend sind einige Beispiele für häufige Fehler aufgelistet:

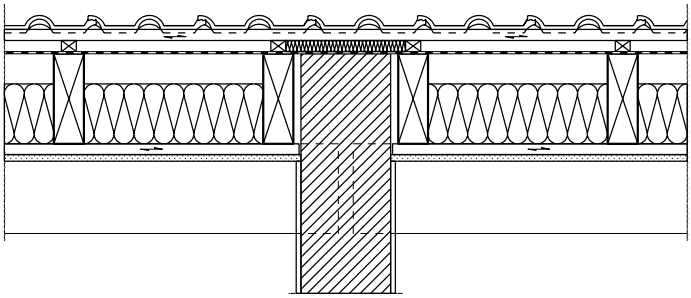
- Rohdeckenbeschwerung aus Betonplatten: Die Platten werden nicht, wie vorgeschrieben, auf die Verlegeplatten geklebt, sondern nur aufgelegt, siehe als Beispiel Tabelle 19.
- Schüttungen aus Sand sind nicht gegen Verschieben gesichert oder zeigen Setzungserscheinungen, weil die Schüttung nicht verdichtet wurde. Hierdurch können lokale Unebenheiten entstehen.
- Wird als reine Beschwerungsmaßnahme anstelle einer elementierten Plattenbeschwerung vollflächig eine Zementestrichschicht auf die Rohdecke gegossen, so wird hiermit keine biegeweiche Beschwerung realisiert. Es werden hier höhere Norm-Trittschallpegel gemessen im Vergleich zur Ausführung mit einer Plattenbeschwerung gleicher Masse. Versucht man diese Zementestrichschicht durch einen Kellenschnitt zu elementieren, so besteht die Gefahr, dass die Estrichmasse vor dem Abbinden im unteren Bereich wieder zusammenfließt und eine biegesteife Platte bildet.

Tabelle 19 | Bewerteter Norm-Trittschall-Pegel $L_{n,w}$ und Schalldämm-Maß R_w einer Brettstapeldecke mit unterschiedlicher Ausführung der Plattenbeschwerung, aus [16]

Beschwerungen: Betonplatten 40 x 300 x 300 mm	
in 8 mm Sandbett	lose aufgelegt – raue Seite unten
	
$L_{n,w}$ = 44 dB R_w = 73 dB	$L_{n,w}$ = 46 dB R_w = 71 dB

5.3 _ Offene Fugen zwischen Dachfläche und Trennwand

Werden bei einem Dachanschluss an eine Trennwand die Anschlussfugen nicht ordnungsgemäß abgedichtet, so kann es zu einer Übertragung von Schall über die Fuge kommen, welche die Schalldämmung der Trennwand drastisch reduziert. In der Praxis tritt dieser Baufehler häufig bei Steildächern mit Zwischensparrendämmung, angebunden an Mauerwerks- oder Beton-Trennwände auf, wobei sowohl Wohnungstrennwände als auch Gebäudetrennwände betroffen sind. Im Holzbau ist durch die vorgefertigte Bauweise der Dachanschluss meist dichter ausgeführt und führt nicht so häufig zu Beschwerden. Ein Beispiel für diese Effekte wird in Abb. 5.3 dargestellt und beschrieben. Die Fugen zwischen Dach und Trennwand hatten eine Breite von ca.1 cm. Bei offenen Fugen wurde eine Norm-Flankenpegeldifferenz von $D_{n,f,w} = 51$ dB gemessen. Durch Abdichtung der Fugen zwischen Sparren und Trennwand konnte dieser Wert bis auf $D_{n,f,w} = 71$ dB gesteigert werden.



Dachaufbau von innen nach außen:

12,5 mm	GKB
24/48 mm	Lattung
8/24 cm	Sparren mit
160 mm	Mineralwolle
30/50 mm	Lattung
30/50 mm	Konterlattung
	Dacheindeckung

Aufbau der Trennwand:
einschalige Kalksandstein-Vollwand
17,5 cm dick, m' ≈ 350 kg/m²

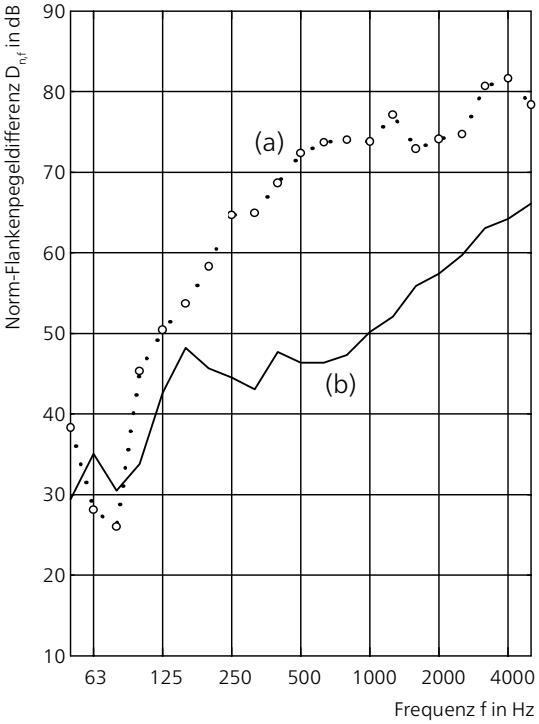


Abb. 5.3:
Verschlechterung der Flankenschalldämmung durch Fugenschall. Norm-Flankenpegeldifferenz eines Dachaufbaus mit Zwischensparrendämmung, Beispiel aus [19].

Kurve (a):
Fuge zwischen Innenbeplankung des Daches und der Trennwand dauerelastisch abgedichtet, $D_{n,f,w} = 71$ dB

Kurve (b):
Fuge offen, $D_{n,f,w} = 51$ dB

Zur Vermeidung dieses Baufehlers kann durch die in Abb. 5.4 dargestellte Abdichtungsmaßnahme sichergestellt werden, dass über die Anschlussfugen zwischen Dach und Wand kein Fugenschall übertragen wird.

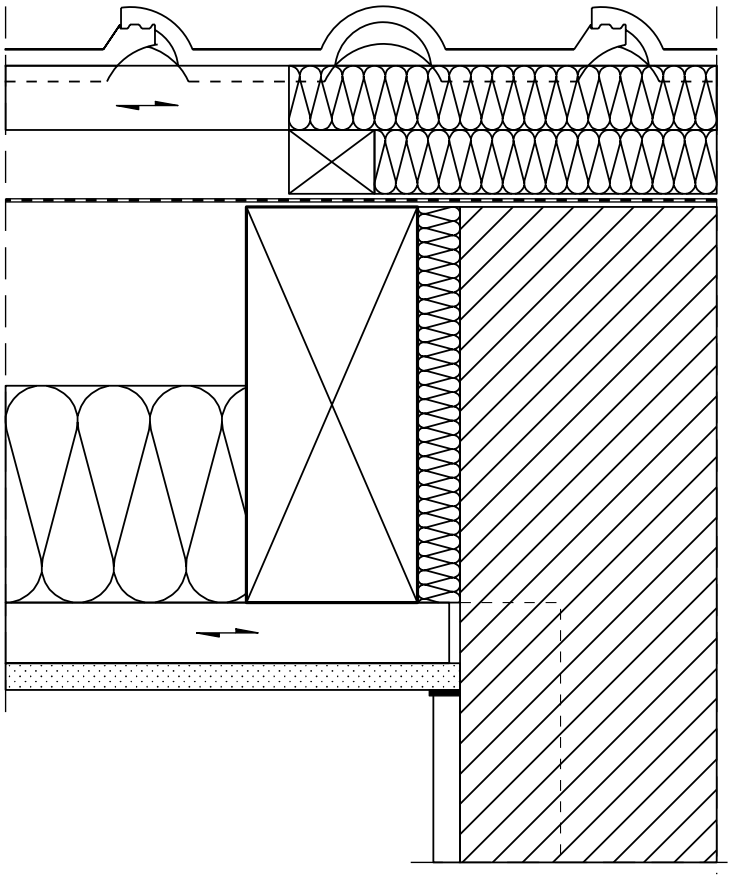


Abb. 5.4:
Vorschlag für Anschlussdetail:

Zwischen Sparren und Trennwand 10-50 mm Fuge mit Faserdämmstoff gedämmt

Lattenhohlraum über der Trennwand mit nicht brennbarem Faserdämmstoff gedämmt

Anschluss Gipsbauplatte: Putz mit Trennstreifen oder dauerelastisch versiegelt.

5.4 _ Hoher Anpressdruck bei Aufdachdämmungen aus druckfesten Faserdämmstoffplatten

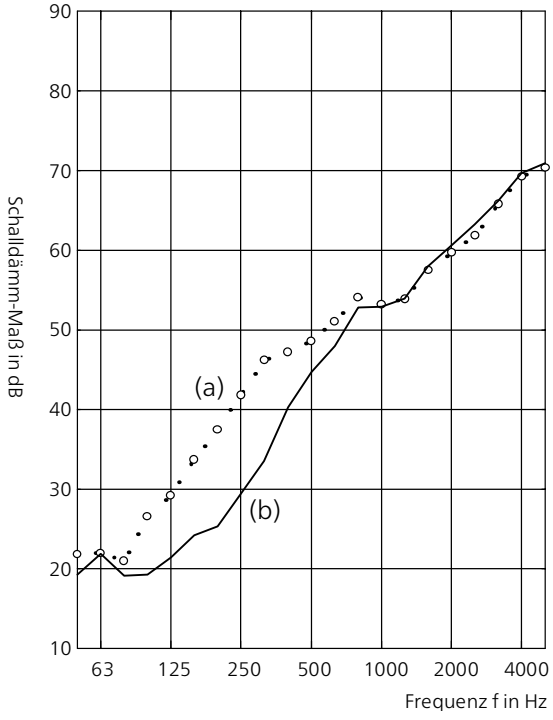
Ein zu hoher Anpressdruck der Aufdachdämmung resultiert aus der Montageweise. Werden die Dämmplatten mit Sparrennägeln vernagelt oder mit Einfachgewindeschrauben verschraubt ist automatisch ein sehr hoher Anpressdruck gegeben. Die Montage mit Doppelgewindeschrauben garantiert bei korrekter Ausführung einen geringen Anpressdruck.

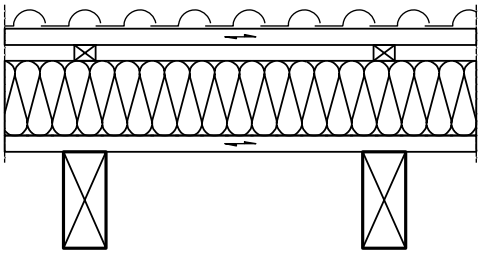
Wie bei durchlaufender Dachlattung und Vordach ist dieser Einfluss bei erhöhtem Schallschutz ($R_{L,w,R} \geq 68$ dB) ausschlaggebend.

Ein zu hoher Anpressdruck der Dämmplatten hat auch einen Einfluss auf die Transmissions-Schalldämmung einer solchen Dachkonstruktion. Durch die Einstellung eines hohen Anpressdrucks wird im Vergleich zu einem niedrigen Anpressdruck die Schalldämmung R_w um bis zu 9 dB verringert, siehe Abb. 5.5.

5.5 _ Einbauküchen und Mobiliar

Häufig ist zum Einbau von Mobiliar das Entfernen der Sockelleiste erforderlich. Die Einbauteile werden dann entsprechend vom Estrich direkt mit der Wand verbunden. Dadurch wird der Randdämmstreifen akustisch überbrückt. Derartige Einbausituationen sind zu vermeiden bzw. die Aufstellung sollte körperschallentkoppelt erfolgen. Es sollte daher ein Hinweis in den Plänen eingefügt werden, die den jeweiligen Käufern übergeben werden.





Kurve (a):
ohne Anpressdruck
(Doppelgewindeschraube),
$R_w = 51$ dB

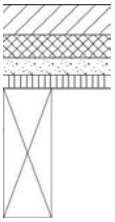
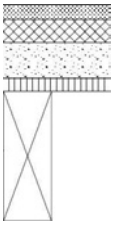
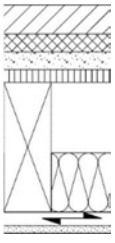
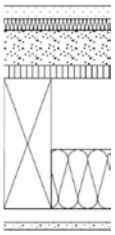
Kurve (b):
mit Anpressdruck
(Einfachgewindeschraube),
$R_w = 42$ dB

Abb. 5.5:
Einfluss der Montage: Einfachgewinde – Doppelgewinde-Schraube, Beispiel aus [17].

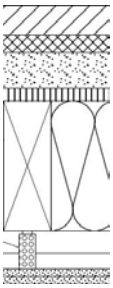
6 _ Bauteilkatalog

6.1 _ Bauteilkatalog Decken

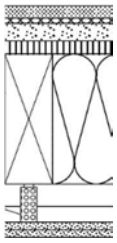
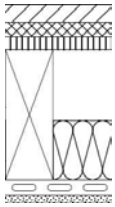
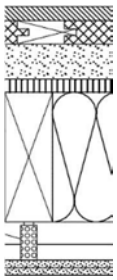
Tabelle 20: Aufbautenübersicht Decken

Tabelle	Aufbaukategorie		Zeile	$L_{n,w}$ in dB	$C_{I,50\text{-}2500}$ in dB	R_w in dB	($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB	Brandschutz
Tabelle 23	Holzbalkendecken; ohne Unterdecken; mineral. geb. Estriche		1	50	4	67	-6;-19	Siehe DIN 4102-4: 2016-05, Tabelle 10.16 und www.dataholz.de
			2	47	4	72	-9;-24	
			3	53	1	70	-6;-20	
			4	51	3	70	-7;-21	
			5	54	3	66	-4;-16	
	Holzbalkendecken; ohne Unterdecken; Trockenestriche		6	57	1	64	-7;-19	
			7	54	2	65	-;-	
Tabelle 24	Holzbalkendecken; steife Unterdecken; mineral. geb. Estriche		1	54	7	63	-8;-21	Siehe DIN 4102-4: 2016-05, Tabelle 10.11, Tabelle 10.12 und www.dataholz.de
			2	48	10	65	-12;-25	
			3	51	10	67	-13;-27	
			4	46	12	67	-11;-24	
			5	43	6	74	-11;-26	
			6	43	10	76	-16;-31	
	Holzbalkendecken; steife Unterdecken; Trockenestriche		7	55	7	61	-10;-23	

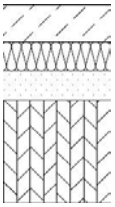
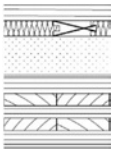
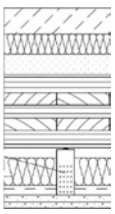
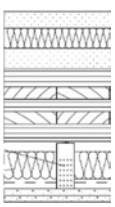
Fortsetzung Tabelle 20: Aufbautenübersicht Decken

Tabelle	Aufbaukategorie		Zeile	$L_{n,w}$ in dB	$C_{I,50\text{-}2500}$ in dB	R_w in dB	($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB	Brand-schutz
Tabelle 25	Holzbalkendecken; abgehängte Unterdecken; mineral. geb. Estriche		1	46	7	70	-10;-23	Siehe DIN 4102-4: 2016-05, Tabelle 10.11, Tabelle 10.12 und www.dataholz.de
			2	34	20	73	-12;-26	
			3	30	23	79	-17:-33	
			4	48	6	69	-9;-22	
			5	36	16	68	-10;-23	
			6	31	18	71	-9;-24	
			7	40	10	71	-6;-19	
			8	50	7	71	-11;-24	
			9	46	7	76	-13;-28	
			10	31	19	82	-22;-37	
			11	36	18	80	-18;-33	
			12	40	11	80	-16;-31	
			13	43	9	78	-15;-30	
			14	44	9	77	-13;-28	
			15	32	14	82	-18;-33	
			16	30	10	82	-16;-31	
			17	37	12	82	-16;-31	
			18	50	9	72	-13;-27	
			19	42	7	80	-16;-31	
			20	39	11	80	-15;-30	
			21	37	11	82	-17;-32	
			22	37	9	83	-18;-33	

Fortsetzung Tabelle 20: Aufbautenübersicht Decken

Tabelle	Aufbaukategorie		Zeile	$L_{n,w}$ in dB	$C_{I,50\text{-}2500}$ in dB	R_w in dB	($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB	Brand-schutz
Tabelle 25	Holzbalkendecken; abgehängte Unterdecken; Trockenestriche		23	56	2	63	-11;-25	Siehe DIN 4102-4: 2016-05, Tabelle 10.11, Tabelle 10.12 und www.dataholz.de
			24	41	8	69	-10;-23	
			25	45	5	67	-7,-19	
			26	38	16	79	-20;-35	
			27	34	16	80	-19;-34	
			28	42	11	75	-16;-31	
			29	34	15	80	-16;-31	
			30	34	11	81	-18;-33	
	Holzbalkendecken; abgehängte Unterdecken; Asphaltböden		31	50	4	64	-7;-20	
	Holzbalkendecken; abgehängte Unterdecken; Dielenböden		32	34	16	78	-19;-33	

Fortsetzung Tabelle 20: Aufbautenübersicht Decken

Tabelle	Aufbaukategorie		Zeile	$L_{n,w}$ in dB	$C_{I,50\text{-}2500}$ in dB	R_w in dB	($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB	Brand-schutz
Tabelle 26	Massivholzdecken; ohne Unterdecken; mineral. geb. Estriche		1	56	3	62	-6;-18	Siehe www.dataholz.de
			2	46	5	68	-7;-20	
			3	40	8	72	-8;-21	
			4	38	4	77	-13;-28	
			5	45	4	72	-8;-23	
			6	40	9	74	-9;-24	
			7	38	5	76	-10;-25	
			8	40	7	73	-16;-32	
	Massivholzdecken; ohne Unterdecken; Dielenböden		9	50	1	65	-5;-16	
Tabelle 27	Massivholzdecken; abgehängte Unterdecken; mineral. geb. Estriche		1	24	29	81	-21;-36	
			2	23	26	82	-20;-35	
			3	32	23	82	-18;-33	
	Massivholzdecken; abgehängte Unterdecken; Trockenestriche		4	36	23	78	-23;-38	
			5	33	20	79	-18;-32	

Fortsetzung Tabelle 20: Aufbautenübersicht Decken

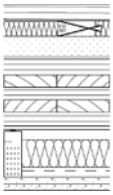
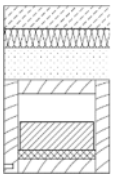
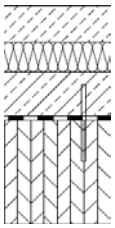
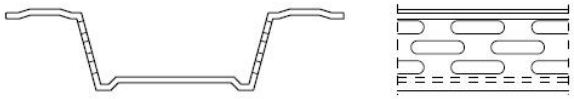
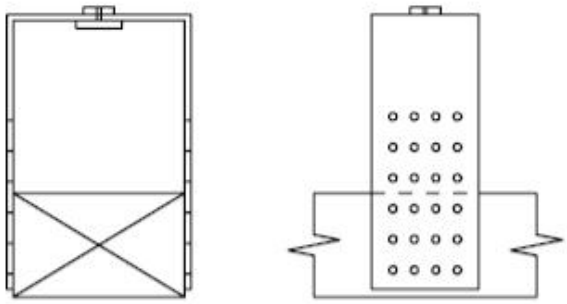
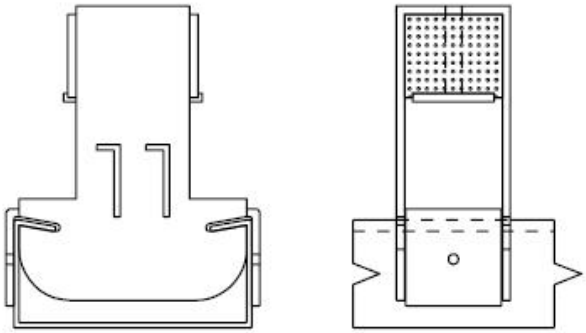
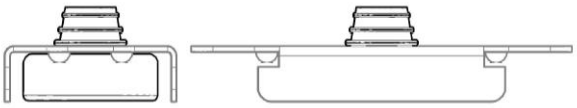
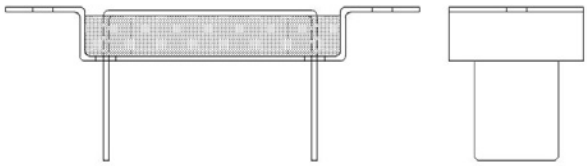
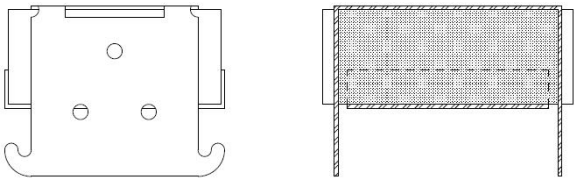
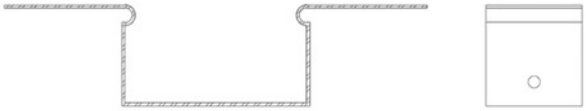
Tabelle	Aufbaukategorie		Zeile	$L_{n,w}$ in dB	$C_{I,50\text{-}2500}$ in dB	R_w in dB	($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB	Brand-schutz
Tabelle 27	Massivholzdecken; abgehängte Unterdecken; Dielenböden		6	36	16	77	-15;-30	Siehe www.dataholz.de
Tabelle 28	Massivholzdecken aus Rippen- und Kastenelementen; ohne Unterdecken; mineral. geb. Estriche		1	45	0	72	-8;-23	Nach Herstellerangaben
			2	43	2	71	-9;-24	
			3	40	8	75	-13;-28	
			4	37	7	78	-9;-23	
Tabelle 29	Holz-Beton-Verbunddecken; ohne Unterdecken; mineral. geb. Estriche		1	46	5	67	-9;-22	Siehe www.dataholz.de
			2	44	-1	72	-4;-18	
			3	49	2	69	-6;-20	

Tabelle 21: Baustoffe und Baustoffeigenschaften - Decken		
1	Mineralisch gebundener Estrich	Mineralisch gebundener Estrich wie Zement-, Magnesia- oder Anhydritestrich nach DIN 18560 mit der in der Tabelle angegebenen Dicke d und flächenbezogenen Masse m´
2	Trockenestrich	Trockenestrich aus: - Gipsbauplatten nach DIN 18180 und DIN EN 520 mit der in der Tabelle angegebenen Dicke d und flächenbezogenen Masse m´ - zementgebundenen Spanplatten nach DIN EN 634 mit der in der Tabelle angegebenen Dicke d und flächenbezogenen Masse m´ - Holzwerkstoffplatten nach DIN EN 13986 mit der in der Tabelle angegebenen Dicke d und flächenbezogenen Masse m´ (für weitere Eigenschaften siehe Tabelle 21, Zeile 7 - Rohdeckenbeplankung)
3	Asphaltboden	Asphaltboden aus Gussasphalt nach DIN 18560 mit der in der Tabelle angegebenen Dicke d und der flächenbezogenen Masse m´ ≥ 85 kg/m²
4	Dielenboden	Dielenboden aus Holzdielen auf den Trittschalldämmplatten mit der in der Tabelle angegebenen Dicke d
5	Trittschall-dämmung	Trittschalldämmung aus: - Mineralwolledämmplatten (MW) nach DIN EN 13162 mit der in der Tabelle angegebenen Dicke d, dynamischen Steifigkeit s´ und dem Anwendungstyp nach Einsatzbereich: Typ DES-sh für Estriche mit mineralischen Bindemitteln, Typ DES-sm für Trockenestriche und Asphaltböden - Holzfaserdämmplatten (WF) nach DIN 4108-10 und DIN EN 13171 mit der in der Tabelle angegebenen Dicke d, dynamischen Steifigkeit s´ und dem Anwendungstyp nach Einsatzbereich: Typ DES-sg - Holzfaserdämmplatten mit Verlegeleisten (WF + Leisten) und Nut-und-Federverbindungen der Dämmplatten - Polystyrol-Hartschaumdämmplatten (EPS) nach DIN 4108-10 und DIN EN 13163 mit der in der Tabelle angegebenen Dicke d, dynamischen Steifigkeit s´ und dem Anwendungstyp nach Einsatzbereich: Typ DES-sm
6	Rohdecken-beschwerung	Rohdeckenbeschwerung aus: - elastisch gebundenem trockenem Schüttgut mit der Schüttdichte $\rho \geq 1500$ kg/m³, der Restfeuchte ≤ 1,8 % und einer Bindung aus Latexmilch (keine zusätzliche Sicherung gegen Verrutschen erforderlich) - ungebundenem trockenem Schüttgut mit der Schüttdichte $\rho \geq 1500$ kg/m³, der Restfeuchte ≤ 1,8 %, einer zusätzlichen Rieselschutzfolie und einer zusätzlichen Sicherung gegen Verrutschen aus Pappwaben, Sandmatten, Lattengitter (Feldgröße etwa 80 cm x 80 cm) o.ä. - Betonsteinplatten mit den Flächenmaßen ≤ 300 x 300 mm, der Rohdichte $\rho \geq 2500$ kg/m³, der Restfeuchte ≤ 1,8 % und Rieselschutzfolie; Verklebung auf der Rohdecke oder Lagerung im Sandbett - speziellen Beschwerungsplatten wie z.B. zementgebundenen Spanplatten mit der Rohdichte $\rho \geq 1000$ kg/m³ und den jeweils erforderlichen entsprechenden Abmessungen (Einbau einer zusätzlichen Rieselschutzfolie erforderlich)
7	Rohdecken-beplankung	Rohdeckenbeplankung aus Holzwerkstoffplatten wie: - Spanplatten nach DIN EN 312 mit der Dicke d = 18 bis 25 mm - OSB-Platten nach DIN EN 300 mit der Dicke d = 18 bis 25 mm - BFU-Platten nach DIN EN 315 und DIN EN 13986 mit der Dicke d = 18 bis 25 mm - Sichtschalung mit der Dicke d = 28 mm und zusätzlichen BFU-Platten mit der Dicke d =12 mm als Alternative bei offenen Holzbalkendecken - zusätzliche Bekleidung der Holzwerkstoffplatten aus Gipsbauplatten oder Sichtschalungen im Holzbalkenzwischenraum direkt auf die Holzwerkstoffplatten (ohne zusätzlichen Hohlraum)

Fortsetzung Tabelle 21: Baustoffe und Baustoffeigenschaften - Decken		
8	Stahlbetonschicht	Stahlbetonschicht der Holz-Beton-Verbunddecke; Bemessung und Konstruktion nach EC 2
9	Trennlage	Trennlage aus PE-Folien zum Schutz der Rohdecke und als Rieselschutz
10	Tragwerk	Tragwerk aus: - Vollholz- oder Brettschichtholzbalken mit den Mindestmaßen 60 x 180 mm; alternativ auch als Stegträger mit einer Höhe von 240 bis 406 mm; Achsabstand $e \geq 625$ mm - Brettsperrholzelementen mit der Mindestdicke d = 120 mm - flachkant verlegten Brettschichtholzelementen mit der Mindestdicke d = 120 mm - Brettstapelelementen mit der Mindestdicke d = 120 mm - Massivholzkastenelementen ´LIGNATUR-Flächenelementen (LFE) 240 silence 12´ mit der Dicke d = 240 mm; weitere Detailangaben beim Hersteller - Massivholzkastenelementen ´LIGNATUR-Flächenelementen (LFE) 240 silence 12 Akustik´ mit der Dicke d = 240 mm und Akustiklamellen; weitere Detailangaben beim Hersteller - Brettsperrholzrippenelementen ´LIGNO Rippe Q3´ von LIGNOTREND; weitere Detailangaben beim Hersteller - Brettsperrholzrippenelementen ´LIGNO Decke Q3´ von LIGNOTREND; weitere Detailangaben beim Hersteller
11	Koppelbrett	Koppelbrett aus Holzwerkstoffplatten mit der Dicke d = 22 mm zur kraftschlüssigen Verbindung von Massivholzdeckenelementen und zur Erstellung der statischen Scheibenwirkung
12	Hohlraum-dämpfung	Hohlraumdämpfung aus: - Mineral-, Jute-, Hanf-, Holz-, Zellulose-, Baumwoll- oder Schafwollfaserdämmplatten/-matten mit dem längenbezogenen Strömungswiderstand 5 kPa s/m² ≤ r ≤ 50 kPa s/m² - Zellulosefasereinblasdämmstoffen nach DIN EN 15101-1 mit der Dichte $\varrho = 40 - 50$ kg/m³ (raumfüllend), dem längenbezogenen Strömungswiderstand 5 kPa s/m² ≤ r ≤ 50 kPa s/m² und einer zusätzlichen Rieselschutzfolie unterhalb der Holzbalkenlage (befestigt durch eine Holzlattung mit dem Achsabstand e = 400 mm)
13	Traglattung	Traglattung aus Holzlatten mit den Abmessungen 24 x 48 mm
14	Unterdecken-bekleidung	Unterdeckenbekleidung aus: - Gipsfaserplatten nach DIN 18180 und DIN EN 15283-2 mit der in der Tabelle angegebenen Dicke d und flächenbezogenen Masse m´ - Gipsbauplatten nach DIN 18180 und DIN EN 520 mit der in der Tabelle angegebenen Dicke d und flächenbezogenen Masse m´ - Gipskartonfeuerschutzplatten nach DIN 18180 und DIN EN 520 mit der in der Tabelle angegebenen Dicke d und flächenbezogenen Masse m´ zur Verwendung in Brandschutzkonstruktionen
15	Verbindungs-mittel	Verbindungsmittel zwischen den Holz- und den Betonbauteilen in der Holz-Beton-Verbunddecke, z. B. Verbundschrauben oder eingeklebte HBV-Schubverbinder; Auswahl je nach Statik und Deckentyp

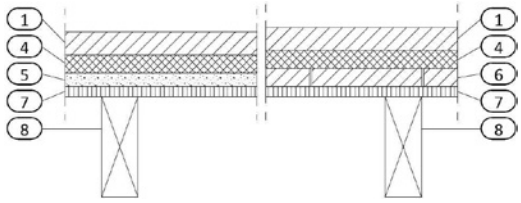
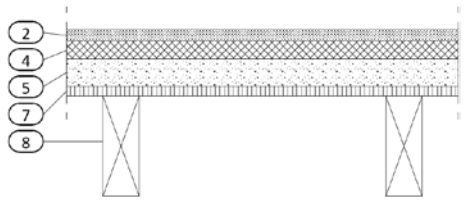
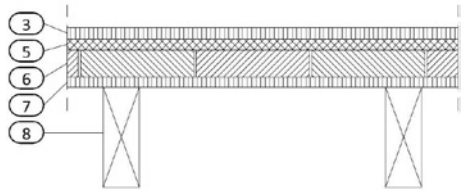
Tabelle 22: Abhängertypen zur schalltechnischen Entkopplung		
Spalte / Zeile	1	2
	Ansicht und Schnitt	Anwendungsbeschreibung
Federschiene		
1		Abhängertyp aus gekantetem Blech zur schalltechnischen Entkopplung von biegeweichen Gipsbau-, Gipsfaser- oder Holzwerkstoffplatten von der Rohdecke; Federwirkung der Lochausstanzungen im Flanschbereich; Abmessungen 27 x 60 mm; weitere Detailangaben beim Hersteller
Direktschwingabhänger/Direktabhänger (Knauf Direktschwingabhänger für CD 60/27; Rigips U-Direktabhänger CD)		
2		Abhängertyp zur schalltechnischen Entkopplung und Befestigung von Holzlattung oder CD-Profilen mit einem integrierten Schwingelement (Gummiformteil) zur Schallentkopplung; keine Eignung für Feuchträume oder Außenbereiche; Maximale Traglast: 0,4 kN pro Abhänger; weitere Detailangaben beim Hersteller
AMC-Abhänger (AMCAkustik Super)		
3		Abhängertyp zur schalltechnischen Entkopplung und Befestigung von CD-Profilen mit einem integrierten Schwingelement zur Schallentkopplung; Ermittlung der Traglast und Umrechnung in kg/m² vor der Montage empfohlen; Funktionalität des AMC-Abhängers nur bei der richtigen Belastung gegeben; weitere Detailangaben beim Hersteller

Fortsetzung Tabelle 22: Abhängertypen zur schalltechnischen Entkopplung

Spalte / Zeile	1 Ansicht und Schnitt	2 Anwendungsbeschreibung
Direktbefestiger (Rigips Klick-Fix Direktbefestiger für C-Deckenprofil, schallentkoppelt)		
4		Abhängertyp zur schalltechnischen Entkopplung und Befestigung von Holzlattung oder CD-Profilen mit einem integrierten Schwingelement zur Schallentkopplung; Maximale Traglast: 0,4 kN pro Abhänger; weitere Detailangaben beim Hersteller
VF-Abhänger (Knauf VF-Abhänger 8 für CD 60/27)		
5		Abhängertyp zur schalltechnischen Entkopplung und Befestigung von Holzlattung oder CD-Profilen mit einem integrierten Schwingelement zur Schallentkopplung; Maximale Traglast: 0,16 kN pro Abhänger; weitere Detailangaben beim Hersteller
Regufoam® Abhänger QH.F 220 plus		
6		Abhängertyp zur schalltechnischen Entkopplung und Befestigung von CD-Profilen mit einem integrierten Schwingelement zur Schallentkopplung; weitere Detailangaben beim Hersteller
Befestigungs-Clip		
7		Abhängertyp zur schalltechnischen Entkopplung und Befestigung von CD-Profilen; weitere Detailangaben beim Hersteller

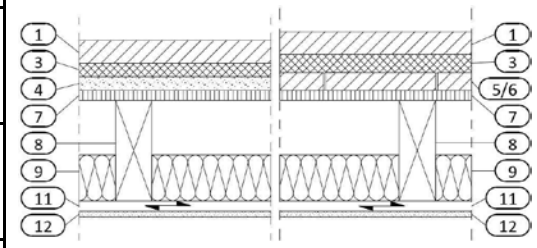
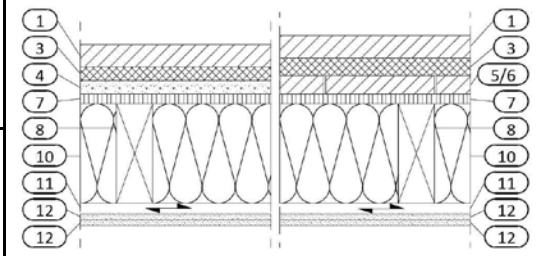
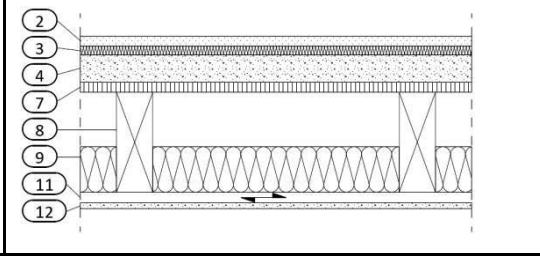
Hinweis:
Weitere Abhängervarianten sind möglich. Als Kriterium für die Auslegung der Abhänger ist die Eigenfrequenz der Unterdeckenabhängung (abhängig von der Federsteifigkeit der Abhänger und der flächenbezogenen Masse der Unterdeckenbekleidung) in den Konstruktionstabellen anzuwenden.

Tabelle 23: Holzbalkendecken ohne Unterdecken

Spalte / Zeile	1 Schnitt	2 Dämmung d in mm s´ in MN/m³	3 Beschwerung d in mm m´ in kg/m²		4 $L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) in dB	5 R_w ($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB
Holzbalkendecken ohne Unterdecken mit Aufbauten aus mineralisch gebundenen Estrichen						
1		MW (DES-sh) d ≥ 40 s´ ≤ 6	Schüttgut	d ≥ 30 m´ ≥ 45	50 [a] (4)	67 [a] (-6;-19)
2			Platten	d ≥ 40 m´ ≥ 100	47 [a] (4)	72 [a] (-9;-24)
3		MW (DES-sh) d ≥ 30 s´ ≤ 20	Schüttgut	d ≥ 80 m´ ≥ 120	53 [b] (1)	70 [b] (-6;-20)
4				d ≥ 100 m´ ≥ 150	51 [b] (3)	70 [b] (-7;-21)
5		WF (DES-sg) d ≥ 30 s´ ≤ 30		d ≥ 60 m´ ≥ 90	54 [h] (3)	66 [h] (-4;-16)
Holzbalkendecken ohne Unterdecken mit Aufbauten aus Trockenestrichen						
6		WF (DES-sg) d ≥ 20 s´ ≤ 30	Schüttgut	d ≥ 60 m´ ≥ 90	57 [a] (1)	64 [a] (-7;-19)
7		MW (DES-sm) d ≥ 25 s´ ≤ 15 oder WF (DES-sg) d ≥ 60 s´ ≤ 30	Platten	d ≥ 60 m´ ≥ 150	54 [a] (2)	65 [a] (-;-)

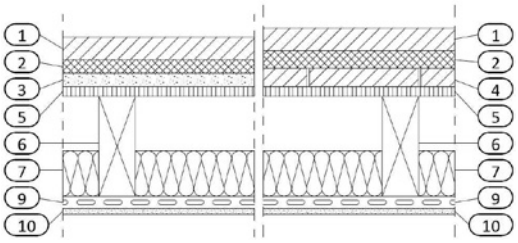
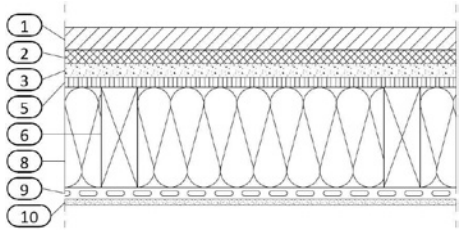
① Mineralisch gebundener Estrich nach Tabelle 21 / Zeile 1; Dicke d ≥ 50 mm; flächenbezogene Masse m´ ≥ 120 kg/m²
② Trockenestrich aus Gipsbauplatten oder zementgeb. Spanplatten nach Tabelle 21 / Zeile 2; Dicke d ≥ 25 mm; m´ ≥ 29 kg/m²
③ Trockenestrich aus Gipsbau-, Gipsfaser- oder Holzwerkstoffplatten nach Tabelle 21 / Zeile 2; Dicke d ≥ 25 mm; m´ ≥ 15 kg/m²
④ Trittschalldämmung aus Dämmplatten nach Tabelle 21 / Zeile 5; Dicke d angegeben; dynamische Steifigkeit s´ angegeben
⑤ Rohdeckenbeschwerung aus gebund./ungebund. Schüttgut nach Tabelle 21 / Zeile 6; Dicke d angegeben; m´ angegeben
⑥ Rohdeckenbeschwerung aus Betonsteinplatten nach Tabelle 21 / Zeile 6; Dicke d angegeben; m´ angegeben
⑦ Rohdeckenbeplankung aus Holzwerkstoffplatten nach Tabelle 21 / Zeile 7; Dicke d ≥ 22 mm; m´ ≥ 15 kg/m²
⑧ Tragwerk aus Vollholz- oder Brettschichtholzbalken nach Tabelle 21 / Zeile 10

Tabelle 24: Holzbalkendecken mit steif befestigten Unterdecken

Spalte / Zeile	1 Schnitt	2 Dämmung d in mm s´ in MN/m³	3 Beschwerung d in mm m´ in kg/m²		4 $L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) in dB	5 R_w ($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB
Holzbalkendecken mit steif befestigten Unterdecken und Aufbauten aus mineralisch gebundenen Estrichen						
1		MW (DES-sh) d ≥ 40 s´ ≤ 6	-		54 [a] (7)	63 [a] (-8;-21)
2			Platten	d ≥ 40 m´ ≥ 50	48 [a] (10)	65 [a] (-12;-25)
3		MW (DES-sh) d ≥ 20 s´ ≤ 8	Schüttgut	d ≥ 18 m´ ≥ 25	51 [a] (10)	67 [a] (-13;-27)
4				d ≥ 30 m´ ≥ 45	46 [a] (12)	67 [a] (-11;-24)
5		MW (DES-sh) d ≥ 20 s´ ≤ 8	Schüttgut	d ≥ 60 m´ ≥ 90	43 [i] (6)	74 [i] (-11;-26)
6			Platten	d ≥ 50 m´ ≥ 100	43 [i] (10)	76 [i] (-16;-31)
Holzbalkendecken mit steif befestigten Unterdecken und Aufbauten aus Trockenestrichen						
7		MW (DES-sm) d ≥ 20 s´ ≤ 30	Schüttgut	d ≥ 60 m´ ≥ 90	55 [a] (7)	61 [a] (-10;-23)

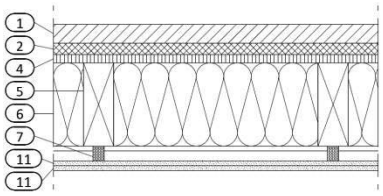
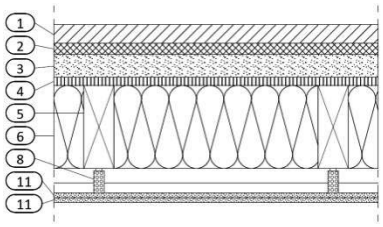
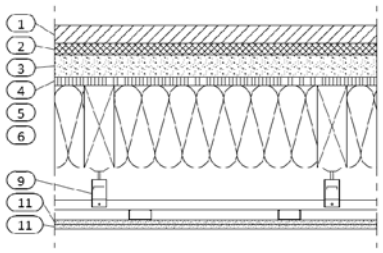
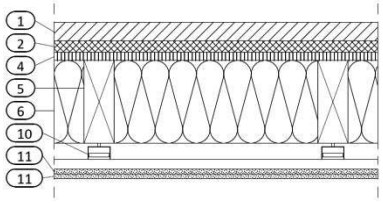
① Mineralisch gebundener Estrich nach Tabelle 21 / Zeile 1; Dicke d ≥ 50 mm; flächenbezogene Masse m´ ≥ 120 kg/m²
② Trockenestrich aus Gipsfaserplatten oder zementgeb. Spanplatten nach Tabelle 21 / Zeile 2; Dicke d ≥ 22 mm; m´ ≥ 29 kg/m²
③ Trittschalldämmung aus Dämmplatten nach Tabelle 21 / Zeile 5; Dicke d angegeben; dynamische Steifigkeit s´ angegeben
④ Rohdeckenbeschwerung aus gebund./ungebund. Schüttgut nach Tabelle 21 / Zeile 6; Dicke d angegeben; m´ angegeben
⑤ Rohdeckenbeschwerung aus speziellen Beschwerungsplatten nach Tabelle 21 / Zeile 6; Dicke d angegeben; m´ angegeben
⑥ Rohdeckenbeschwerung aus Betonsteinplatten nach Tabelle 21 / Zeile 6; Dicke d angegeben; m´ angegeben
⑦ Rohdeckenbeplankung aus Holzwerkstoffplatten nach Tabelle 21 / Zeile 7; Dicke d ≥ 22 mm; m´ ≥ 15 kg/m²
⑧ Tragwerk aus Vollholz- oder Brettschichtholzbalken bzw. -stegträgern nach Tabelle 21 / Zeile 10
⑨ Hohlraumdämpfung aus Dämmplatten, -matten oder Einblasdämmstoffen nach Tabelle 21 / Zeile 12; Dicke d = 100 mm
⑩ Hohlraumdämpfung aus Dämmplatten, -matten oder Einblasdämmstoffen nach Tabelle 21 / Zeile 12; Dicke d = 200 mm oder d = 100 mm und am Balken hochgezogen
⑪ Traglattung aus Holzlatten nach Tabelle 21 / Zeile 13; Dicke d = 24 mm; Achsabstand e ≥ 400 mm
⑫ Unterdeckenbekleidung aus Gipsbauplatten nach Tabelle 21 / Zeile 14; Dicke d = 12,5 mm; m´ ≥ 8,5 kg/m²

Tabelle 25: Holzbalkendecken mit abgehängten Unterdecken

Spalte / Zeile	1 Schnitt	2 Dämmung d in mm s´ in MN/m³	3 Beschwerung d in mm m´ in kg/m²		4 $L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) in dB	5 R_w ($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB
Holzbalkendecken mit abgehängten Unterdecken und Aufbauten aus mineralisch gebundenen Estrichen						
1		MW (DES-sh) d ≥ 40 s´ ≤ 6	Schüttgut	-	46 [a] (7)	70 [a] (-10;-23)
2				d ≥ 30 m´ ≥ 45	34 [a] (20)	73 [a] (-12;-26)
3			Platten	d ≥ 40 m´ ≥ 100	30 [a] (23)	79 [a] (-17;-33)
4		MW (DES-sh) d ≥ 20 s´ ≤ 8	Schüttgut	-	48 [a] (6)	69 [a] (-9;-22)
5				d ≥ 30 m´ ≥ 45	36 [a] (16)	68 [a] (-10;-23)
6				d ≥ 60 m´ ≥ 90	31 [a] (18)	71 [a] (-9;-24)
7		WF (DES-sg) d ≥ 30 s´ ≤ 20		d ≥ 50 m´ ≥ 75	40 [a] (10)	71 [a] (-6;-19)
8		WF (DES-sg) d ≥ 60 (2 x 30) $s´_{ges}$ ≤ 10		-	50 [a] (7)	71 [a] (-11;-24)
9		MW (DES-sh) d ≥ 30 s´ ≤ 8	Schüttgut	-	46 [g] (7)	76 [g] (-13;-28)
10				d ≥ 40 m´ ≥ 60	31 [g] (19)	82 [g] (-22;-37)
11		WF (DES-sg) d ≥ 30 s´ ≤ 30		d ≥ 60 m´ ≥ 90	36 [h] (18)	80 [h] (-18;-33)

① Mineralisch gebundener Estrich nach Tabelle 21 / Zeile 1; Dicke d ≥ 50 mm; flächenbezogene Masse m´ ≥ 120 kg/m²
② Trittschalldämmung aus Dämmplatten nach Tabelle 21 / Zeile 5; Dicke d angegeben; dynamische Steifigkeit s´ angegeben
③ Rohdeckenbeschwerung aus gebund./ungebund. Schüttgut nach Tabelle 21 / Zeile 6; Dicke d angegeben; m´ angegeben
④ Rohdeckenbeschwerung aus Betonsteinplatten nach Tabelle 21 / Zeile 6; Dicke d angegeben; m´ angegeben
⑤ Rohdeckenbeplankung aus Holzwerkstoffplatten nach Tabelle 21 / Zeile 7; Dicke d ≥ 22 mm; m´ ≥ 15 kg/m²
⑥ Tragwerk aus Vollholz- oder Brettschichtholzbalken bzw. -stegträgern nach Tabelle 21 / Zeile 10
⑦ Hohlraumdämpfung aus Dämmplatten, -matten oder Einblasdämmstoffen nach Tabelle 21 / Zeile 12; Dicke d = 100 mm
⑧ Hohlraumdämpfung aus Dämmplatten, -matten oder Einblasdämmstoffen nach Tabelle 21 / Zeile 12; Dicke d = 200 mm oder d = 100 mm und am Balken hochgezogen
⑨ Abhängung nach Tabelle 22 / Zeile 1; Abhänghöhe d = 27 mm; Achsabstand e ≥ 417 mm
⑩ Unterdeckenbekleidung aus Gipsbauplatten nach Tabelle 21 / Zeile 14; Dicke d = 12,5 mm; m´ ≥ 8,5 kg/m²

Fortsetzung Tabelle 25: Holzbalkendecken mit abgehängten Unterdecken

Spalte / Zeile	1 Schnitt	2 Dämmung d in mm s´ in MN/m³	3 Beschwerung d in mm m´ in kg/m²		4 $L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) in dB	5 R_w ($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB
Holzbalkendecken mit abgehängten Unterdecken und Aufbauten aus mineralisch gebundenen Estrichen						
12		MW (DES-sh) d ≥ 30 s´ ≤ 8	-		40 [g] (11)	80 [g] (-16;-31)
13		EPS (DES-sm) d ≥ 40 s´ ≤ 10			43 [g] (9)	78 [g] (-15;-30)
14		MW (DES-sm) d ≥ 40 s´ ≤ 20			44 [g] (9)	77 [g] (-13;-28)
15		WF (DES-sg) d ≥ 30 s´ ≤ 30	Schüttgut	d ≥ 60 m´ ≥ 90	32 [h] (14)	82 [h] (-18;-33)
16		WF (DES-sg) d ≥ 30 s´ ≤ 30	Schüttgut	d ≥ 60 m´ ≥ 90	30 [h] (10)	82 [h] (-16;-31)
17		MW (DES-sh) d ≥ 30 s´ ≤ 8	-		37 [g] (12)	82 [g] (-16;-31)

① Mineralisch gebundener Estrich nach Tabelle 21 / Zeile 1; Dicke d ≥ 50 mm; flächenbezogene Masse m´ ≥ 120 kg/m²

② Trittschalldämmung aus Dämmplatten nach Tabelle 21 / Zeile 5; Dicke d angegeben; dynamische Steifigkeit s´ angegeben

③ Rohdeckenbeschwerung aus gebund./ungebund. Schüttgut nach Tabelle 21 / Zeile 6; Dicke d angegeben; m´ angegeben

④ Rohdeckenbeplankung aus Holzwerkstoffplatten nach Tabelle 21 / Zeile 7; Dicke d ≥ 22 mm; m´ ≥ 15 kg/m²

⑤ Tragwerk aus Vollholz- oder Brettschichtholzbalken nach Tabelle 21 / Zeile 10

⑥ Hohlraumdämpfung aus Dämmplatten, -matten oder Einblasdämmstoffen nach Tabelle 21 / Zeile 12; Dicke d = 200 mm oder d = 100 mm und am Balken hochgezogen

⑦ Abhängung nach Tabelle 22 / Zeile 2 mit CD-Profil; Abhänghöhe d ≥ 40 mm; Achsabstand e ≥ 400 mm; Eigenfrequenz f_0 < 30 Hz

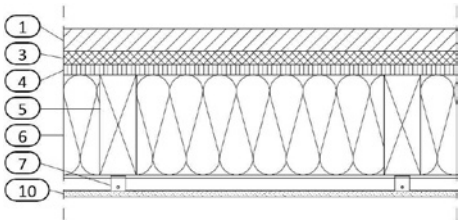
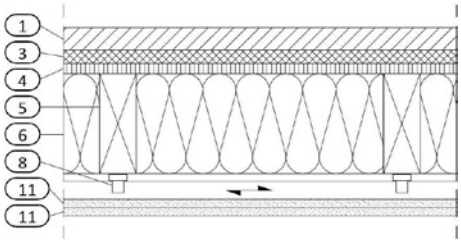
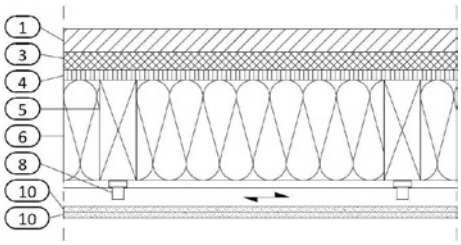
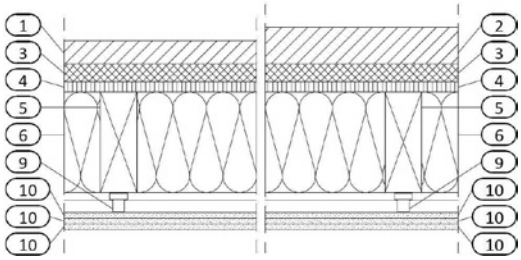
⑧ Abhängung nach Tabelle 22 / Zeile 2 mit CD-Profil; Abhänghöhe d ≥ 65 mm; Achsabstand e ≥ 400 mm; Eigenfrequenz f_0 < 30 Hz

⑨ Abhängung nach Tabelle 22 / Zeile 3 mit 2 x CD-Profil; Abhänghöhe d ≥ 140 mm; Achsabstand e ≥ 400 mm; Eigenfrequenz f_0 < 20 Hz

⑩ Abhängung nach Tabelle 22 / Zeile 6 mit CD-Profil; Abhänghöhe d ≥ 70 mm; Achsabstand e ≥ 400 mm; Eigenfrequenz f_0 < 20 Hz

⑪ Unterdeckenbekleidung aus Gipskartonfeuerschutzplatten nach Tabelle 21 / Zeile 14; Dicke d = 12,5 mm; m´ ≥ 10 kg/m²

Fortsetzung Tabelle 25: Holzbalkendecken mit abgehängten Unterdecken

Spalte / Zeile	1 Schnitt	2 Dämmung d in mm s´ in MN/m³	3 Estrich und Unterdecke in mm	4 $L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) in dB	5 R_w ($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB
Holzbalkendecken mit abgehängten Unterdecken und Aufbauten aus mineralisch gebundenen Estrichen					
18		MW (DES-sh) d ≥ 30 s´ ≤ 8	50 Estrich 35 Abhängung / CD-Profil / 1 x 12,5 GKF	50 ⑨ (9)	72 ⑨ (-13;-27)
19		MW (DES-sh) d ≥ 30 s´ ≤ 8	50 Estrich 57 Abhängung / Holzlattung / 2 x 18 GKF	42 ⑨ (7)	80 ⑨ (-16;-31)
20		MW (DES-sh) d ≥ 40 s´ ≤ 7	50 Estrich 57 Abhängung / Holzlattung / 2 x 12,5 GKF	39 ⑨ (11)	80 ⑨ (-15;-30)
21		MW (DES-sh) d ≥ 40 s´ ≤ 7	50 Estrich 44 Abhängung / CD-Profil / 3 x 12,5 GKF	37 ⑨ (11)	82 ⑨ (-17,-32)
22		MW (DES-sh) d ≥ 40 s´ ≤ 7	80 Estrich 44 Abhängung / CD-Profil / 3 x 12,5 GKF	37 ⑨ (9)	83 ⑨ (-18;-33)

① Mineralisch gebundener Estrich nach Tabelle 21 / Zeile 1; Dicke d ≥ 50 mm; flächenbezogene Masse m´ ≥ 120 kg/m²

② Mineralisch gebundener Estrich nach Tabelle 21 / Zeile 1; Dicke d ≥ 80 mm; m´ ≥ 177 kg/m²

③ Trittschalldämmung aus Dämmplatten nach Tabelle 21 / Zeile 5; Dicke d angegeben; dynamische Steifigkeit s´ angegeben

④ Rohdeckenbeplankung aus Holzwerkstoffplatten nach Tabelle 21 / Zeile 7; Dicke d ≥ 22 mm; m´ ≥ 15 kg/m²

⑤ Tragwerk aus Vollholz- oder Brettschichtholzbalken nach Tabelle 21 / Zeile 10

⑥ Hohlraumdämpfung Dämmplatten, -matten oder Einblasdämmstoffen nach Tabelle 21 / Zeile 12; Dicke d = 200 mm oder d = 100 mm und am Balken hochgezogen

⑦ Abhängung nach Tabelle 22 / Zeile 7 mit CD-Profil; Abhänghöhe d ≥ 35 mm; Achsabstand e ≥ 400 mm

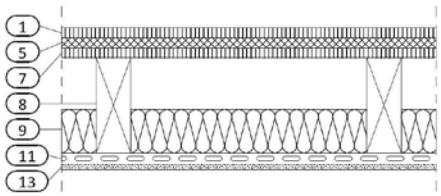
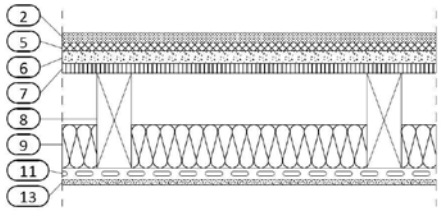
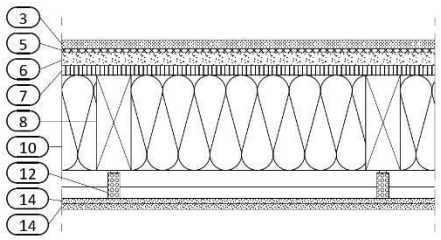
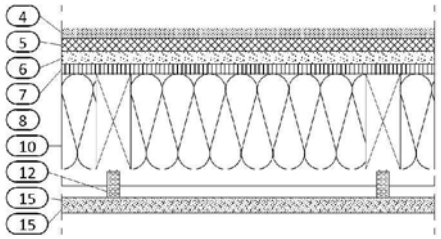
⑧ Abhängung nach Tabelle 22 / Zeile 5 mit Holzlattung; Abhänghöhe d ≥ 57 mm; Achsabstand e ≥ 400 mm; Eigenfrequenz f_0 < 30 Hz bei 2 x 12,5 mm GKF, Eigenfrequenz f_0 < 20 Hz bei 2 x 18 mm GKF

⑨ Abhängung nach Tabelle 22 / Zeile 5 mit CD-Profil; Abhänghöhe d ≥ 44 mm; Achsabstand e ≥ 400 mm; Eigenfrequenz f_0 < 20 Hz

⑩ Unterdeckenbekleidung aus Gipskartonfeuerschutzplatten nach Tabelle 21 / Zeile 14; Dicke d = 12,5 mm; m´ ≥ 10 kg/m²

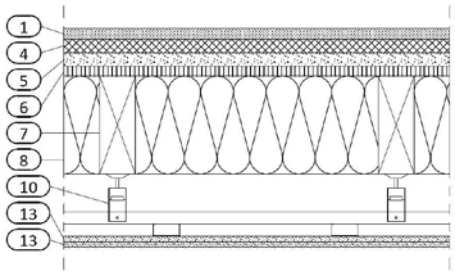
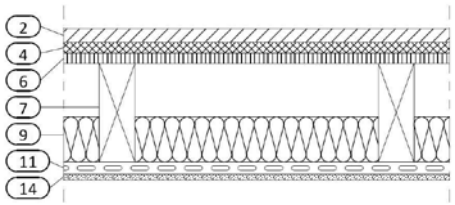
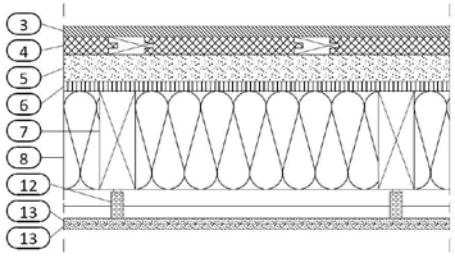
⑪ Unterdeckenbekleidung aus Gipskartonfeuerschutzplatten nach Tabelle 21 / Zeile 14; Dicke d = 18 mm; m´ ≥ 14,5 kg/m²

Fortsetzung Tabelle 25: Holzbalkendecken mit abgehängten Unterdecken

Spalte / Zeile	1 Schnitt	2 Dämmung d in mm s´ in MN/m³	3 Beschwerung d in mm m´ in kg/m²		4 $L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) in dB	5 R_w ($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB
Holzbalkendecken mit abgehängten Unterdecken und Aufbauten aus Trockenestrichen						
23		MW (DES-sm) d ≥ 25 s´ ≤ 15	-		56 [a] (2)	63 [a] (-11;-25)
24		MW (DES-sm) d ≥ 20 s´ ≤ 20	Schüttgut	d ≥ 30 m´ ≥ 45	41 [a] (8)	69 [a] (-10;-23)
25		WF (DES-sm) d ≥ 20 s´ ≤ 30	Schüttgut	d ≥ 30 m´ ≥ 45	45 [a] (5)	67 [a] (-7;-19)
26		WF (DES-sg) d ≥ 30 s´ ≤ 30	Schüttgut	d ≥ 30 m´ ≥ 45	38 [h] (16)	79 [h] (-20;-35)
27			Schüttgut	d ≥ 60 m´ ≥ 90	34 [h] (16)	80 [h] (-19;-34)
28		WF (DEO) d ≥ 10	Schüttgut	d ≥ 30 m´ ≥ 12	42 [h] (11)	75 [h] (-16;-31)
29		WF (DES-sg) d ≥ 30 s´ ≤ 30	Schüttgut	d ≥ 30 m´ ≥ 45	34 [h] (15)	80 [h] (-16;-31)

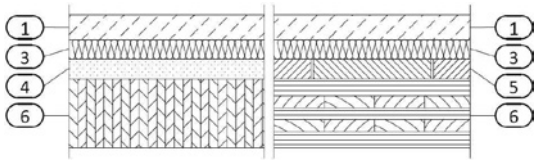
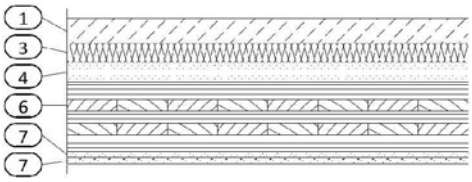
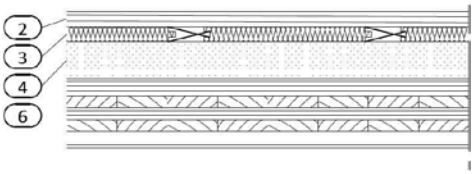
① Trockenestrich aus Gipsbauplatten oder Holzwerkstoffplatten nach Tabelle 21 / Zeile 2; Dicke d ≥ 22 mm; m´ ≥ 15 kg/m²
② Trockenestrich aus Gipsfaserplatten oder zementgeb. Spanplatten nach Tabelle 21 / Zeile 2; Dicke d ≥ 22 mm; m´ ≥ 29 kg/m²
③ Trockenestrich aus Gipsfaserplatten oder zementgeb. Spanplatten nach Tabelle 21 / Zeile 2; Dicke d ≥ 20 mm; m´ ≥ 25 kg/m²
④ Trockenestrich aus Gipsfaserplatten oder zementgeb. Spanplatten nach Tabelle 21 / Zeile 2; Dicke d ≥ 25 mm; m´ ≥ 31 kg/m²
⑤ Trittschalldämmung aus Dämmplatten nach Tabelle 21 / Zeile 5; Dicke d angegeben; dynamische Steifigkeit s´ angegeben
⑥ Rohdeckenbeschwerung aus gebund./ungebund. Schüttgut nach Tabelle 21 / Zeile 6; Dicke d angegeben; m´ angegeben
⑦ Rohdeckenbeplankung aus Holzwerkstoffplatten nach Tabelle 21 / Zeile 7; Dicke d ≥ 22 mm; m´ ≥ 15 kg/m²
⑧ Tragwerk aus Vollholz- oder Brettschichtholzbalken nach Tabelle 21 / Zeile 10
⑨ Hohlraumdämpfung aus Dämmplatten, -matten oder Einblasdämmstoffen nach Tabelle 21 / Zeile 12; Dicke d = 100 mm
⑩ Hohlraumdämpfung aus Dämmplatten, -matten oder Einblasdämmstoffen nach Tabelle 21 / Zeile 12; Dicke d = 200 mm oder d = 100 mm und am Balken hochgezogen
⑪ Abhängung nach Tabelle 22 / Zeile 1; Abhänghöhe d ≥ 27 mm; Achsabstand e ≥ 417 mm
⑫ Abhängung nach Tabelle 22 / Zeile 2 mit CD-Profil; Abhänghöhe d ≥ 65 mm; Achsabstand e ≥ 400 mm; Eigenfrequenz f_0 < 30 Hz
⑬ Unterdeckenbekleidung aus Gipsbauplatten nach Tabelle 21 / Zeile 14; Dicke d = 12,5 mm; m´ ≥ 8,5 kg/m²
⑭ Unterdeckenbekleidung aus Gipskartonfeuerschutzplatten nach Tabelle 21 / Zeile 14; Dicke d = 12,5 mm; m´ ≥ 10 kg/m²
⑮ Unterdeckenbekleidung aus Gipskartonfeuerschutzplatten nach Tabelle 21 / Zeile 14; Dicke d = 18 mm; m´ ≥ 14,5 kg/m²

Fortsetzung Tabelle 25: Holzbalkendecken mit abgehängten Unterdecken

Spalte / Zeile	1 Schnitt	2 Dämmung d in mm s´ in MN/m³	3 Beschwerung d in mm m´ in kg/m²		4 $L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) in dB	5 R_w ($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB
Holzbalkendecken mit abgehängten Unterdecken und Aufbauten aus Trockenestrichen						
30		WF (DES-sg) d ≥ 30 s´ ≤ 30	Schüttgut	d ≥ 30 m´ ≥ 45	34 [h] (11)	81 [h] (-18;-33)
Holzbalkendecken mit abgehängten Unterdecken und Aufbauten aus Asphaltböden						
31		MW (DES-sm) d ≥ 25 s´ ≤ 30 WF (DES-sg) d ≥ 25 s´ ≤ 30	-		50 [a] (4)	64 [a] (-7;-20)
Holzbalkendecken mit abgehängten Unterdecken und Aufbauten aus Dielenböden						
32		WF + Leisten d ≥ 40 s´ ≤ 30	Schüttgut	d ≥ 60 m´ ≥ 90	34 [h] (16)	78 [h] (-19;-33)

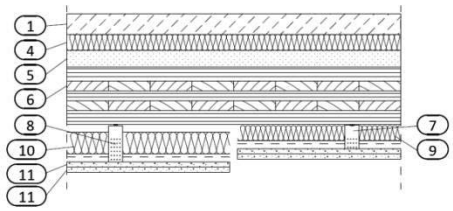
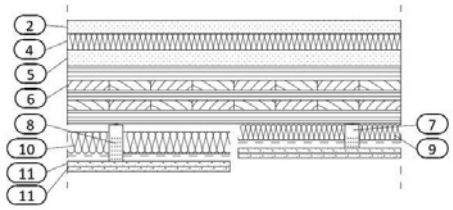
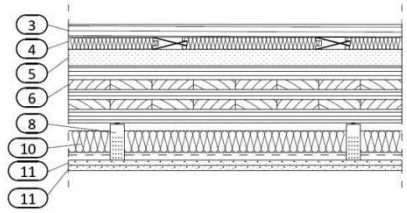
① Trockenestrich aus Gipsfaserplatten oder zementgeb. Spanplatten nach Tabelle 21 / Zeile 2; Dicke d ≥ 25 mm; m´ ≥ 31 kg/m²
② Asphaltboden aus Gussasphalt nach Tabelle 21 / Zeile 3; Dicke d ≥ 30 mm; m´ ≥ 85 kg/m²
③ Dielenboden aus Holzdielen nach Tabelle 21 / Zeile 4; Dicke d = 24 mm
④ Trittschalldämmung aus Dämmplatten nach Tabelle 21 / Zeile 5; Dicke d angegeben; dynamische Steifigkeit s´ angegeben
⑤ Rohdeckenbeschwerung aus gebund./ungebund. Schüttgut nach Tabelle 21 / Zeile 6; Dicke d angegeben; m´ angegeben
⑥ Rohdeckenbeplankung aus Holzwerkstoffplatten nach Tabelle 21 / Zeile 7; Dicke d ≥ 22 mm; m´ ≥ 15 kg/m²
⑦ Tragwerk aus Vollholz- oder Brettschichtholzbalken nach Tabelle 21 / Zeile 10
⑧ Hohlraumdämpfung aus Dämmplatten, -matten oder Einblasdämmstoffen nach Tabelle 21 / Zeile 12; Dicke d = 200 mm oder d = 100 mm (am Balken hochgezogen)
⑨ Hohlraumdämpfung aus Dämmplatten, -matten oder Einblasdämmstoffen nach Tabelle 21 / Zeile 12; Dicke d = 100 mm
⑩ Abhängung nach Tabelle 22 / Zeile 3 mit 2 x CD-Profil; Abhänghöhe d ≥ 140 mm; Achsabstand e ≥ 400 mm; Eigenfrequenz f_0 < 20 Hz
⑪ Abhängung nach Tabelle 22 / Zeile 1; Abhänghöhe d ≥ 27 mm; Achsabstand e ≥ 417 mm
⑫ Abhängung nach Tabelle 22 / Zeile 2 mit CD-Profil; Abhänghöhe d ≥ 65 mm; Achsabstand e ≥ 400 mm; Eigenfrequenz f_0 < 30 Hz
⑬ Unterdeckenbekleidung aus Gipskartonfeuerschutzplatten nach Tabelle 21 / Zeile 14; Dicke d = 12,5 mm; m´ ≥ 10 kg/m²
⑭ Unterdeckenbekleidung aus Gipsbauplatten nach Tabelle 21 / Zeile 14; Dicke d = 12,5 mm; m´ ≥ 8,5 kg/m²

Tabelle 26: Massivholzdecken ohne Unterdecken

Spalte / Zeile	1 Schnitt	2 Dämmung d in mm s´ in MN/m³	3 Beschwerung d in mm m´ in kg/m²		4 $L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) in dB	5 R_w ($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB
Massivholzdecken ohne Unterdecken mit Aufbauten aus mineralisch gebundenen Estrichen						
1		MW (DES-sh) d ≥ 40 s´ ≤ 7	Schüttgut	-	56 [a] (3)	62 [a] (-6;-18)
2				d ≥ 40 m´ ≥ 60	46 [a] (5)	68 [a] (-7;-20)
3				d ≥ 60 m´ ≥ 90	40 [c] (8)	72 [c] (-8;-21)
4				d ≥ 100 m´ ≥ 150	38 [j] (4)	77 [j] (-13;-28)
5			Platten	d ≥ 40 m´ ≥ 100	45 [a] (4)	72 [a] (-8;-23)
6		MW (DES-sh) d ≥ 30 s´ ≤ 8	Schüttgut	d ≥ 60 m´ ≥ 90	40 [g] (9)	74 [g] (-9;-24)
7				d ≥ 100 m´ ≥ 150	38 [g] (5)	76 [g] (-10;-25)
8		MW (DES-sh) d ≥ 40 s´ ≤ 7	Schüttgut	d ≥ 60 m´ ≥ 90	40 [c] (7)	73 [c] (-16;-32)
Massivholzdecken ohne Unterdecken mit Aufbauten aus Dielenböden						
9		WF + Leisten d ≥ 40 s´ ≤ 30	Schüttgut	d ≥ 100 m´ ≥ 150	50 [h] (1)	65 [h] (-5;-16)

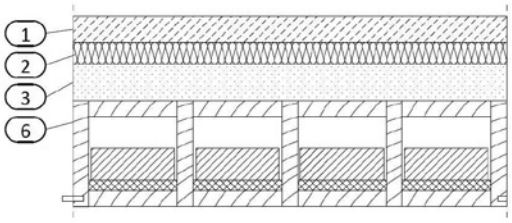
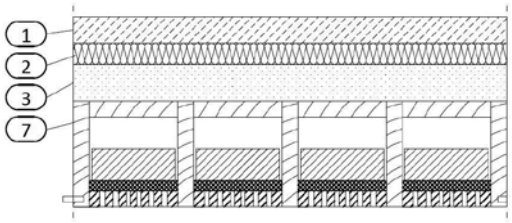
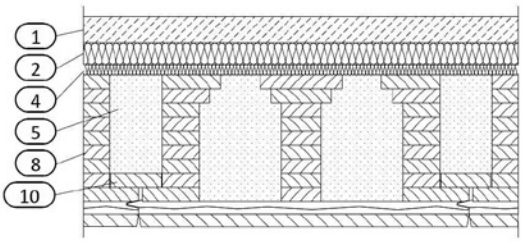
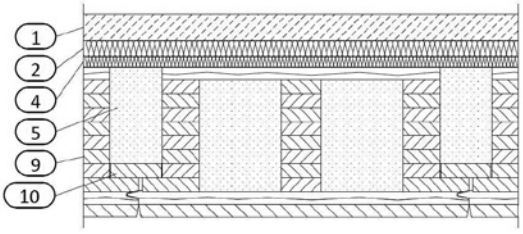
① Mineralisch gebundener Estrich nach Tabelle 21 / Zeile 1; Dicke d ≥ 50 mm; flächenbezogene Masse m´ ≥ 120 kg/m²
② Dielenboden aus Holzdielen nach Tabelle 21 / Zeile 4; Dicke d = 24 mm
③ Trittschalldämmung aus Dämmplatten nach Tabelle 21 / Zeile 5; Dicke d angegeben; dynamische Steifigkeit s´ angegeben
④ Rohdeckenbeschwerung aus gebund./ungebund. Schüttgut nach Tabelle 21 / Zeile 6; Dicke d angegeben; m´ angegeben
⑤ Rohdeckenbeschwerung aus Betonsteinplatten nach Tabelle 21 / Zeile 6; Dicke d angegeben; m´ angegeben
⑥ Tragwerk aus Brettsperrholz-, Brettschichtholz- oder Brettstapelelementen nach Tabelle 21 / Zeile 10
⑦ Unterdeckenbekleidung aus Gipsfaserplatten nach Tabelle 21 / Zeile 14; Dicke d = 15 mm; m´ ≥ 17 kg/m²

Tabelle 27: Massivholzdecken mit abgehängten Unterdecken

Spalte / Zeile	1 Schnitt	2 Dämmung d in mm s´ in MN/m³	3 Beschwerung d in mm m´ in kg/m²		4 $L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) in dB		5 R_w ($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB
Massivholzdecken mit abgehängten Unterdecken und Aufbauten aus mineralisch gebundenen Estrichen							
1		MW (DES-sh) d ≥ 30 s´ ≤ 8	Schüttgut	d ≥ 60 m´ ≥ 90	⑦	24 [g] (29)	81 [g] (-21;-36)
2					⑧	23 [g] (26)	82 [g] (-20;-35)
3		WF (DES-sg) d ≥ 30 s´ ≤ 30		d ≥ 60 m´ ≥ 90	⑧	32 [h] (23)	82 [h] (-18;-33)
Massivholzdecken mit abgehängten Unterdecken und Aufbauten aus Trockenestrichen							
4		WF (DES-sg) d ≥ 30 s´ ≤ 30	Schüttgut	d ≥ 60 m´ ≥ 90	⑦	36 [h] (23)	78 [h] (-23;-38)
5					⑧	33 [h] (20)	79 [h] (-18;-32)
Massivholzdecken mit abgehängten Unterdecken mit Aufbauten aus Dielenböden							
6		WF + Leisten d ≥ 40 s´ ≤ 30	Schüttgut	d ≥ 60 m´ ≥ 90	36 [h] (16)		77 [h] (-15;-30)

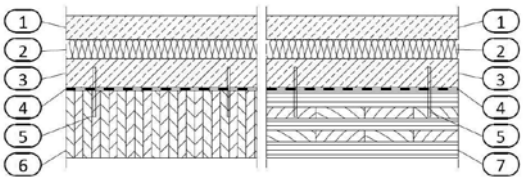
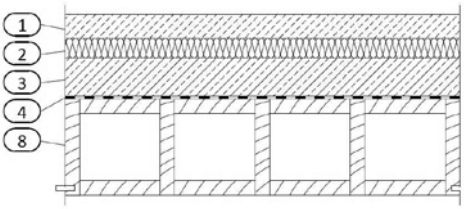
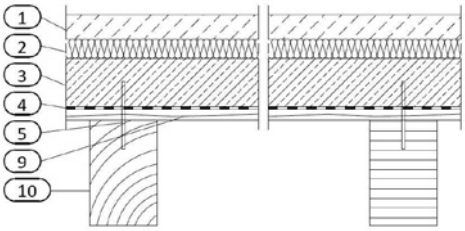
① Mineralisch gebundener Estrich nach Tabelle 21 / Zeile 1; Dicke d ≥ 50 mm; flächenbezogene Masse m´ ≥ 120 kg/m²
② Trockenestrich aus Gipsfaserplatten oder zementgeb. Spanplatten nach Tabelle 21 / Zeile 2; Dicke d ≥ 22 mm; m´ ≥ 29 kg/m²
③ Dielenboden aus Holzdielen nach Tabelle 21 / Zeile 4; Dicke d = 24 mm
④ Trittschalldämmung aus Dämmplatten nach Tabelle 21 / Zeile 5; Dicke d angegeben; dynamische Steifigkeit s´ angegeben
⑤ Rohdeckenbeschwerung aus gebund./ungebund. Schüttgut nach Tabelle 21 / Zeile 6; Dicke d angegeben; m´ angegeben
⑥ Tragwerk aus Brettsperrholz-, Brettschichtholz- oder Brettstapelelementen nach Tabelle 21 / Zeile 10
⑦ Abhängung nach Tabelle 22 / Zeile 2 mit CD-Profil; Abhänghöhe d ≥ 90 mm; Achsabstand e ≥ 400 mm; Eigenfrequenz f_0 < 30 Hz; zur Wirksamkeit der Abhängung Kapitel 3 und 4 beachten!
⑧ Abhängung nach Tabelle 22 / Zeile 2 mit CD-Profil; Abhänghöhe d ≥ 180 mm; Achsabstand e ≥ 400 mm; Eigenfrequenz f_0 < 30 Hz; zur Wirksamkeit der Abhängung Kapitel 3 und 4 beachten!
⑨ Hohlraumdämpfung aus Dämmplatten, -matten oder Einblasdämmstoffen nach Tabelle 21 / Zeile 12; Dicke d = 75 mm
⑩ Hohlraumdämpfung aus Dämmplatten, -matten oder Einblasdämmstoffen nach Tabelle 21 / Zeile 12; Dicke d = 120 mm
⑪ Unterdeckenbekleidung aus Gipskartonfeuerschutzplatten nach Tabelle 21 / Zeile 14; Dicke d = 12,5 mm; m´ ≥ 10 kg/m²

Tabelle 28: Massivholzdecken aus Rippen- und Kastenelementen ohne Unterdecken

Spalte / Zeile	1 Schnitt	2 Dämmung d in mm s´ in MN/m³	3 Beschwerung d in mm m´ in kg/m²		4 $L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) in dB	5 R_w ($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB
Massivholzdecken aus Rippen- und Kastenelementen ohne Unterdecken mit Aufbauten aus mineralisch gebundenen Estrichen						
1		MW (DES-sh) d ≥ 40 s´ ≤ 7	Schüttgut	d ≥ 70 m´ ≥ 105	45 [d] (0)	72 [d] (-8;-23)
2		MW (DES-sh) d ≥ 40 s´ ≤ 7	Schüttgut	d ≥ 60 m´ ≥ 90	43 [d] (2)	71 [d] (-9;-24)
3		MW (DES-sh) d ≥ 40 s´ ≤ 7	Schüttgut	m´ ≥ 147	40 [e] (8)	75 [e] (-13;-28)
4		MW (DES-sh) d ≥ 40 s´ ≤ 7	Schüttgut	m´ ≥ 196	37 [e] (7)	78 [e] (-9;-23)

① Mineralisch gebundener Estrich nach Tabelle 21 / Zeile 1; Dicke d ≥ 50 mm; flächenbezogene Masse m´ ≥ 120 kg/m²
② Trittschalldämmung aus Dämmplatten nach Zeile 5 in Tabelle 21; Dicke d angegeben; dynamische Steifigkeit s´ angegeben
③ Rohdeckenbeschwerung aus gebund./ungebund. Schüttgut nach Tabelle 21 / Zeile 6; Dicke d angegeben; m´ angegeben
④ zusätzliche Lastverteilungsfläche aus Holzweichfaserdämmplatten nach Tabelle 21 / Zeile 5; Dicke d =15 mm
⑤ zusätzliche Beschwerung im Deckenelement aus ungebund. Schüttgut nach Tabelle 21 / Zeile 6; Dicke d angegeben; m´ angegeben
⑥ Tragwerk aus Massivholzkastenelementen ´LFE 240 silence 12´ nach Tabelle 21 / Zeile 10
⑦ Tragwerk aus Massivholzkastenelementen ´LFE 240 silence 12 Akustik´ nach Tabelle 21 / Zeile 10
⑧ Tragwerk aus Brettsperrholzrippenelementen ´LIGNO Rippe Q3´ nach Tabelle 21 / Zeile 10
⑨ Tragwerk aus Brettsperrholzrippenelementen ´LIGNO Decke Q3´ nach Tabelle 21 / Zeile 10
⑩ Koppelbrett aus Holzwerkstoffplatten nach Tabelle 21 / Zeile 11

Tabelle 29: Holz-Beton-Verbunddecken ohne Unterdecken

Spalte / Zeile	1	2	3		4	5
	Schnitt	Dämmung d in mm s´ in MN/m³	Stahlbeton-schicht d in mm m´ in kg/m²		$L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) in dB	R_w ($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB
Holz-Beton-Verbunddecken ohne Unterdecken mit Aufbauten aus mineralisch gebundenen Estrichen						
1		MW (DES-sh) d ≥ 40 s´ ≤ 7	Stahlbetonschicht	d ≥ 80 m´ ≥ 200	46 [i] (5)	67 [i] (-9;-22)
2		MW (DES-sh) d ≥ 40 s´ ≤ 7	Stahlbetonschicht	d ≥ 100 m´ ≥ 240	44 [b] (-1)	72 [b] (-4;-18)
3		MW (DES-sh) d ≥ 40 s´ ≤ 7	Stahlbetonschicht	d ≥ 100 m´ ≥ 240	49 [f] (2)	69 [f] (-6;-20)

① Mineralisch gebundener Estrich nach Tabelle 21 / Zeile 1; Dicke d ≥ 50 mm; flächenbezogene Masse m´ ≥ 120 kg/m²
② Trittschalldämmung aus Dämmplatten nach Tabelle 21 / Zeile 5; Dicke d angegeben; dynamische Steifigkeit s´ angegeben
③ Stahlbetonschicht der Holz-Beton-Verbunddecke nach Tabelle 21 / Zeile 8; Dicke d angegeben; m´ angegeben
④ Trennlage aus PE-Folie nach Tabelle 21 / Zeile 9
⑤ Verbindungsmittel zum Holz-Beton-Verbund nach Tabelle 21 / Zeile 15
⑥ Tragwerk aus Brettschichtholz- oder Brettstapelelementen nach Tabelle 21 / Zeile 10
⑦ Tragwerk aus Brettsperrholzelementen nach Tabelle 21 / Zeile 10
⑧ Tragwerk aus LIGNATUR-Flächenelementen ´LFE 240 silence 12´ nach Tabelle 21 / Zeile 10
⑨ Dielenboden aus Holzdielen nach Tabelle 21 / Zeile 4; Dicke d = 24 mm
⑩ Tragwerk aus Vollholz- oder Brettschichtholzbalken nach Tabelle 21 / Zeile 10

6.1.1 _ Quellenverzeichnis Bauteilkatalog Decken

Quellenverzeichnis der schalltechnischen Messwerte	
Kurzzeichen des Messwertes	Herkunft des Messwertes
a	DIN 4109-33:2016-07 Schallschutz im Hochbau – Teil 33: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Holz-, Leicht- und Trockenbau; DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau); Juli 2016
b	„Anwendung der Finiten Elemente Methode auf die Trittschallberechnung“ (Teilbericht des Kooperationsprojekts „Untersuchung der akustischen Wechselwirkungen von Holzdecke und Deckenauflage zur Entwicklung neuartiger Schallschutzmaßnahmen“); Rabold A., Rank E., ibp Stuttgart, TU München, ift Rosenheim, Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e. V.; 2009
c	Schalltechnische Messdatenblätter und Produktdatenblätter; Merk Timber GmbH; weitere Detailangaben beim Hersteller
d	Schalltechnische Messdatenblätter und Produktdatenblätter; Lignatur; weitere Detailangaben beim Hersteller
e	Schalltechnische Messdatenblätter und Produktdatenblätter; Lignotrend; weitere Detailangaben beim Hersteller
f	„Holzbalkendecken in der Altbausanierung“ (Forschungsbericht); Rabold A., Bacher S., Hessinger J., Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e. V., ift Rosenheim; 2008
g	„Erarbeitung und Verbreitung eines Praxishandbuches zum Schallschutz im Holzbau nach Maßgabe des Stands der Technik“ (Forschungsprojekt); Holzbau Deutschland Institut e.V.; 2018 (Forschungsbericht downloadbar unter www.informationsdienst-holz)
h	„Mehr als nur Dämmung – Zusatznutzen von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen“ (Forschungsverbundprojekt); Technische Hochschule Rosenheim; in Bearbeitung
i	Datenbank; ift Rosenheim
j	Schalltechnische Messdatenblätter und Produktdatenblätter; Binderholz GmbH; weitere Detailangaben beim Hersteller

6.2 _ Bauteilkatalog Flachdächer und Dachterrassen

Tabelle 30: Aufbautenübersicht Flachdächer und Dachterrassen

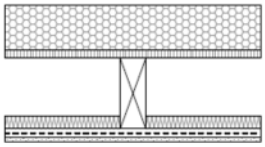
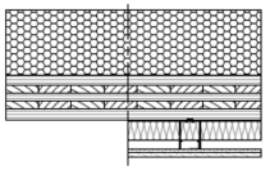
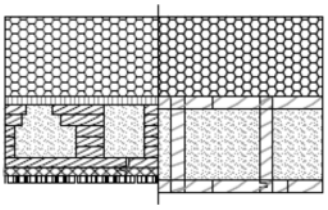
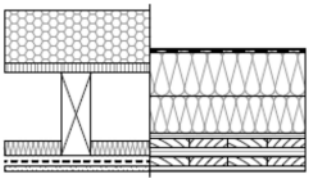
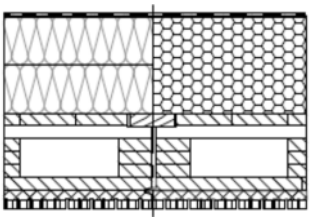
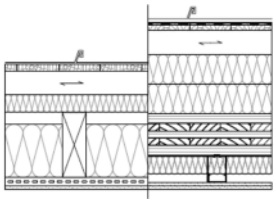
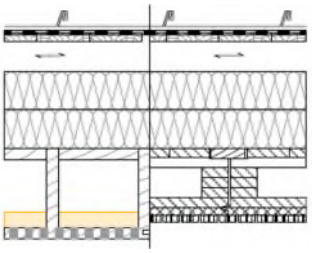
	Piktogramm	Zeile	bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) in dB	bewertetes Schalldämmmaß R_w ($C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB	Brandschutz
Dachterrasse (s. Tabelle 32)		1 2 3	31 (19) 38 (20) 44 (5)	64 (-16) 52 (-13) 70 (-19)	Siehe DIN 4102-4: 2016-05, Tabelle 10.19 bis Tabelle 10.23 und www.dataholz.de
		4 5 6 7	45 (4) 58 (2) 52 (1) 31 (23)	51 (-6) 53 (-6) 38 (-5) 72 (-26)	Siehe www.dataholz.de
		8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19	43 (5) 38 (6) 35 (14) 44 (9) 40 (11) 46 (7) 45 (8) 48 (5) 49 (5) 44 (3) 47 (4) 39 (14)	51 (-7) 51 (-8) 64 (-14) 66 (-17) 57 (-8) 65 (-12) 66 (-13) 65 (-12) 65 (-11) 49 (-8) 61 (-9) 63 (-11)	Nach Herstellerangaben
Flachdach (s. Tabelle 33)		1 2 3	- - -	70 (-22) 41 57	Siehe DIN 4102-4: 2016-05, Tabelle 10.19 bis Tabelle 10.23 und www.dataholz.de
		4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	- - - - - - - - - -	38 (-4) 55 (-8) 64 (-11) 49 (-9) 39 (-3) 45 (-3) 47 (-6) 40 (-6) 50 (-11) 53 (-9)	Nach Herstellerangaben
Metalleindeckung (s. Tabelle 34)		1 2 3	- - -	63 (-24) 59 (-21) 71 (-31)	Siehe DIN 4102-4: 2016-05, Tabelle 10.19 bis Tabelle 10.23 und www.dataholz.de
		4 5 6 7	- - - -	63 (-17) 58 (-14) 53 (-11) 53 (-10)	Nach Herstellerangaben

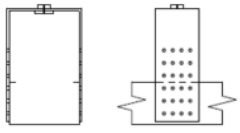
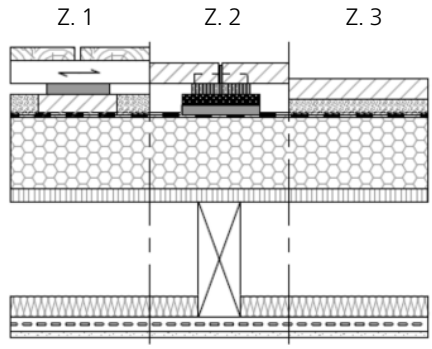
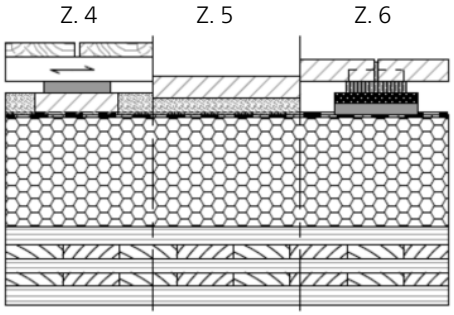
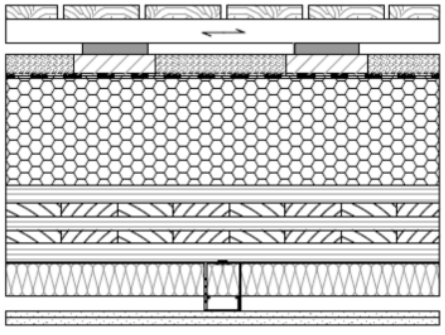
Tabelle 31: Abkürzungen und Materialeigenschaften – Flachdächer und Dachterrassen	
Baulager	Baulager als elastische Lagerung, vom Hersteller ausgelegt auf die angegebene Eigenfrequenz f_0.
Betonplatten	Betonplatten 400/400 mm, m' ≥ 90,0 kg/m², mit ca. 7 mm Kreuzfugen auf Stelzlagern oder im Splitt als Belag.
Belagbretter	Belag aus Nadel- oder Laubholz, mit ca. 10 mm Fugen befestigt.
Brettsperrholz/ Brettschichtholz	Tragwerk aus Brettsperrholz- bzw. Brettschichtholzelementen.
Dachbahn	EPDM-Dachbahn oder KS-Dachbahn als wasserführende Schicht in folgenden Variationen: Dicke in mm / Masse in kg/m²: 1,5/1,7; 3/3 oder 8/10
Dachschalung	Bretter aus Nadel- oder Laubholz
Dampfsperre	Kaltselbstklebende Elastomerbitumendampfsperrbahn mit angegebener Dicke und Masse, s_d ≥ 1500 m.
Dränelement	Druckstabiles, niedriges Drän- und Wasserspeicherelement aus PC-Polyolefin, m' ≥ 1,7 kg/m².
EPS	EPS 035 DAA dh, Flachdämmplatte (150 kPa), ρ ≥ 72 kg/m³.
Filtervlies	Geotextil aus thermisch verfestigtem Polypropylen, eingesetzt als Filtervlies über Dränelementen.
Hohlraumdämpfung	Faserdämmstoffplatten/-matten aus Mineral-, Jute-, Hanf- oder Holz-, Zellulose-, Baumwoll- oder Schafwollfasern mit einem längenbezogenen Strömungswiderstand von 5 kPa s/m² ≤ r ≤ 50 kPa s/m². Einblasdämmstoffe aus Zellulosefasern nach DIN EN 15101-1 mit einer Dichte ρ = 40 – 50 kg/m³ (raumfüllend), einem längenbezogenen Strömungswiderstand von 5 kPa s/m² ≤ r ≤ 50 kPa s/m² und einer zusätzlichen Rieselschutzfolie unterhalb der Holzbalkenlage.
Holzwerkstoffplatte	Spanplatte nach DIN EN 312, OSB - Verlegeplatten nach DIN EN 300 oder BFU–Platten nach DIN EN 315 und DIN EN 13986 der Dicken 18 mm bis 25 mm, bei offener Holzbalkendecke alternativ 28 mm Sichtschalung + 12 mm BFU – Platte. Zusätzliche Bekleidungen der Holzwerkstoffplatten aus Gipsplatten oder Sichtschalungen im Balkenzwischenraum sind direkt auf die Holzwerkstoffplatte aufzubringen (ohne zusätzlichen Hohlraum).
Holzfaser- bzw. Mineralfaser-dämmplatte	Holzfaser- bzw. Mineralfaserdachdämmplatten zur Außendämmung von Dach oder Decke, vor Bewitterung geschützt, Dämmung unter Deckungen, ρ = 140 - 180 kg/m³.
Kanthölzer	Kanthölzer aus Nadel- oder Laubholz, jede zweite Latte durch Dämmung in Tragwerk verschraubt mit a ≥ 600 mm.
Lattung	Lattung aus Nadel- oder Laubholz unter Terrassen-Belagbretter, auf Baulager aufliegend.
Lignatur	Lignatur LFE 160, 200 und 240
Lignatur Akustik	Lignatur LFE 120 und 240 Akustik
Ligno Block Akustik	Brettsperrholz-Kastenelement LIGNO Block Q3 Akustik Z1
Ligno Rippe Akustik	Brettsperrholz-Rippenelement LIGNO Rippe Q3 Akustik Z1 mit Splittfüllung
Mineralischer Schüttstoff	Mineralischer Schüttstoff für Dachbegrünungen als ungebundene Schüttung
PUR / PIR	Polyurethan Dachdämmplatte zur Außendämmung von Dach oder Decke, vor Bewitterung geschützt, Dämmung unter Deckungen, m' ≥ 4,77 kg/m².
Speicherschutzmatte	Wasser- und Nährstoff speichernde Synthesefasermatte zum Einsatz als Schutzlage unter Dachbegrünungen, m' ≥ 0,47 kg/m².
Splitt / Kies	Ungebundene Schüttung aus Kies oder Splitt, Körnung 5/8 mit der angegebenen Schütthöhe und flächenbezogenen Masse.
Steinwolleplatte	Dauerelastische druckfeste Dämmplatte aus Steinwolle, m' ≥ 3 kg/m²
Hilfsmittel zur akustischen Entkopplung	
Direktschwingabhänger (Knauf) 	Zur Befestigung von CD-Profilen oder Holzlatten. Ist mit einem Gummiformteil zur Schallentkopplung ausgestattet. Verschraubung nicht anpressend. Mit angegebener Eigenfrequenz f_0.
Federschiene	Federschiene 60 mm x 27 mm aus gekantetem Blech zur elastischen Entkopplung von biegeweichen Bekleidungen. Die Lochausstanzungen bewirken die Federwirkung. Montage mit ca. 1 mm Luft in der Verschraubung, Achsabstand e ≥ 500 mm.

Tabelle 32: Flachdach mit Dachterrasse

Sp. / Z.	1 Bauteil	2 Dicke in mm	Grundbauteil	3 Dicke in mm	Aufbau	4 $L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) in dB	5 R_w ($C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB
1		≥ 140	EPS 035 DAA dh	26	Belagbretter	31 [a] (19)	64 [a] (-16)
		≥ 25	Holzwerkstoffplatte	44	Lattung, e ≥ 520 mm		
		≥ 220	Balken 80/220, e ≥ 625 mm	12	Baulager, $f_0 \leq 60$ Hz, e ≥ 660 x 520 mm		
		≥ 40	Hohlraumdämpfung	40	Splitt, m' ≥ 60 kg/m² Betonplatten unter Baulager		
		28	Federschiene, e ≥ 500 mm				
		12,5	Gipsplatte, m' ≥ 10 kg/m²	1,5	Dachbahn		
2				40	Betonplatten	38 [a] (20)	52 [a] (-13)
				40	Stelzlager		
				12	Baulager, $f_0 \leq 70$ Hz		
				1,5	Dachbahn		
3				40	Betonplatten	44 [a] (5)	70 [a] (-19)
				30	Splitt, m' ≥ 40 kg/m²		
				1,5	Dachbahn		
4		≥ 200	EPS 035 DAA dh	26	Belagbretter	45 [a] (4)	51 [a] (-6)
		≥ 140	Brettsperrholz/Brettschichtholz, m' ≥ 68 kg/m²	44	Lattung, e ≥ 520 mm		
				12	Baulager, $f_0 \leq 60$ Hz, e ≥ 660 x 520 mm		
				40	Splitt, m' ≥ 60 kg/m² Betonplatten unter Baulager		
				1,5	Dachbahn		
5				40	Betonplatten	58 [a] (2)	53 [a] (-6)
				30	Splitt, m' ≥ 40 kg/m²		
				1,5	Dachbahn		
6				40	Betonplatten	52 [a] (1)	38 [a] (-5)
				40	Stelzlager		
				12	Baulager, $f_0 \leq 70$ Hz		
				1,5	Dachbahn		
7		≥ 200	EPS 035 DAA dh	26	Belagbretter	31 [a] (23)	72 [a] (-26)
		≥ 140	Brettsperrholz/Brettschichtholz, m' ≥ 68 kg/m²	44	Lattung, e ≥ 520 mm		
				12	Baulager, $f_0 \leq 60$ Hz, e ≥ 660 x 520mm		
		≥ 60	Mineralwolle auf CD- Profilen	40	Splitt, m' ≥ 60 kg/m² Betonplatten unter Baulager		
		90	Direktschwing-Abhänger, e ≥ 750 x 500 mm, $f_0 \leq 28$ Hz, CD-Profil e ≥ 500 mm	1,5	Dachbahn		
		12,5	Gipsplatte, m' ≥ 10 kg/m²				
		12,5	Gipsplatte, m' ≥ 10 kg/m²				

Fortsetzung Tabelle 32: Flachdach mit Dachterrasse

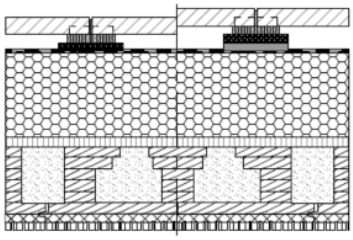
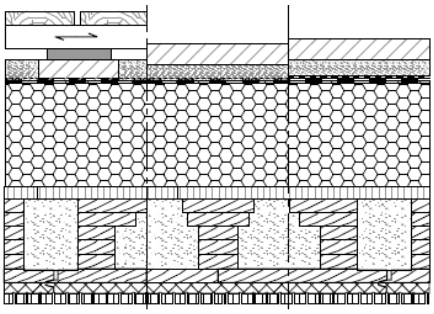
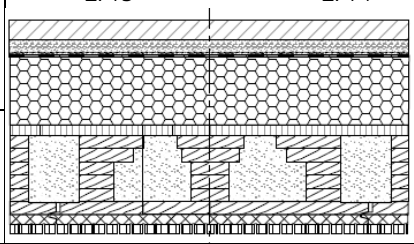
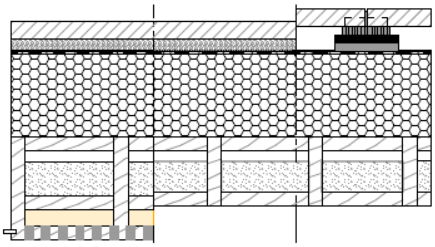
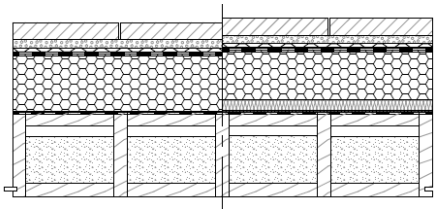
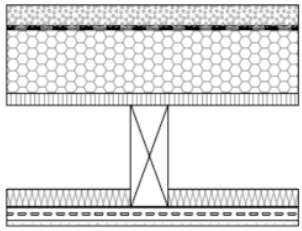
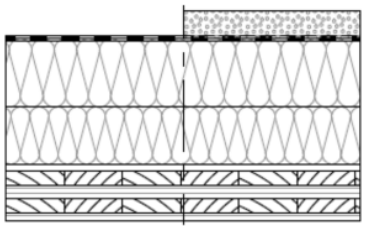
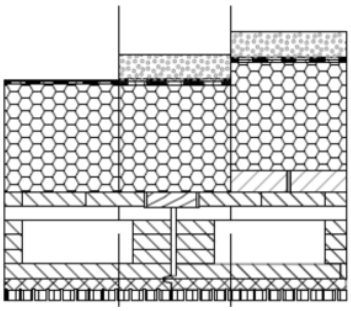
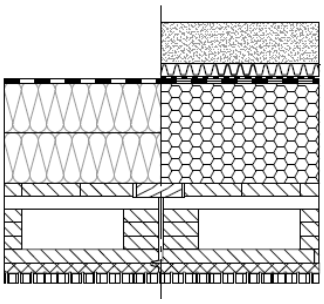
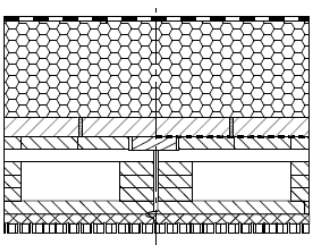
Sp. / Z.	1 Bauteil	2 Dicke in mm	Grundbauteil	3 Dicke in mm	Aufbau	4 $L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) in dB	5 R_w ($C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB
8	Z. 8 Z. 9 	≥ 200 ≥ 22 ≥ 196	EPS 035 DAA dh Holzwerkstoffplatte Ligno Rippe Akustik, gefüllt mit Splitt, m' ≥ 145 kg/m²	40 40 1,5	Betonplatten Stelzlager Dachbahn	43 [a] (5)	51 [a] (-7)
9				40 40 12 1,5	Betonplatten Stelzlager Baulager, $f_0 \leq 70$ Hz Dachbahn	38 [a] (6)	51 [a] (-8)
10	Z. 10 Z. 11 Z. 12 	≥ 200 ≥ 22 ≥ 196	EPS 035 DAA dh Holzwerkstoffplatte Ligno Rippe Akustik, gefüllt mit Splitt, m' ≥ 145 kg/m²	26 44 12 40 1,5	Belagbretter Lattung, e ≥ 520 mm Baulager, $f_0 \leq 60$ Hz, e ≥ 660 x 520 mm Splitt, m' ≥ 60 kg/m² Betonplatten unter Baulager Dachbahn	35 [a] (14)	64 [a] (-14)
11				40 30 1,5	Betonplatten Splitt, m' ≥ 40 kg/m² Dachbahn	44 [a] (9)	66 [a] (-17)
12				40 30 5 1,5	Betonplatten Splitt, m' ≥ 40 kg/m² Speicherschutzmatte Dachbahn	40 [a] (11)	57 [a] (-8)
13	Z. 13 Z. 14 	≥ 140 ≥ 22 ≥ 196	PUR/PIR DAA dh Holzwerkstoffplatte Ligno Rippe Akustik, gefüllt mit Splitt, m' ≥ 145 kg/m²	40 30 1,5	Betonplatten Splitt, m' ≥ 40 kg/m² Dachbahn	46 [a] (7)	65 [a] (-12)
14		≥ 140 ≥ 22 ≥ 196	EPS 035 DAA dh Holzwerkstoffplatte Ligno Rippe Akustik, gefüllt mit Splitt, m' ≥ 145 kg/m²			45 [a] (8)	66 [a] (-13)
15	Z. 15 Z. 16 Z. 17 	≥ 200 ≥ 240	EPS 035 DAA dh Lignatur Akustik, gefüllt mit Splitt, m' ≥ 107,5 kg/m²	40 30 1,5	Betonplatten Splitt, m' ≥ 40 kg/m² Dachbahn	48 [a] (5)	65 [a] (-12)
16		≥ 200 ≥ 160	EPS 035 DAA dh Lignatur, gefüllt mit Splitt, m' ≥ 92,4 kg/m²	40 30 1,5	Betonplatten Splitt, m' ≥ 40 kg/m² Dachbahn	49 [a] (5)	65 [a] (-11)
17				40 40 12 1,5	Betonplatten Stelzlager Baulager, $f_0 \leq 70$ Hz Dachbahn	44 [a] (3)	49 [a] (-8)
18	Z. 18 Z. 19 	≥ 140 3 ≥ 200	PIR DAA dh Dampfsperre, m' ≥ 3kg/m² Lignatur, gefüllt mit Splitt, m' ≥ 139 kg/m²	40 20 10 8	Betonplatten Splitt, m' ≥ 31 kg/m² Dränelement Dachbahn, zweilagig	47 [a] (4)	61 [a] (-9)
19		≥ 120 25 3 ≥ 200	PIR DAA dh Steinwolleplatte Dampfsperre, m'≥ 3kg/m² Lignatur, gefüllt mit Splitt, m' ≥ 139 kg/m²			39 [a] (14)	63 [a] (-11)

Tabelle 33: Flachdach (nicht begehbar)

Sp. / Z.	1 Bauteil	2 Dicke in mm — Grundbauteil	3 Dicke in mm — Aufbau	4 R_w ($C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB
1		≥ 140 EPS 035 DAA dh ≥ 25 Holzwerkstoffplatte ≥ 220 Balken 80/220, e ≥ 625 mm ≥ 40 Hohlraumdämpfung 28 Federschiene, e ≥ 500 mm 12,5 Gipsplatte, m' ≥ 10 kg/m²	50 Kies, m' ≥ 87,0 kg/m² 1,5 Dachbahn	70 [a] (-22)
2	Z. 2 Z. 3 	≥ 120 EPS 035 DAA dh ≥ 100 EPS 035 DAA dh ≥ 100 Brettsperrholz/Brettschichtholz, m' ≥ 45 kg/m²	1,5 Dachbahn	41 [b]
3			50 Kies, m' ≥ 87,0 kg/m² 1,5 Dachbahn	57 [b]
4	Z. 4 Z. 5 Z. 6 	≥ 200 EPS 035 DAA dh ≥ 196 Ligno Block Akustik, m' ≥ 63 kg/m²	1,5 Dachbahn	38 [a] (-4)
5			50 Kies, m' ≥ 87,0 kg/m² 1,5 Dachbahn	55 [a] (-8)
6		≥ 200 EPS 035 DAA dh ≥ 40 Betonplatten ≥ 196 Ligno Block Akustik, m' ≥ 63 kg/m²	50 Kies, m' ≥ 87,0 kg/m² 1,5 Dachbahn	64 [a] (-11)
7	Z. 7 Z. 8 	≥ 100 Mineralfaserdämmplatte DAA dh ≥ 100 Mineralfaserdämmplatte DAA dh ≥ 196 Ligno Block Akustik, m' ≥ 63 kg/m²	1,5 Dachbahn	49 [a] (-9)
8		≥ 200 EPS 035 DAA dh ≥ 196 Ligno Block Akustik, m' ≥ 63 kg/m²	80 Mineralischer Schüttstoff, m' ≥ 80 kg/m² 0,6 Filtervlies 25 Dränelement 5 Speicherschutzmatte 1,5 Dachbahn	39 [a] (-3)
9	Z. 9 Z. 10 	≥ 200 EPS 035 DAA dh ≥ 40 Betonplatten ≥ 196 Ligno Block Akustik, m' ≥ 63 kg/m²	1,5 Dachbahn	45 [a] (-3)
10		≥ 200 EPS 035 DAA dh ≥ 40 Betonplatten 5 Speicherschutzmatte ≥ 196 Ligno Block Akustik, m' ≥ 63 kg/m²		47 [a] (-6)

Fortsetzung Tabelle 33: Flachdach (nicht begehbar)

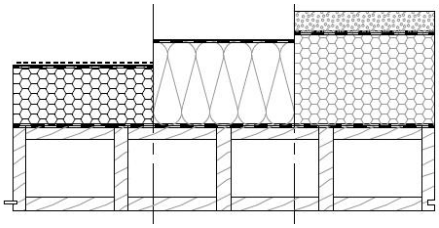
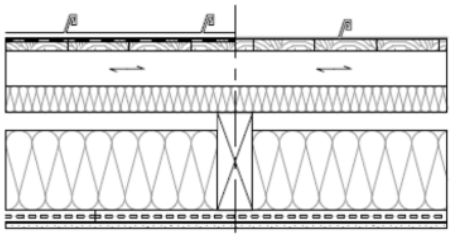
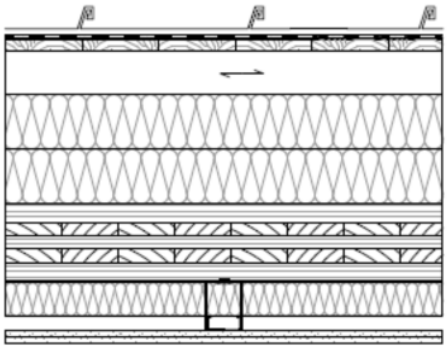
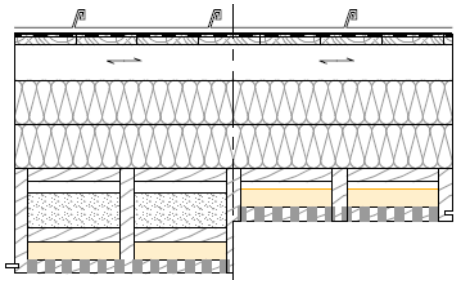
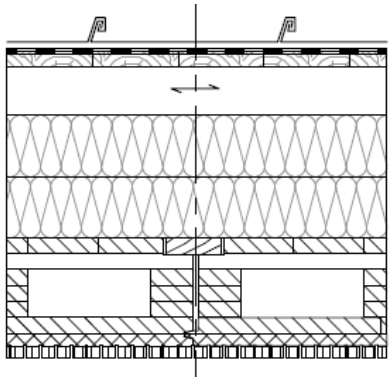
Sp. / Z.	1 Bauteil	2 Dicke in mm	2 Grundbauteil	3 Dicke in mm	3 Aufbau	4 R_w ($C_{tr,50-5000}$) in dB
11	Z. 11 Z. 12 Z. 13 	140	PIR DAA dh	2	Schutzvlies, $m' \geq 1$ kg/m²	40 [a] (-6)
		4	Dampfsperre, $m' \geq 5$ kg/m²	8	Dachbahn, zweilagig	
		≥ 200	Lignatur, $m' \geq 39$ kg/m²			
12		200	Mineralfaserdämmplatte	8	Dachbahn, zweilagig	50 [a] (-11)
		4	Dampfsperre, $m' \geq 5$kg/m²			
		≥ 200	Lignatur, $m' \geq 39$ kg/m²			
13		220	EPS 035 DAA dh	50	Splitt, $m' \geq 75$ kg/m²	53 (-9)
		3	Dampfsperre, $m' \geq 4$ kg/m²	1,5	Dachbahn	
		≥ 200	Lignatur, $m' \geq 39$ kg/m²			

Tabelle 34: Flach geneigtes Dach mit Metalleindeckung

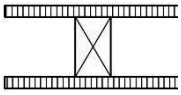
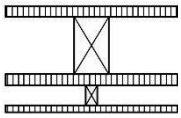
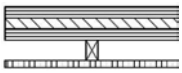
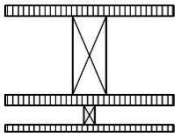
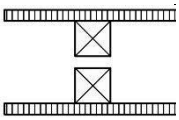
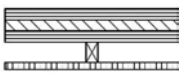
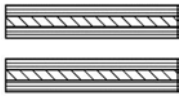
Sp. / Z.	1 Bauteil	2 Dicke in mm	Grundbauteil	3 Dicke in mm	Aufbau	4 R_w ($C_{tr,50\text{-}5000}$) in dB
1	Z. 1 Z. 2 	≥ 60	Holzfaserdämmplatte DAA dm	0,7	Alu-Bänder mit Doppelstehfalz	63 [a] (-24)
		≥ 220	Balken 80/220, e ≥ 625 mm	3	Dachbahn	
		≥ 180	Hohlraumdämpfung	24	Dachschalung	
				80	Kantholz, e ≥ 640 mm	
2		28	Federschiene, e ≥ 500 mm	0,7	Alu-Bänder mit Doppelstehfalz	59 [a] (-21)
		12,5	Gipsplatte, m' ≥ 10 kg/m²	24	Dachschalung	
				80	Kantholz, e ≥ 640 mm	
3		≥ 100	Holzfaserdämmplatte DAD dm	0,7	Alu-Bänder mit Doppelstehfalz	71 [a] (-31)
		≥ 100	Holzfaserdämmplatte DAD dm	3	Dachbahn	
		≥ 140	Brettsperrholz/Brettschichtholz, m' ≥ 68 kg/m²	24	Dachschalung	
				80	Kantholz, e ≥ 640 mm	
		≥ 60	Hohlraumdämpfung auf CD-Profilen			
		90	Direktschwingabhänger, e ≥ 750 x 500 mm, $f_0 \leq 28$ Hz, CD-Profil, e ≥ 500 mm			
		12,5	Gipsplatte, m' ≥ 10 kg/m²			
		12,5	Gipsplatte, m' ≥ 10 kg/m²			
4	Z. 4 Z. 5 	≥ 100	Holzfaserdämmplatte DAD dm	0,7	Alu-Bänder mit Doppelstehfalz	63 [a] (-17)
		≥ 100	Holzfaserdämmplatte DAD dm	3	Dachbahn	
		≥ 240	Lignatur Akustik, gefüllt mit Splitt, m' ≥ 50 kg/m² m' ≥ 107,5 kg/m²	24	Dachschalung	
				80	Kantholz, e ≥ 640 mm	
5		≥ 100	Holzfaserdämmplatte DAD dm			58 [a] (-14)
		≥ 100	Holzfaserdämmplatte DAD dm			
		≥ 120	Lignatur Akustik, m' ≥ 57,5 kg/m²			
6	Z. 6 Z. 7 	≥ 100	Holzfaserdämmplatte DAA dh	0,7	Alu-Bänder mit Doppelstehfalz	53 [a] (-11)
		≥ 100	Holzfaserdämmplatte DAA dh	3	Dachbahn	
		≥ 196	Ligno Block, m' ≥ 63 kg/m²	24	Dachschalung	
				80	Kantholz, e ≥ 640 mm	
7		≥ 100	Mineralfaserdämmplatte DAA dm			53 [a] (-10)
		≥ 100	Mineralfaserdämmplatte DAA dm			
		≥ 196	Ligno Block, m' ≥ 63 kg/m²			

6.2.1 _ Quellenverzeichnis Bauteilkatalog Flachdächer und Dachterrassen

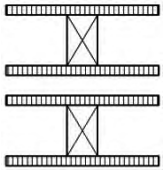
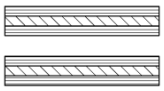
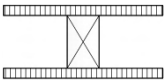
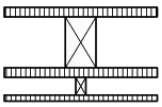
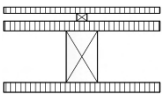
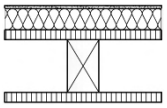
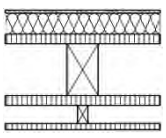
Quellenverzeichnis der schalltechnischen Messwerte	
Kurzzeichen des Messwertes	Herkunft des Messwertes
a	Châteauvieux-Hellwig C., Bacher S., Rabold A., Schallschutz von Flachdächern in Holzbauweise - Luft- und Trittschalldämmung von Flachdächern und Dachterrassen, Forschungsprojekt ift Rosenheim, in Bearbeitung
b	Messungen im Auftrag von binderholz und Saint-Gobain RIGIPS Austria durch akkreditierte Prüfanstalten

6.3 _ Bauteilkatalog Wände

Tabelle 35: Aufbautenübersicht Wände

Bauteil			Zeile	Schalldämm-Maß R_w in dB	Spektrum-Anpassungswert ($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr\ 50\text{-}5000}$) in dB	Brandschutz
Innenwände	Tabelle 39		1	38	(-; -)	Siehe DIN 4102-4: 2016-05, Tabellen 10.6 bis 10.9 und www.dataholz.de
			2	42	(-; -)	
			3	34	(-; -)	
			4	41	(-; -)	
			5	44	(-; -)	
			6	36	(-; -)	
			7	43	(-; -)	
			8	47	(-; -)	
			9	47	(-; -)	
			10	47	(-; -)	
			11	43	(-; -)	
			12	46	(-2; -10)	
			13	54	(-; -)	
			14	54	(-; -)	
			15	54	(-; -)	
			16	56	(-; -)	
	Tabelle 40		1	32	(-1; -2)	Siehe www.dataholz.de
			2	38	(-0; -5)	
			3	47	(-0; -5)	
			4	47	(-1; -9)	
			5	52	(-; -)	
Wohnungstrennwände	Tabelle 41		1	59	(-8; -20)	Siehe DIN 4102-4: 2016-05, Tabellen 10.6 bis 10.9 und www.dataholz.de
			2	63	(-8; -22)	
			3	60	(-; -)	
			4	64	(-13; -27)	
			5	58	(-; -)	
			6	61	(-; -)	
			7	60	(-; -)	
			8	66	(-; -)	
			9	60	(-; -)	
	Tabelle 42		1	62	(-3; -16)	Siehe www.dataholz.de
			2	67	(-13; -28)	
			3	57	(-1; -10)	
			4	61	(-2; -11)	
			5	67	(-8; -22)	

Fortsetzung Tabelle 35: Aufbautenübersicht Wände

Bauteil			Zeile	Schalldämm-Maß R_w in dB	Spektrum-Anpassungswert ($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr\ 50\text{-}5000}$) in dB	Brandschutz
Gebäudetrennwände	Tabelle 43		1	71	(-16; -30)	Siehe DIN 4102-4: 2016-05, Tabellen 10.6 bis 10.9 und www.dataholz.de
			2	70	(-12; -26)	
			3	75	(-17; -30)	
			4	72	(-15; -29)	
			5	66	(-2; -8)	
			6	66	(-2; -8)	
			7	67	(-2; -10)	
			8	69	(-2; -9)	
			9	67	(-3; -14)	
			10	74	(-7; -19)	
	Tabelle 44		1	68	(-2; -13)	Siehe www.dataholz.de
			2	75	(-3; -14)	
			3	75	(-3; -14)	
Außenwände	Tabelle 45		1	37	(-; -)	Siehe DIN 4102-4: 2016-05, Tabellen 10.6 bis 10.9 und www.dataholz.de
			2	37	(-1; -5)	
			3	41	(-; -)	
			4	47	(-2; -12)	
			5	52	(-; -22)	
			6	37	(-; -)	
			7	44	(-; -)	
			8	52	(-; -)	
			9	44	(-; -)	
			10	47	(-3; -11)	
			11	45	(-0; -8)	
			12	50	(1-; -10)	
			13	52	(-4; -15)	
			14	44	(-; -)	
			15	45	(-; -)	
			16	47	(-1; -9)	
			17	52	(-1; -10)	
			18	50	(-1; -9)	
			19	50	(-; -)	
			20	56	(-0; -6)	
			21	55	(-1; -7)	
			22	48	(-6; -15)	
			23	49	(-2; -12)	

Fortsetzung Tabelle 35: Aufbautenübersicht Wände

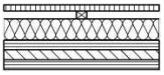
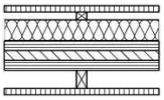
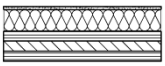
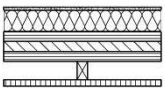
Bauteil			Zeile	Schalldämm-Maß R_w in dB	Spektrum-Anpassungswert ($C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr\ 50\text{-}5000}$) in dB	Brandschutz
Außenwände	Tabelle 46		1 2	49 44	(-3; -14) (-1; -8)	Siehe www.dataholz.de
			3 4	55 59	(-8; -21) (-6; -18)	
			5	39	(-1; -5)	
			6	57	(-2; -13)	

Tabelle 36: Abkürzungen und Produktspezifikation – Wände	
b/h	(Abmessungen und Statik je nach Wandtyp) Holzständer aus Vollholz, alternativ auch Stegträger
C	Abhängertyp nach DIN EN 13964 zur Befestigung von CD-Profilen
CD	C-Wandprofil mit einer Blechdicke von 0,6 mm nach DIN EN 14195
CW	C-Wandprofil mit einer Blechdicke von 0,6 mm nach DIN EN 14195 in Verbindung mit DIN 18182-1
EBP	Blähperlit-Dämmplatte nach DIN EN 13169 einschließlich EBP/MW
EPS	Polystyrol-Hartschaum nach DIN EN 13163
FS	Federschiene
FZ	Faserzementplatte nach DIN EN 12467
GF	Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283-2, mit $m' \geq 13{,}75$ kg/m², bezogen auf 12,5 mm Plattendicke
GK	Gipsplatte nach DIN EN 520 in Verbindung mit DIN 18180, mit $m' \geq 8{,}5$ kg/m², bezogen auf 12,5 mm Plattendicke, verarbeitet nach DIN 18181
GKF	Gipsplatte Typ F (Feuerschutzplatte) nach DIN EN 520 in Verbindung mit DIN 18180, mit $m' \geq 10$ kg/m², bezogen auf 12,5 mm Plattendicke, verarbeitet nach DIN 18181
HW	Spanplatten nach DIN EN 312, OSB-Verlegeplatten nach DIN EN 300 oder BFU–Platten nach DIN EN 315 und DIN EN 13986; $\rho \geq 600$ kg/m³, mit $m' \geq 9{,}6$ kg/m²
KF	Klickfix Direktbefestiger von C-Wandprofilen, schallentkoppelt
L	Holzlattung horizontal oder vertikal befestigt
L-SB	Holzlattung horizontal oder vertikal auf Schwingbügel befestigt
LS	Luftschicht belüftet oder unbelüftet
MDF	Mitteldichte Faserplatte nach DIN EN 622-5 und DIN EN 13986
MH	Massivholzelemente aus Brettsperrholz, Brettstapelholz oder Brettschichtholz, $\rho \geq 460$ kg/m³, alternativ auch Hohlkastenelemente
NFS	Geschlossene Schalungen oder Böden aus Holz und Holzwerkstoffen, z.B. Nut-und-Feder-Schalungen, Boden-Deckel-Schalungen, Holzdielen
OSB	Verlegeplatten aus gerichteten Holzspänen nach DIN EN 300
PU	Polyurethan-Hartschaum nach DIN EN 13165 einschließlich PUR und PIR
Putz	- Kalkputz - Kunstharzputz nach DIN 18558 - Wärmedämmputz
WH WTH	- Faserdämmstoffplatten/-matten aus Mineral-, Jute-, Hanf-, Holz-, Zellulose- oder Kokosfasern mit einem längenbezogenen Strömungswiderstand von 5 kPa s/m² ≤ r ≤ 50 kPa s/m² - Einblasdämmstoffe aus Zellulosefasern nach DIN EN 15101-1 mit der Dichte $\rho = 40 – 50$ kg/m³ (raumfüllend) und einem längenbezogenen Strömungswiderstand von 5 kPa s/m² ≤ r ≤ 50 kPa
SP	Spanplatte nach DIN EN 312 und DIN EN 13986, $\rho \geq 700$ kg/m³
SWP	Massivholzplatte nach DIN EN 13353 und DIN EN 13986
WS-S	Wetterschutzbekleidung / Wetterschutzschale
WW	Holzwolleleichtbauplatte (früher HWL) nach DIN EN 13168
XPS	Polystyrol-Extruderschaum nach DIN EN 13164
ZSP	Zementgebundene Spanplatten nach DIN EN 634-2 und DIN EN 13986

Tabelle 37: verwendete Dämmstoffe – Wände		
Spalte / Zeile	1	2
	Abkürzung	Anforderung
1	MW	Mineralwolle nach DIN EN 13162 mit einem längenbezogenen Strömungswiderstand von 5 kPa s/m² ≤ r ≤ 50 kPa s/m²
2	WF	Holzfaser nach DIN EN 13171 mit einem längenbezogenen Strömungswiderstand von 5 kPa s/m² ≤ r ≤ 100 kPa s/m²
3	CF	Einblasdämmstoffe aus Zellulosefasern nach DIN EN 15101-1 mit der Dichte ϱ = 40 – 50 kg/m³ (raumfüllend) und einem längenbezogenen Strömungswiderstand von 5 kPa s/m² ≤ r ≤ 50 kPa
4	HF	Hanffaser mit einem längenbezogenen Strömungswiderstand von 5 kPa s/m² ≤ r ≤ 100 kPa s/m²
5	KF	Kokosfaser mit einem längenbezogenen Strömungswiderstand von 5 kPa s/m² ≤ r ≤ 100 kPa s/m²
6	JF	Jutefaser mit einem längenbezogenen Strömungswiderstand von 5 kPa s/m² ≤ r ≤ 100 kPa s/m²

Tabelle 38: Hilfsmittel für die akustische Entkopplung von raumseitigen Vorsatzschalen

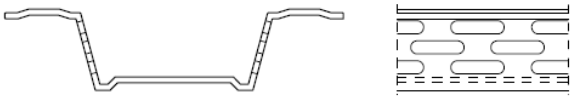
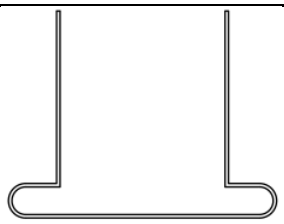
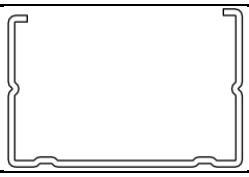
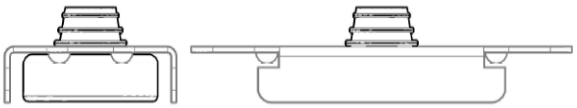
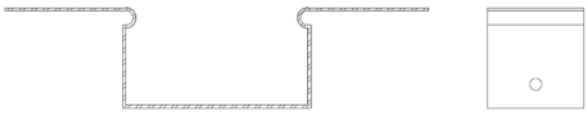
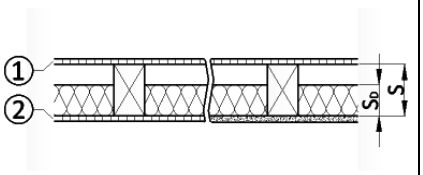
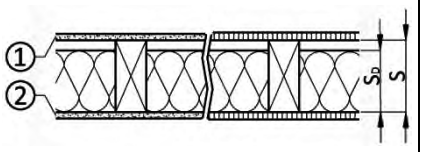
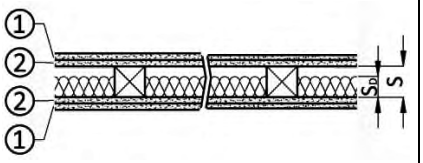
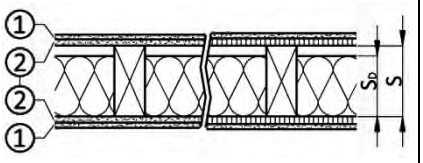
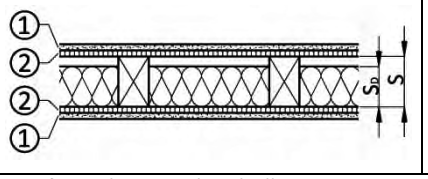
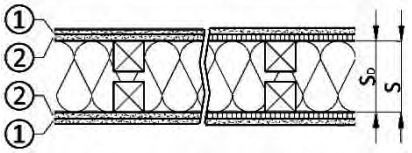
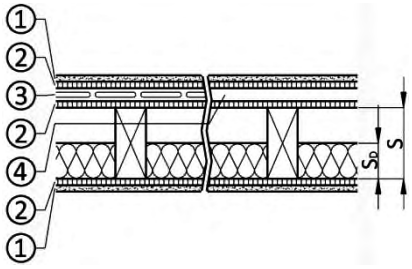
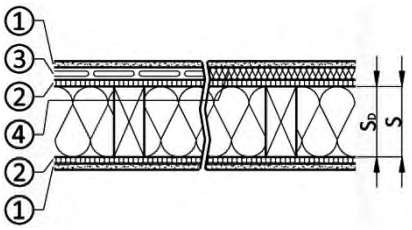
Spalte / Zeile	1 Ansichten	2 Anwendungsbeschreibung
Federschiene		
1		Bauteil zur akustischen Entkopplung von biegeweichen Gips-, Gipsfaser- oder Holzwerkstoffplatten aus gekantetem Blech (0,5 mm - 0,6 mm dick). Lochausstanzungen im Flanschbereich bewirken Federwirkung. Federschiene: 27 mm x 60 mm Achsabstand: e ≥ 415 mm Maximale Traglast: siehe Herstellerangaben
Schwingbügel		
2		Bauteil zur akustischen Entkopplung von biegeweichen Gips-, Gipsfaser- oder Holzwerkstoffplatten aus gekantetem Blech (0,5 mm - 0,6 mm dick). Biegung in den Flanschen bewirkt Federwirkung. Maximale Traglast: siehe Herstellerangaben
Aluprofil		
3		C-Wandprofil mit einer Blechdicke von 0,6 mm nach DIN EN 14195 in Verbindung mit DIN 18182-1. Vorsatzschale vollständig von Außenwand getrennt.
Direktbefestiger (Rigips Klick-Fix Direktbefestiger für C-Wandprofil, schallentkoppelt)		
4		Abhängertyp zur schalltechnischen Entkopplung und Befestigung von Holzlattung oder CD-Profilen mit einem integrierten Schwingelement zur Schallentkopplung; Maximale Traglast: 0,4 kN pro Abhänger; weitere Detailangaben beim Hersteller
Befestigungs-Clip		
5		Abhängertyp zur schalltechnischen Entkopplung und Befestigung von CD-Profilen; weitere Detailangaben beim Hersteller

Tabelle 39: Innenwände Holztafelbau

Spalte / Zeile	1	2	3	4
	Schnitt horizontal	Konstruktionsdetails: Dämmschichtdicke S_D Schalenabstand S Holzständer b/h mm	Konstruktionsdetails: Beplankung/ Bekleidung mm	R_w (C; $C_{50\text{-}5000}$) dB
1		S_D ≥ 40 WH S ≥ 60 b/h 60/60	① ≥ 12,5 GK ② ≥ 12,5 GK	38 [a] (-3; -)
2			① ≥ 12,5 GF ② ≥ 12,5 GF	42 [a] (-1; -)
3			① ≥ 15 HW ② ≥ 15 HW	34 [a] (-2; -)
4		S_D ≥ 120 WH S ≥ 140 b/h 60/140	① ≥ 12,5 GK ② ≥ 12,5 GK	41 [a] (-2; -)
5			① ≥ 12,5 GF ② ≥ 12,5 GF	44 [a] (-2; -)
6			① ≥ 15 HW ② ≥ 15 HW	36 [a] (-2; -)
7		S_D ≥ 40 WH S ≥ 60 b/h 60/60	① ≥ 12,5 GK ② ≥ 12,5 GK	43 [a] (-1; -)
8			① ≥ 10 GF ② ≥ 12,5 GF	47 [a] (-2; -)
9		S_D ≥ 120 WH S ≥ 140 b/h 60/140	① ≥ 10 GF ② ≥ 12,5 GF	47 [a] (-2; -)
10			① ≥ 10 GF ② ≥ 15 HW	47 [a] (-2; -)
11			① ≥ 9,5 GK ② ≥ 15 HW	43 [a] (-2; -)
12		S_D ≥ 80 WH S ≥ 100 b/h 60/100	① ≥ 12,5 GKF ② ≥ 12 HW	46 [c] (-2; -2)

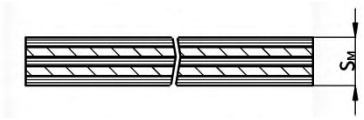
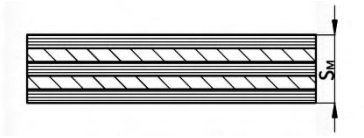
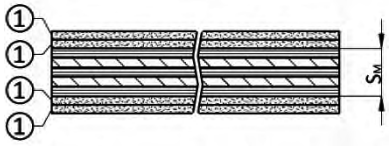
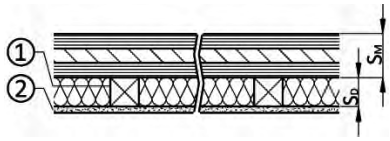
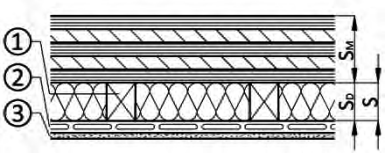
GF	Gipsfaserplatte nach Tabelle 36
GK	Gipskartonplatte nach Tabelle 36
HW	Holzwerkstoffplatte nach Tabelle 36
WH	Faserdämmstoff nach Tabelle 36, Materialien nach Tabelle 37 mit der angegebenen Dicke
b/h	Breite (60-100 mm) x Höhe (Mindestwert) des Holzständers, Achsabstand e ≥ 600 mm nach Tabelle 36

Fortsetzung Tabelle 39: Innenwände Holztafelbau

Spalte / Zeile	1	2	3	4
	Schnitt horizontal	Konstruktionsdetails: Dämmschichtdicke S_D Schalenabstand S Holzständer b/h mm	Konstruktionsdetails: Beplankung/ Bekleidung mm	R_w (C; $C_{50\text{-}5000}$) dB
13		S_D ≥ 140 WH S ≥ 140 b/h 2 x 60/60 Stiel 60/140 Rähm durchlaufend	① ≥ 10 GK ② ≥ 13 HW	54 [a] (-2; -)
14			① ≥ 10 GF ② ≥ 12,5 GF	54 [a] (-2; -)
15		S_D ≥ 70 WH S ≥ 140 b/h 60/140	① ≥ 12,5 GK ② ≥ 13 HW ③ ≥ 27 FS ④ ≥ 25 LS	54 [a] (-3; -)
16		S_D ≥ 140 WH S ≥ 140 b/h 60/140	① ≥ 12,5 GK ② ≥ 13 HW ③ ≥ 27 FS ④ ≥ 25 WH	56 [a] (-5; -)

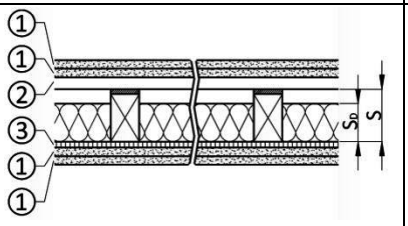
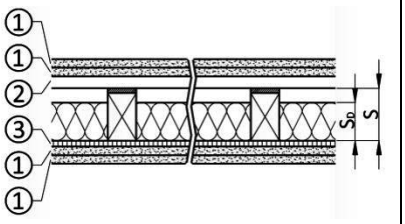
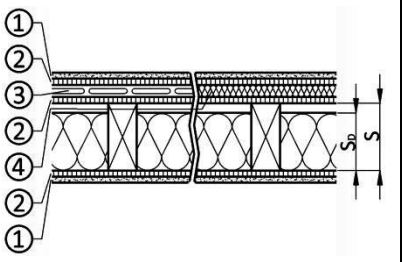
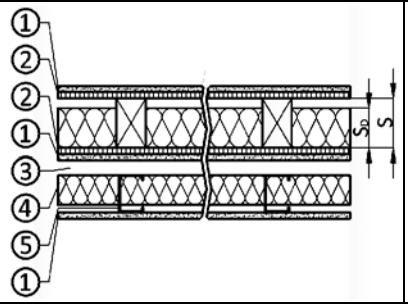
FS	Vorsatzschale auf Federschiene 27 mm nach Tabelle 36 mit Dämmung nach Tabelle 37; Achsabstand e ≥ 400 mm
GF	Gipsfaserplatte nach Tabelle 36
GK	Gipskartonplatte nach Tabelle 36
HW	Holzwerkstoffplatte nach Tabelle 36
LS	Luftschicht
WH	Faserdämmstoff nach Tabelle 36, Materialien nach Tabelle 37, mit der angegebenen Dicke
b/h	Breite (60-100 mm) x Höhe (Mindestwert) des Holzständers, Achsabstand e ≥ 600 mm nach Tabelle 36

Tabelle 40: Innenwände Massivholzbau

Spalte / Zeile	1	2	3	4
	Schnitt horizontal	Konstruktionsdetails: Dämmschichtdicke S_D Schalenabstand S Massivholzbauteil S_M mm	Konstruktionsdetails: Beplankung/ Bekleidung mm	R_w (C; $C_{50\text{-}5000}$) dB
1		S_D - S - S_M ≥ 80 MH	-	32 [b] (-1; -1)
2		S_D - S - S_M ≥ 140 MH	-	38 [n] (-0; -0)
3		S_D - S - S_M ≥ 80 MH	① ≥ 18 GF	47 [n] (-1; 0)
4		S_D ≥ 60 WH S - S_M ≥ 90 MH	① ≥ 60 L ② ≥ 12,5 GK	47 [k] (-1; -1)
5		S_D ≥ 80 WH S ≥ 80 S_M ≥ 135 MH	① ≥ 80 L ② ≥ 27 FS ③ ≥ 12,5 GK	52 [g] (-; -)

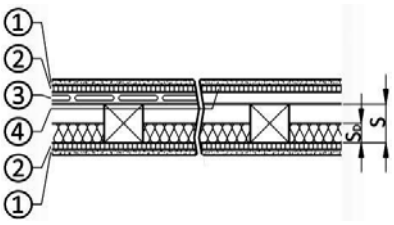
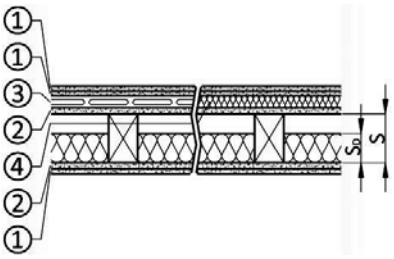
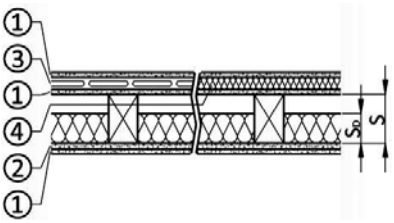
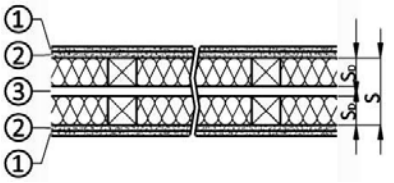
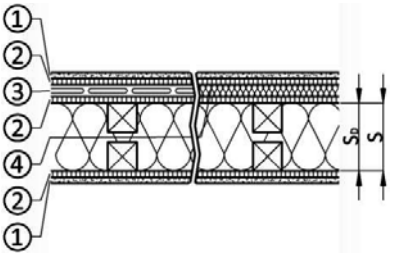
FS	Vorsatzschale auf Federschiene 27 mm nach Tabelle 36 mit Dämmung nach Tabelle 37; Achsabstand e ≥ 400 mm;
GF	Gipsfaserplatte nach Tabelle 36
GK	Gipskartonplatte nach Tabelle 36
L	Vorsatzschale Holzlattung mit der oben angegebenen Dicke, e ≥ 600 mm
WH	Faserdämmstoff nach Tabelle 36, Materialien nach Tabelle 37, mit der angegebenen Dicke
MH	Massivholzelement nach Tabelle 36, mit der angegebenen Dicke

Tabelle 41: Wohnungstrennwände Holztafelbau

Spalte / Zeile	1	2	3	4
	Schnitt horizontal	Konstruktionsdetails: Dämmschichtdicke S_D Schalenabstand S Holzständer b/h mm	Konstruktionsdetails: Beplankung/ Bekleidung mm	R_w ($C; C_{50\text{-}5000}$) dB
1		S_D ≥ 80 WH S ≥ 100 b/h 60/100	① ≥ 15 GKF ② ≥ 35 CD+C ③ ≥ 12 HW	59 [c] (-5; -8)
2		S_D ≥ 80 WH S ≥ 100 b/h 60/100	① ≥ 18 GKF ② ≥ 35 CD+KF ③ ≥ 12 HW	63 [c] (-3; -8)
3		S_D ≥ 120 WH S ≥ 140 b/h 60/140	① ≥ 12,5 GK ② ≥ 13 HW ③ ≥ 27 FS ④ ≥ 25 WH	60 [a] (-5; -)
4		S_D ≥ 80 WH S ≥ 100 b/h 60/100	① ≥ 12,5 GKF ② ≥ 12 HW ③ ≥ 30 LS ④ ≥ 60 WH ⑤ ≥ 75 CW	64 [c] (-8; -13)

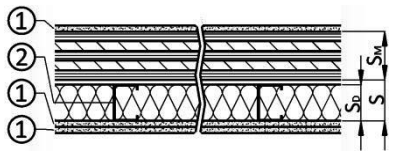
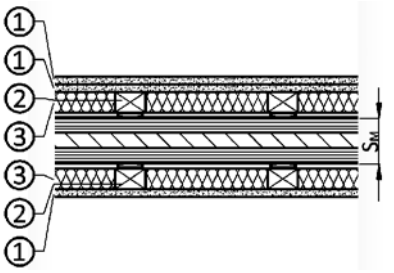
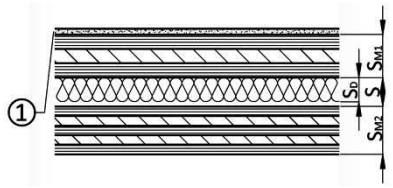
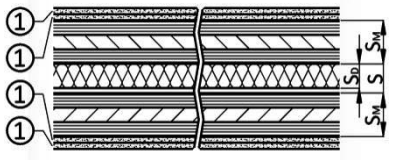
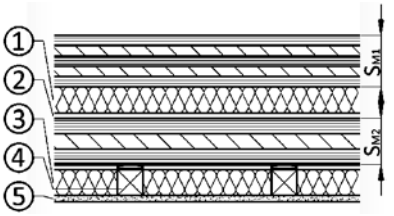
CD+C	Befestigungs-Clip mit 27 x 60 mm CD-Profil (Gesamtdicke 35 mm) nach Tabelle 36
CD+KF	Schallentkoppelter Direktbefestiger mit 27 x 60 mm CD-Profil (Gesamtdicke 35 mm) nach Tabelle 36
CW	C-Wandprofil nach Tabelle 36
FS	Vorsatzschale auf Federschiene 27 mm nach Tabelle 36 mit Dämmung nach Tabelle 37; Achsabstand e ≥ 400 mm
GK	Gipskartonplatte nach Tabelle 36
GKF	Gipsplatte Typ F nach Tabelle 36
HW	Holzwerkstoffplatte nach Tabelle 36
LS	Luftschicht
WH	Faserdämmstoff nach Tabelle 36, Materialien nach Tabelle 37, mit der angegebenen Dicke
b/h	Breite (60-100 mm) x Höhe (Mindestwert) des Holzständers, Achsabstand e ≥ 600 mm nach Tabelle 36

Fortsetzung Tabelle 41: Wohnungstrennwände Holztafelbau

Spalte / Zeile	1	2	3	4
	Schnitt horizontal	Konstruktionsdetails: Dämmschichtdicke S_D Schalenabstand S Holzständer b/h mm	Konstruktionsdetails: Beplankung/ Bekleidung mm	R_w ($C; C_{50\text{-}5000}$) dB
5		S_D ≥ 40 WH S ≥ 105 b/h 80/80	① ≥ 12,5 GK ② ≥ 13 SP ③ ≥ 27 FS ④ ≥ 25 LS	58 [a] (-4; -)
6		S_D ≥ 60 WH S ≥ 100 b/h 60/100	① ≥ 10 GF ② ≥ 12,5 GF ③ ≥ 27 FS ④ ≥ 25 WH	61 [a] (-4; -)
7		S_D ≥ 60 WH S ≥ 100 b/h 60/100	① ≥ 10 GF ② ≥ 12,5 GF ③ ≥ 27 FS ④ ≥ 25 WH	60 [a] (-3; -)
8		S_D ≥ 60 WH S ≥ 140 b/h 2 x 60/60 Stiel 2 x 60/60 Rähm getrennt	① ≥ 10 GF ② ≥ 12,5 GF ③ ≥ 20 LS ② ≥ 12,5 GF ③ ≥ 20 LS	66 [a;d] (-3; -)
9		S_D ≥ 140 WH S ≥ 140 b/h 2 x 60/60 Stiel 60/140 Rähm durchlaufend	① ≥ 12,5 GK ② ≥ 13 HW ③ ≥ 27 FS ④ ≥ 25 WH	60 [a] (-4; -)

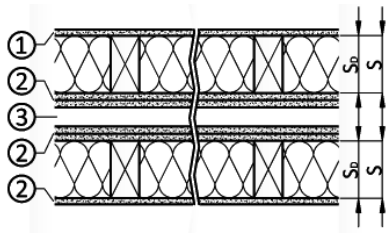
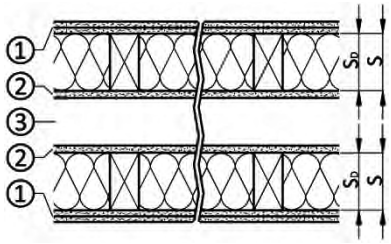
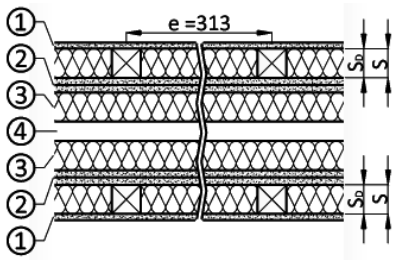
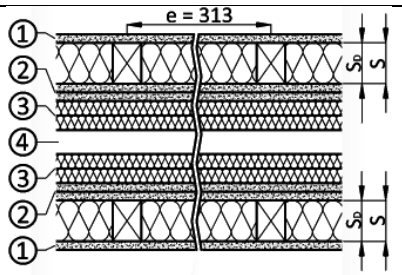
FS	Vorsatzschale auf Federschiene 27 mm nach Tabelle 36 mit Dämmung nach Tabelle 37; Achsabstand e ≥ 500 mm
GF	Gipsfaserplatte nach Tabelle 36
GK	Gipskartonplatte nach Tabelle 36
HW	Holzwerkstoffplatte nach Tabelle 36
LS	Luftschicht
SP	Spanplatte nach Tabelle 36
WH	Faserdämmstoff nach Tabelle 36, Materialien nach Tabelle 37, mit der angegebenen Dicke
b/h	Breite (60-100 mm) x Höhe (Mindestwert) des Holzständers, Achsabstand e ≥ 600 mm nach Tabelle 36

Tabelle 42: Wohnungstrennwände Massivholzbau

Spalte / Zeile	1	2	3	4
	Schnitt horizontal	Konstruktionsdetails: Dämmschichtdicke S_D Schalenabstand S Massivholzbauteil S_M mm	Konstruktionsdetails: Beplankung/ Bekleidung mm	R_w ($C; C_{50\text{-}5000}$) dB
1		S_D ≥ 75 WH S ≥ 85 S_M ≥ 90 MH	① ≥ 12,5 GKF ② ≥ 75 CW	62 [m] (-2; -3)
2		S_M ≥ 90 MH	① ≥ 15 GKF ② ≥ 50 L-SB ③ ≥ 40 WH	67 [m] (-6; -13)
3		S_D ≥ 50 WH S ≥ 60 S_{M1} ≥ 90 MH S_{M2} ≥ 100 MH	① ≥ 12,5 GKF	57 [m] (-2; -1)
4		S_D ≥ 50 WH S ≥ 60 S_M ≥ 90 MH	① ≥ 12,5 GKF	61 [m] (-2; -2)
5		S_{M1} ≥ 100 MH S_{M2} ≥ 90 MH	① ≥ 50 WH[1] ② ≥ 10 LS ③ ≥ 50 WH ④ ≥ 60 L-SB ⑤ ≥ 12,5 GKF	67 [m] (-3; -8)

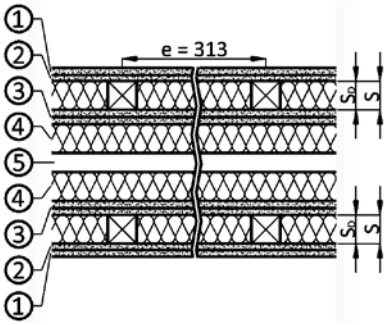
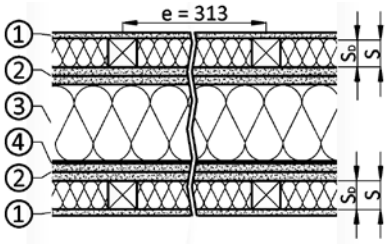
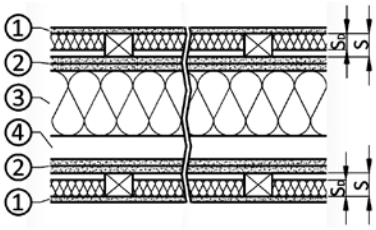
CW	C-Wandprofil nach Tabelle 36
GKF	Gipsplatte Typ F nach Tabelle 36
LS	Luftschicht
L-SB	Holzlattung auf Schwingbügel nach Tabelle 36 mit Dämmstoff nach Tabelle 37, e ≥ 600 mm
WH	Faserdämmstoff nach Tabelle 36, Materialien nach Tabelle 37 mit der angegebenen Dicke
WH[1]	Faserdämmstoff nach Tabelle 36, Materialien nach Tabelle 37 mit der angegebenen Dicke; ρ ≥ 18 kg/m³
MH	Massivholzelement nach Tabelle 36, mit der angegebenen Dicke

Tabelle 43: Gebäudetrennwände Holztafelbau

Spalte / Zeile	1	2	3	4
	Schnitt horizontal	Konstruktionsdetails: Dämmschichtdicke S_D Schalenabstand S Holzständer b/h mm	Konstruktionsdetails: Beplankung/ Bekleidung mm	R_w (C; $C_{50\text{-}5000}$) dB
1		S_D ≥ 120 WH S ≥ 120 b/h ≥ 60/120	① ≥ 12,5 GKF ② ≥ 2 x 18 GKF ③ ≥ 45 LS	71 [e] (-8; -16)
2			① ≥ 12,5 GF ② ≥ 2 x 15 GF ③ ≥ 40 LS	70 [b] (-2; -12)
3		S_D ≥ 120 WH S ≥ 120 b/h ≥ 60/120	① ≥ 2 x 12,5 GF ② ≥ 15 ZSP ③ 100 LS	75 [a] (-9; -17)
4		S_D ≥ 120 WH S ≥ 120 b/h ≥ 60/120	① ≥ 2 x 12,5 GF ② ≥ 15 ZSP ③ ≥ 35 LS	72 [a] (-6; -15)
5		S_D ≥ 60 WH S ≥ 60 b/h ≥ 60/60	① ≥ 12,5 GKF ② ≥ 2 x 18 GKF ③ ≥ 60 MW ④ ≥ 40 LS	66 [e] (-3; -2)
6			① ≥ 12,5 GF ② ≥ 2 x 15 GF ③ ≥ 60 MW ④ ≥ 45 LS	66 [e] (-3; -2)
7		S_D 85 WH S 85 b/h 60/85	① ≥ 18 GKF ② ≥ 2 x 18 GKF ③ ≥ 2 x 30 MW ④ ≥ 50 LS	67 [i] (-2; -2)

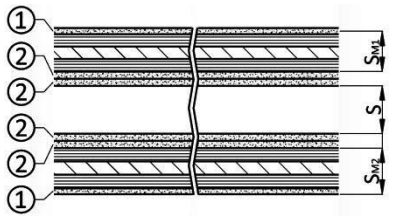
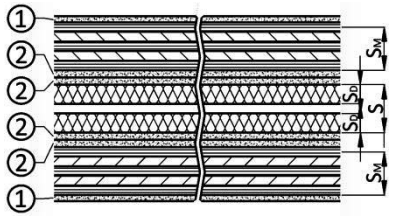
GF	Gipsfaserplatte nach Tabelle 36
GKF	Gipsplatte Typ F nach Tabelle 36
MW	Mineralwolle nach Tabelle 37; Dämmung an Tragstruktur fixiert
LS	Luftschicht
WH	Faserdämmstoff nach Tabelle 36, Materialien nach Tabelle 37, mit der angegebenen Dicke
ZSP	Zementspanplatte nach Tabelle 36
b/h	Breite (60-100 mm) x Höhe (Mindestwert) des Holzständers, Achsabstand e ≥ 600 mm (Zeile 1-4) bzw. e = 313 mm (Zeile 5-7) nach Tabelle 36

Fortsetzung Tabelle 43: Gebäudetrennwände Holztafelbau

Spalte / Zeile	1	2	3	4
	Schnitt horizontal	Konstruktionsdetails: Dämmschichtdicke S_D Schalenabstand S Holzständer b/h mm	Konstruktionsdetails: Beplankung/ Bekleidung mm	R_w ($C; C_{50\text{-}5000}$) dB
8		S_D 60 WH S 60 b/h 60/60	① ≥ 15 GF ② ≥ 12,5 GF ③ ≥ 2 x 15 GF ④ ≥ 60 WTH ⑤ ≥ 45 LS	69 [e] (-3; -2)
9		S_D 60 WH S 60 b/h 60/60	① ≥ 15 GKF ② ≥ 18 GKF ③ ≥ 160 WTH ④ ≥ 5 LS	67 [e] (-2; -3)
10		S_D 35 WH S 50 b/h 60/50	① ≥ 12,5 GF ② ≥ 15 GF ③ ≥ 140 WTH ④ ≥ 50 LS	74 [e] (-6; -7)

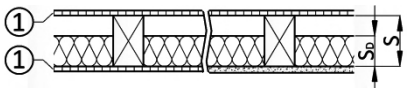
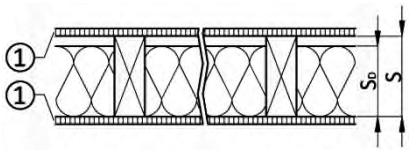
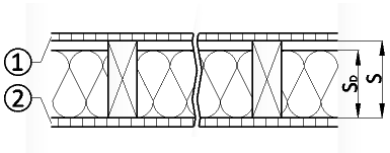
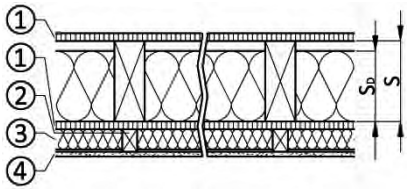
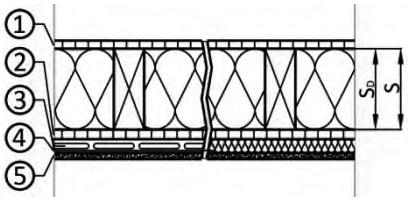
GF	Gipsfaserplatte nach Tabelle 36
GKF	Gipsplatte Typ F nach Tabelle 36
LS	Luftschicht
WH	Faserdämmstoff nach Tabelle 36, Materialien nach Tabelle 37, mit der angegebenen Dicke
WTH	Faserdämmstoff nach Tabelle 36, Materialien nach Tabelle 37 mit der angegebenen Dicke; Dämmung an Tragstruktur fixiert
b/h	Breite (60-100 mm) x Höhe (Mindestwert) des Holzständers, Achsabstand e ≥ 600 mm (Zeile 10) bzw. e = 313 mm (Zeile 8, 9) nach Tabelle 36

Tabelle 44: Gebäudetrennwände Massivholzbau

Spalte / Zeile	1	2	3	4
	Schnitt horizontal	Konstruktionsdetails: Dämmschichtdicke S_D Schalenabstand S Massivholzbauteil S_M mm	Konstruktionsdetails: Beplankung/ Bekleidung mm	R_w ($C; C_{50\text{-}5000}$) dB
1		S_D - S ≥ 100 S_{M1} ≥ 84 OSB S_{M1} ≥ 84 OSB	① ≥ 12,5 GK ② ≥ 15 GF	68 [h] (-1; -2)
2		S_D ≥ 2 x 40 WTH S ≥ 100 S_M ≥ 100 MH	① ≥ 12,5 GKF ② ≥ 15 GF	75 [h] (-2; -3)
3		S_D ≥ 40 WTH S ≥ 100 S_M ≥ 84 OSB	① ≥ 12,5 GK ② ≥ 15 GF	75 [h] (-2; -3)

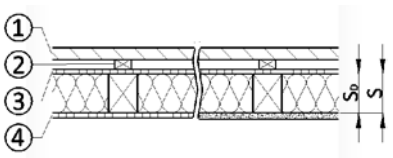
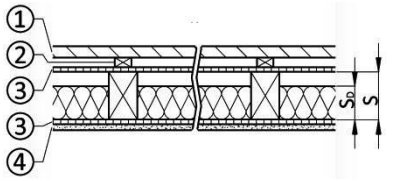
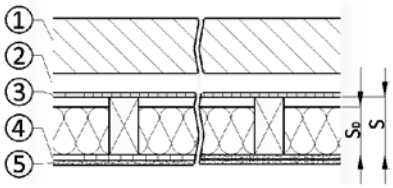
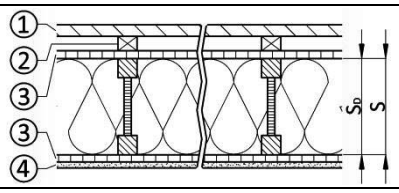
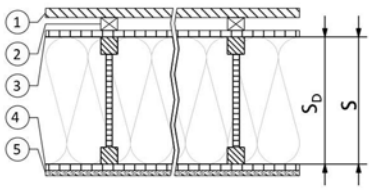
GK	Gipskartonplatte nach Tabelle 36
GKF	Gipsplatte Typ F nach Tabelle 36
GF	Gipsfaserplatte nach Tabelle 36
OSB	Verlegeplatten aus gerichteten Holzspänen nach DIN EN 300
MH	Massivholzelement nach Tabelle 36, mit der angegebenen Dicke
WTH	Faserdämmstoff nach Tabelle 36, Materialien nach Tabelle 37 mit der angegebenen Dicke; Dämmung an Tragstruktur fixiert

Tabelle 45: Außenwände Holztafelbau

Spalte / Zeile	1	2	3	4
	Schnitt horizontal	Konstruktionsdetails: Dämmschichtdicke S_D Schalenabstand S Holzständer b/h mm	Konstruktionsdetails: Beplankung/ Bekleidung mm	R_w (C_{tr}; $C_{tr\ 50\text{-}5000}$) dB
1		S_D ≥ 60 WH S ≥ 100 b/h 60/100	① ≥ 10 SP o. ① ≥ 18 NFS o. ① ≥ 4 FZ	37 [a] (-; -)
2		S_D ≥ 140 WH S ≥ 160 b/h 60/160	① ≥ 15 HW	37 [f] (-4; -5)
3		S_D ≥ 140 WH S ≥ 160 b/h 60/160	① ≥ 16 MDF ② ≥ 19 HW	41 [a] (-5; -)
4		S_D ≥ 140 WH S ≥ 160 b/h 60/160	① ≥ 15 HW ② ≥ 45 L ③ ≥ 40 WH ④ ≥ 9,5 GK	47 [f] (-7; 12)
5		S_D ≥ 160 WH S ≥ 160 b/h 60/160	① ≥ 16 MDF ② ≥ 19 HW ③ ≥ 27 FS o. ≥ 30 L ④ ≥ 27 WH ⑤ ≥ 12,5 GF	52 [a] (-14; -22)

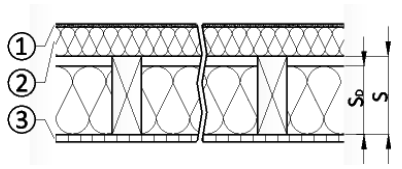
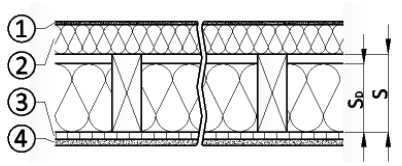
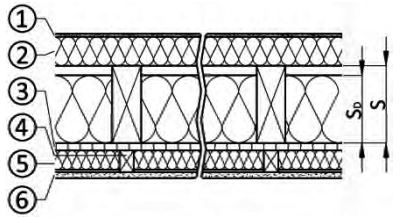
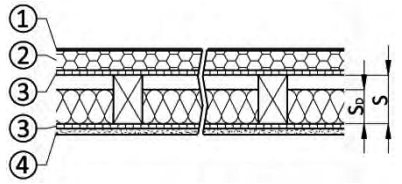
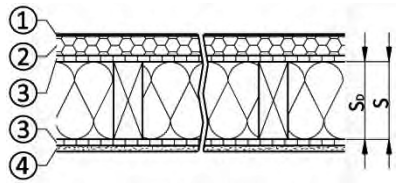
FS	Vorsatzschale auf Federschiene 27 mm nach Tabelle 36 mit Dämmung nach Tabelle 37
FZ	Faserzementplatten nach Tabelle 36
GF	Gipsfaserplatte nach Tabelle 36
GK	Gipskartonplatte nach Tabelle 36
HW	Holzwerkstoffplatte nach Tabelle 36
L	Vorsatzschale auf Holzlattung mit Dämmung nach Tabelle 37, e ≥ 600 mm
MDF	MDF Platte nach Tabelle 36
NFS	geschlossene Schalung nach Tabelle 36
SP	Spanplatte nach Tabelle 36
WH	Faserdämmstoff nach Tabelle 36, Materialien nach Tabelle 37, mit der angegebenen Dicke
b/h	Breite (60-100 mm) x Höhe (Mindestwert) des Holzständers, Achsabstand e ≥ 600 mm nach Tabelle 36

Fortsetzung Tabelle 45: Außenwände Holztafelbau

Spalte / Zeile	1	2	3	4
	Schnitt horizontal	Konstruktionsdetails: Dämmschichtdicke S_D Schalenabstand S Holzständer b/h mm	Konstruktionsdetails: Beplankung/ Bekleidung mm	R_w (C_{tr}; $C_{tr\,50\text{-}5000}$) dB
6		S_D ≥ 80 WH S ≥ 80 b/h 60/80	① WS-S ② ≥ 20 L ③ ≥ 10 SP o. ③ ≥ 18 NFS o. ③ ≥ 4 FZ ④ ≥ 10 SP o. ④ ≥ 18 NFS o. ④ ≥ 12,5 GK	37 [a] (-; -)
7		S_D ≥ 70 WH S ≥ 100 b/h 60/100	① WS-S ② ≥ 20 L ③ ≥ 10 HW ④ ≥ 10 GF o. ≥ 12,5 GK	44 [a] (-; -)
8		S_D ≥ 100 WH S ≥ 120 b/h 60/120	① ≥ 115 M-VS ② ≥ 40 LS ③ ≥ 6 HW ④ ≥ 12 HW o. ≥ 12,5 GK ⑤ ≥ 9,5 GK	52 [a] (-; -)
9		S_D ≥ 200 WH S ≥ 200 b/h 200 Stegträger	① ≥ 20 WS-S ② ≥ 30 L ③ ≥ 16 HW ④ ≥ 12,5 GK	44 [a] (-7; -)
10		S_D ≥ 300 WH S ≥ 300 b/h 300 Stegträger	① ≥ 22 WS-S ② ≥ 30 L ③ ≥ 15 MDF ④ ≥ 15 HW ⑤ ≥ 12,5 GK	47 [l] (-9; -11)

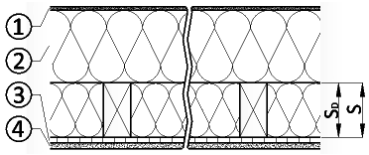
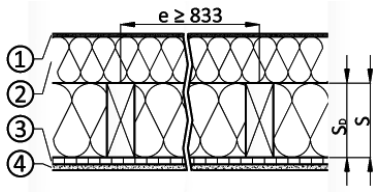
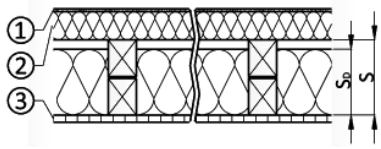
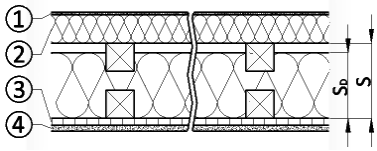
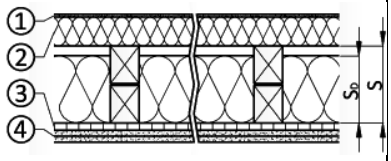
FZ	Faserzementplatten nach Tabelle 36
GF	Gipsfaserplatte nach Tabelle 36
GK	Gipskartonplatte nach Tabelle 36
HW	Holzwerkstoffplatte nach Tabelle 36, maximale Plattendicke 16 mm
L	Vorsatzschale auf Holzlattung mit Dämmung nach Tabelle 37, e ≥ 600 mm
LS	Luftschicht
M-VS	Mauerwerk Vorsatzschale
MDF	MDF Platte nach Tabelle 36
NFS	geschlossene Schalung nach Tabelle 36
SP	Spanplatte nach Tabelle 36
WH	Faserdämmstoff nach Tabelle 36, Materialien nach Tabelle 37, mit der angegebenen Dicke
WS-S	Wetterschutzbekleidung/-schale (z. B. Boden-Deckel-Schalung)
b/h	Breite (60-100 mm) x Höhe (Mindestwert) des Holzständers, Achsabstand e ≥ 600 mm nach Tabelle 36

Fortsetzung Tabelle 45: Außenwände Holztafelbau

Spalte / Zeile	1	2	3	4
	Schnitt horizontal	Konstruktionsdetails: Dämmschichtdicke S_D Schalenabstand S Holzständer b/h mm	Konstruktionsdetails: Beplankung/ Bekleidung mm	R_w (C_{tr}; $C_{tr\ 50\text{-}5000}$) dB
11		S_D ≥ 140 WH S ≥ 160 b/h 60/160	① ≥ 8 Putz ② ≥ 60 WF[1] ③ ≥ 15 HW	45 [f] (-6; -8)
12		S_D ≥ 140 WH S ≥ 160 b/h 60/160	① ≥ 8 Putz ② ≥ 60 WF[1] ③ ≥ 15 HW ④ ≥ 12,5 GF	50 [f] (-5; -10)
13		S_D ≥ 140 WH S ≥ 160 b/h 60/160	① ≥ 8 Putz ② ≥ 60 WF[1] ③ ≥ 15 HW ④ ≥ 45 L ⑤ ≥ 40 WH ⑥ ≥ 12,5 GF	52 [f] (-5; -15)
14		S_D ≥ 70 WH S ≥ 100 b/h 60/100	① ≥ 4 Putz ② 20-40 EPS ③ ≥ 14 HW ④ ≥ 12,5 GK	44 [a] (-; -)
15		S_D ≥ 160 WH S ≥ 160 b/h 60/160	① ≥ 4 Putz ② 20-40 EPS ③ ≥ 13 SP ④ ≥ 12,5 GK	45 [a] (-6; -)

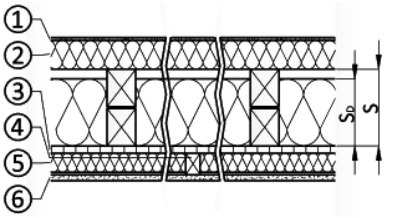
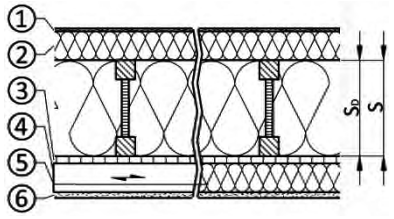
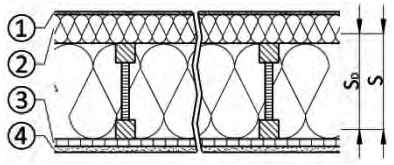
EPS	Polystyrol Hartschaumplatten, Anwendungsgebiet WAB, $\rho \geq 15$ kg/m³
GF	Gipsfaserplatte nach Tabelle 36
GK	Gipskartonplatte nach Tabelle 36
HW	Holzwerkstoffplatte nach Tabelle 36, maximale Plattendicke 16 mm
L	Vorsatzschale auf Holzlattung mit Dämmung nach Tabelle 37, e ≥ 600 mm
Putz	Außenputz mit Armierung, m' ≥ 8 kg/m² nach Tabelle 36
SP	Spanplatte nach Tabelle 36
WF[1]	Holzfaserdämmstoff nach Nassverfahren; ρ = 210 kg/m³
WH	Faserdämmstoff nach Tabelle 36, Materialien nach Tabelle 37, mit der angegebenen Dicke
b/h	Breite (60-100 mm) x Höhe (Mindestwert) des Holzständers, Achsabstand e ≥ 600 mm nach Tabelle 36

Fortsetzung Tabelle 45: Außenwände Holztafelbau

Spalte / Zeile	1	2	3	4
	Schnitt horizontal	Konstruktionsdetails: Dämmschichtdicke S_D Schalenabstand S Holzständer b/h mm	Konstruktionsdetails: Beplankung/ Bekleidung mm	R_w (C_{tr}; $C_{tr\ 50\text{-}5000}$) dB
16		S_D ≥ 120 WH S ≥ 120 b/h ≥ 120	① ≥ 7 Putz ② ≥ 160 WF ③ ≥ 12 HW ④ ≥ 12,5 GKF	47[c] (-7; -9)
17		S_D ≥ 160 WH S ≥ 160 b/h 60/160	① ≥ 8 Putz ② ≥ 100 WF[2] ③ ≥ 15 HW ④ ≥ 12,5 GF	52[f] (-5; -10)
18		S_D ≥ 140 WH S ≥ 160 b/h Stiel 2 x 60/78 Rähm 60/160 durchgehend	① ≥ 8 Putz ② ≥ 60 WF[1] ③ ≥ 15 HW	50[f] (-4; -9)
19		S_D ≥ 140 WH S ≥ 160 b/h Stiel 2 x 60/60 Rähm 60/160 durchgehend	① ≥ 6 Putz ② ≥ 60 WF ③ ≥ 15 HW ④ ≥ 12,5 GK	50[a] (-4; -)
20		S_D ≥ 140 WH S ≥ 160 b/h Stiel 2 x 60/78 Rähm 60/160 durchgehend	① ≥ 8 Putz ② ≥ 100 WF[2] ③ ≥ 15 HW ④ ≥ 2 x 12,5 GF	56[f] (-4; -6)

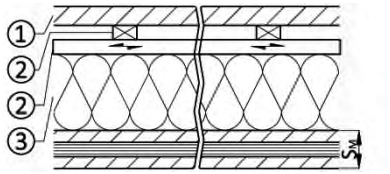
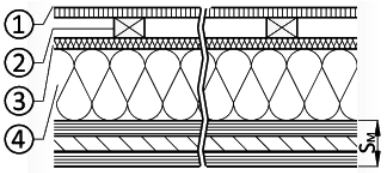
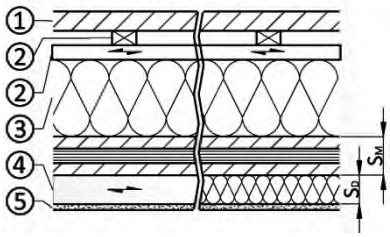
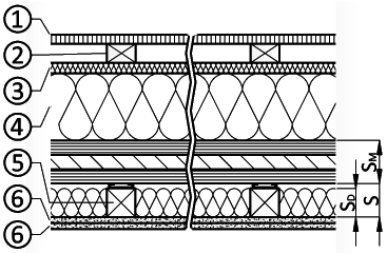
GF	Gipsfaserplatte nach Tabelle 36
GK	Gipskartonplatte nach Tabelle 36
GKF	Gipsplatte Typ F nach Tabelle 36
HW	Holzwerkstoffplatte nach Tabelle 36, maximale Plattendicke 16 mm
Putz	Außenputz mit Armierung, m' ≥ 8 kg/m² nach Tabelle 36
WF	Dämmstoff aus Holzfaser nach Tabelle 37 mit der angegebenen Dicke
WF[1]	Holzfaserdämmstoff nach Nassverfahren; ρ = 210 kg/m³
WF[2]	Holzfaserdämmstoff nach Nassverfahren; ρ = 250 kg/m³
WH	Faserdämmstoff nach Tabelle 36, Materialien nach Tabelle 37, mit der angegebenen Dicke
b/h	Breite (60-100 mm) x Höhe (Mindestwert) des Holzständers, Achsabstand e ≥ 600 mm (Zeile 16, 18-20) bzw. e = 833 mm (Zeile 17) nach Tabelle 36

Fortsetzung Tabelle 45: Außenwände Holztafelbau

Spalte / Zeile	1	2	3	4
	Schnitt horizontal	Konstruktionsdetails: Dämmschichtdicke S_D Schalenabstand S Holzständer b/h mm	Konstruktionsdetails: Beplankung/ Bekleidung mm	R_w (C_{tr}; $C_{tr\ 50\text{-}5000}$) dB
21		S_D ≥ 140 WH S ≥ 160 b/h Stiel 2 x 60/78 Rähm 60/160 durchgehend	① ≥ 8 Putz ② ≥ 60 WF[1] ③ ≥ 15 HW ④ ≥ 45 L ⑤ ≥ 40 WH ⑥ ≥ 12,5 GF	55[f] (-5; -7)
22		S_D ≥ 200 WH S ≥ 200 b/h 200 Stegträger	① ≥ 8 Putz ② ≥ 60 WF ③ ≥ 15 HW ④ ≥ 60 L ⑤ ≥ 60 WH ⑥ ≥ 12,5 GK	51[l] (-13; -15)
23		S_D ≥ 200 WH S ≥ 200 b/h 200 Stegträger	① ≥ 8 Putz ② ≥ 60 WF ③ ≥ 15 HW ④ ≥ 12,5 GK	49[l] (-9; -12)

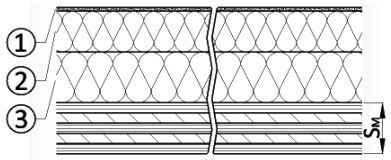
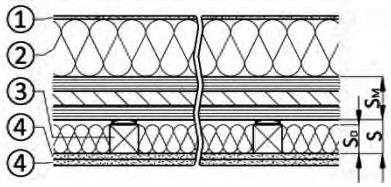
GK	Gipskartonplatte nach Tabelle 36
GF	Gipsfaserplatte nach Tabelle 36
HW	Holzwerkstoffplatte nach Tabelle 36, eine Erhöhung der Plattendicke bis 16 mm ist zulässig
L	Vorsatzschale Holzlattung mit der oben angegebenen Dicke, e ≥ 600 mm
Putz	Außenputz mit Armierung, m' ≥ 8 kg/m² nach Tabelle 36
WF	Dämmstoff aus Holzfaser nach Tabelle 37 mit der angegebenen Dicke
WF[1]	Holzfaserdämmstoff nach Nassverfahren; ρ = 210 kg/m³
WH	Faserdämmstoff nach Tabelle 36, Materialien nach Tabelle 37, mit der angegebenen Dicke
b/h	Breite (60-100 mm) x Höhe (Mindestwert) des Holzständers, Achsabstand ≥ 600 mm nach Tabelle 36

Tabelle 46: Außenwände Massivholzbau

Spalte / Zeile	1	2	3	4
	Schnitt horizontal	Konstruktionsdetails: Massivholzbauteil S_M mm	Konstruktionsdetails: Beplankung/ Bekleidung mm	R_w (C_{tr};$C_{tr\ 50\text{-}5000}$) dB
1		S_M ≥ 80 MH	① ≥ 40 WS-S ② ≥ 30 L ③ ≥ 30 L ④ ≥ 160 WF	49 [k] (-7; -14)
2		S_M ≥ 90 MH	① ≥ 19 HW ② ≥ 40 L ③ ≥ 22 WF[3] ④ ≥ 140 WF	44 [k] (-7; -8)
3		S_D ≥ 60 WH S_M ≥ 80 MH	① ≥ 40 WS-S ② ≥ 30 L ③ ≥ 160 WF ④ ≥ 60 L ⑤ ≥ 12,5 GK	55 [k] (-8; -21)
4		S_D ≥ 60 WH S ≥ 70 S_M ≥ 90 MH	① ≥ 19 HW ② ≥ 40 L ③ ≥ 22 WF[3] ④ ≥ 140 WF ⑤ ≥ 60 L-SB ⑥ ≥ 12,5 GF o. GKF	59 [m] (-11; -18)

GF	Gipsfaserplatte nach Tabelle 36
GK	Gipskartonplatte nach Tabelle 36
GKF	Gipsplatte Typ F nach Tabelle 36
HW	Holzwerkstoffplatte nach Tabelle 36, m' ≥ 9,4 kg/m²
L	Vorsatzschale Holzlattung mit der oben angegebenen Dicke, e ≥ 600 mm
L-SB	Holzlattung auf Schwingbügel nach Tabelle 36 mit Dämmstoff nach Tabelle 37, e ≥ 600 mm
WF	Dämmstoff aus Holzfaser nach Tabelle 37 mit der angegebenen Dicke
WF[3]	Dämmstoff aus Holzfaser nach Tabelle 37 mit der angegebenen Dicke, ρ = 240 kg/m³
WH	Faserdämmstoff nach Tabelle 36, Materialien nach Tabelle 37, mit der angegebenen Dicke
WS-S	Wetterschutzbekleidung/-schale (z. B. Boden-Deckel-Schalung)
MH	Massivholzelement nach Tabelle 36, mit der angegebenen Dicke

Fortsetzung Tabelle 46: Außenwände Massivholzbau

Spalte / Zeile	1	2	3	4
	Schnitt horizontal	Konstruktionsdetails: Massivholzbauteil S_M mm	Konstruktionsdetails: Beplankung/ Bekleidung mm	R_w (C_{tr};$C_{tr\ 50\text{-}5000}$) dB
5		S_M ≥ 100 MH	① ≥ 7 Putz ② ≥ 60 WF[3] ③ ≥ 100 WF[4]	39 [c] (-5; -5)
6		S_D ≥ 60 WH S ≥ 70 S_M ≥ 90 MH	① ≥ 6 Putz ② ≥ 120 WF ③ ≥ 60 L-SB ④ ≥ 12,5 GKF o.GF	57 [m] (-7; -13)

GF	Gipsfaserplatte nach Tabelle 36
GKF	Gipsplatte Typ F nach Tabelle 36
L-SB	Holzlattung auf Schwingbügel nach Tabelle 36 mit Dämmstoff nach Tabelle 37, e ≥ 600 mm
Putz	Außenputz mit Armierung, m' ≥ 8 kg/m² nach Tabelle 36
WF	Dämmstoff aus Holzfaser nach Tabelle 37 mit der angegebenen Dicke
WF[3]	Dämmstoff aus Holzfaser Rohdichte = 257 kg/m³
WF[4]	Dämmstoff aus Holzfaser Rohdichte = 160 kg/m³
WH	Faserdämmstoff nach Tabelle 36, Materialien nach Tabelle 37, mit der angegebenen Dicke
MH	Massivholzelement nach Tabelle 36, mit der angegebenen Dicke

6.3.1 _ Quellenverzeichnis Bauteilkatalog Wände

Quellenverzeichnis der schalltechnischen Messwerte	
Kurzzeichen des Messwertes	Herkunft des Messwertes
a	DIN 4109-33:2016-07 Schallschutz im Hochbau – Teil 33: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Holz-, Leicht- und Trockenbau; DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau); Juli 2016
b	Deutsche Gesellschaft für Holzforschung (Informationsdienst Holz), siehe [19]
c	„Erarbeitung und Verbreitung eines Praxishandbuches zum Schallschutz im Holzbau nach Maßgabe des Stands der Technik" (Forschungsprojekt); Holzbau Deutschland Institut e.V.; 2018 (Forschungsbericht downloadbar unter www.informationsdienst-holz.de)
d	„Mehr als nur Dämmung – Zusatznutzen von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen" (Forschungsverbundprojekt); Technische Hochschule Rosenheim; in Bearbeitung
e	Holtz, F.; Rabold, A.; Hessinger, J.; Buschbacher, H.P.: Schalltechnische Optimierung des Holzbaus durch Verbesserung der Wandkonstruktionen, DGfH-Forschungsbericht der LSW-Labor für Schall- und Wärmemesstechnik GmbH (gefördert durch AiF), 2004
f	Holtz, F.; Rabold, A.; Buschbacher, H.P.; Hessinger J.: Hochschalldämmende Außenbauteile aus Holz, DGfH-Forschungsbericht der LSW - Labor für Schall- und Wärmemesstechnik GmbH (gefördert durch Holzabsatzfonds), 2003
g	Schallmessungen bei Müller BBM im Auftrag der Firma Merk, Planegg 1995
h	Schallmessungen im Labor für Schall- und Wärmemeßtechnik im Auftrag der Firma Finnforest-Merk, Stephanskirchen
i	Schallmessungen im Institut für Fenstertechnik im Auftrag der Firma Knauf Gips KG, Stephanskirchen
k	Holtz, F.; Rabold, A.; Hessinger, J.; Buschbacher, H.P.; Oechsle, O.; Lagally, Th.: Schalltechnische Kennwerte von Massivholzbauteilen, Bestandsaufnahme und Analyse, DGfH-Forschungsbericht des Labors für Schall- und Wärmemesstechnik 2001
l	Schallmessungen im Labor für Schall- und Wärmemeßtechnik im Auftrag des Holzabsatzfonds/DGfH an Wänden und Dächern unter Verwendung von Stegträgern, Stephanskirchen 2004
m	Schallmessungen im Institut für Fenstertechnik im Auftrag der Firma Binderholz GmbH, Stephanskirchen
n	Schallmessungen im Institut für Fenstertechnik im Auftrag des Forschungsvorhabens Vibroakustik, siehe [21]

7 _ Anhang A

Verbale Beschreibung und Herleitung akustischer Zielwerte

A1 _ Verbale Beschreibung der Luftschalldämmung

Wie im Kapitel 2 bereits verdeutlicht, kommt der verbalen Beschreibung von akustischen Kennwerten eine große Bedeutung zu. Nicht nur vor dem Hintergrund einer rechtssicheren Beschreibung für die Verbraucher, sondern auch um das Qualitätsniveau zu verdeutlichen. Die verbale Beschreibung macht dem Laien die bauakustische Leistungsfähigkeit seines Gebäudes oder seiner Wohnung zugänglich. Dabei soll die Auswirkung von alltäglichen Geräuschen aus fremden Nutzungseinheiten auf die Wahrnehmung in den eigenen Wohnräumen dargestellt werden. So kann z. B. eine Wohnungstrennwand mit einem bewerteten Schalldämmmaß vom $R'_w = 55$ dB wie folgt charakterisiert werden:

„laute Gespräche im Nachbarraum sind hörbar, aber nicht verstehbar".

Hinweis:
Weitere verbale Beschreibungen finden sich in VDI 4100 [36] und der DEGA Empfehlung 103 „Schallschutzausweis" [34].

In den Begriffen „hörbar" und „verstehbar" stecken wertvolle psychoakustische Aussagen über die Qualität der Schalldämmung. Diese Einstufungen sind allerdings vom vorhandenen Grundgeräuschpegel im eigenen Wohnbereich abhängig. Je höher dieser ist, desto geringer ist die Wahrnehmbarkeit von Geräuschen und Gesprächen aus fremden Nutzungseinheiten. So werden beispielsweise Geräusche aus fremden Nutzungseinheiten in lauten Wohngegenden weniger stark wahrgenommen als in ruhigen Wohngegenden. Ursache ist hier die Überdeckung des Fremdgeräusches durch den Grundgeräuschpegel in den eigenen vier Wänden, der aus den Umgebungsgeräuschen (Verkehrsgeräuschen) resultiert. Gleiches gilt für interne Schallquellen (technische Gebäudeausrüstung, Haushaltsgeräte, Radio etc.).

Für eine Beurteilung ist somit zunächst der Grundgeräuschpegel in den eigenen Räumen festzulegen. Dieser liegt tagsüber, je nach Wohnlage, Verkehrssituation und technischer Gebäudeausrüstung, zwischen 20 dB(A) (sehr ruhig) und 30 dB(A) – 35 dB(A) (Wohnräume an Straßen mit geschlossenem Fenster).

Anschließend wird der Pegel ermittelt, der sich ohne den Grundgeräuschpegel, nur durch die Übertragung von Geräuschen aus einer fremden Nutzungseinheit (z. B. laute Musik des Nachbarn) über ein Trennbauteil hinweg einstellen würde. Dieser Pegel resultiert aus der Übertragung des zu beurteilenden Trennbauteils und seiner Flankenbauteile. Er ist somit umso geringer desto besser die Schalldämmung der Bauteile ist.

Der übertragene Schalldruckpegel kann nun mit dem vorhandenen Grundgeräuschpegel verglichen werden, um zur verbalen Beschreibung des Schallschutzes zu gelangen. Abb. 7.1 stellt diesen Vergleich graphisch dar.

Je nach Differenz der beiden Pegel ist das menschliche Gehör in der Lage diese störenden Geräusche zu hören und zu verstehen oder nicht zu verstehen. Um eine Vertraulichkeit zu gewährleisten ist es erforderlich, dass der übertragene Pegel deutlich unterhalb des Grundgeräuschpegels liegt. Folgende Kennwerte sind für diesen Schallpegelunterschied als Vertraulichkeitskriterium zu nennen [34], [35], [36]:

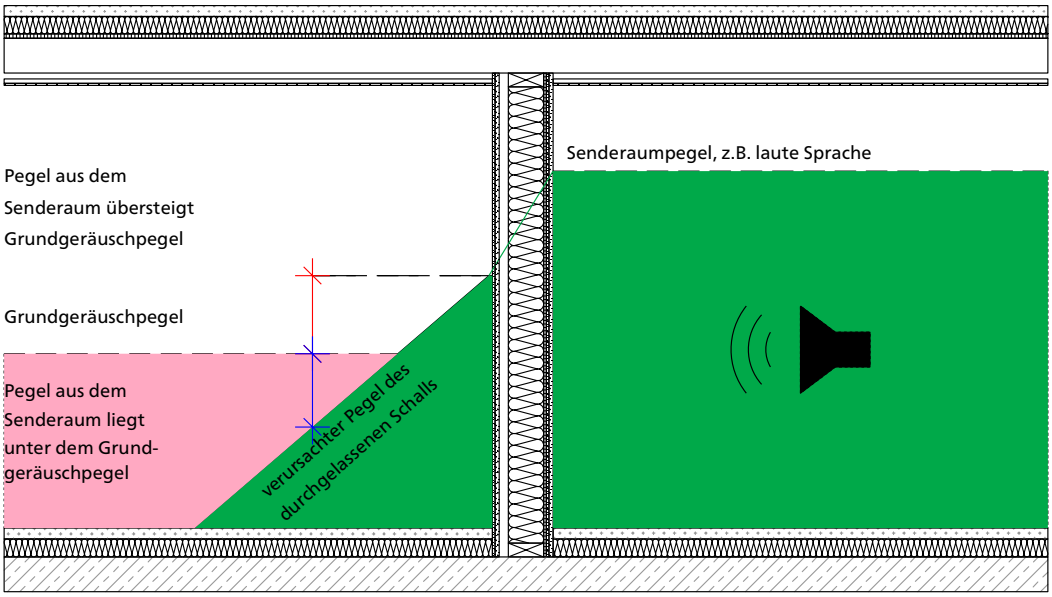


Abb. 7.1:
Vergleich des übertragenen Pegels (grün) mit dem vorhandenen Grundgeräuschpegel (rosa)

15 dB: Der übertragene Pegel liegt um 15 dB unterhalb des Grundgeräuschpegels. Fremdgeräusche sind nicht hörbar.

10 dB: Übertragene Sprache ist nicht zu verstehen und kaum hörbar. Die Teilnehmer eines Gesprächs können nicht identifiziert werden.

7 dB: Übertragene Sprache ist nicht verstehbar, aber noch hörbar.

3 dB: Übertragene Sprache ist in der Regel nicht verstehbar, aber noch hörbar. Unterste Grenze für Vertraulichkeitsanforderungen.

0 dB: Hintergrundpegel und Fremdgeräuschpegel sind gleich groß. Sprache ist noch verstehbar und hörbar.

-10 dB: Die Fremdgeräusche liegen über dem Grundgeräuschpegel. Sprache ist einwandfrei zu verstehen und zu hören.

Den vorstehenden Begriffen wird folgende Bedeutung zugemessen:

Hörbar:
Das Gespräch in der fremden Nutzungseinheit ist wahrzunehmen. Teilweise kann man auch feststellen, wer gerade spricht.

Verstehbar:
Das Gespräch ist mit den Inhalten nachvollziehbar. Es sind Sätze oder Satzfragmente identifizierbar.

Mit dieser Herangehensweise lassen sich auch individuelle Zielwerte für den Schallschutz in Abhängigkeit von der zu erwartenden Geräuschbelastung ermitteln, wie dies im Anwendungsbeispiel gezeigt wird.

Hinweis:
Auf die Herleitung bzw. Beschreibung von Werten inkl. Spektrumanpassungswerten für den Luftschallschutz wird hier verzichtet. Die Hinzuziehung anderer Spektren ist, wie in Kapitel 2 beschrieben, nicht für alle Bauteile gleichermaßen erforderlich. Eine Ausnahme bildet hier der Trittschall, was in Anhang A2 näher erläutert wird.

Anwendungsbeispiel:

Empfangsraum (eigene vier Wände):
Wohnzimmer: L x B x H = 5 x 6 x 2,5 m, innerstädtische Lage,
Grundgeräuschpegel: L_{GE} = 25 dB(A)
Nachhallzeit im Empfangsraum: T_E = 0,5 s
Normale Ausstattung der Räume mit Sofa und Teppichen.
Die Nachhallzeit kann allerdings in sehr modern (schallhart) ausgestatten Räumen auch ungünstig ansteigen.

Senderaum (Nachbar):
Küche: L x B x H = 4 x 5 x 2,5 m
Lärmquelle: laute Sprache, Schallleistungspegel: $L_w \approx 82$ dB(A)

Hinweis:
Es handelt sich hier um einen Schallleistungspegel.
Dieser muss zunächst in Abhängigkeit der Raumakustik / Nachhallzeit in einen Schalldruckpegel umgerechnet werden.
Nachhallzeit im Senderaum: T_S = 0,6 s

Formel nach Sabine:

$$A_S = 0{,}163 \cdot \left(\frac{V_S}{T_S} \right)$$

A_s: äquivalente Schallabsorptionsfläche im Senderaum in m^2
V_S: Volumen im Senderaum in m^3
T_S: Nachhallzeit im Senderaum in s

Für den Schalldruckpegel im diffusen Schallfeld ergibt sich:

$$L_S = L_w + 6\text{-}10 \; log \; A_S$$

L_W: Schallleistungspegel der Lärmquelle in dB(A)
L_S: Schalldruckpegel der Lärmquelle im Senderaum in dB(A)
V_S: 4,0 x 5,0 x 2,5 m = 50 m^3
A_S: 0,163 x (50 m^3/0,6 s) = 13,6 m^2
L_S: 82 dB(A) + 6 – 10 log(13,6 m^2) = **76,7 dB(A)**

Trennwand in Holzbauweise:
Ergebnis einer detaillierten Prognose: $R'_w - u_{prog} = 56{,}5$ dB
Bei einer gemeinsamen Trennbauteilfläche von: $S = 4{,}0$ m x $2{,}5$ m $= 10$ m²
Hier wird die Prognoseunsicherheit abgezogen, um
Ergebnisse auf der sicheren Seite liegend zu erhalten.

Berechnung des Pegels im Empfangsraum ohne Hintergrundpegel,
welcher durch die Trennwand hindurch gelassen wird:

$$L_E = L_S - R_w - 10\,log\left(\frac{A_E}{S}\right)$$

L_E: Schalldruckpegel im Empfangsraum verursacht durch den Senderaum in dB(A)
L_S: Schalldruckpegel der Lärmquelle im Senderaum in dB(A)
S: gemeinsame Trennbauteilfläche in m²
A_E: Absorptionsfläche im Empfangsraum in m²

Hinweis:
An dieser Stelle kann das Schalldämmmaß um einen Spektrumanpassungswert reduziert oder erhöht werden, um die Wirkung des Trennbauteils gegen ein bestimmtes Anregungsgeräusch genauer zu charakterisieren. Dadurch können die Zielwerte noch präziser auf die Art der anregenden Quelle abgestimmt werden.

$$A_E = 0{,}163 \cdot \left(\frac{V_E}{T_E}\right) = 0{,}163 \cdot \left(\frac{5 \cdot 6 \cdot 2{,}5\ m}{0{,}5\ s}\right) = 24{,}45\ m^2$$

$$L_E = L_S - R_w - 10\,log\left(\frac{A_E}{S}\right)$$

$$= 76{,}7\ dB(A) - 56{,}5\ dB - 10\,log\left(\frac{24{,}45\ m^2}{10\ m^2}\right)$$

=16,3 dB(A)

Grundgeräuschpegel:
L_{GE}: 25 dB(A)

Empfangsraumpegel durch Nachbargeräusch:
L_E: 16,3 dB(A)

Schallpegelunterschied als Vertraulichkeitskriterium:
ΔL: 8,7 dB(A)

Gemäß der Auflistung auf S. 179 ist davon auszugehen,
dass laute Sprache nicht zu verstehen, aber noch hörbar ist.
Umgekehrt lässt sich mit den gleichen Formeln auch bei gegebenem
ΔL das erforderliche Schalldämmmaß der Wand ermitteln.

A2 _ Herleitung von Zielwerten für den Trittschallpegel

Nachdem in Abschnitt 2.4 ein Kriterium für tiefe Frequenzen für die Schallschutzniveaus BASIS+ und KOMFORT eingeführt wurde, soll nun hier dargestellt werden, auf welcher Basis diese Werte fußen. Zunächst einmal muss die Frage gestellt werden, ob ein Zusammenhang zwischen dem üblicherweise zur Beurteilung der Trittschalldämmung einer Decke verwendeten bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ und der Wahrnehmung eines durch das Begehen einer Decke erzeugten Trittschallpegels besteht. Zur Überprüfung dieses Zusammenhangs werden in Abb. 7.3 die Ergebnisse von Messungen mit dem Norm-Hammerwerk mit Messergebnissen der Trittschallübertragungen beim Begehen unterschiedlicher Decken verglichen (zur Messanordnung siehe Abb. 7.2). Zur gehörrichtigen Bewer-

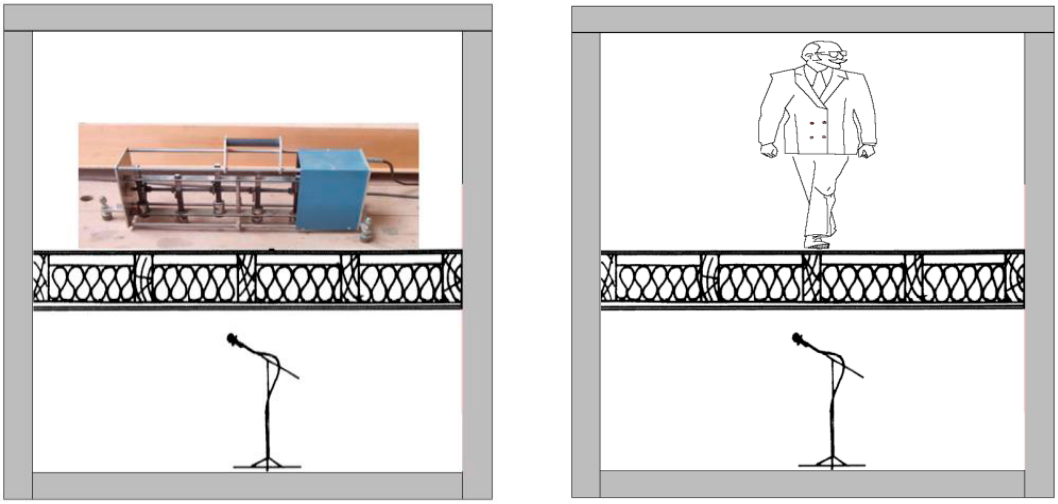


Abb. 7.2: Messung der Trittschallübertragung einer Decke. Links: Trittschallanregung durch das Norm-Hammerwerk. Rechts: Anregung durch Begehen der Decke.

tung wurde aus der Trittschallübertragung beim Begehen der Decke der A-bewertete und nachhallkorrigierte Maximalwert des Trittschallpegels $L_{AFmax,n}$ gebildet. Die einzelnen Punkte in Abb. 7.3, die jeweils das Ergebnis eines Deckenaufbaus darstellen, zeigen eine sehr schwache Korrelation. Dies bedeutet, dass zwischen dem bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ und dem A-bewerteten Trittschallpegel $L_{AFmax,n}$ kein eindeutiger Zusammenhang besteht. Offensichtlich ruft beispielsweise eine Decke mit $L_{n,w}$ = 52 dB mit einem $L_{AF,max,n}$ = 42 dB(A) eine ähnliche Wahrnehmung der übertragenen Gehgeräusche hervor wie eine Decke mit $L_{n,w}$ = 37 dB. Es zeigt sich also, dass der $L_{n,w}$ als Beurteilungsgröße für die Störwirkung von Gehgeräuschen ungeeignet ist.

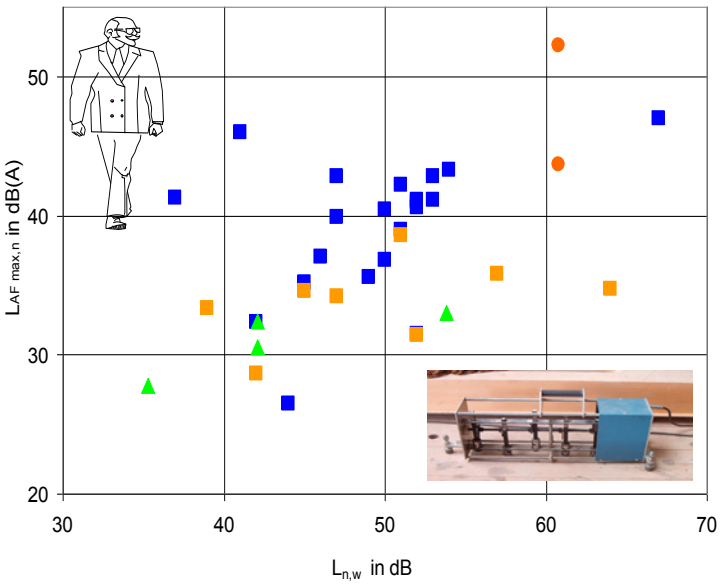


Abb. 7.3:
Korrelation von $L_{n,w}$ und subjektivem Empfinden: Zusammenhang zwischen dem bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ und dem A-bewerteten Trittschallpegel $L_{AFmax,n}$ beim Begehen von Holzdecken.

Blaue Quadrate: Messungen im ift Rosenheim [32]
orange Quadrate: Messungen an der TH Rosenheim [31]
grüne Dreiecke: Messungen im Deckenprüfstand von Knauf, Iphofen [33].

In Abschnitt 2.3 wurde bereits verdeutlicht, dass ein Großteil der Schallenergie beim Gehen im Frequenzbereich unter 100 Hz übertragen wird. Es ist somit nur folgerichtig, Frequenzen unter 100 Hz mit in die bauakustische Bewertung einfließen zu lassen, um einen Maßstab für die Güte eines Bauteils zu erhalten. In Abb. 7.4 sind die Decken aus Abb. 7.3 nochmals, jedoch inklusive deren Spektrumanpassungswerte $C_{I,50\text{-}2500}$ aufgetragen. Es zeigt sich nun eine deutlich bessere Korrelation zwischen den A-bewerteten Trittschallpegeln beim Begehen der Decke und den nach DIN EN ISO 717-2 mit $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ bewerteten Hammerwerks-Messungen. Hierdurch wird auch ersichtlich, dass die in Abb. 7.3 gezeigte, schwache Korrelation weniger durch die Art der Anregung mit dem Norm-Hammerwerk als vielmehr durch die unzutreffende Bewertung über den $L_{n,w}$ verursacht wurde.

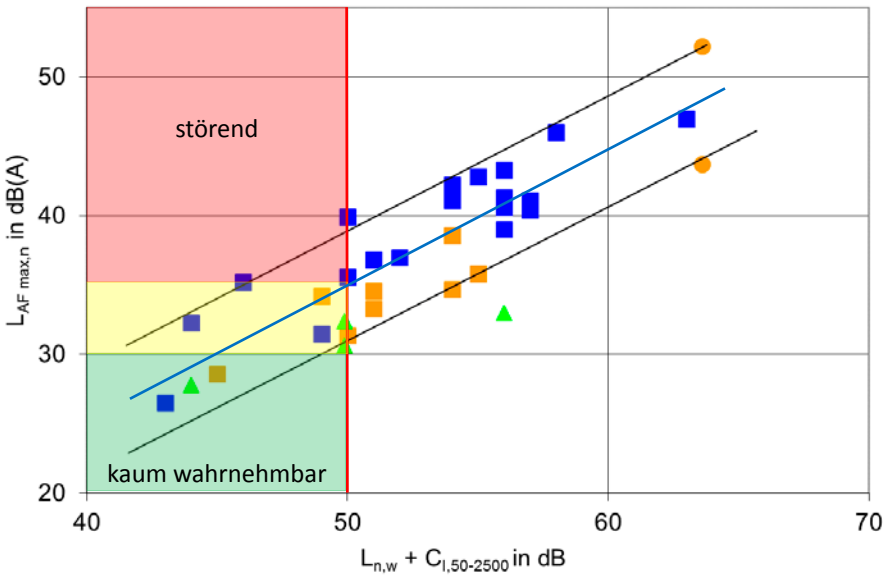


Abb. 7.4: Zusammenhang zwischen dem $L_{AFmax,n}$ und dem $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ zur Ableitung von Zielwerten für die Bauteilentwicklung

Zur Festlegung der Zielwerte für eine gute Trittschalldämmung kann nun das subjektive Empfinden des Bewohners anhand von Erfahrungswerten über die Störempfindung berücksichtigt werden. Üblicherweise fühlen sich die meisten Menschen bei einem $L_{AF,max,n} > 35$ dB(A) gestört. Liegt also der Pegel, der durch Gehen auf einer Decke verursacht wird, deutlich unter 35 dB(A), so ist davon auszugehen, dass sich der Nutzer nicht mehr gestört fühlt. Dies wird nach Abb. 7.4 von Decken mit einem $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} < 47$ bis 53 dB erreicht. Daraus wurde ein $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} < 50$ dB für das Schallschutzniveau BASIS+ in Abschnitt 2.4 abgeleitet. Um eine weitere wahrnehmbare Verbesserung zu erreichen, sollte die Verbesserung bei $L_{AF,max,n}$ bei ca. 3 - 5 dB (A) liegen. Dies führt zu einem $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} < 44$ bis 50 dB, woraus das KOMFORT Schallschutzniveau mit $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} < 47$ dB abgeleitet wurde.

A-Bewertung dB(A)

entspricht näherungsweise der Nachbildung menschlicher Hörwahrnehmung.

Die A-Bewertung spiegelt näherungsweise die Störwirkung von Schalldruckpegeln im menschlichen Gehör wider. Es werden nicht alle Schalldruckpegel bei jeder Frequenz gleich störend wahrgenommen. Tendenziell werden hohe Frequenzen störender wahrgenommen.

$\neq$

Bauakustische Bewertung $L_{n,w}$;R_w

entspricht einem Vergleich der gemessenen bauakustischen Größen Schalldämmmaß und Normtrittschallpegel mit einer Vergleichskurve. Bewertete Größen tragen den Index „$_w$“.

8 _ Literaturverzeichnis

[1] DIN 4109-1:2018-01
Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen
DIN 4109-2:2018-01
Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen
DIN 4109-33:2016-07
Schallschutz im Hochbau – Teil 3: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Holz-, Leicht- und Trockenbau

[2] Gösele, K.; Schüle, W.; Künzel, H.:
Schall – Wärme – Feuchte, Bauverlag, Wiesbaden 10. Auflage 1997

[3] Fasold, W., Veres, E.:
Schallschutz und Raumakustik in der Praxis, Huss-Medien, Berlin 2. Auflage 2003

[4] Berger, R.: Über die Schalldurchlässigkeit, R. Oldenbourg Verlag, 1911

[5] Huber, A., Ermittlung von Planungsdaten für den Schallschutz von Außenwänden in Holzbauweise mit unterschiedlichen Dämmstofftypen. Datensammlung – Bauteilmessung – Simulation, Bachelorarbeit HS Rosenheim, 2018

[6] Rabold, A., Hessinger, J., Bacher, S., Erarbeitung eines Prognoseverfahrens zur Bestimmung der Schalldämmung von Holztafelwänden auf der Grundlage der Konstruktion und der verwendeten Werkstoffe, DGfH-Forschungsbericht des Labors für Schall- und Wärmemeßtechnik, Stephanskirchen, 2006

[7] Hessinger, J. ; Buschbacher, H.-P.; Rabold, A.; Holtz, F.:
Sound insulation of solid wood constructions, Fortschritte der Akustik, DAGA 2004, S. 739, 2004

[8] Wintergerst, E., Theorie der Schalldurchlässigkeit von einfachen und zusammengesetzten Wanden. Schalltechnik 4 [1931], 85 und 5 [1932], 1.

[9] Hessinger, J.; Buschbacher, H.P.; Rabold, A.; Leitgeb, M.; Ramsteiner, R.; Holtz, F.:
Schwingungsverhalten von Holztafelwänden, Fortschritte der Akustik – DAGA 2003, S. 152, 2003

[10] Schmidt, H.,:
Schalltechnisches Taschenbuch; Schwingungskompendium, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1996

[11] Holtz, F.; Rabold, A.; Hessinger, J.; Buschbacher, H.P.:
Schalltechnische Optimierung des Holzbaus durch Verbesserung der Wandkonstruktionen, AiF-Forschungsbericht der LSW-Labor für Schall- und Wärmemesstechnik GmbH, 2004

[12] Holtz, F.; Rabold, A.; Buschbacher, H.P.; Hessinger J.: INFORMATIONSDIENST HOLZ, holzbau handbuch, R3/T3/F3, Schalldämmende Holzbalken- und Brettstapeldecken, Hrsg. Entwicklungsgemeinschaft Holzbau, München 1999

[13] DIN 18560
Estriche im Bauwesen
DIN 18560-1:2004-04
Allgemeine Anforderungen, Prüfung und Ausführung;
DIN 18560-2:2004-04
Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche)
DIN 18560-3:2006-03
Verbundestriche
DIN 18560-4:2004-04
Estriche auf Trennschicht
DIN 18560-7:2004-04
Hochbeanspruchbare Estriche (Industrieestriche)

[14] DIN EN 13318:2000-12
Estrichmörtel und Estriche- Begriffe

[15] ÖNORM B 8115-1 Beiblatt 1:2004-03
Schallschutz und Raumakustik im Hochbau
Teil 1: Begriffe und Einheiten
Bewertung der Trittschallminderung durch eine Deckenauflage auf einer Bezugs-Holzdecke

[16] Holtz, F. ; Hessinger J.; Öchsle, O.; Buschbacher, H.P.; Rabold, A.: Analyse, Lokalisierung, Sanierung und Vermeidung von schalltechnischen Mängeln im Holzbau, DGfH-Forschungsbericht der LSW - Labor für Schall- und Wärmemesstechnik GmbH (gefördert durch Holzabsatzfonds), 2003

[17] Holtz, F.; Rabold, A.; Buschbacher, H.P.; Hessinger J.: Hochschalldämmende Außenbauteile aus Holz, DGfH-Forschungsbericht der LSW - Labor für Schall- und Wärmemesstechnik GmbH (gefördert durch Holzabsatzfonds), 2003

[18] Rabold, A., Hessinger, J., Holtz, F., Buschbacher, H.P., "Schalldämmung von Haustrennwänden in Holzbauweise", Fortschritte der Akustik – DAGA 2005, S. 613, 2005

[19] Holtz, F.; Hessinger J.; Rabold, A.; Buschbacher, H.P.: INFORMATIONSDIENST HOLZ, holzbau handbuch, R3/T3/F4, Schallschutz - Wände und Dächer, Hrsg. Holzabsatzfonds und DGfH, 2004

[20] Ift Rosenheim, Bauteildatenbank Wände

[21] Wohlmuth, B., Horger, T., Rank, E., Kollmannsberger, S., Frischmann, F., Paolini, A., Schanda, U., Mecking, S., Kruse, T., Rabold, A., Châteauvieux-Hellwig, C., Schramm, M., Müller, G., Winter, C., Vibroakustik im Planungsprozess für Holzbauten - Modellierung, numerische Simulation, Validierung - Forschungs-Kooperationsprojekt TU München, Hochschule Rosenheim, ift Rosenheim, 2017

[22] Châteauvieux-Hellwig C., Bacher, S., Rabold, A., Schallschutz von Flachdächern in Holzbauweise - Luft- und Trittschalldämmung von Flachdächern und Dachterrassen, Forschungsprojekt ift Rosenheim, in Bearbeitung

[23] VDI 2566 Blatt 2: 2004-05. Schallschutz bei Aufzugsanlagen ohne Triebwerksraum, Verein Deutscher Ingenieure, 2004

[24] DIN 4109-35:2016-07 Schallschutz im Hochbau – Teil 35: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden.

[25] DIN EN 14351-1: 2006 Fenster und Türen – Produktnorm Leistungseigenschaften Teil 1: Fenster und Außentüren ohne Eigenschaften bezüglich Feuerschutz und/oder Rauchdichtheit, Beuth Verlag, 2006.

[26] DIN 18005-1:2002-07 Schallschutz im Städtebau – Teil 1: Grundlagen und Hinweise für die Planung, Beuth Verlag, 2002.

[27] Holtz, F.; Buschbacher, H.P.; Hessinger J.; Rabold, A.: Trittschalldämmung von Treppen im Holzbau, Bestandsaufnahme, Analyse, Optimierung, DGfH-Forschungsbericht des Labor für Schall- und Wärmemesstechnik (gefördert durch Holzabsatzfonds), 2001

[28] Hessinger, J.; Buschbacher, H.P.; Holtz, F.: Schallschutz von leichten Treppen im Holzbau, mikado 09/2001, Seite 62, 2001

[29] Holtz, F.; Buschbacher, H.P.; Hessinger, J.: Schallschutz von leichten Treppen im Holzbau, Bauen mit Holz 7/2002, Seite 27, 2002

[30] Rabold, A., Châteauvieux-Hellwig, C., Mecking, S., Optimierung von Holzdecken in Bezug auf die DIN 4109, Tagungsband HolzBau-Spezial Bauphysik, Bad Wörishofen 2017

[31] Erhardt, D., Morkötter, D.,
Gehversuche auf Holzdecken zum Vergleich mit den bewerteten Norm-Trittschallpegeln gemäß DIN EN ISO 717, Studienarbeit, Hochschule Rosenheim, 2010

[32] Rabold, A., Rank, E.,
Anwendung der Finiten Elemente Methode auf die Trittschallberechnung, Teilbericht zum Kooperationsprojekt: Untersuchung der akustischen Wechselwirkungen von Holzdecke und Deckenauflage zur Entwicklung neuartiger Schallschutzmaßnahmen, ibp Stuttgart, TU München, ift Rosenheim, DGfH 2009

[33] Seidel, J.,
Trittschall- und Geher-Messungen im Deckenprüfstand der Fa. Knauf Gips KG, Iphofen, 2010

[34] DEGA-Empfehlung 103:
"Schallschutz im Wohnungsbau – Schallschutzausweis",
DEGA Fachpublikation 2018

[35] Moll, W., Moll, A.,
Schallschutz im Wohnungsbau – Gütekriterien, Möglichkeiten, Konstruktionen,
Ernst W. + Sohn Verlag, 2011

[36] VDI 4100:2007-08,
Schallschutz von Wohnungen – Kriterien für die Planung und Beurteilung,
VDI Richtlinie, 2007

HOLZBAU
DEUTSCHLAND
INSTITUT

Holzbau Deutschland-Institut e.V.
Kronenstraße 55-58
D-10117 Berlin
Tel. +49 (0) 30 20314 533
Fax +49 (0) 30 20314 566
www.institut-holzbau.de

Technische Anfragen an:
Fachberatung Holzbau
Telefon: (030) 57 70 19 95
Montag bis Freitag von 9 bis 16 Uhr
Dieser Service ist kostenfrei.
fachberatung@informationsdienst-holz.de
www.informationsdienst-holz.de

Ein Angebot des
Holzbau Deutschland-Institut e.V.
in Kooperation mit dem
Informationsverein Holz e.V.