

Bauakustik

interner Nachweis Schallschutz Schulgebäude

Erweiterung Hardtberg-Gymnasium Bonn

Projektnummer: 4778-19

Objekt: Neubauerweiterung Hardtberg Gymnasium Bonn
Gaußstraße 1
53125 Bonn

Bauherr: Städtisches Gebäudemanagement Bonn
SGB/85
Berliner Platz 2
53111 Bonn

Architekt: Heinle, Wischer und Partner
Freie Architekten GbR
Stolkgasse 25-45
50667 Köln

gefertigt:



A. Rösch

gezeichnet:


Oliver Schwinn



Bonn, den 25.04.2024
20240425abr BA Nachweis.docx

1	Aufgabenstellung	3
2	Normen, Richtlinien und Vorschriften	3
3	Grundlagen	3
4	Anforderungen	3
4.1	Kennzeichnende Größen	4
4.2	Anforderungen an Schulen	4
4.2.1	Decken	4
4.2.2	Wände	5
4.2.3	Türen	5
4.2.4	haustechnische Anlagen	5
4.3	Anforderungen nach DIN 4109 von Bauteilen zwischen „besonders lauten“ und schutzbedürftigen Räumen	6
5	Stichprobenhafte Kontrollen	7
6	Weitere Angaben	7
6.1	Haustechnische Anlagen	7
6.1.1	Wasserinstallationen	7
6.1.2	Installationsschächte/Kamine	8
6.1.3	Leitungsführung	9
6.1.4	mechanische Lüftung	9
6.1.5	Schwingungsisolierung	10
6.2	Ausführungshinweise	11
6.2.1	Türen	11

1 Aufgabenstellung

Das Städtische Gebäudemanagement Bonn plant die Erweiterung des Hardtberg-Gymnasiums in Bonn um ein freistehendes Unterrichtsgebäude mit 7 Klassenräumen. Bauordnungsrechtlich ist somit der Nachweis des bauordnungsrechtlichen Schallschutzes gemäß DIN 4109 erforderlich. Weiterhin bestehen Anforderungen gemäß des Planungsleitfadens für Bau- und Modernisierungsmaßnahmen der Stadt Bonn.

Aufgabe dieser Bearbeitung ist es, für das vorliegende Bauvorhaben auf der Grundlage der baugesetzlichen Mindestanforderungen, der geltenden Normen und den allg. anerkannten Regeln der Technik den bauordnungsrechtlichen Nachweis für den baulichen Schallschutz zu führen.

2 Normen, Richtlinien und Vorschriften

Maßgebende Vorschrift für den bauordnungsrechtlichen Schallschutz ist die DIN 4109 - Schallschutz im Hochbau.

- (1) DIN 4109-1:2018-01 Schallschutz im Hochbau Mindestanforderungen; Januar 2018
- (2) DIN 18560 Estriche im Bauwesen; September 2009
- (3) VDI 3728:2012-03 Schalldämmung beweglicher Raumabschlüsse Türe und Mobilwände
- (4) DIN EN 15251:2012 - Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden - Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik

3 Grundlagen

Beurteilungsgrundlage für die vorliegende bauakustische Bearbeitung sind nachfolgend aufgeführte Unterlagen:

- Grundrisse, Schnitte, Ansichten M 1:100, Februar 2024

4 Anforderungen

In der DIN 4109 - Schallschutz im Hochbau - sind Anforderungen an den Schallschutz mit dem Ziel festgelegt, Menschen in Aufenthaltsräumen vor unzumutbaren Belästigungen durch Schallübertragung zu schützen.

4.1 Kennzeichnende Größen

Nachfolgend sind die kennzeichnenden Größen für die Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung von Bauteilen erläutert.

R'_w	bewertetes Schalldämmmaß in dB mit Schallübertragung über flankierende Bauteile
R_w	bewertetes Schalldämmmaß in dB ohne Schallübertragung über flankierende Bauteile
$D_{n,T,w}$	bewertete Standard-Schallpegeldifferenz
$L'_{n,w}$	bewerteter Norm-Trittschallpegel
$L'_{n,T,w}$	bewerteter Standard-Trittschallpegel
L_{AF}	Schalldruckpegel
$L_{AF,max,n}$	maximaler A-bewerteter Schalldruckpegel
$L_{r,n}$	Beurteilungspegel L_r

4.2 Anforderungen an Schulen

Nachfolgend werden die bauakustischen Anforderungen nach DIN 4109 tabellarisch aufgelistet.

4.2.1 Decken

Bauteile	erf. R'_w [dB]	erf. $L'_{n,w}$ [dB]	Bemerkungen
Decken zwischen Unterrichtsräumen und ähnlichen Räumen/Decken unter Fluren	≥ 55	≤ 53	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in Aufenthaltsräumen in alle Schallausbreitungsrichtungen. Zu ähnlichen Räumen gehören auch solche Räume mit erhöhtem Ruhebedürfnis, z. B. Schlafräume.
Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und „besonders lauten“ Räumen (z.B. Speiseräume, Cafeterien, Musikräume, Spielräume, Technikzentralen)	≥ 55	≤ 46	Wegen der verstärkten Übertragung tiefer Frequenzen können zusätzlich Maßnahmen zur Körperschalldämmung erforderlich sein.
Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und z.B. Sporthallen, Werkräumen	≥ 60	≤ 46	

4.2.2 Wände

Bauteile	erf. R'_w [dB]	Bemerkungen
Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und zu Fluren	≥ 47	Zu ähnlichen Räumen gehören auch solche Räume mit erhöhtem Ruhebedürfnis, z. B. Schlafräume.
Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Treppenhäusern	≥ 52	
Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und „lauten“ Räumen (z.B. Speiseräume, Cafeterien, Musikräume, Spielräume, Technikzentralen)	≥ 55	
Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und z.B. Sporthallen, Werkräumen	≥ 60	

4.2.3 Türen

Bauteile	erf. R_w [dB]
Türen zwischen Unterrichtsräumen und ähnlichen Räumen und Fluren	≥ 32
Türen zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen untereinander	≥ 37

4.2.4 haustechnische Anlagen

Die Werte für die zulässigen Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen von Geräuschen aus haustechnischen Anlagen nach DIN 4109 sind in nachfolgender Tabelle wiedergegeben.

Geräuschquelle	Maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel [dB(A)]
	Arbeitsräume
Sanitärtechnik/Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam)	$L_{AF,max,n} \leq 35^{a,b,c}$
Sonstige hausinterne, fest installierte technische Schallquellen der technischen Ausrüstung, Ver- und Entsorgung sowie Garagenanlagen	$L_{AF,max,n} \leq 35^c$

- a) Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Betätigen der Armaturen und der Trinkwasser-Installation (Öffnen, Schließen, Umstellen, Unterbrechen) entstehen, sind derzeit nicht zu berücksichtigen.
- b) Voraussetzungen zur Erfüllung des zulässigen Schalldruckpegels:
 - Die Ausführungsunterlagen müssen die Anforderungen des Schallschutzes berücksichtigen, d.h. zu den Bauteilen müssen die erforderlichen Schallschutznachweise vorliegen;
 - außerdem muss die verantwortliche Bauleitung benannt und zu einer Teilabnahme vor Verschließen bzw. Bekleiden der Installation hinzugezogen werden.
- c) Abweichend von DIN EN ISO 10052:2010-10, 6.3.3, wird auf Messung in der lautesten Raumecke verzichtet (siehe auch DIN 4109-4).

4.3 Anforderungen nach DIN 4109 von Bauteilen zwischen „besonders lauten“ und schutzbedürftigen Räumen

Nachfolgend werden die Anforderungen nach DIN 4109, Tabelle 8, zwischen „besonders lauten“ und schutzbedürftigen Räumen, tabellarisch aufgelistet.

Art der Räume	Bauteile	erf. R'_w [dB]		erf. $L'_{n,w}$ [dB]
		Schalldruckpegel L_{AF} = 75-80 dB(A)	Schalldruckpegel $L_{AF} = 81-85$ dB(A)	
Räume mit „besonders lauten“ haustechnischen Anlagen oder Anlageteilen	Decken, Wände	≥ 57	≥ 62	--
	Fußböden	--		≤ 43 ¹

- 1) Nicht erforderlich, wenn geräuscherzeugende Anlagen ausreichend körperschallgedämmt aufgestellt werden; eventuelle Anforderungen nach Tab. 3 bleiben hiervon unberührt

5 Stichprobenhafte Kontrollen

Nach der Bauordnung NRW muss sich der staatlich anerkannte Sachverständige für Schall- und Wärmeschutz durch stichprobenhafte Kontrollen während der Bauausführung davon überzeugen und zur Fertigstellung bescheinigen, dass die baulichen Anlagen entsprechend den aufgestellten Nachweisen zum Schall- und Wärmeschutz errichtet worden sind.

erstellt:

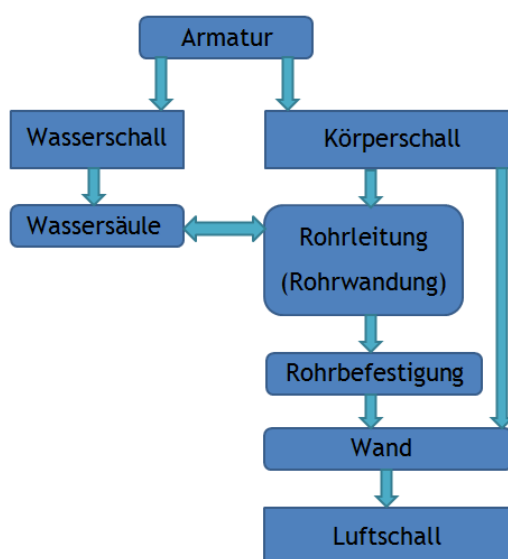
Bonn, 15. Mai 2024

6 Weitere Angaben

6.1 Haustechnische Anlagen

6.1.1 Wasserinstallationen

Geräusche von Sanitärinstallationen werden unterschieden zwischen Betriebsgeräuschen (z. B. Strömungsrauschen), Geräusche die bei der Betätigung entstehen (z. B. Öffnen und Schließen der Armaturen), Nutzergeräusche (hartes Schließen des WC-Deckels, das Aufstellen eines Zahnputzbechers auf Abstellplatte, rutschen in der Badewanne, Spureinlauf).



Die aus architektonischer Sicht wesentlichen Einflussgrößen für Sanitärinstallationen ist die Lage der WCs und Badezimmer im Gebäude. Hierbei muss der aus schalltechnischer Sicht

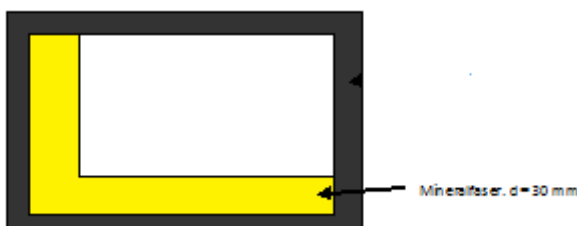
nächstgelegene schützenswerte Aufenthaltsraum sowie die Anordnung der Installationen im Raum berücksichtigt werden.

Zur Minderung und Begrenzung der auftretenden Geräuschbelästigungen sind verschiedene planerische und bauliche Maßnahmen zu berücksichtigen:

1. Schutzbedürftige Räume sollten nicht unmittelbar an Wände mit Sanitär-Installationen oder unter Sanitärräumen angeordnet werden.
2. Rohrleitungen und Armaturen sind körperschallgedämmt zu verlegen
3. Die verwendeten Armaturen müssen die Anforderungen der DIN 4109 erfüllen
4. Die eingesetzten Installationswände müssen die Anforderungen der DIN 4109 erfüllen
5. Für Rohrleitungen auf der Rohdecke muss eine ausreichende Höhenausgleichsschicht berücksichtigt werden.
6. Der Ruhedruck der Wasserversorgungsanlagen nach Verteilung in den Stockwerken vor den Armaturen darf nicht mehr als 0,5 MPa betragen.
7. Durchgangsarmaturen (z. B. Absperrventile) müssen immer voll geöffnet sein und dürfen nicht zum drosseln verwendet werden.
8. Es ist zu vermeiden, dass Installationsschächte durch fremde, schutzbedürftige Räume geführt werden.
9. Es ist zu vermeiden, dass Installationen durch fremde, schutzbedürftige Räume verzogen werden (z.B. unterhalb der Decke).

6.1.2 Installationsschächte/Kamine

Installationsschächte sind als leichte Schachtwände mit einem schalltechnischen Prüfzeugnis auszuführen. Alternativ ist der Schacht massiv abzumauern. Die Schachtwand ist zweiseitig mit Mineralfaser $d \geq 30$ mm als Hohlraumdämpfung auszukleiden (siehe Skizze) oder der gesamte Hohlraum ist mit Mineralstopfwole zu verfüllen.



Von der Haustechnik ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen, dass der Schalldruckpegel von $L_{AF} = 61 \text{ dB(A)}$ im Schacht nicht überstiegen wird, einen gleichmäßigen Verlauf hat, und insbesondere in den tiefen Frequenzen keine Spitzen aufweist. Revisionsöffnungen sind in nicht schützenswerten Räumen anzuordnen.

6.1.3 Leitungsführung

Grundsätzlich empfehlen wir haustechnische Installationen so zu führen, dass keine schalltechnisch hochwertigen Bauteile geschwächt werden (z.B. Verteilung über Flure).

Durch die haustechnische Planung muss gewährleistet werden, dass der geplante Luftschallschutz nicht durch das Kanal- oder Rohrleitungsnetz vermindert wird.

Ist ein Leitungsverzug durch schalltechnisch relevante Bauteile unabdingbar, so ist durch haustechnische Zusatzmaßnahmen (z.B. Schalldämpfer) sicherzustellen, dass keine schalltechnische Schwächung des Bauteils erfolgt. Insbesondere Verbindungen durch z.B. Lüftungsschächte sind durch geeignete Schalldämpfer (z.B. Telefoneschalldämpfer) zu unterbrechen, um sicherzustellen, dass keine Lärmübertragung von einem Raum zum anderen über die Lüftung erfolgen kann.

Rohrleitungsnetze müssen grundsätzlich durch den Einsatz von körperschalldämmenden Manschetten oder Ummantelungen vom Baukörper getrennt werden.

6.1.4 mechanische Lüftung

Bei der mechanischen Lüftung von Nichtwohngebäuden sind von der Haustechnik die Schalldruckpegel der *DIN EN 16798-1:2021-04- Energetische Bewertung von Gebäuden - Lüftung von Gebäuden - Teil 1: Eingangsparameter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik* - zu beachten.

In der nachfolgenden Tabelle sind die vorgeschlagenen zulässigen A-bewerteten Schalldruckpegel, die durch die Lüftungs- oder Klimaanlage und weitere Anlagen in verschiedenen Raumarten entstehen und/oder übertragen werden, angegeben. Die Werte können überschritten werden, wenn die sich im Raum aufhaltende Person den Betrieb der Anlage beeinflussen kann. Jedoch sollte auch in diesem Fall ein Überschreiten der Auslegungswerte begrenzt werden, zum Beispiel auf 10 dB.

6.1.5 Schwingungsisolierung

Sämtliche haustechnischen Anlagen, die allgemein Geräusche und Schwingungen erzeugen, müssen vom beauftragten Fachplaner für Gebäudetechnik körperschalldämmend aufgestellt, schalltechnisch vom Gebäude entkoppelt bzw. abgehängt werden.

Auch Garagentore, Türschließer, Tastschalter, Rollläden etc. regen zu Körperschall an, der zu störenden Geräuschen in benachbarten Bereichen führen kann. Durch eine körperschallentkoppelte Montage können störende Geräusche vermindert werden. Die Einhaltung der schalltechnischen Anforderungen sind durch den jeweiligen Hersteller mittels eines Prüfzeugnisses zu belegen.

Über angeschlossene Rohrleitungen / Kanalnetze darf keine Reduzierung der Wirksamkeit einer schwingungsisolierten Lagerung erfolgen.

Grundsätzlich empfehlen wir schwingungserzeugende technische Geräte körperschallentkoppelt aufzustellen.

Hierbei sollte die Eigenfrequenz der Schwingungsisolierung so gewählt werden, dass der Isolierfaktor der Schwingungsisolierung $> 90 \%$ und das Abstimmungsverhältnis zwischen Erregerfrequenz und Eigenfrequenz ≥ 4 liegt.

Je nach Aufstellungsort und Art der Schwingungsanregung kann es erforderlich sein, den o.a. Isolierfaktor zu erhöhen. Dies muss im Einzelfall entschieden und geprüft werden.

Sollen die Berechnungen zur technischen Akustik durch unser Büro durchgeführt werden, sind uns folgende Angaben zur Verfügung zu stellen:

- Aufstellungsplan
- Geräteabmessungen
- Aufstellungsgröße und Auflagerpunkte
- Gerätetyp / Hersteller
- Gewicht
- Drehzahlen
- Technischen Datenblätter

Grundsätzlich ist eine bauseitige Entkopplung, wie nachfolgend beschrieben (blau), bereits im Vorfeld zu berücksichtigen. Dies ist der Statik frühzeitig wegen der nicht unerheblichen Lasten mitzuteilen:

Aufbau **von oben nach unten**

Entkopplung des Hersteller bzw. bei der Montage:
1 Gerät

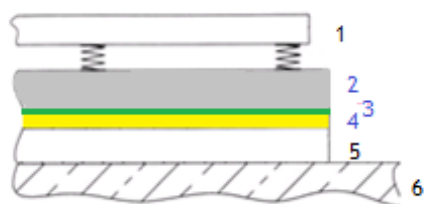
interne Lagerung (Hersteller/Montageseitig), Abstimmfrequenz $f_0 \leq 5,0$ Hz

Bauseitige Entkopplung:

2	200 mm	Stahlbeton-Fundament als Zwischenmasse
3		Trennschicht, z.B. Pappe oder Folie
4	50 mm	Elastomerfeder

Grundkonstruktion:

5	evt. Ausgleichsschicht zur Herstellung eines ebenen Untergrundes
6	Rohdecke/Dachaufbau



Eine konkrete Berechnung kann erst nach Erhalt der o.a. Daten durchgeführt werden.

6.2 Ausführungshinweise

6.2.1 Türen

Die Schalldämmung der Türen hängt gleichermaßen von der Schalldämmung des Türblattes wie von der Dichtung der Falze, der Fuge an der Türunterkante und den Anschlüssen der Zarge am Mauerwerk ab.

Die Anforderungen der DIN 4109 beziehen sich auf die gebrauchsfertige, eingebaute Türanlage (Türblatt einschließlich Rahmen oder Zarge).

Zur Einhaltung der Anforderungen der DIN 4109 ist zum notwendigen Schalldämm-Maß der Tür nach VDI 3728 **mindestens 5 dB Vorhaltemaß** zu addieren. Nach Lutz sind bei Schalldämm-Maßen ab 32 dB Vorhaltemaße von 7 dB und mehr zu empfehlen:

Bewertetes Bauschalldämm-Maß R_w des funktionsfähig eingebauten Gesamt-systems [dB]	Bewertetes Schalldämm- Maß $R_{w,P}$ des funktionsfähig eingebauten Gesamt-türsystems, gemessen in einem bauakustischen Prüfstand ohne Nebenwegsübertragung [dB]	Ausführung des Bodens (bei Doppel/Hohlraumbodensystemen sind die erf. Schall-Längsleitungen $R_{L,w,P}$ / $D_{n,f,w,P}$ in Klammern zu beachten, die per Prüfzeugnis vom Hersteller nachzuweisen sind) [dB]
32	≥ 37 (39)	schw. Estrich mit Fugenschnitt
37	≥ 42 (44)	schw. Estrich mit Fugenschnitt

Nach VDI 3728 bzw. Empfehlungen Lutz

Anmerkung VDI 3728 Ab einem Schalldämm-Maß von $R_w = 32$ dB ($R_{w,P} = 37$ dB) ist ein schwimmender Estrich unterhalb des Türelements zu trennen.

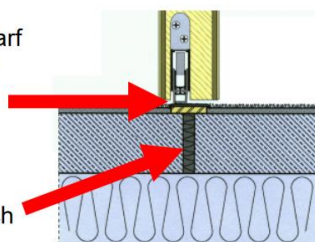
Es ist zu beachten, dass die ein Vorhaltemaß enthaltenden Labormesswerte (Spalte 2) nur dann gelten, wenn sich Lieferung und Einbau **aller Teile in einer Hand** befinden. Die Türanlage ist nach Einbauvorschrift des Herstellers zu installieren.

Grundsätzliche Angaben zum Einbau können kennen dem Info Blatt des ift Rosenheim - Innentüren richtig montieren - entnommen werden.

Der Fugenschnitt ist wie folgt anzuordnen:

Die Bodendichtung muss vollständig aufliegen, es darf kein Licht zwischen Bodenschiene und Gummilippe durchscheinen (kein Teppich als Auflage)

Estrichtrennung zwischen beiden Räumen erforderlich




Quelle: Fa. Neuform - Schallschutz bei Innentüren

interner Schallschutznachweis nach DIN 4109 : 2018/2019

**Bezeichnung des Gebäudes
oder des Gebäudeteils** : Neubauerweiterung Hardberggymnasium
Straße und Hausnummer : Gaußstraße 1
Ort : Bonn
Bauherr : Stadt Bonn

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Übersicht	2
1.1. Tabellarische Zusammenfassung der Bauteilergebnisse	2
2. Trennende Innenbauteile	2
2.1. WAND 1: Unterrichtstrennwand massiv	2
2.2. WAND 2: Flurwand	7
2.3. WAND 3: Treppenhaustrennwand	10
2.4. DECKE 1: Boden	14
2.5. DECKE 2: Decke	18
2.6. TÜR 1: Türen	22

Name und Anschrift des Aufstellers	Datum und Unterschrift
Bearbeiter: abr  SCHWINN INGENIEURE Bauphysik und Akustik SCHWINN Ingenieure Bauphysik + Akustik + Schallimmissionsschutz Kölustraße 297 - 53117 Bonn Tel.: 0228 . 96 94 58 - 0 Fax: 0228 . 76 369 987 E-Mail: mail@schwinn-ingenieure.de	Bonn, den 15. Mai 2024 ----- ----- Unterschrift

1. Übersicht

1.1 Tabellarische Zusammenfassung der Bauteilergebnisse

Bauteile	¹⁾ erf. $D_{n,w}/R'_w$	²⁾ vorh. $D_{n,w}/R'_w$	zul. $L'_{n,w}$	vorh. $L'_{n,w}$	>ÖR<	>ZR<
WAND 1: "Unterrichtstrennwand massiv"	47,0/-	--/53,2	--/-	--	✓	--
WAND 2: "Flurwand"	47,0/-	--/56,1	--/-	--	✓	--
WAND 3: "Treppenhaustrennwand"	52,0/-	--/57,3	--/-	--	✓	--
DECKE 1: "Boden"	55,0/-	--/63,5	53,0/-	32,4	✓	--
DECKE 2: "Decke"	55,0/-	--/61,4	53,0/-	43,8	✓	--
TÜR 1: "Türen"	32,0/-	--/32,0	--/-	--	✓	--

ÖR: Öffentlich-rechtlich verlangter Schallschutz

ZR: Zivilrechtlich verlangter oder freiwillig vereinbarter Schallschutz

● : Trennbauteil mit Fläche < 10 m²

¹⁾ : Notation "Mindestschallschutz / Erhöhter Schallschutz" (als $D_{n,w}$ oder R'_w)

²⁾ : Notation " $D_{n,w} / R'_w$ ($D_{n,w}$ und R'_w bzw. $R'_{w,ges.}$)

2. Trennende Innenbauteile

2.1 WAND 1:

Unterrichtstrennwand massiv

2.1.1 Öffentlich-rechtlich verlangter Schallschutz

Anforderungen nach DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 6 ("Schule oder vergleichbare Einrichtung (z.B. Kindertagesstätte)"), Zeile 4: "Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen untereinander und zu Fluren" .

Erforderliches bewertetes Bau-Schalldämm-Maß:

erf. $R'_w \geq 47,0$ dB

2.1.2 Zivilrechtlich verlangter oder freiwillig vereinbarter Schallschutz

Keine Anforderungen.

2.1.3 Bauteildefinition

Trennbauteil nach DIN 4109 : 2016, mit horizontaler Schallübertragung.

Aufbau des Massivbauteils:

- 200 MM Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dünnbettmörtel (1.800 kg/m³).

TRENNBAUTEIL:

$S_s = 25,00$ m² ("7,1*3,525"), $m' = 340,0$ kg/m², $R_{Dd,w} = 56,0$ dB.

Berechnung der Grundwerte:

$m_2 = d \cdot (1000 \cdot RDK - 100) = 0,200 \text{ m} \cdot 1700 \text{ kg/m}^3 = 340,0 \text{ kg/m}^2$

$m'_{ges} = m_2 = 340,0 \text{ kg/m}^2$

$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{ges}/m'_0) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(340,0/1) - 22,2 = 56,0 \text{ dB}$.

2.1.4 Angeschlossene Flanken

FLANKE 1: "Decke"

Typ: "Massivbau", $l_{f,1} = 7,100$ m.

a.) Sendeseite (F):

240 mm Bewehrter Beton (2.400)

$m_2 = 0,240 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 576,0 \text{ kg/m}^2$

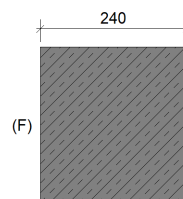
$m'_{ges} = m_2 = 576,0 \text{ kg/m}^2$

$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{ges}/m'_0) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(576,0/1) - 22,2 = 63,1 \text{ dB}$.

$S_F = 63,90 \text{ m}^2$

Vorsatzschale (F): keine

Querschnitt:



b.) Empfangsseite (f):

240 mm Bewehrter Beton (2.400)

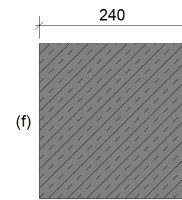
$$m_2 = 0,240 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 576,0 \text{ kg/m}^2$$

$$m'_{\text{ges}} = m_2 = \mathbf{576,0 \text{ kg/m}^2}$$

$$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{\text{ges}}/m'_0) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(576,0/1) - 22,2 = \mathbf{63,1 \text{ dB}}$$

$$S_F = \mathbf{28,12 \text{ m}^2}$$

Querschnitt:



Vorsatzschale (f): keine

$$K_{FF,\min} = 10 \cdot \log_{10}(I_f \cdot I_0 \cdot (1/S_i + 1/S_j)) = \mathbf{-4,4 \text{ dB}}$$

$$\text{mit } I_f = 7,100 \text{ m}, I_0 = 1,000 \text{ m}, S_i = 63,90 \text{ m}^2, S_j = 28,12 \text{ m}^2.$$

$$K_{Fd,\min} = 10 \cdot \log_{10}(I_f \cdot I_0 \cdot (1/S_i + 1/S_{TBT})) = \mathbf{-4,0 \text{ dB}}$$

$$\text{mit } I_f = 7,100 \text{ m}, I_0 = 1,000 \text{ m}, S_i = 63,90 \text{ m}^2, S_{TBT} = 25,00 \text{ m}^2.$$

$$K_{Df,\min} = 10 \cdot \log_{10}(I_f \cdot I_0 \cdot (1/S_{TBT} + 1/S_j)) = \mathbf{-2,7 \text{ dB}}$$

$$\text{mit } I_f = 7,100 \text{ m}, I_0 = 1,000 \text{ m}, S_{TBT} = 25,00 \text{ m}^2, S_j = 28,12 \text{ m}^2.$$

$$M = \log_{10}(m'_{TBT} / m'_{f,\text{mittel}}) = \log_{10}(340,0 / 576,0) = \mathbf{-0,2289 \text{ kg/m}^2}$$

Stoßstelle: "Starrer Kreuzstoß, Flanke getrennt"

$$\Delta K_{FF} = 0 \text{ dB}$$

$$K_{FF} = \text{MAX}(K_{FF,\min}, 8,7 + 17,1 \cdot M + 5,7 \cdot M^2) - \Delta K_{FF} = \mathbf{5,1 \text{ dB}}$$

$$K_{Fd} = \text{MAX}(K_{Fd,\min}, 5,7 + 15,4 \cdot M^2) = \mathbf{6,5 \text{ dB}}$$

$$K_{Df} = K_{Fd} = \mathbf{6,5 \text{ dB}}$$

Bewertete Flankenschalldämm-Maße:

$$R_{FF} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{FF} + K_{FF} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/I_f)$$

$$R_{FF} = 63,1/2 + 63,1/2 + 0,0 + 5,1 + 10 \cdot \log_{10}(25,00/7,100) = \mathbf{73,7 \text{ dB}}$$

$$R_{Fd} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/I_f)$$

$$R_{Fd} = 63,1/2 + 56,0/2 + 0,0 + 6,5 + 10 \cdot \log_{10}(25,00/7,100) = \mathbf{71,6 \text{ dB}}$$

$$R_{Df} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/I_f)$$

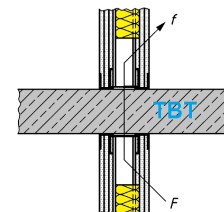
$$R_{Df} = 56,0/2 + 63,1/2 + 0,0 + 6,5 + 10 \cdot \log_{10}(25,00/7,100) = \mathbf{71,6 \text{ dB}}$$

FLANKE 2: "IW"

Typ: "Skelettbau"

"Bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ nach T33-5.1.2.2 für Ständerwände mit biegeweichen Schalen bei Übertragung über massive Wände oder Decken mit $m' \geq 350 \text{ kg/m}^2$."

$$I_{f,2} = 3,525 \text{ m}, D_{n,f,2} = 76,0 \text{ dB}$$



Sinnbild:

$$R_{FF,2} = D_{n,f,2} + 10 \cdot \log_{10}(I_{lab}/I_f) + 10 \cdot \log_{10}(S_s/A_0)$$

$$R_{FF,2} = 76,0 + 10 \cdot \log_{10}(2,800/3,525) + 10 \cdot \log_{10}(25,00/10,00) = \mathbf{79,0 \text{ dB}}$$

FLANKE 3: "AW"

Typ: "Massivbau", $I_{f,3} = 3,525 \text{ m}$.

a.) Sendeseite (F):

200 mm Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dünnbettmörtel (2.200)

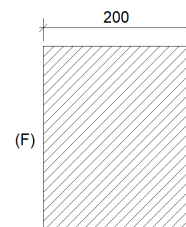
$$m_2 = d \cdot (1000 \cdot \text{RDK} - 100) = 0,200 \text{ m} \cdot 2100 \text{ kg/m}^3 = 420,0 \text{ kg/m}^2$$

$$m'_{\text{ges}} = m_2 = \mathbf{420,0 \text{ kg/m}^2}$$

$$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{\text{ges}}/m'_0) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(420,0/1) - 22,2 = \mathbf{58,9 \text{ dB}}$$

$$S_F = \mathbf{31,73 \text{ m}^2}$$

Querschnitt:



Vorsatzschale (F): keine

b.) Empfangsseite (f):

200 mm Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dünnbettmörtel
(2.200)

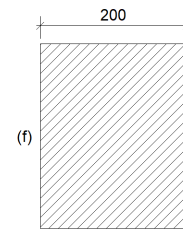
$$m_2 = d \cdot (1000 \cdot \text{RDK} - 100) = 0,200 \text{ m} \cdot 2100 \text{ kg/m}^3 = 420,0 \text{ kg/m}^2$$

$$m'_{\text{ges}} = m_2 = \mathbf{420,0 \text{ kg/m}^2}$$

$$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{\text{ges}}/m'_0) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(420,0/1) - 22,2 = \mathbf{58,9 \text{ dB}}$$

$$S_F = \mathbf{13,96 \text{ m}^2}$$

Querschnitt:



Vorsatzschale (f): keine

$$K_{FF,\min} = 10 \cdot \log_{10}(I_f \cdot I_0 \cdot (1/S_i + 1/S_j)) = \mathbf{-4,4 \text{ dB}}$$

mit $I_f = 3,525 \text{ m}$, $I_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 31,73 \text{ m}^2$, $S_j = 13,96 \text{ m}^2$.

$$K_{Fd,\min} = 10 \cdot \log_{10}(I_f \cdot I_0 \cdot (1/S_i + 1/S_{TB,T})) = \mathbf{-6,0 \text{ dB}}$$

mit $I_f = 3,525 \text{ m}$, $I_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 31,73 \text{ m}^2$, $S_{TB,T} = 25,00 \text{ m}^2$.

$$K_{Df,\min} = 10 \cdot \log_{10}(I_f \cdot I_0 \cdot (1/S_{TB,T} + 1/S_j)) = \mathbf{-4,1 \text{ dB}}$$

mit $I_f = 3,525 \text{ m}$, $I_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_{TB,T} = 25,00 \text{ m}^2$, $S_j = 13,96 \text{ m}^2$.

$$M = \log_{10}(m'_{TB,T} / m'_{f,\text{mittel}}) = \log_{10}(340,0 / 420,0) = \mathbf{-0,0918 \text{ kg/m}^2}$$

Stoßstelle: "Starrer T-Stoß" (einlaufendes Trennbauteil, Flanke getrennt)

$$\Delta K_{FF} = 0 \text{ dB}$$

$$K_{FF} = \text{MAX}(K_{FF,\min}, 5,7 + 14,1 \cdot M + 5,7 \cdot M^2) - \Delta K_{FF} = \mathbf{4,5 \text{ dB}}$$

$$K_{Fd} = \text{MAX}(K_{Fd,\min}, 4,7 + 5,7 \cdot M^2) = \mathbf{4,7 \text{ dB}}$$

$$K_{Df} = K_{Fd} = \mathbf{4,7 \text{ dB}}$$

Bewertete Flankenschalldämm-Maße:

$$R_{FF} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{FF} + K_{FF} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/I_f)$$

$$R_{FF} = 58,9/2 + 58,9/2 + 0,0 + 4,5 + 10 \cdot \log_{10}(25,00/3,525) = \mathbf{71,9 \text{ dB}}$$

$$R_{Fd} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/I_f)$$

$$R_{Fd} = 58,9/2 + 56,0/2 + 0,0 + 4,7 + 10 \cdot \log_{10}(25,00/3,525) = \mathbf{70,7 \text{ dB}}$$

$$R_{Df} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/I_f)$$

$$R_{Df} = 56,0/2 + 58,9/2 + 0,0 + 4,7 + 10 \cdot \log_{10}(25,00/3,525) = \mathbf{70,7 \text{ dB}}$$

FLANKE 4: "Boden"

Typ: "Massivbau", $I_{f,4} = 7,100 \text{ m}$.

a.) Sendeseite (F):

260 mm Bewehrter Beton (2.400)

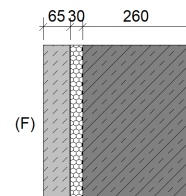
$$m_2 = 0,260 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 624,0 \text{ kg/m}^2$$

$$m'_{\text{ges}} = m_2 = \mathbf{624,0 \text{ kg/m}^2}$$

$$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{\text{ges}}/m'_0) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(624,0/1) - 22,2 = \mathbf{64,2 \text{ dB}}$$

$$S_F = \mathbf{63,90 \text{ m}^2}$$

Querschnitt:



Vorsatzschale (F): "schwimmender Estrich"

30 mm Dämmeinlage ($s' = 30 \text{ MN/m}^3$)

65 mm Vorsatzschale ($\rho = 2.000 \text{ kg/m}^3$)

$$m': 130,0 \text{ kg/m}^2$$

$$f_0: 84 \text{ Hz}$$

$$\Delta R_w: 3,8 \text{ dB}$$

b.) Empfangsseite (f):

260 mm Bewehrter Beton (2.400)

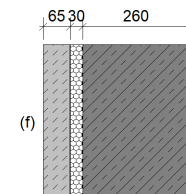
$$m_2 = 0,260 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 624,0 \text{ kg/m}^2$$

$$m'_{\text{ges}} = m_2 = \mathbf{624,0 \text{ kg/m}^2}$$

$$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{\text{ges}}/m'_0) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(624,0/1) - 22,2 = \mathbf{64,2 \text{ dB}}$$

$$S_F = \mathbf{28,12 \text{ m}^2}$$

Querschnitt:



Vorsatzschale (f): " schwimmender Estrich "
 30 mm Dämmeinlage ($s' = 30 \text{ MN/m}^3$)
 65 mm Vorsatzschale ($\rho = 2.000 \text{ kg/m}^2$)

$m': 130,0 \text{ kg/m}^2$

$f_0: 84 \text{ Hz}$

$\Delta R_w: 3,8 \text{ dB}$

$K_{Ff,min} = 10 \cdot \log_{10}(I_f \cdot I_0 \cdot (1/S_i + 1/S_j)) = -4,4 \text{ dB}$,
 mit $I_f = 7,100 \text{ m}$, $I_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 63,90 \text{ m}^2$, $S_j = 28,12 \text{ m}^2$.

$K_{Fd,min} = 10 \cdot \log_{10}(I_f \cdot I_0 \cdot (1/S_i + 1/S_{TBT})) = -4,0 \text{ dB}$,
 mit $I_f = 7,100 \text{ m}$, $I_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 63,90 \text{ m}^2$, $S_{TBT} = 25,00 \text{ m}^2$.

$K_{Df,min} = 10 \cdot \log_{10}(I_f \cdot I_0 \cdot (1/S_{TBT} + 1/S_j)) = -2,7 \text{ dB}$,
 mit $I_f = 7,100 \text{ m}$, $I_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_{TBT} = 25,00 \text{ m}^2$, $S_j = 28,12 \text{ m}^2$.

$M = \log_{10}(m'_{TBT} / m'_{f,mittel}) = \log_{10}(340,0 / 624,0) = -0,2637 \text{ kg/m}^2$.

Stoßstelle: "Starrer Kreuzstoß, Flanke getrennt "

$\Delta K_{Ff} = 0 \text{ dB}$.

$K_{Ff} = \text{MAX}(K_{Ff,min}, 8,7 + 17,1 \cdot M + 5,7 \cdot M^2) - \Delta K_{Ff} = 4,6 \text{ dB}$.

$K_{Fd} = \text{MAX}(K_{Fd,min}, 5,7 + 15,4 \cdot M^2) = 6,8 \text{ dB}$.

$K_{Df} = K_{Fd} = 6,8 \text{ dB}$.

Bewertete Flankenschalldämm-Maße:

$R_{Ff} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Ff} + K_{Ff} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/I_f)$,

$R_{Ff} = 64,2/2 + 64,2/2 + 5,7 + 4,6 + 10 \cdot \log_{10}(25,00/7,100) = 80,0 \text{ dB}$.

$R_{Fd} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/I_f)$,

$R_{Fd} = 64,2/2 + 56,0/2 + 3,8 + 6,8 + 10 \cdot \log_{10}(25,00/7,100) = 76,2 \text{ dB}$.

$R_{Df} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/I_f)$,

$R_{Df} = 56,0/2 + 64,2/2 + 3,8 + 6,8 + 10 \cdot \log_{10}(25,00/7,100) = 76,2 \text{ dB}$.

2.1.5 Übersicht der Rechengrößen:

Bauteil	Übertragungs- weg	$R_{i,w}/2$ dB	$R_{j,w}/2$ dB	$K_{i,j}$ dB	$10 \log_{10}$ (S/I) dB	ΔR_w dB	$R_{ij,w}$ dB
TBT: " Unterrichtstrennwand massiv "	R_{Dd}	56,0/2	56,0/2			0,0	56,0
F1: "Decke"	$R_{Df,1}$ $R_{Fd,1}$ $R_{Ff,1}$	56,0/2 63,1/2 63,1/2	63,1/2 56,0/2 63,1/2	6,5 6,5 5,1	5,5 5,5 5,5	0,0 0,0 0,0	71,6 71,6 73,7
F3: "AW"	$R_{Df,3}$ $R_{Fd,3}$ $R_{Ff,3}$	56,0/2 58,9/2 58,9/2	58,9/2 56,0/2 58,9/2	4,7 4,7 4,5	8,5 8,5 8,5	0,0 0,0 0,0	70,7 70,7 71,9
F4: "Boden"	$R_{Df,4}$ $R_{Fd,4}$ $R_{Ff,4}$	56,0/2 64,2/2 64,2/2	64,2/2 56,0/2 64,2/2	6,8 6,8 4,6	5,5 5,5 5,5	3,8 3,8 5,7	76,2 76,2 80,0
Skelettbau:		$D_{n,f,w}$ dB		$10 \log_{10}$ (S_s/A_0) dB	$10 \log_{10}$ (I_{lab}/I_f) dB		$R_{Ff,w}$ dB
F2: "IW"	$R_{Ff,2}$	76,0		4,0	-1,0		79,0

2.1.6 Berechnung der Vergleichsgrößen:

$R'_w = -10 \log_{10}[10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum 10^{-R_{Fd,w}/10}] \text{ dB}$,

$R'_w = -10 \log_{10}[10^{-56,0/10} + 10^{-73,7/10} + 10^{-79,0/10} + 10^{-71,9/10} + 10^{-80,0/10} + 10^{-71,6/10} + 10^{-70,7/10} + 10^{-76,2/10} + 10^{-71,6/10} + 10^{-70,7/10} + 10^{-76,2/10}] \text{ dB}$,

$R'_w = 55,2 \text{ dB}$.

$u_{\text{prog}} = 2,0 \text{ dB}$ (Sicherheitsabschlag).

Vorhandenes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß:

vorh. $R'_w = 53,2 \text{ dB}$

2.1.7 Bauteilbewertung

Öffentlich-rechtlich verlangter Schallschutz:

Die Anforderungen nach DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 6, Zeile 4 sind **erfüllt**.

2.2 WAND 2: Flurwand

2.2.1 Öffentlich-rechtlich verlangter Schallschutz

Anforderungen nach DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 6 ("Schule oder vergleichbare Einrichtung (z.B. Kindertagesstätte)"), Zeile 4: "Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen untereinander und zu Fluren" .

Erforderliches bewertetes Bau-Schalldämm-Maß:

erf. $R'_w \geq 47,0 \text{ dB}$

2.2.2 Zivilrechtlich verlangter oder freiwillig vereinbarter Schallschutz

Keine Anforderungen.

2.2.3 Bauteildefinition

KNAUF-Metallständerwand W112,
 Gesamtdicke: 150 mm,
 Ständerachsabstand $\leq 625 \text{ mm}$,
 Ständerquerschnitt: CW100,
 Flächengewicht: ca. 45 kg/m^2 ,
 Feuerwiderstandsklasse: F90,
 beidseitig mit $2 \times 12,5 \text{ mm}$ KNAUF-Feuerschutzplatte beplankt,
 mindestens 80 mm Dämmstoffeinlage.

TRENNBAUTEIL:

$S_s = 13,96 \text{ m}^2$ ("3,96*3,525"), $m' = 0,0 \text{ kg/m}^2$, $R_{Dd,w} = 59,0 \text{ dB}$.

2.2.4 Angeschlossene Flanken

FLANKE 1: "Decke"

Typ: "Massivbau", $l_{f,1} = 3,960 \text{ m}$.

a.) Sendeseite (F):

240 mm Bewehrter Beton (2.400)

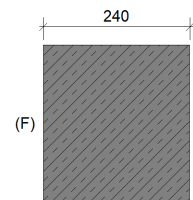
$m_2 = 0,240 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3 = 576,0 \text{ kg/m}^2$

$m'_{ges} = m_2 = 576,0 \text{ kg/m}^2$

$R_w = 30,9 * \log_{10}(m'_{ges}/m'_0) - 22,2 = 30,9 * \log_{10}(576,0/1) - 22,2 = 63,1 \text{ dB}$.

$S_F = 7,92 \text{ m}^2$

Querschnitt:



Vorsatzschale (F): keine

b.) Empfangsseite (f):

240 mm Bewehrter Beton (2.400)

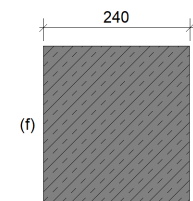
$m_2 = 0,240 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3 = 576,0 \text{ kg/m}^2$

$m'_{ges} = m_2 = 576,0 \text{ kg/m}^2$

$R_w = 30,9 * \log_{10}(m'_{ges}/m'_0) - 22,2 = 30,9 * \log_{10}(576,0/1) - 22,2 = 63,1 \text{ dB}$.

$S_F = 28,12 \text{ m}^2$

Querschnitt:



Vorsatzschale (f): keine

$K_{Ff,min} = 10 * \log_{10}(l_f * l_0 * (1/S_i + 1/S_j)) = -1,9 \text{ dB}$,

mit $l_f = 3,960 \text{ m}$, $l_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 7,92 \text{ m}^2$, $S_j = 28,12 \text{ m}^2$.

Stoßstelle: "Starrer Kreuzstoß, Flanke getrennt"

$K_{FF} = K_{Ff,min} = -1,9 \text{ dB}$.

$K_{Fd} = \text{MAX}(K_{Ff,min}, 5,7 + 15,4 * M^2) = 5,7 \text{ dB}$.

$K_{Df} = K_{Fd} = 5,7 \text{ dB}$.

Bewertete Flankenschalldämm-Maße:

$R_{FF} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{FF} + K_{FF} + 10 * \log_{10}(S_s/l_f)$,

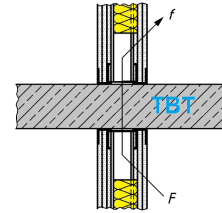
$R_{FF} = 63,1/2 + 63,1/2 + 0,0 + -1,9 + 10 * \log_{10}(13,96/3,960) = 66,7 \text{ dB}$.

FLANKE 2: "IW"

Typ: "Skelettbau"

"Bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ nach T33-5.1.2.2 für Ständerwände mit biegeweichen Schalen bei Übertragung über massive Wände oder Decken mit $m' \geq 350 \text{ kg/m}^2$."

$l_{f,2} = 3,525 \text{ m}$, $D_{n,f,2} = 76,0 \text{ dB}$.



Sinnbild:

$$R_{F,2} = D_{n,f,2} + 10 \cdot \log_{10}(l_{ab}/l_f) + 10 \cdot \log_{10}(S_s/A_0)$$

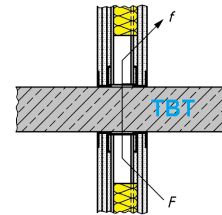
$$R_{F,2} = 76,0 + 10 \cdot \log_{10}(2,800/3,525) + 10 \cdot \log_{10}(13,96/10,00) = 76,4 \text{ dB}$$

FLANKE 3: "IW"

Typ: "Skelettbau"

"Bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ nach T33-5.1.2.2 für Ständerwände mit biegeweichen Schalen bei Übertragung über massive Wände oder Decken mit $m' \geq 350 \text{ kg/m}^2$."

$l_{f,3} = 3,525 \text{ m}$, $D_{n,f,3} = 76,0 \text{ dB}$.



Sinnbild:

$$R_{F,3} = D_{n,f,3} + 10 \cdot \log_{10}(l_{ab}/l_f) + 10 \cdot \log_{10}(S_s/A_0)$$

$$R_{F,3} = 76,0 + 10 \cdot \log_{10}(2,800/3,525) + 10 \cdot \log_{10}(13,96/10,00) = 76,4 \text{ dB}$$

FLANKE 4: "Boden"

Typ: "Massivbau", $l_{f,4} = 3,960 \text{ m}$.

a.) Sendeseite (F):

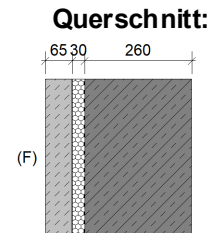
260 mm Bewehrter Beton (2.400)

$$m_2 = 0,260 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 624,0 \text{ kg/m}^2$$

$$m'_{\text{ges}} = m_2 = 624,0 \text{ kg/m}^2$$

$$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{\text{ges}}/m'_0) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(624,0/1) - 22,2 = 64,2 \text{ dB}$$

$$S_F = 7,92 \text{ m}^2$$



Vorsatzschale (F): "schwimmender Estrich"

30 mm Dämmeinlage ($s' = 30 \text{ MN/m}^3$)

65 mm Vorsatzschale ($\rho = 2.000 \text{ kg/m}^3$)

$$m'_1: 130,0 \text{ kg/m}^2$$

$$f_0: 84 \text{ Hz}$$

$$\Delta R_w: 3,8 \text{ dB}$$

b.) Empfangsseite (f):

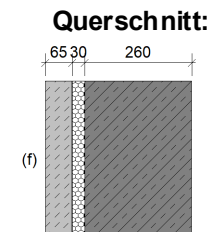
260 mm Bewehrter Beton (2.400)

$$m_2 = 0,260 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 624,0 \text{ kg/m}^2$$

$$m'_{\text{ges}} = m_2 = 624,0 \text{ kg/m}^2$$

$$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{\text{ges}}/m'_0) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(624,0/1) - 22,2 = 64,2 \text{ dB}$$

$$S_F = 28,12 \text{ m}^2$$



Vorsatzschale (f): "schwimmender Estrich"

30 mm Dämmeinlage ($s' = 30 \text{ MN/m}^3$)

65 mm Vorsatzschale ($\rho = 2.000 \text{ kg/m}^3$)

$$m'_1: 130,0 \text{ kg/m}^2$$

$$f_0: 84 \text{ Hz}$$

$$\Delta R_w: 3,8 \text{ dB}$$

$$K_{F,\min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_0 \cdot (1/S_i + 1/S_j)) = -1,9 \text{ dB}$$

$$\text{mit } l_f = 3,960 \text{ m}, l_0 = 1,000 \text{ m}, S_i = 7,92 \text{ m}^2, S_j = 28,12 \text{ m}^2$$

Stoßstelle: "Starrer Kreuzstoß, Flanke getrennt"

$$K_{Ff} = K_{Ff,min} = -1,9 \text{ dB.}$$

$$K_{Fd} = \text{MAX}(K_{Fd,min}, 5,7 + 15,4 \cdot M^2) = 5,7 \text{ dB.}$$

$$K_{Df} = K_{Fd} = 5,7 \text{ dB.}$$

Bewertete Flankenschalldämm-Maße:

$$R_{Ff} = R_{i/2} + R_{j/2} + \Delta R_{Ff} + K_{Ff} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f),$$

$$R_{Ff} = 64,2/2 + 64,2/2 + 5,7 + -1,9 + 10 \cdot \log_{10}(13,96/3,960) = 73,5 \text{ dB.}$$

2.2.5 Übersicht der Rechengrößen:

Bauteil	Übertragungs- weg	$R_{i,w}/2$ dB	$R_{j,w}/2$ dB	$K_{i,j}$ dB	$10 \log_{10}$ (S/l) dB	ΔR_w dB	$R_{ij,w}$ dB
TBT: "Flurwand"	R_{Dd}	59,0/2	59,0/2			0,0	59,0
F1: "Decke"	$R_{Df,1}$						Ø
	$R_{Fd,1}$						Ø
	$R_{Ff,1}$	63,1/2	63,1/2	-1,9	5,5	0,0	66,7
F4: "Boden"	$R_{Df,4}$						Ø
	$R_{Fd,4}$						Ø
	$R_{Ff,4}$	64,2/2	64,2/2	-1,9	5,5	5,7	73,5
Skelettbau:		$D_{n,f,w}$ dB		$10 \log_{10}$ (Ss/A ₀) dB	$10 \log_{10}$ (I _{lab} /I _r) dB		$R_{Ff,w}$ dB
F2: "IW"	$R_{Ff,2}$	76,0		1,4	-1,0		76,4
F3: "IW"	$R_{Ff,3}$	76,0		1,4	-1,0		76,4

2.2.6 Berechnung der Vergleichsgrößen:

$$R'_w = -10 \log_{10} [10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum 10^{-R_{Fd,w}/10}] \text{ dB,}$$

$$R'_w = -10 \log_{10} [10^{-59,0/10} + 10^{-66,7/10} + 10^{-76,4/10} + 10^{-76,4/10} + 10^{-73,5/10}] \text{ dB,}$$

$$R'_w = 58,1 \text{ dB.}$$

$$u_{\text{prog}} = 2,0 \text{ dB (Sicherheitsabschlag).}$$

Vorhandenes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß (abzgl. u_{prog}):

$$\text{vorh. } R'_w = 56,1 \text{ dB}$$

2.2.7 Bauteilbewertung

Öffentlich-rechtlich verlangter Schallschutz:

Die Anforderungen nach DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 6, Zeile 4 sind **erfüllt**.

2.3 WAND 3:

Treppenhaustrennwand

2.3.1 Öffentlich-rechtlich verlangter Schallschutz

Anforderungen nach DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 6 ("Schule oder vergleichbare Einrichtung (z.B. Kindertagesstätte)"), Zeile 5: "Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Treppenhäusern" .

Erforderliches bewertetes Bau-Schalldämm-Maß:

erf. $R'_w \geq 52,0 \text{ dB}$

2.3.2 Zivilrechtlich verlangter oder freiwillig vereinbarter Schallschutz

Keine Anforderungen.

2.3.3 Bauteildefinition

Trennbauteil nach DIN 4109 : 2016, mit horizontaler Schallübertragung.

Aufbau des Massivbauteils:

- 200 MM Bewehrter Beton (2.400 kg/m³).

TRENNBAUTEIL:

$S_S = 25,00 \text{ m}^2$ ("7,1 * 3,525"), $m' = 480,0 \text{ kg/m}^2$, $R_{Dd,w} = 60,7 \text{ dB}$.

Berechnung der Grundwerte:

$m_2 = 0,200 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3 = 480,0 \text{ kg/m}^2$

$m'_{ges} = m_2 = 480,0 \text{ kg/m}^2$

$R_w = 30,9 * \log_{10}(m'_{ges}/m'_0) - 22,2 = 30,9 * \log_{10}(480,0/1) - 22,2 = 60,7 \text{ dB}$.

2.3.4 Angeschlossene Flanken

FLANKE 1: "Decke"

Typ: "Massivbau", $l_{f,1} = 7,800 \text{ m}$.

a.) Sendeseite (F):

240 mm Bewehrter Beton (2.400)

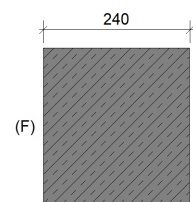
$m_2 = 0,240 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3 = 576,0 \text{ kg/m}^2$

$m'_{ges} = m_2 = 576,0 \text{ kg/m}^2$

$R_w = 30,9 * \log_{10}(m'_{ges}/m'_0) - 22,2 = 30,9 * \log_{10}(576,0/1) - 22,2 = 63,1 \text{ dB}$.

$S_F = 26,52 \text{ m}^2$

Querschnitt:



Vorsatzschale (F): keine

b.) Empfangsseite (f):

240 mm Bewehrter Beton (2.400)

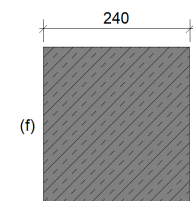
$m_2 = 0,240 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3 = 576,0 \text{ kg/m}^2$

$m'_{ges} = m_2 = 576,0 \text{ kg/m}^2$

$R_w = 30,9 * \log_{10}(m'_{ges}/m'_0) - 22,2 = 30,9 * \log_{10}(576,0/1) - 22,2 = 63,1 \text{ dB}$.

$S_F = 70,20 \text{ m}^2$

Querschnitt:



Vorsatzschale (f): keine

$K_{FF,min} = 10 * \log_{10}(l_f * l_0 * (1/S_i + 1/S_j)) = -3,9 \text{ dB}$,

mit $l_f = 7,800 \text{ m}$, $l_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 26,52 \text{ m}^2$, $S_j = 70,20 \text{ m}^2$.

$K_{Fd,min} = 10 * \log_{10}(l_f * l_0 * (1/S_i + 1/S_{TBT})) = -2,2 \text{ dB}$,

mit $l_f = 7,800 \text{ m}$, $l_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 26,52 \text{ m}^2$, $S_{TBT} = 25,00 \text{ m}^2$.

$K_{Df,min} = 10 * \log_{10}(l_f * l_0 * (1/S_{TBT} + 1/S_j)) = -3,7 \text{ dB}$,

mit $l_f = 7,800 \text{ m}$, $l_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_{TBT} = 25,00 \text{ m}^2$, $S_j = 70,20 \text{ m}^2$.

$M = \log_{10}(m'_{TBT} / m'_{f,mittel}) = \log_{10}(480,0 / 576,0) = -0,0792 \text{ kg/m}^2$.

Stoßstelle: "Starrer Kreuzstoß, Flanke getrennt"

$\Delta K_{FF} = 0 \text{ dB}$.

$K_{FF} = \text{MAX}(K_{FF,min}, 8,7 + 17,1 * M + 5,7 * M^2) - \Delta K_{FF} = 7,4 \text{ dB}$.

$K_{Fd} = \text{MAX}(K_{Fd,min}, 5,7 + 15,4 * M^2) = 5,8 \text{ dB}$.

$K_{Df} = K_{Fd} = 5,8 \text{ dB}$.

Bewertete Flankenschalldämm-Maße:

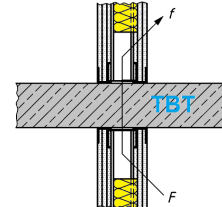
$$\begin{aligned}
 R_{FF} &= R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{FF} + K_{FF} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f), \\
 R_{FF} &= 63,1/2 + 63,1/2 + 0,0 + 7,4 + 10 \cdot \log_{10}(25,00/7,800) = \mathbf{75,6 \text{ dB}}. \\
 R_{Fd} &= R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f), \\
 R_{Fd} &= 63,1/2 + 60,7/2 + 0,0 + 5,8 + 10 \cdot \log_{10}(25,00/7,800) = \mathbf{72,8 \text{ dB}}. \\
 R_{Df} &= R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f), \\
 R_{Df} &= 60,7/2 + 63,1/2 + 0,0 + 5,8 + 10 \cdot \log_{10}(25,00/7,800) = \mathbf{72,8 \text{ dB}}.
 \end{aligned}$$

FLANKE 2: "IW"

Typ: "Skelettbau"

"Bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ nach T33-5.1.2.2 für Ständerwände mit biegeweichen Schalen bei Übertragung über massive Wände oder Decken mit $m' \geq 350 \text{ kg/m}^2$."

$$l_{f,2} = 3,525 \text{ m}, D_{n,f,2} = 76,0 \text{ dB}.$$



Sinnbild:

$$\begin{aligned}
 R_{FF,2} &= D_{n,f,2} + 10 \cdot \log_{10}(l_{lab}/l_f) + 10 \cdot \log_{10}(S_s/A_0) \\
 R_{FF,2} &= 76,0 + 10 \cdot \log_{10}(2,800/3,525) + 10 \cdot \log_{10}(25,00/10,00) = \mathbf{79,0 \text{ dB}}.
 \end{aligned}$$

FLANKE 3: "AW"

Typ: "Massivbau", $l_{f,3} = 3,525 \text{ m}$.

a.) Sendeseite (F):

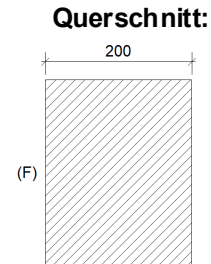
200 mm Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dünnbettmörtel (2.200)

$$m_2 = d \cdot (1000 \cdot \text{RDK} - 100) = 0,200 \text{ m} \cdot 2100 \text{ kg/m}^3 = 420,0 \text{ kg/m}^2$$

$$m'_{\text{ges}} = m_2 = \mathbf{420,0 \text{ kg/m}^2}$$

$$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{\text{ges}}/m'_0) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(420,0/1) - 22,2 = \mathbf{58,9 \text{ dB}}.$$

$$S_F = \mathbf{11,99 \text{ m}^2}$$



Vorsatzschale (F): keine

b.) Empfangsseite (f):

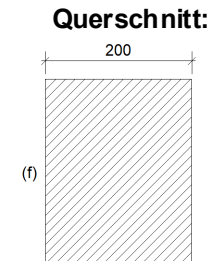
200 mm Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dünnbettmörtel (2.200)

$$m_2 = d \cdot (1000 \cdot \text{RDK} - 100) = 0,200 \text{ m} \cdot 2100 \text{ kg/m}^3 = 420,0 \text{ kg/m}^2$$

$$m'_{\text{ges}} = m_2 = \mathbf{420,0 \text{ kg/m}^2}$$

$$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{\text{ges}}/m'_0) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(420,0/1) - 22,2 = \mathbf{58,9 \text{ dB}}.$$

$$S_F = \mathbf{31,73 \text{ m}^2}$$



Vorsatzschale (f): keine

$$K_{FF,\min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_0 \cdot (1/S_i + 1/S_j)) = \mathbf{-3,9 \text{ dB}},$$

$$\text{mit } l_f = 3,525 \text{ m}, l_0 = 1,000 \text{ m}, S_i = 11,99 \text{ m}^2, S_j = 31,73 \text{ m}^2.$$

$$K_{Fd,\min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_0 \cdot (1/S_i + 1/S_{TBT})) = \mathbf{-3,6 \text{ dB}},$$

$$\text{mit } l_f = 3,525 \text{ m}, l_0 = 1,000 \text{ m}, S_i = 11,99 \text{ m}^2, S_{TBT} = 25,00 \text{ m}^2.$$

$$K_{Df,\min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_0 \cdot (1/S_{TBT} + 1/S_j)) = \mathbf{-6,0 \text{ dB}},$$

$$\text{mit } l_f = 3,525 \text{ m}, l_0 = 1,000 \text{ m}, S_{TBT} = 25,00 \text{ m}^2, S_j = 31,73 \text{ m}^2.$$

$$M = \log_{10}(m'_{TBT} / m'_{f,\text{mittel}}) = \log_{10}(480,0 / 420,0) = \mathbf{0,0580 \text{ kg/m}^2}.$$

Stoßstelle: "Starrer T-Stoß" (einlaufendes Trennbau teil, Flanke getrennt)

$$\Delta K_{FF} = 0 \text{ dB}.$$

$$K_{FF} = \text{MAX}(K_{FF,\min}, 5,7 + 14,1 \cdot M + 5,7 \cdot M^2) - \Delta K_{FF} = \mathbf{6,5 \text{ dB}}.$$

$$K_{Fd} = \text{MAX}(K_{Fd,\min}, 4,7 + 5,7 \cdot M^2) = \mathbf{4,7 \text{ dB}}.$$

$$K_{Df} = K_{Fd} = \mathbf{4,7 \text{ dB}}.$$

Bewertete Flankenschalldämm-Maße:

$$R_{FF} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{FF} + K_{FF} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f),$$

$$R_{FF} = 58,9/2 + 58,9/2 + 0,0 + 6,5 + 10 \cdot \log_{10}(25,00/3,525) = \mathbf{73,9 \text{ dB}}.$$

$$R_{Fd} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f),$$

$$R_{Fd} = 58,9/2 + 60,7/2 + 0,0 + 4,7 + 10 \cdot \log_{10}(25,00/3,525) = \mathbf{73,0 \text{ dB}}.$$

$$R_{Df} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f),$$

$$R_{Df} = 60,7/2 + 58,9/2 + 0,0 + 4,7 + 10 \cdot \log_{10}(25,00/3,525) = \mathbf{73,0 \text{ dB}}$$

FLANKE 4: "Boden"

Typ: "Massivbau", $l_{f,4} = 7,800 \text{ m}$.

a.) Sendeseite (F):

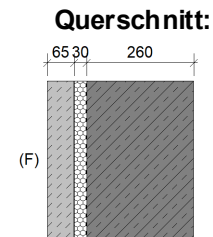
260 mm Bewehrter Beton (2.400)

$$m_2 = 0,260 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 624,0 \text{ kg/m}^2$$

$$m'_{\text{ges}} = m_2 = \mathbf{624,0 \text{ kg/m}^2}$$

$$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{\text{ges}}/m'_{f,0}) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(624,0/1) - 22,2 = \mathbf{64,2 \text{ dB}}$$

$$S_F = \mathbf{26,52 \text{ m}^2}$$



Vorsatzschale (F): "schwimmender Estrich"

30 mm Dämmeinlage ($s' = 30 \text{ MN/m}^3$)

65 mm Vorsatzschale ($\rho = 2.000 \text{ kg/m}^3$)

$$m': 130,0 \text{ kg/m}^2$$

$$f_0: 84 \text{ Hz}$$

$$\Delta R_w: 3,8 \text{ dB}$$

b.) Empfangsseite (f):

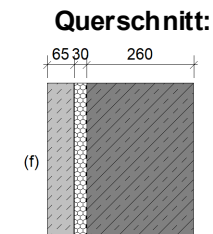
260 mm Bewehrter Beton (2.400)

$$m_2 = 0,260 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 624,0 \text{ kg/m}^2$$

$$m'_{\text{ges}} = m_2 = \mathbf{624,0 \text{ kg/m}^2}$$

$$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{\text{ges}}/m'_{f,0}) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(624,0/1) - 22,2 = \mathbf{64,2 \text{ dB}}$$

$$S_F = \mathbf{70,20 \text{ m}^2}$$



Vorsatzschale (f): "schwimmender Estrich"

30 mm Dämmeinlage ($s' = 30 \text{ MN/m}^3$)

65 mm Vorsatzschale ($\rho = 2.000 \text{ kg/m}^3$)

$$m': 130,0 \text{ kg/m}^2$$

$$f_0: 84 \text{ Hz}$$

$$\Delta R_w: 3,8 \text{ dB}$$

$$K_{FF,\min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_0 \cdot (1/S_i + 1/S_j)) = \mathbf{-3,9 \text{ dB}}$$

$$\text{mit } l_f = 7,800 \text{ m}, l_0 = 1,000 \text{ m}, S_i = 26,52 \text{ m}^2, S_j = 70,20 \text{ m}^2.$$

$$K_{Fd,\min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_0 \cdot (1/S_i + 1/S_{TB,T})) = \mathbf{-2,2 \text{ dB}}$$

$$\text{mit } l_f = 7,800 \text{ m}, l_0 = 1,000 \text{ m}, S_i = 26,52 \text{ m}^2, S_{TB,T} = 25,00 \text{ m}^2.$$

$$K_{Df,\min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_0 \cdot (1/S_{TB,T} + 1/S_j)) = \mathbf{-3,7 \text{ dB}}$$

$$\text{mit } l_f = 7,800 \text{ m}, l_0 = 1,000 \text{ m}, S_{TB,T} = 25,00 \text{ m}^2, S_j = 70,20 \text{ m}^2.$$

$$M = \log_{10}(m'_{TB,T} / m'_{f,\text{mittel}}) = \log_{10}(480,0 / 624,0) = \mathbf{-0,1139 \text{ kg/m}^2}$$

Stoßstelle: "Starrer Kreuzstoß, Flanke getrennt"

$$\Delta K_{FF} = 0 \text{ dB}$$

$$K_{FF} = \text{MAX}(K_{FF,\min}, 8,7 + 17,1 \cdot M + 5,7 \cdot M^2) - \Delta K_{FF} = \mathbf{6,8 \text{ dB}}$$

$$K_{Fd} = \text{MAX}(K_{Fd,\min}, 5,7 + 15,4 \cdot M^2) = \mathbf{5,9 \text{ dB}}$$

$$K_{Df} = K_{Fd} = \mathbf{5,9 \text{ dB}}$$

Bewertete Flankenschalldämm-Maße:

$$R_{FF} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{FF} + K_{FF} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f)$$

$$R_{FF} = 64,2/2 + 64,2/2 + 5,7 + 6,8 + 10 \cdot \log_{10}(25,00/7,800) = \mathbf{81,8 \text{ dB}}$$

$$R_{Fd} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f)$$

$$R_{Fd} = 64,2/2 + 60,7/2 + 3,8 + 5,9 + 10 \cdot \log_{10}(25,00/7,800) = \mathbf{77,3 \text{ dB}}$$

$$R_{Df} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f)$$

$$R_{Df} = 60,7/2 + 64,2/2 + 3,8 + 5,9 + 10 \cdot \log_{10}(25,00/7,800) = \mathbf{77,3 \text{ dB}}$$

2.3.5 Übersicht der Rechengrößen:

Bauteil	Übertragungs- weg	$R_{i,w}/2$ dB	$R_{j,w}/2$ dB	K_{ij} dB	$10\log_{10}$ (S/I) dB	ΔR_w dB	$R_{ij,w}$ dB
TBT: "Treppenhaustrennwand"	R_{Dd}	60,7/2	60,7/2			0,0	60,7
F1: "Decke"	$R_{Df,1}$	60,7/2	63,1/2	5,8	5,1	0,0	72,8
	$R_{Fd,1}$	63,1/2	60,7/2	5,8	5,1	0,0	72,8
	$R_{Ff,1}$	63,1/2	63,1/2	7,4	5,1	0,0	75,6
F3: "AW"	$R_{Df,3}$	60,7/2	58,9/2	4,7	8,5	0,0	73,0
	$R_{Fd,3}$	58,9/2	60,7/2	4,7	8,5	0,0	73,0
	$R_{Ff,3}$	58,9/2	58,9/2	6,5	8,5	0,0	73,9
F4: "Boden"	$R_{Df,4}$	60,7/2	64,2/2	5,9	5,1	3,8	77,3
	$R_{Fd,4}$	64,2/2	60,7/2	5,9	5,1	3,8	77,3
	$R_{Ff,4}$	64,2/2	64,2/2	6,8	5,1	5,7	81,8
Skelettbau:		$D_{n,f,w}$ dB		$10\log_{10}$ (S_s/A_0) dB	$10\log_{10}$ (I_{lab}/I_f) dB		$R_{Ff,w}$ dB
F2: "IW"	$R_{Ff,2}$	76,0		4,0	-1,0		79,0

2.3.6 Berechnung der Vergleichsgrößen:

$$R'_w = -10\log_{10}[10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum 10^{-R_{Fd,w}/10}] \text{ dB},$$

$$R'_w = -10\log_{10}[10^{-60,7/10} + 10^{-75,6/10} + 10^{-79,0/10} + 10^{-73,9/10} + 10^{-81,8/10} + 10^{-72,8/10} + 10^{-73,0/10} + 10^{-77,3/10} + 10^{-72,8/10} + 10^{-73,0/10} + 10^{-77,3/10}] \text{ dB},$$

$$R'_w = 59,3 \text{ dB}.$$

$$u_{\text{prog}} = 2,0 \text{ dB (Sicherheitsabschlag)}.$$

Vorhandenes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß:

$$\text{vorh. } R'_w = 57,3 \text{ dB}$$

2.3.7 Bauteilbewertung

Öffentlich-rechtlich verlangter Schallschutz:

Die Anforderungen nach DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 6, Zeile 5 sind **erfüllt**.

2.4 DECKE 1: Boden

2.4.1 Öffentlich-rechtlich verlangter Schallschutz

Anforderungen nach DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 6 ("Schule oder vergleichbare Einrichtung (z.B. Kindertagesstätte)"), Zeile 1: "Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen sowie Decken unter Fluren" .

Erforderliches bewertetes Bau-Schalldämm-Maß:
Zulässiger bewerteter Norm-Trittschallpegel:

erf. $R'_{w} \geq 55,0$ dB
zul. $L'_{n,w} \leq 53,0$ dB

2.4.2 Zivilrechtlich verlangter oder freiwillig vereinbarter Schallschutz

Keine Anforderungen.

2.4.3 Bauteildefinition

Einschalige Massivdecke mit schwimmendem Estrich, als Stahlbeton-Vollplatte aus Normalbeton nach DIN 1045-2, Ausführung nach DIN 4109-32:2016-07, Tabelle 5, Zeile 1a).

Auflage/Anbindung:

Schwimmender Zementestrich (2.000 kg/m^3), $d = 65 \text{ MM}$, flächenbezogene Masse $m' = 130,0 \text{ kg/m}^2$, verlegt auf einlagiger Trittschalldämmung, $d = 20 \text{ MM}$, dynamische Steifigkeit $s' = 30 \text{ MN/m}^3$.

Tragende Platte einschl. Verbundschichten:

- 350 MM Stahlbetondecke (2.400 kg/m^3).

TRENNBAUTEIL:

VSS: $\Delta R_{D,w} = 2,0 \text{ dB}$, $\Delta R_{d,w} = 0,0 \text{ dB}$, $\Delta R_{Dd,w} = 2,0 \text{ dB}$,
 $S_S = 28,10 \text{ m}^2$, $m' = 840,0 \text{ kg/m}^2$, $R_{Dd,w} = 70,2 \text{ dB}$, $L_{n,w} = 61,7 \text{ dB}$.

Berechnung der Grundwerte:

a.) Luftschall:

$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'/m'_0) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(840,0) - 22,2 = 68,2 \text{ dB}$ (über definierten Bereich $[65..720 \text{ kg/m}^2]$ hinaus extrapolierter Wert) .

b.) Trittschall:

$L_{n,eq,0,w} = 164 - 35 \cdot \log_{10}(m') = 164 - 35 \cdot \log_{10}(840,0) = 61,7 \text{ dB}$ (über definierten Bereich $[100..720 \text{ kg/m}^2]$ hinaus extrapolierter Wert) .

2.4.4 Angeschlossene Flanken

FLANKE 1: "AW"

Typ: "Massivbau", $l_{f,1} = 3,960 \text{ m}$.

a.) Sendeseite (F):

200 mm Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dünnbettmörtel
(2.200)

$m_2 = d \cdot (1000 \cdot \text{RDK} - 100) = 0,200 \text{ m} \cdot 2100 \text{ kg/m}^3 = 420,0 \text{ kg/m}^2$

$m'_{\text{ges}} = m_2 = 420,0 \text{ kg/m}^2$

$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{\text{ges}}/m'_0) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(420,0/1) - 22,2 = 58,9 \text{ dB}$.

$S_F = 13,96 \text{ m}^2$

Vorsatzschale (F): keine

b.) Empfangsseite (f):

200 mm Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dünnbettmörtel
(2.200)

$m_2 = d \cdot (1000 \cdot \text{RDK} - 100) = 0,200 \text{ m} \cdot 2100 \text{ kg/m}^3 = 420,0 \text{ kg/m}^2$

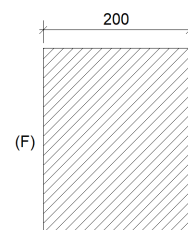
$m'_{\text{ges}} = m_2 = 420,0 \text{ kg/m}^2$

$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{\text{ges}}/m'_0) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(420,0/1) - 22,2 = 58,9 \text{ dB}$.

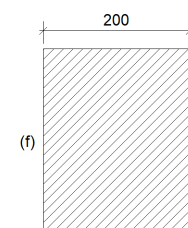
$S_F = 13,96 \text{ m}^2$

Vorsatzschale (f): keine

Querschnitt:



Querschnitt:



$K_{Ff,min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_0 \cdot (1/S_i + 1/S_j)) = -2,5 \text{ dB}$,
 mit $l_f = 3,960 \text{ m}$, $l_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 13,96 \text{ m}^2$, $S_j = 13,96 \text{ m}^2$.
 $K_{Fd,min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_0 \cdot (1/S_i + 1/S_{TB,T})) = -3,7 \text{ dB}$,
 mit $l_f = 3,960 \text{ m}$, $l_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 13,96 \text{ m}^2$, $S_{TB,T} = 28,10 \text{ m}^2$.
 $K_{Df,min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_0 \cdot (1/S_{TB,T} + 1/S_j)) = -3,7 \text{ dB}$,
 mit $l_f = 3,960 \text{ m}$, $l_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_{TB,T} = 28,10 \text{ m}^2$, $S_j = 13,96 \text{ m}^2$.
 $M = \log_{10}(m'_{TB,T} / m'_{f,mittel}) = \log_{10}(840,0 / 420,0) = 0,3010 \text{ kg/m}^2$.
 Stoßstelle: "Starrer T-Stoß" (einlaufendes Trennbauteil, Flanke getrennt)
 $\Delta K_{Ff} = 0 \text{ dB}$.

$K_{Ff} = \text{MAX}(K_{Ff,min}, 8,0 + 6,8 \cdot M) - \Delta K_{Ff} = 10,0 \text{ dB}$.

$K_{Fd} = \text{MAX}(K_{Fd,min}, 4,7 + 5,7 \cdot M^2) = 5,2 \text{ dB}$.

$K_{Df} = K_{Fd} = 5,2 \text{ dB}$.

Bewertete Flankenschalldämm-Maße:

$R_{Ff} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Ff} + K_{Ff} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f)$,

$R_{Ff} = 58,9/2 + 58,9/2 + 0,0 + 10,0 + 10 \cdot \log_{10}(28,10/3,960) = 77,4 \text{ dB}$.

$R_{Fd} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f)$,

$R_{Fd} = 58,9/2 + 68,2/2 + 0,0 + 5,2 + 10 \cdot \log_{10}(28,10/3,960) = 77,3 \text{ dB}$.

$R_{Df} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f)$,

$R_{Df} = 68,2/2 + 58,9/2 + 2,0 + 5,2 + 10 \cdot \log_{10}(28,10/3,960) = 79,3 \text{ dB}$.

FLANKE 2: "IW"

Typ: "Massivbau", $l_{f,2} = 7,100 \text{ m}$.

a.) Sendeseite (F):

200 mm Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dünnbettmörtel
(1.800)

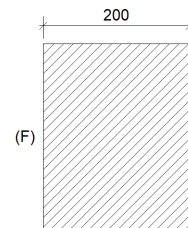
$m_2 = d \cdot (1000 \cdot \text{RDK} - 100) = 0,200 \text{ m} \cdot 1700 \text{ kg/m}^3 = 340,0 \text{ kg/m}^2$

$m'_{ges} = m_2 = 340,0 \text{ kg/m}^2$

$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{ges}/m'_{f,0}) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(340,0/1) - 22,2 = 56,0 \text{ dB}$.

$S_F = 25,03 \text{ m}^2$

Querschnitt:



Vorsatzschale (F): keine

b.) Empfangsseite (f):

200 mm Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dünnbettmörtel
(1.800)

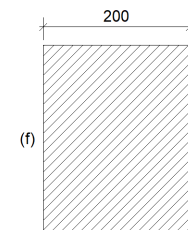
$m_2 = d \cdot (1000 \cdot \text{RDK} - 100) = 0,200 \text{ m} \cdot 1700 \text{ kg/m}^3 = 340,0 \text{ kg/m}^2$

$m'_{ges} = m_2 = 340,0 \text{ kg/m}^2$

$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{ges}/m'_{f,0}) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(340,0/1) - 22,2 = 56,0 \text{ dB}$.

$S_F = 25,03 \text{ m}^2$

Querschnitt:



Vorsatzschale (f): keine

$K_{Ff,min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_0 \cdot (1/S_i + 1/S_j)) = -2,5 \text{ dB}$,

mit $l_f = 7,100 \text{ m}$, $l_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 25,03 \text{ m}^2$, $S_j = 25,03 \text{ m}^2$.

$K_{Fd,min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_0 \cdot (1/S_i + 1/S_{TB,T})) = -2,7 \text{ dB}$,

mit $l_f = 7,100 \text{ m}$, $l_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 25,03 \text{ m}^2$, $S_{TB,T} = 28,10 \text{ m}^2$.

$K_{Df,min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_0 \cdot (1/S_{TB,T} + 1/S_j)) = -2,7 \text{ dB}$,

mit $l_f = 7,100 \text{ m}$, $l_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_{TB,T} = 28,10 \text{ m}^2$, $S_j = 25,03 \text{ m}^2$.

$M = \log_{10}(m'_{TB,T} / m'_{f,mittel}) = \log_{10}(840,0 / 340,0) = 0,3928 \text{ kg/m}^2$.

Stoßstelle: "Starrer Kreuzstoß, Flanke getrennt"

$\Delta K_{Ff} = 0 \text{ dB}$.

$K_{Ff} = \text{MAX}(K_{Ff,min}, 9,6 + 11 \cdot M) - \Delta K_{Ff} = 13,9 \text{ dB}$.

$K_{Fd} = \text{MAX}(K_{Fd,min}, 5,7 + 15,4 \cdot M^2) = 8,1 \text{ dB}$.

$K_{Df} = K_{Fd} = 8,1 \text{ dB}$.

Bewertete Flankenschalldämm-Maße:

$R_{Ff} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Ff} + K_{Ff} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f)$,

$R_{Ff} = 56,0/2 + 56,0/2 + 0,0 + 13,9 + 10 \cdot \log_{10}(28,10/7,100) = 75,9 \text{ dB}$.

$R_{Fd} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f)$,

$R_{Fd} = 56,0/2 + 68,2/2 + 0,0 + 8,1 + 10 \cdot \log_{10}(28,10/7,100) = 76,2 \text{ dB}$.

$$R_{Df} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f),$$

$$R_{Df} = 68,2/2 + 56,0/2 + 2,0 + 8,1 + 10 \cdot \log_{10}(28,10/7,100) = \mathbf{78,2 \text{ dB}}.$$

FLANKE 3: "IW"

Typ: "Massivbau", $l_{f,3} = 7,100 \text{ m}$.

a.) Sendeseite (F):

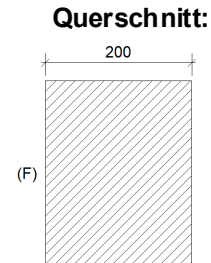
200 mm Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dünnbettmörtel
(1.800)

$$m_2 = d \cdot (1000 \cdot R_{DK} - 100) = 0,200 \text{ m} \cdot 1700 \text{ kg/m}^3 = 340,0 \text{ kg/m}^2$$

$$m'_{ges} = m_2 = \mathbf{340,0 \text{ kg/m}^2}$$

$$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{ges}/m'_{o}) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(340,0/1) - 22,2 = \mathbf{56,0 \text{ dB}}.$$

$$S_F = \mathbf{25,03 \text{ m}^2}$$



Vorsatzschale (F): keine

b.) Empfangsseite (f):

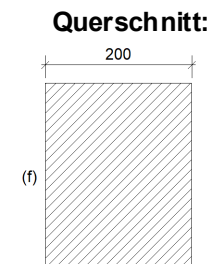
200 mm Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dünnbettmörtel
(1.800)

$$m_2 = d \cdot (1000 \cdot R_{DK} - 100) = 0,200 \text{ m} \cdot 1700 \text{ kg/m}^3 = 340,0 \text{ kg/m}^2$$

$$m'_{ges} = m_2 = \mathbf{340,0 \text{ kg/m}^2}$$

$$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{ges}/m'_{o}) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(340,0/1) - 22,2 = \mathbf{56,0 \text{ dB}}.$$

$$S_F = \mathbf{25,03 \text{ m}^2}$$



Vorsatzschale (f): keine

$$K_{Ff,min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_o \cdot (1/S_i + 1/S_j)) = \mathbf{-2,5 \text{ dB}},$$

mit $l_f = 7,100 \text{ m}$, $l_o = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 25,03 \text{ m}^2$, $S_j = 25,03 \text{ m}^2$.

$$K_{Fd,min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_o \cdot (1/S_i + 1/S_{TB,T})) = \mathbf{-2,7 \text{ dB}},$$

mit $l_f = 7,100 \text{ m}$, $l_o = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 25,03 \text{ m}^2$, $S_{TB,T} = 28,10 \text{ m}^2$.

$$K_{Df,min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_o \cdot (1/S_{TB,T} + 1/S_j)) = \mathbf{-2,7 \text{ dB}},$$

mit $l_f = 7,100 \text{ m}$, $l_o = 1,000 \text{ m}$, $S_{TB,T} = 28,10 \text{ m}^2$, $S_j = 25,03 \text{ m}^2$.

$$M = \log_{10}(m'_{TB,T} / m'_{f,mittel}) = \log_{10}(840,0 / 340,0) = \mathbf{0,3928 \text{ kg/m}^2}.$$

Stoßstelle: "Starrer Kreuzstoß, Flanke getrennt"

$$\Delta K_{Ff} = 0 \text{ dB}.$$

$$K_{Ff} = \text{MAX}(K_{Ff,min}, 9,6 + 11 \cdot M) - \Delta K_{Ff} = \mathbf{13,9 \text{ dB}}.$$

$$K_{Fd} = \text{MAX}(K_{Fd,min}, 5,7 + 15,4 \cdot M^2) = \mathbf{8,1 \text{ dB}}.$$

$$K_{Df} = K_{Fd} = \mathbf{8,1 \text{ dB}}.$$

Bewertete Flankenschalldämm-Maße:

$$R_{Ff} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Ff} + K_{Ff} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f),$$

$$R_{Ff} = 56,0/2 + 56,0/2 + 0,0 + 13,9 + 10 \cdot \log_{10}(28,10/7,100) = \mathbf{75,9 \text{ dB}}.$$

$$R_{Fd} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f),$$

$$R_{Fd} = 56,0/2 + 68,2/2 + 0,0 + 8,1 + 10 \cdot \log_{10}(28,10/7,100) = \mathbf{76,2 \text{ dB}}.$$

$$R_{Df} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f),$$

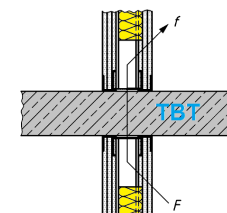
$$R_{Df} = 68,2/2 + 56,0/2 + 2,0 + 8,1 + 10 \cdot \log_{10}(28,10/7,100) = \mathbf{78,2 \text{ dB}}.$$

FLANKE 4: "IW"

Typ: "Skelettbau"

"Bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ nach T33-5.1.2.2 für Ständerwände mit biegeweichen Schalen bei Übertragung über massive Wände oder Decken mit $m' \geq 350 \text{ kg/m}^2$."

$$l_{f,4} = 3,960 \text{ m}, D_{n,f,4} = 76,0 \text{ dB}.$$



Sinnbild:

$$R_{Ff,4} = D_{n,f,4} + 10 \cdot \log_{10}(l_{ab}/l_f) + 10 \cdot \log_{10}(S_s/A_0)$$

$$R_{Ff,4} = 76,0 + 10 \cdot \log_{10}(4,500/3,960) + 10 \cdot \log_{10}(28,10/10,00) = \mathbf{81,1 \text{ dB}}.$$

2.4.5 Übersicht der Rechengrößen:

Bauteil	Übertragungs- weg	$R_{i,w}/2$ dB	$R_{j,w}/2$ dB	K_{ij} dB	$10\log_{10}$ (S/I) dB	ΔR_w dB	$R_{ij,w}$ dB
TBT: "Boden"	R_{Dd}	68,2/2	68,2/2			2,0	70,2
F1: "AW"	$R_{Df,1}$	68,2/2	58,9/2	5,2	8,5	2,0	79,3
	$R_{Fd,1}$	58,9/2	68,2/2	5,2	8,5	0,0	77,3
	$R_{Ff,1}$	58,9/2	58,9/2	10,0	8,5	0,0	77,4
F2: "IW"	$R_{Df,2}$	68,2/2	56,0/2	8,1	6,0	2,0	78,2
	$R_{Fd,2}$	56,0/2	68,2/2	8,1	6,0	0,0	76,2
	$R_{Ff,2}$	56,0/2	56,0/2	13,9	6,0	0,0	75,9
F3: "IW"	$R_{Df,3}$	68,2/2	56,0/2	8,1	6,0	2,0	78,2
	$R_{Fd,3}$	56,0/2	68,2/2	8,1	6,0	0,0	76,2
	$R_{Ff,3}$	56,0/2	56,0/2	13,9	6,0	0,0	75,9
Skelettbau:		$D_{n,f,w}$ dB		$10\log_{10}$ (S _s /A ₀) dB	$10\log_{10}$ (I _{lab} /I _r) dB		$R_{Ff,w}$ dB
F4: "IW"	$R_{Ff,4}$	76,0		4,5	0,6		81,1

2.4.6 Berechnung der Vergleichsgrößen:

Luftschall:

$$R'_w = -10\log_{10}[10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum 10^{-R_{Fd,w}/10}] \text{ dB},$$

$$R'_w = -10\log_{10}[10^{-70,2/10} + 10^{-77,4/10} + 10^{-75,9/10} + 10^{-75,9/10} + 10^{-81,1/10} + 10^{-79,3/10} + 10^{-78,2/10} + 10^{-78,2/10} + 10^{-77,3/10} + 10^{-76,2/10} + 10^{-76,2/10}] \text{ dB},$$

$$R'_w = \mathbf{65,5 \text{ dB}}.$$

$$u_{\text{prog}} = \mathbf{2,0 \text{ dB}} \text{ (Sicherheitsabschlag)}.$$

Trittschall:

Korrekturwert K nach Teil 2, Gleichung 29:

$$K = 0 \text{ dB (unterschiedliche Raumzuordnung mit } K_T > 0).$$

$$K_T = 5,0 \text{ dB (Empfangsraum befindet sich neben oder schräg unter dem Senderraum),}$$

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K - K_T = 61,7 - 27,3 + 0,0 - 5,0 = \mathbf{29,4 \text{ dB}}.$$

$$u_{\text{prog}} = \mathbf{3,0 \text{ dB}} \text{ (Sicherheitszuschlag: Oberboden/Estrich OHNE Einbauten)}.$$

Vorhandenes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß (abzgl. u_{prog}):

$$\text{vorh. } R'_w = \mathbf{63,5 \text{ dB}}$$

Vorhandener bewerteter Norm-Trittschallpegel (zzgl. u_{prog})

$$\text{vorh. } L'_{n,w} = \mathbf{32,4 \text{ dB}}$$

2.4.7 Bauteilbewertung

Öffentlich-rechtlich verlangter Schallschutz:

Die Anforderungen nach DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 6, Zeile 1 sind **erfüllt**.

2.5 DECKE 2: Decke

2.5.1 Öffentlich-rechtlich verlangter Schallschutz

Anforderungen nach DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 6 ("Schule oder vergleichbare Einrichtung (z.B. Kindertagesstätte)"), Zeile 1: "Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen sowie Decken unter Fluren" .

Erforderliches bewertetes Bau-Schalldämm-Maß:
Zulässiger bewerteter Norm-Trittschallpegel:

erf. $R'_{w} \geq 55,0$ dB
zul. $L'_{n,w} \leq 53,0$ dB

2.5.2 Zivilrechtlich verlangter oder freiwillig vereinbarter Schallschutz

Keine Anforderungen.

2.5.3 Bauteildefinition

Einschalige Massivdecke mit schwimmendem Estrich, als Stahlbeton-Vollplatte aus Normalbeton nach DIN 1045-2, Ausführung nach DIN 4109-32:2016-07, Tabelle 5, Zeile 1a).

Auflage/Anbindung:

Schwimmender Zementestrich (2.000 kg/m^3), $d = 65 \text{ MM}$, flächenbezogene Masse $m' = 130,0 \text{ kg/m}^2$, verlegt auf einlagiger Trittschalldämmung, $d = 30 \text{ MM}$, dynamische Steifigkeit $s' = 30 \text{ MN/m}^3$.

Tragende Decke einschl. Verbundschichten:

- 260 MM Stahlbetondecke (2.400 kg/m^3).

TRENNBAUTEIL:

VSS: $\Delta R_{D,w} = 3,8 \text{ dB}$, $\Delta R_{d,w} = 0,0 \text{ dB}$, $\Delta R_{Dd,w} = 3,8 \text{ dB}$,
 $S_S = 28,10 \text{ m}^2$, $m' = 624,0 \text{ kg/m}^2$, $R_{Dd,w} = 68,0 \text{ dB}$, $L_{n,w} = 66,2 \text{ dB}$.

Berechnung der Grundwerte:

a.) Luftschall:

$$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'/m'_0) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(624,0) - 22,2 = 64,2 \text{ dB}.$$

b.) Trittschall:

$$L_{n,eq,0,w} = 164 - 35 \cdot \log_{10}(m') = 164 - 35 \cdot \log_{10}(624,0) = 66,2 \text{ dB}.$$

2.5.4 Angeschlossene Flanken

FLANKE 1: "AW"

Typ: "Massivbau", $l_{f,1} = 3,960 \text{ m}$.

a.) Sendeseite (F):

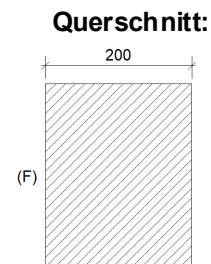
200 mm Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dünnbettmörtel
(2.200)

$$m_2 = d \cdot (1000 \cdot RDK - 100) = 0,200 \text{ m} \cdot 2100 \text{ kg/m}^3 = 420,0 \text{ kg/m}^2$$

$$m'_{ges} = m_2 = \mathbf{420,0 \text{ kg/m}^2}$$

$$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{ges}/m'_0) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(420,0/1) - 22,2 = \mathbf{58,9 \text{ dB}}.$$

$$S_F = \mathbf{13,96 \text{ m}^2}$$



Vorsatzschale (F): keine

b.) Empfangsseite (f):

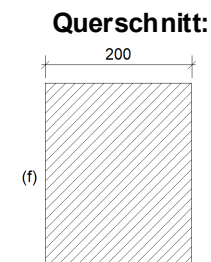
200 mm Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dünnbettmörtel
(2.200)

$$m_2 = d \cdot (1000 \cdot RDK - 100) = 0,200 \text{ m} \cdot 2100 \text{ kg/m}^3 = 420,0 \text{ kg/m}^2$$

$$m'_{ges} = m_2 = \mathbf{420,0 \text{ kg/m}^2}$$

$$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{ges}/m'_0) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(420,0/1) - 22,2 = \mathbf{58,9 \text{ dB}}.$$

$$S_F = \mathbf{13,96 \text{ m}^2}$$



Vorsatzschale (f): keine

$$K_{R,min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_0 \cdot (1/S_i + 1/S_j)) = \mathbf{-2,5 \text{ dB}},$$

mit $l_f = 3,960 \text{ m}$, $l_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 13,96 \text{ m}^2$, $S_j = 13,96 \text{ m}^2$.

$K_{Fd,min} = 10 \cdot \log_{10}(I_f \cdot I_0 \cdot (1/S_i + 1/S_{TB,T})) = -3,7 \text{ dB}$,
 mit $I_f = 3,960 \text{ m}$, $I_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 13,96 \text{ m}^2$, $S_{TB,T} = 28,10 \text{ m}^2$.
 $K_{Df,min} = 10 \cdot \log_{10}(I_f \cdot I_0 \cdot (1/S_{TB,T} + 1/S_j)) = -3,7 \text{ dB}$,
 mit $I_f = 3,960 \text{ m}$, $I_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_{TB,T} = 28,10 \text{ m}^2$, $S_j = 13,96 \text{ m}^2$.
 $M = \log_{10}(m'_{TB,T} / m'_{f,mittel}) = \log_{10}(624,0 / 420,0) = 0,1719 \text{ kg/m}^2$.
Stoßstelle: "Starrer T-Stoß" (einlaufendes Trennbauteil, Flanke getrennt)
 $\Delta K_{FF} = 0 \text{ dB}$.
 $K_{FF} = \text{MAX}(K_{FF,min}, 5,7 + 14,1 \cdot M + 5,7 \cdot M^2) - \Delta K_{FF} = 8,3 \text{ dB}$.
 $K_{Fd} = \text{MAX}(K_{Fd,min}, 4,7 + 5,7 \cdot M^2) = 4,9 \text{ dB}$.
 $K_{Df} = K_{Fd} = 4,9 \text{ dB}$.
Bewertete Flankenschalldämm-Maße:
 $R_{FF} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{FF} + K_{FF} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/I_f)$,
 $R_{FF} = 58,9/2 + 58,9/2 + 0,0 + 8,3 + 10 \cdot \log_{10}(28,10/3,960) = 75,7 \text{ dB}$.
 $R_{Fd} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/I_f)$,
 $R_{Fd} = 58,9/2 + 64,2/2 + 0,0 + 4,9 + 10 \cdot \log_{10}(28,10/3,960) = 75,0 \text{ dB}$.
 $R_{Df} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/I_f)$,
 $R_{Df} = 64,2/2 + 58,9/2 + 3,8 + 4,9 + 10 \cdot \log_{10}(28,10/3,960) = 78,8 \text{ dB}$.

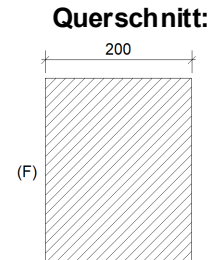
FLANKE 2: "/W"

Typ: "Massivbau", $I_{f,2} = 7,100 \text{ m}$.

a.) Sendeseite (F):

200 mm Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dünnbettmörtel
(1.800)

$m_2 = d \cdot (1000 \cdot \text{RDK} - 100) = 0,200 \text{ m} \cdot 1700 \text{ kg/m}^3 = 340,0 \text{ kg/m}^2$
 $m'_{ges} = m_2 = 340,0 \text{ kg/m}^2$
 $R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{ges}/m'_{o}) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(340,0/1) - 22,2 = 56,0 \text{ dB}$.
 $S_F = 25,03 \text{ m}^2$

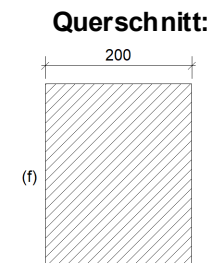


Vorsatzschale (F): keine

b.) Empfangsseite (f):

200 mm Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dünnbettmörtel
(1.800)

$m_2 = d \cdot (1000 \cdot \text{RDK} - 100) = 0,200 \text{ m} \cdot 1700 \text{ kg/m}^3 = 340,0 \text{ kg/m}^2$
 $m'_{ges} = m_2 = 340,0 \text{ kg/m}^2$
 $R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{ges}/m'_{o}) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(340,0/1) - 22,2 = 56,0 \text{ dB}$.
 $S_F = 25,03 \text{ m}^2$



Vorsatzschale (f): keine

$K_{FF,min} = 10 \cdot \log_{10}(I_f \cdot I_0 \cdot (1/S_i + 1/S_j)) = -2,5 \text{ dB}$,
 mit $I_f = 7,100 \text{ m}$, $I_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 25,03 \text{ m}^2$, $S_j = 25,03 \text{ m}^2$.
 $K_{Fd,min} = 10 \cdot \log_{10}(I_f \cdot I_0 \cdot (1/S_i + 1/S_{TB,T})) = -2,7 \text{ dB}$,
 mit $I_f = 7,100 \text{ m}$, $I_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 25,03 \text{ m}^2$, $S_{TB,T} = 28,10 \text{ m}^2$.
 $K_{Df,min} = 10 \cdot \log_{10}(I_f \cdot I_0 \cdot (1/S_{TB,T} + 1/S_j)) = -2,7 \text{ dB}$,
 mit $I_f = 7,100 \text{ m}$, $I_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_{TB,T} = 28,10 \text{ m}^2$, $S_j = 25,03 \text{ m}^2$.
 $M = \log_{10}(m'_{TB,T} / m'_{f,mittel}) = \log_{10}(624,0 / 340,0) = 0,2637 \text{ kg/m}^2$.
Stoßstelle: "Starrer Kreuzstoß, Flanke getrennt"
 $\Delta K_{FF} = 0 \text{ dB}$.
 $K_{FF} = \text{MAX}(K_{FF,min}, 9,6 + 11 \cdot M) - \Delta K_{FF} = 12,5 \text{ dB}$.
 $K_{Fd} = \text{MAX}(K_{Fd,min}, 5,7 + 15,4 \cdot M^2) = 6,8 \text{ dB}$.
 $K_{Df} = K_{Fd} = 6,8 \text{ dB}$.

Bewertete Flankenschalldämm-Maße:

$R_{FF} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{FF} + K_{FF} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/I_f)$,
 $R_{FF} = 56,0/2 + 56,0/2 + 0,0 + 12,5 + 10 \cdot \log_{10}(28,10/7,100) = 74,5 \text{ dB}$.
 $R_{Fd} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/I_f)$,
 $R_{Fd} = 56,0/2 + 64,2/2 + 0,0 + 6,8 + 10 \cdot \log_{10}(28,10/7,100) = 72,9 \text{ dB}$.
 $R_{Df} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/I_f)$,
 $R_{Df} = 64,2/2 + 56,0/2 + 3,8 + 6,8 + 10 \cdot \log_{10}(28,10/7,100) = 76,7 \text{ dB}$.

FLANKE 3: "IW"

Typ: "Massivbau", $l_{f,3} = 7,100 \text{ m}$.

a.) Sendeseite (F):

200 mm Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dünnbettmörtel
(1.800)

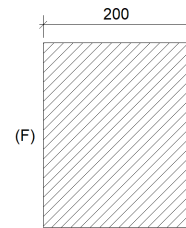
$$m_2 = d \cdot (1000 \cdot \text{RDK} - 100) = 0,200 \text{ m} \cdot 1700 \text{ kg/m}^3 = 340,0 \text{ kg/m}^2$$

$$m'_{\text{ges}} = m_2 = \mathbf{340,0 \text{ kg/m}^2}$$

$$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{\text{ges}}/m'_{f,0}) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(340,0/1) - 22,2 = \mathbf{56,0 \text{ dB}}$$

$$S_F = \mathbf{25,03 \text{ m}^2}$$

Querschnitt:



Vorsatzschale (F): keine

b.) Empfangsseite (f):

200 mm Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dünnbettmörtel
(1.800)

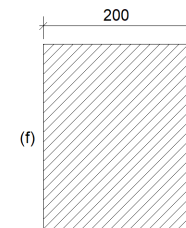
$$m_2 = d \cdot (1000 \cdot \text{RDK} - 100) = 0,200 \text{ m} \cdot 1700 \text{ kg/m}^3 = 340,0 \text{ kg/m}^2$$

$$m'_{\text{ges}} = m_2 = \mathbf{340,0 \text{ kg/m}^2}$$

$$R_w = 30,9 \cdot \log_{10}(m'_{\text{ges}}/m'_{f,0}) - 22,2 = 30,9 \cdot \log_{10}(340,0/1) - 22,2 = \mathbf{56,0 \text{ dB}}$$

$$S_F = \mathbf{25,03 \text{ m}^2}$$

Querschnitt:



Vorsatzschale (f): keine

$$K_{Ff,min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_0 \cdot (1/S_i + 1/S_j)) = \mathbf{-2,5 \text{ dB}}$$

mit $l_f = 7,100 \text{ m}$, $l_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 25,03 \text{ m}^2$, $S_j = 25,03 \text{ m}^2$.

$$K_{Fd,min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_0 \cdot (1/S_i + 1/S_{TB,T})) = \mathbf{-2,7 \text{ dB}}$$

mit $l_f = 7,100 \text{ m}$, $l_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_i = 25,03 \text{ m}^2$, $S_{TB,T} = 28,10 \text{ m}^2$.

$$K_{Df,min} = 10 \cdot \log_{10}(l_f \cdot l_0 \cdot (1/S_{TB,T} + 1/S_j)) = \mathbf{-2,7 \text{ dB}}$$

mit $l_f = 7,100 \text{ m}$, $l_0 = 1,000 \text{ m}$, $S_{TB,T} = 28,10 \text{ m}^2$, $S_j = 25,03 \text{ m}^2$.

$$M = \log_{10}(m'_{TB,T} / m'_{f,mittel}) = \log_{10}(624,0 / 340,0) = \mathbf{0,2637 \text{ kg/m}^2}$$

Stoßstelle: "Starrer Kreuzstoß, Flanke getrennt"

$$\Delta K_{Ff} = 0 \text{ dB}$$

$$K_{Ff} = \text{MAX}(K_{Ff,min}, 9,6 + 11 \cdot M) - \Delta K_{Ff} = \mathbf{12,5 \text{ dB}}$$

$$K_{Fd} = \text{MAX}(K_{Fd,min}, 5,7 + 15,4 \cdot M^2) = \mathbf{6,8 \text{ dB}}$$

$$K_{Df} = K_{Fd} = \mathbf{6,8 \text{ dB}}$$

Bewertete Flankenschalldämm-Maße:

$$R_{Ff} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Ff} + K_{Ff} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f)$$

$$R_{Ff} = 56,0/2 + 56,0/2 + 0,0 + 12,5 + 10 \cdot \log_{10}(28,10/7,100) = \mathbf{74,5 \text{ dB}}$$

$$R_{Fd} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f)$$

$$R_{Fd} = 56,0/2 + 64,2/2 + 0,0 + 6,8 + 10 \cdot \log_{10}(28,10/7,100) = \mathbf{72,9 \text{ dB}}$$

$$R_{Df} = R_i/2 + R_j/2 + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10 \cdot \log_{10}(S_s/l_f)$$

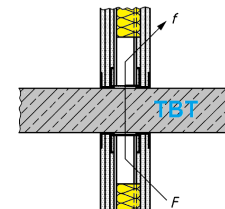
$$R_{Df} = 64,2/2 + 56,0/2 + 3,8 + 6,8 + 10 \cdot \log_{10}(28,10/7,100) = \mathbf{76,7 \text{ dB}}$$

FLANKE 4: "IW"

Typ: "Skelettbau"

"Bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ nach T33-5.1.2.2 für Ständerwände mit biegeweichen Schalen bei Übertragung über massive Wände oder Decken mit $m' \geq 350 \text{ kg/m}^2$."

$$l_{f,4} = 3,960 \text{ m}, D_{n,f,4} = 76,0 \text{ dB}$$



Sinnbild:

$$R_{Ff,4} = D_{n,f,4} + 10 \cdot \log_{10}(l_{lab}/l_f) + 10 \cdot \log_{10}(S_s/A_0)$$

$$R_{Ff,4} = 76,0 + 10 \cdot \log_{10}(4,500/3,960) + 10 \cdot \log_{10}(28,10/10,00) = \mathbf{81,1 \text{ dB}}$$

2.5.5 Übersicht der Rechengrößen:

Bauteil	Übertragungs- weg	$R_{i,w}/2$ dB	$R_{j,w}/2$ dB	K_{ij} dB	$10\log_{10}$ (S/I) dB	ΔR_w dB	$R_{ij,w}$ dB
TBT: "Decke"	R_{Dd}	64,2/2	64,2/2			3,8	68,0
F1: "AW"	$R_{Df,1}$	64,2/2	58,9/2	4,9	8,5	3,8	78,8
	$R_{Fd,1}$	58,9/2	64,2/2	4,9	8,5	0,0	75,0
	$R_{Ff,1}$	58,9/2	58,9/2	8,3	8,5	0,0	75,7
F2: "IW"	$R_{Df,2}$	64,2/2	56,0/2	6,8	6,0	3,8	76,7
	$R_{Fd,2}$	56,0/2	64,2/2	6,8	6,0	0,0	72,9
	$R_{Ff,2}$	56,0/2	56,0/2	12,5	6,0	0,0	74,5
F3: "IW"	$R_{Df,3}$	64,2/2	56,0/2	6,8	6,0	3,8	76,7
	$R_{Fd,3}$	56,0/2	64,2/2	6,8	6,0	0,0	72,9
	$R_{Ff,3}$	56,0/2	56,0/2	12,5	6,0	0,0	74,5
Skelettbau:		$D_{n,f,w}$ dB		$10\log_{10}$ (S _s /A ₀) dB	$10\log_{10}$ (I _{lab} /I _r) dB		$R_{Ff,w}$ dB
F4: "IW"	$R_{Ff,4}$	76,0		4,5	0,6		81,1

2.5.6 Berechnung der Vergleichsgrößen:

Luftschall:

$$R'_w = -10\log_{10}[10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum 10^{-R_{Fd,w}/10}] \text{ dB},$$

$$R'_w = -10\log_{10}[10^{-68,0/10} + 10^{-75,7/10} + 10^{-74,5/10} + 10^{-74,5/10} + 10^{-81,1/10} + 10^{-78,8/10} + 10^{-76,7/10} + 10^{-76,7/10} + 10^{-75,0/10} + 10^{-72,9/10} + 10^{-72,9/10}] \text{ dB},$$

$$R'_w = 63,4 \text{ dB}.$$

$$u_{\text{prog}} = 2,0 \text{ dB (Sicherheitsabschlag)}.$$

Trittschall:

Korrekturwert K nach Teil 2, Gleichung 26:

$$m'_{s'} = 624,0 \text{ kg/m}^2, m'_{f,m} = 366,7 \text{ kg/m}^2,$$

$$K = 0,6 + 5,5 \cdot \log_{10}(m'_{s'} / m'_{f,m}) = 1,9 \text{ dB}.$$

$$K_T = 0,0 \text{ dB (Empfangsraum befindet sich unter dem Senderraum)},$$

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K - K_T = 66,2 - 27,3 + 1,9 - 0,0 = 40,8 \text{ dB}.$$

$$u_{\text{prog}} = 3,0 \text{ dB (Sicherheitszuschlag: Oberboden/Estrich OHNE Einbauten)}.$$

Vorhandenes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß (abzgl. u_{prog}):

Vorhandener bewerteter Norm-Trittschallpegel (zzgl. u_{prog})

$$\text{vorh. } R'_w = 61,4 \text{ dB}$$

$$\text{vorh. } L'_{n,w} = 43,8 \text{ dB}$$

2.5.7 Bauteilbewertung

Öffentlich-rechtlich verlangter Schallschutz:

Die Anforderungen nach DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 6, Zeile 1 sind **erfüllt**.

2.6 TÜR 1: Türen

2.6.1 Öffentlich-rechtlich verlangter Schallschutz

Anforderungen nach DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 6 ("*Schule oder vergleichbare Einrichtung (z.B. Kindertagesstätte)*"), Zeile 8: "*Türen zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Fluren*" .

Erforderliches bewertetes Bau-Schalldämm-Maß:

erf. $R_w \geq 32,0$ dB

2.6.2 Zivilrechtlich verlangter oder freiwillig vereinbarter Schallschutz

Keine Anforderungen.

Vorhandenes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß:

vorh. $R_w = 32,0$ dB

2.6.3 Bauteilbewertung

Öffentlich-rechtlich verlangter Schallschutz:

Die Anforderungen nach DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 6, Zeile 8 sind **erfüllt**.