



AKUSTIKBÜRO DAHMS GmbH
Beratende Ingenieure

Schalltechnisches Gutachten

Schallschutznachweis im Rahmen der Ausführungsplanung für das BV Neubau Haus III Theodor Fontane Oberschule Adolf-Diesterweg-Str. 1 in 14669 Ketzin/Havel

Großbeerenstraße 231
14480 Potsdam

Tel 0331 · 983940-00
Fax 0331 · 983940-20

info@akustikbuero.de
www.akustikbuero.de

Amtsgericht Potsdam
HRB 28020 P
USHD: DE 300 599 293

Geschäftsführung:
Lars Kopischke
Jörg Kepper
Andreas Elwing

Auftraggeber: Stadt Ketzin/Havel Fachbereich II /
Hochbau / Denkmalschutz
Rathausstr. 29
14669 Ketzin

Grundlage: Angebot vom 28.10.2021
Auftrag vom 08.11.2024

Berichtsnummer: 24-225-01-BA

Datum: 20.12.2024

Messstelle nach § 29b Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) für Emissionen und Immissionen von Schall, Schwingungen und Erschütterungen, VMPA Schallschutzprüfstelle nach DIN 4109, Bau- und Raumakustik, Elektroakustik, Umwelt- und Arbeitsschutz, Industrie- Maschinenakustik, Schall- und Schwingungsmessungen, Prognosen, Gutachten, Mess- und Prüfberichte

M. Sc. Matthias Görlach

Projektingenieur

Dipl. Ing. Dieter Brockmeyer

VMPA-Prüfstellenleiter,
Leiter Fachbereich Bauakustik
und Maschinenakustik



Dieses Dokument ist nur rechtsverbindlich gültig, wenn es digital signiert wurde.
Der Bericht darf nur in seiner Gesamtheit weitergegeben werden.

Inhaltsverzeichnis

Schalltechnisches Gutachten	1
1 Allgemeine Angaben	3
2 Anforderungen an den baulichen Schallschutz	3
2.1 Anforderungen zu Geräuschen aus dem Innenbereich	3
2.2 DIN 4109-1:2018-01, äußerer Schallschutz	5
3 Schallschutznachweis	5
3.1 Geschossdecken	6
3.1.1 Decke 1: Bodenplatte, Trittschalldämmung	6
3.1.2 Decke 2 und 3: Geschosstrenndecken, Luft- und Trittschalldämmung	6
3.2 Treppenläufe und -podeste	9
3.3 Trennwände	10
3.4 Türen	12
3.5 Gebäudetechnische Anlagen	12
3.5.1 Aufzüge	12
3.5.2 Sonstige gebäudetechnische Anlagen	15
3.5.3 Wasserinstallationen	15
4 Betrachtungen zum Außenlärm	16
5 Zusammenfassung	17
6 Literaturverzeichnis	18

Anhang 1: Berechnungsverfahren

- A 1.1 Luftschalldämmung Massivbau nach DIN 4109-2:2018-01
- A 1.2 Ergänzungen Luftschalldämmung
- A 1.3 Trittschalldämmung Massivbau nach DIN 4109-2:2018-01
- A 1.4 Trittschall im Holz-, Leicht- und Trockenbau
- A 1.5 Trittschall nach ISO 12354-2
- A 1.6 Berechnung der erforderlichen Luftschalldämmung von Außenbauteilen

Anhang 2: Bauteildokumentation Brettsper Holzdecke

Anhang 3: Berechnungsergebnisse

- A 3.1 Decke 2, Geschosstrenndecke, Luftschalldämmung
- A 3.2 Decke 2, Geschosstrenndecke, Trittschalldämmung
- A 3.3 Decke 3, Geschosstrenndecke, Luftschalldämmung
- A 3.4 Decke 3, Geschosstrenndecke, Trittschalldämmung
- A 3.5 1. Trennwand
- A 3.6 2. Trennwand
- A 3.7 3. Trennwand
- A 3.8 4. Trennwand

1 Allgemeine Angaben

Das Bauvorhaben „Haus III Theodor Fontane Oberschule“ in 14669 Ketzin beinhaltet einen Erweiterungsbau im südwestlichen Teil des Schulgeländes. Das Gebäude weist 4 Stockwerke inklusive einem Souterraingeschoss (UG) auf.

Das Bauvorhaben befindet sich in einer ruhigen Wohngegend, die z. T. bereits bebaut ist. Aufgrund der ruhigen Wohnlage und des großen Abstandes zu wichtigen Verkehrswegen ist nicht in relevantem Maße mit Außenlärm zu rechnen. Daher wird dieser Themenkomplex im vorliegenden Gutachten orientierend betrachtet.

Der vorliegende Schallschutznachweis befasst sich mit folgenden Themengebieten:

- Dokumentation der anzuwendenden Anforderungen hinsichtlich des Schallschutzes zwischen unterschiedlichen Nutzungseinheiten des Gebäudes.
- Ausarbeitung von Maßnahmen zum Schutz der schutzbedürftigen Räume vor Geräuschen aus anderen Nutzungseinheiten und gebäudetechnischen Anlagen sowie Erläuterungen dazu.
- Orientierende Betrachtungen zum Außenlärm

Dieser Schallschutznachweis befasst sich **ausschließlich** mit den **baurechtlich verbindlichen Mindestanforderungen**, die in Schulgebäuden anzuwenden sind. Jegliche darüber hinaus anwendbare Anforderungen sind **nicht** Gegenstand des hier vorliegenden Dokumentes.

Der hier formulierte Schallschutznachweis basiert auf dem **Arbeitsstand vom 14.11.24**. Die Aktualität des Arbeitsstandes wurde vor Erstellung des Gutachtens geklärt.

2 Anforderungen an den baulichen Schallschutz

2.1 Anforderungen zu Geräuschen aus dem Innenbereich

Die aus DIN 4109-1:2018-01 [1] entnommene Tabelle 6 dokumentiert die Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung für Schulen und vergleichbaren Einrichtung.

Tabelle 1 Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung, Schalldämmung in Schulen und vergleichbaren Einrichtungen (Tab. 6 aus DIN 4109-1:2018-01, ohne Anmerkung, da hier nicht relevant)

Sp.	1	2	3	4	5
Zeile		Bauteile	Anforderungen		Bemerkungen
			R'_w dB	$L'_{n,w}$ dB	
1	Decken	Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen/Decken unter Fluren	≥ 55	≤ 53	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für Trittschallübertragung in Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen. Zu ähnlichen Räumen gehören auch solche Räume mit erhöhtem Ruhebedürfnis, z.B. Schlafräume.
2		Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und „lauten“ Räumen (z.B. Speiseräumen, Cafeterien, Musikräume, Spielräume, Technikzentralen)	≥ 55	≤ 46	Wegen der verstärkten Übertragung tiefer Frequenzen können zusätzliche Maßnahmen zur Körperschalldämmung erforderlich sein.
3		Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und z.B. Sporthallen, Werkräumen	≥ 60	≤ 46	

Sp.	1	2	3	4	5
Zeile		Bauteile	Anforderungen		Bemerkungen
			R'_w dB	$L'_{n,w}$ dB	
4	Wände	Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen untereinander und zu Fluren	≥ 47	–	Zu ähnlichen Räumen gehören auch solche Räume mit erhöhtem Ruhebedürfnis, z.B. Schlafräume.
5		Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Treppenhäusern	≥ 52	–	
6		Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und „lauten“ Räumen (z.B. Speiseräume, Cafeterien, Musikräume, Spielräume, Technikzentralen)	≥ 55	–	
7		Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und z.B. Sporthallen, Werkräumen	≥ 60	–	
8	Türen	Türen zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Fluren	≥ 32		Bei Türen gilt R_w nach Tabelle 1 – siehe auch Tabelle 1, Fußnote c.
9		Türen zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen untereinander	≥ 37		
ANMERKUNG: Zu den vergleichbaren Einrichtungen gehören beispielsweise öffentliche Kindertagesstätten.					

Innerhalb einer Schule können folgende Räume als „schutzbedürftig“ im Sinne der DIN 4109-1 gelten:

- Unterrichtsräume;
- Büroräume;
- Sitzungsräume und ähnliche Arbeitsräume.

Die zitierte Tabelle 6 der DIN 4109-1 nimmt auch Bezug auf „laute“ Räume innerhalb der Schule. Daher kann auf die Dokumentation der Anforderungen aus Tabelle 8 der DIN 4109-1 verzichtet werden. Ergänzend gelten jedoch folgende Anforderungen an Geräusche aus gebäudetechnischen Anlagen. Für Unterrichts- und Arbeitsräume gelten die folgenden maximal zulässigen A-bewerteten Schalldruckpegel:

- Geräuschquelle: Sanitärtechnik/Wasserinstallationen, sonstige hausinterne, fest installierte technische Schallquellen der technischen Ausrüstung, Ver- und Entsorgung sowie Garagenanlagen: $L_{AF,max,n} \leq 35 \text{ dB(A)}$

$L_{AF,max,n}$: maximaler Norm-Schalldruckpegel mit Frequenzbewertung A und Zeitbewertung Fast, bezogen auf eine Absorptionsfläche von $A_0 = 10 \text{ m}^2$, definiert in DIN 4109-4 [1]

Der Parameter $L_{AF,max,n}$ ist vom Raumvolumen abhängig und ist bei großen Räumen nicht mehr anwendbar. Wir schlagen daher vor, ab einem Raumvolumen von ca. 100 m^3 den auf die Bezugsnachhallzeit $T_0 = 0,5 \text{ s}$ normierten, A-bewerten, fast-bewerteten, maximalen Standard-Schalldruckpegel $L_{AFmax,nT}$ als Zielparameter zu vereinbaren.

2.2 DIN 4109-1:2018-01, äußerer Schallschutz

In der DIN 4109-1:2018-01 wird kein konkreter Grenzwert für außen anliegenden Lärm eingeführt, sondern über die Bildung des „maßgeblichen Außenlärmpegels“¹ und die Art der Raumnutzung die notwendige Schalldämmung des Außenbauteils ermittelt. In DIN 4109-01:2018-01 werden, im Gegensatz zu den älteren Fassungen die Anforderungen an die Schalldämmung der Außenbauteile zum Schutz gegen Außenlärm in Schritten von ganzen dB und nicht mehr in 5 dB „breiten“ Lärmpegelbereichen definiert. Dies entspricht dem Stand der Technik und erlaubt eine präzise Bemessung der erforderlichen Schalldämm-Maße der Fassadenbestandteile.

Der Nacht-Beurteilungspegel $L_{r,Nacht}$ wird dann zur Basis der Berechnungen wenn beide folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- $L_{r,Tag} - L_{r,Nacht} < 10$ dB und
- Der betreffende Raum kann für den Nachtschlaf genutzt werden (Wohnräume).

Im konkreten Fall eines Schulbaus ist immer der Beurteilungspegel für den Tag die Grundlage des maßgeblichen Außenlärmpegels, da es nicht um den Schutz des Nachtschlafes geht. Die Anforderungen definieren sich damit wie folgt:

Gleichung 1: Anforderung an Außenbauteile unter Berücksichtigung unterschiedlicher Raumarten und Nutzungen nach DIN 4109-1:2018-01

$$R'_{w,ges} = L_a - K_{Raumart}$$

Dabei ist:

$R'_{w,ges}$: Gesamtes, bewertetes Bau-Schalldämm-Maß der Außenbauteile

L_a : Maßgeblicher Außenlärmpegel nach DIN 4109-2:2018-01

$K_{Raumart} = 25$ dB für Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien

$K_{Raumart} = 30$ dB für Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, **Unterrichtsräumen und Ähnliches**

$K_{Raumart} = 35$ dB für Büroräume und Ähnliches

Mindestens einzuhalten sind:

$R'_{w,ges} \geq 35$ dB für Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien;

$R'_{w,ges} \geq 30$ dB für Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, **Unterrichtsräume, Büroräume und Ähnliches**

Aus dieser Gestaltung der Anforderung und der Berechnungen wird deutlich, dass die DIN 4109-1:2018-01 (inkl. Berechnungsverfahren nach DIN 4109-2:2018-01) auf die Einhaltung eines Innenpegels abhebt, der jedoch nicht konkret genannt wird.

3 Schallschutznachweis

Der Schallschutznachweis erfolgt nach den Vorgaben der DIN 4109-1:2018-01, dem zugehörigen Rechenverfahren nach DIN 4109-2:2018-01 [3] kombiniert mit den Daten aus dem Bauteilkatalog [2] bis [3]. Die in diesen Normen getroffenen Festlegungen für Vorgehensweise und (rechnerische) Nachweise sowie die Daten im Bauteilkatalog repräsentieren den derzeitigen Stand der Bauakustik. Im Falle von Trittschallpegelberechnungen kann alternativ auf das vereinfachte Berechnungsmodell nach DIN EN ISO 12354-2:2017-11 [6] zurückgegriffen werden.

DIN 4109-1:2018-01 ist im Bundesland Brandenburg baurechtlich verbindlich und definiert die Mindestanforderungen zum Schutz vor unzumutbaren Belästigungen. Die im Nachweisverfahren ermittelten Berechnungsergebnisse werden jeweils mit beiden Anforderungskategorien verglichen. Die Vorgehensweise beim Schallschutznachweis wird in Anhang 1: Berechnungsverfahren erläutert.

¹ Wenn notwendig, werden unterschiedliche Lärmarten energetisch addiert.

3.1 Geschossdecken

Im Bauvorhaben sind als horizontale, plattenförmige Bauteile 2 Typen von Geschosstrenndecken sowie eine Bodenplatte relevant. Die Bodenplatte ist homogen unter dem Souterraingeschoss (hier UG) geplant. Die weiteren beiden Bauteiltypen befinden sich einerseits als Trenndecke zwischen den Obergeschossen im Hauptteil andererseits im Treppenhaus und Flurbereich sowie über dem UG des Gebäudes.

- | | |
|--|----------------------|
| 1. Bodenplatte: | Stahlbeton 50 cm |
| 2. Geschossdecken zwischen EG und 2. OG: | Brettsperrholz 28 cm |
| 3. Geschossdecke über UG: | Stahlbeton 24 cm |

Im Folgenden werden diese Bauteile getrennt betrachtet.

3.1.1 Decke 1: Bodenplatte, Trittschalldämmung

Die folgende Tabelle zeigt die Bauteildaten für die Bodenplatte:

Tabelle 2: Bauteildaten der Bodenplatten

Bauteil	Massivbauteil	Estrich	Trittschalldämmung
1. Bodenplatte	Stahlbeton 50 cm, ($m' \geq 1.200 \text{ kg/m}^2$)	Schw. Estrich ($m' \geq 100 \text{ kg/m}^2$)	$s' \leq 40 \text{ MN/m}^3$

Die nachfolgende Tabelle dokumentiert die betrachteten Raumsituationen:

Tabelle 3: Beschreibung der betrachteten Raumsituationen

Bauteil	Senderraum	Empfangsraum
1. Bodenplatte	Überschlägige Berechnung	

Die Ergebnisse aus den überschlägigen Betrachtungen zeigt die nachfolgende Tabelle:

Tabelle 4: Vergleich der Ergebnisse mit den Anforderungen

Bauteil	$L_{n,eq,0,w}$	ΔL_w	K_T^2	U_{prog}	vorh. $L'_{n,w}$	erf. $L'_{n,w}$	Anforderung erfüllt?
/	dB	dB	dB	dB	dB	dB	/
1. Bodenplatte	56,2	24,1	5	3	30,2	≤ 53	ja

Die Prüfung der Trittschallübertragung zeigt, dass die baurechtlich verbindlichen Mindestanforderungen der DIN 4109-1:2018-01 mittels überschlägiger Berechnung mit ausreichender Sicherheit eingehalten werden.

3.1.2 Decke 2 und 3: Geschosstrenndecken, Luft- und Trittschalldämmung

Die Geschosstrenndecken sind einerseits als Stahlbetondecken und andererseits als Massivholzdecken in Brettsperrholzbauweise geplant. Im Falle der Brettsperrholzdecke wird eine zweilagige Trittschalldämmung verwendet. Die obere Lage stellt eine EPS-Trittschalldämmung als Noppenplatte für die Heizungsrohre dar. Die untere und eigentliche Trittschalldämm-Matte stellt eine Holzfaserdämm-Matte dar. Die dynamischen Steifigkeiten der einzelnen Lagen und des resultierenden Aufbaus sind separat zusammen mit den übrigen Aufbauten wie folgt dargestellt:

² Nach Tabelle 2 aus DIN 4109-2:2018-01 für die jeweils zutreffende Übertragungsrichtung.

Tabelle 5: Bauteildaten der Trenndecken

Bauteil	Massivbauteil	Estrich	Trittschalldämmung
2. Geschossdecken zwischen EG und 2. OG	BSP mit Schüttung, ($m'_{\text{gesamt}} \geq 229$ kg/m^2)	Zementestrich 50 mm ($m' \geq 100 \text{ kg/m}^2$)	$s'_{\text{EPS}} \leq 15 \text{ MN/m}^3$ $s'_{\text{Holzfaser}} \leq 30 \text{ MN/m}^3$ $s'_{\text{gesamt}} \leq 10 \text{ MN/m}^3$
3. Geschossdecke über UG	Stahlbeton 24 cm, ($m' \geq 480 \text{ kg/m}^2$)	Zementestrich 50 mm ($m' \geq 100 \text{ kg/m}^2$)	$s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$

Weitere Bestandteile des Fußbodenaufbaus werden nicht betrachtet.

Die folgenden Berechnungen verwenden die folgenden Raumrelation:

Tabelle 6: Beschreibung der betrachteten Raumsituationen

Bauteil	Senderraum	Empfangsraum
2. Geschossdecken zwischen EG und 2. OG	2. OG, Fachraum 2.02, Grundfläche: 71 m ²	1. OG, Fachraum 1.02, Grundfläche: 71 m ²
3. Geschossdecke über UG	EG, Aula 0.01+0.02 Grundfläche: 133 m ²	UG, Fachraum -1.02, Grundfläche: 71 m ²

Detaillierte Angaben zu einzelnen Bauteilen können **Anhang A 3.1** entnommen werden.

Die folgenden Tabellen vergleichen die Berechnungsergebnisse für beide Fälle untereinander und mit den baurechtlich verbindlichen Mindestanforderungen:

Tabelle 7: Vergleich der Ergebnisse zur Luftschalldämmung mit den Anforderungen

Bauteil	R'_w	U_{Prog}	vorh. R'_w	erf. R'_w	Anforderung erfüllt?
/	dB	dB	dB	dB	/
2. Geschossdecken zwischen EG bis 2. OG	68,2	2	66,2	≥ 55	ja
3. Geschossdecke über UG	63,3	2	61,3	≥ 60	ja

Die Prüfung der **Luftschalldämmung** ergibt, dass die baurechtlich verbindlichen Mindestanforderungen der DIN 4109-1:2018-01 eingehalten werden können.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Berechnungsergebnisse für den Trittschallschutz der Trenndecken 2 und 3 zusammen und vergleicht diese mit den Anforderungen:

Tabelle 8: Vergleich der Ergebnisse zur Trittschalldämmung mit den Anforderungen

Bauteil	$L'_{n,w}$	U_{Prog}	vorh. $L'_{n,w}$	erf. $L'_{n,w}$	Anforderung erfüllt?
/	dB	dB	dB	dB	/
2. Zwischendecken zwischen EG und 2. OG	48,4	3	51,4	≤ 53	ja
3. Zwischendecken zwischen UG bis 1. OG	42,4	3	45,4	≤ 46	ja

Die Prüfung der **Trittschallübertragung** zeigt, dass die baurechtlich verbindlichen Mindestanforderungen der DIN 4109-1:2018-01 eingehalten werden.

Die folgenden Punkte sind hier relevant:

- Die flächenbezogene Masse des schwimmenden Estrichs muss bei beiden Deckentypen einen Wert von mindestens $m' \geq 100 \text{ kg/m}^2$ aufweisen
- Die flächenbezogene Masse der Brettsper Holz-Decke inklusive Schüttung muss einen Wert von mindestens $m' \geq 229 \text{ kg/m}^2$ erreichen.

- Die dynamische Steifigkeit der Trittschalldämmung muss für die Brettsperrholz-Decke einen Wert von höchstens $s' \leq 10 \text{ MN/m}^3$ aufweisen. Dies wird derart erreicht, dass zwei Trittschalldämmungen mit $s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$ (Holzfasertrittschalldämm-Matte) und $s' \leq 15 \text{ MN/m}^3$ (EPS-Tackerplatte) über einander verlegt werden.
- Die dynamische Steifigkeit der Trittschalldämmung muss für die Stahlbetondecke zwischen UG und EG von höchstens $s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$ aufweisen. Im Flurbereich kann diese wie vorgesehen einen Wert von $s' \leq 40 \text{ MN/m}^3$ aufweisen.

Für die Geschosstrenndecke zwischen dem 1. OG und dem 2. OG sowie zwischen dem EG und dem 1.OG ist der Aufbau der Fassade inkl. der Anschlussdetails selbiger in Trenndeckenebene entscheidend. Für die Luftschalldämmung ist der Fassadenaufbau ein wichtiges Detail. Denn so kann bspw. eine vorgehängte Fassade die Luftschallweiterleitung in vertikaler und horizontaler Richtung bei ungünstigem Aufbau deutlich erhöhen.

In der konkreten Planung ist die vertikale Trennung hinreichend berücksichtigt. Hier durchdringt der massive Brettsperrholzteil der Geschosstrenndecke die Außenfassade vollständig. Zusätzlich sind ober- und unterhalb der Geschosstrenndecke die Brettsperrholzaußenwände mittels Elastomere aufgelagert. Die nachfolgende Abbildung zeigt die entsprechende Zeichnung:

D3.1: Decke (BSPH, 1. + 2.OG) - AW (BSPH)

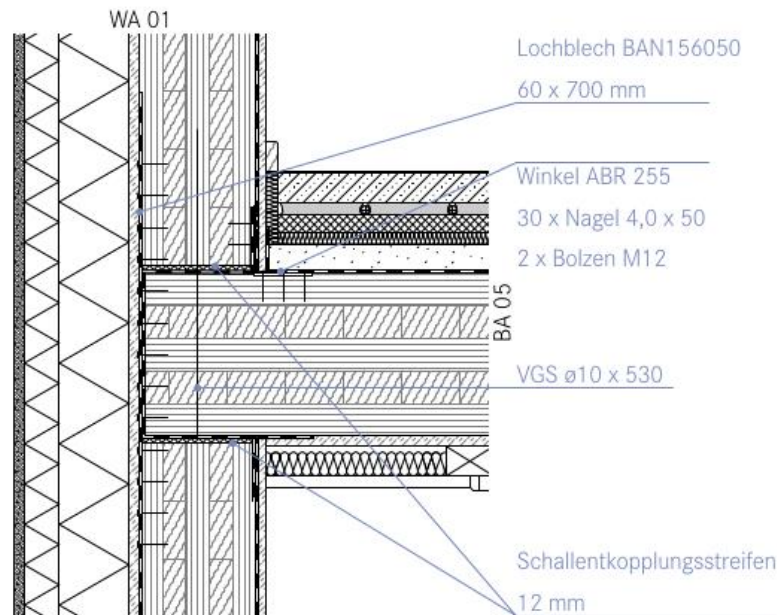


Abbildung 1: Detailplanung Fassadenstoß an Trenndecke der Brettsperrholzbauteile.

In horizontaler Richtung ist jedoch keine Trennung vorgesehen. Die Brettsperrholztrennwand ist hier sogar über ein Elastomer schalltechnisch von der Außenfassade entkoppelt. Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht die Situation:

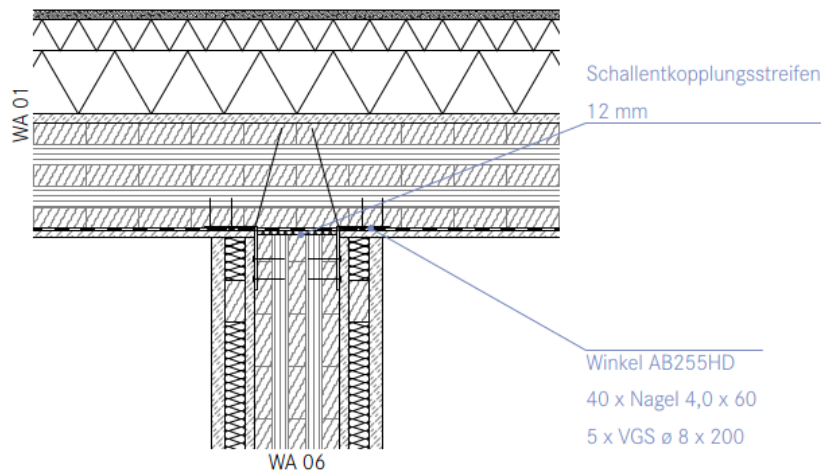
D1.2: AW (BSPH) - IW (BSPH, Trennwand Unterricht 1.+2.OG)


Abbildung 2: Detailstoß Außenwand und Trennwand jeweils in Brettsperrholzbauweise.

Dies ist eine kritische Situation, in welcher die Außenwand stark Schall längs an der Trennwand vorbei weiterleitet. Hier ist eine Trennung der Außenfassade vorzusehen. Diese kann über ein Fugenschnitt von 3 cm breite erfolgen. Zusätzlich kann auch ein Elastomer zur Entkopplung beitragen.

3.2 Treppenläufe und -podeste

Für **Treppenläufe und -podeste** gelten für Schulgebäude keine baurechtlich verbindlichen Anforderungen. Wir empfehlen jedoch, einen Trittschallschutz für Treppenläufe und -podeste analog zum Wohnungsbau umzusetzen. Hieraus folgt, dass ein Trittschallpegel von höchstens $L'_{n,w} \leq 53$ dB erreicht wird.

Es sind keine Treppenpodeste geplant.

Wir empfehlen, die **Treppenläufe** so zu planen, dass diese von den anliegenden Seitenwänden sowie den Geschosstrenndecken getrennt, also körperschallentkoppelt eingebaut werden. Dies soll derart geplant werden, dass die Treppenläufe als Fertigteile geliefert und von den Podesten auf Geschosshöhe durch eine geeignete vorgefertigte elastische Lagerung entkoppelt werden. Zu den Seitenwänden ist keine Verbindung vorzusehen. Zu diesem Zweck sollen fertig konfektionierte Produkte genutzt werden. Die Treppenläufe müssen hierbei eine Dicke von mehr als 120 mm aufweisen, damit diese den Vorgaben aus Tabelle 6 der DIN 4109-32:2016-07, dort Zeile 3, entsprechen. Ein solcher Aufbau wird dort **ohne Einsatz einer elastischen Lagerung** mit einem bewerteten Norm-Trittschallpegel von $L'_{n,w} \leq 64$ dB angegeben. Es sind fertig konfektionierte Produkte zur Auflagerung des Treppenlaufes mit einem bewerteten Trittschallverbesserungsmaß von mindestens $\Delta L_w = 15$ dB vorzusehen. Damit hält der Aufbau die Empfehlung ($L'_{n,w} \leq 53$ dB) mit ausreichender Sicherheit ein.

Voraussetzungen für die Einhaltung sind,

- dass Treppenlauf und -podest beide eine Mindestdicke von 120 mm aufweisen,
- dass die Entkopplung am Auflager des Podestes mit für diesen Zweck geeigneten und vorgesehenen elastischen Fertigteillagern ausgeführt werden,
- dass keinerlei schallharte Verbindung zum Treppenpodest oder zur Treppenraumwand besteht (bspw. durch Verunreinigungen während der Bauphase oder Eindringen von z. B. Fliesenkleber).

Die Flurbereiche nahe der Treppen werden mit einem schwimmenden Estrich analog zu Abschnitt 3.1.2 ausgestattet, sodass auch die Trittschalldämmung von diesem Bereich den Anforderungen genügt.

3.3 Trennwände

Im Gebäude sind die in der nachfolgenden Tabelle aufgelisteten Trennwände relevant:

Tabelle 9: Bauteildaten der Trennwände

Bauteil	Bauteil	Vorsatzschale	Flankenbauteil
1. Trennwand 1. OG	BSP mit beidseitig je 18 mm Feuerschutzplatte beplankt, ($m'_{gesamt} \geq 108 \text{ kg/m}^2$)	Einfach beplankt mit Gipskartonplatte $m' \geq 8,5 \text{ kg/m}^2$ und 4 cm Hohlraum mit Mineralwollbedämpfung ³	1. Fassade BSP ⁴ 2. Decke BSP ⁵ 3. Wand Stb ⁶ 4. Boden BSP ⁵
2. Falttrennwand EG	Mobile Falttrennwand ($R_w \geq 50 \text{ dB}$)	---	1. Fassade Stb ⁷ 2. Decke BSP ⁵ 3. Wand Stb ⁶ 4. Boden Stb ⁸
3. Trennwand UG	Stb 20 cm ($m' \geq 480 \text{ kg/m}^2$)	---	1. Fassade Stb ⁷ 2. Decke Stb ⁸ 3. Wand Stb ⁶ 4. Boden Stb ⁹
4. Trennwand 2. OG	BSP mit beidseitig je 18 mm Feuerschutzplatte beplankt, ($m'_{gesamt} \geq 108 \text{ kg/m}^2$)	Einfach beplankt mit Gipskartonplatte $m' \geq 8,5 \text{ kg/m}^2$ und 4 cm Hohlraum mit Mineralwollbedämpfung ³	1. Fassade BSP ⁴ 2. Dach ¹⁰ 3. Wand Stb ⁶ 4. Boden BSP ⁵

Die folgenden Berechnungen verwenden die folgenden Raumrelation:

³ Mineralwolle nach DIN EN 13162 mit einem längenbezogenen Strömungswiderstand von $5 \text{ kPa s/m}^2 \leq r \leq 50 \text{ kPa s/m}^2$ oder

Holzfaser nach DIN EN 13171 mit einem längenbezogenen Strömungswiderstand von $5 \text{ kPa s/m}^2 \leq r \leq 100 \text{ kPa s/m}^2$.

⁴ Außenwand aus Brettsper Holz. Aufbau wie Trennwand 1 zzgl. außenseitiger Wärmedämmung

⁵ Bauteilaufbau siehe Trenndecke Nr. 2

⁶ Innenliegende Flurwand aus Stahlbeton in einer Dicke von $d = 24 \text{ cm}$ ($m' \geq 480 \text{ kg/m}^2$)

⁷ Außenwand aus Stahlbeton mit einer Dicke von $d = 24 \text{ cm}$ ($m' \geq 480 \text{ kg/m}^2$)

⁸ Bauteilaufbau siehe Trenndecke Nr. 3

⁹ Bauteilaufbau siehe Bodenplatte (Decke Nr. 1)

¹⁰ Leichtbaudach. Erforderlicher Wert für die bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz von mindestens $D_{n,f,w} \geq 51 \text{ dB}$

Tabelle 10: Beschreibung der betrachteten Raumsituationen

Bauteil	Senderraum	Empfangsraum
1. Trennwand 1. OG	1. OG, Fachraum 1.02, Grundfläche: 71 m ²	1. OG, Allgemeiner Unterricht 1.01, Grundfläche: 61 m ²
2. Falttrennwand EG	EG, Fachraum 0.02, Grundfläche: 71 m ²	EG, Allgemeiner Unterricht 0.01, Grundfläche: 61 m ²
3. Trennwand UG	EG, Fachraum 0.02, Grundfläche: 71 m ²	UG, Allgemeiner Unterricht -1.01, Grundfläche: 61 m ²
4. Trennwand 2. OG	2. OG, Fachraum 2.02, Grundfläche: 71 m ²	2. OG, Allgemeiner Unterricht 2.01, Grundfläche: 61 m ²

Die Angaben zu den einzelnen Bauteilen (bspw. Material- und Bauteildaten) können dem **Anhang A 3.5** entnommen werden. Die Berechnungen der bewerteten Schalldämm-Maße erfolgten nach Gleichung 1 bis Gleichung 4 aus Anhang A 1.1. Beim Vergleich mit den Anforderungen wird der Sicherheitsbeiwert $U_{\text{prog}} = 2$ dB einbezogen.

Tabelle 11: Vergleich der Ergebnisse mit den Anforderungen

Anforderung	R'_w	U_{prog}	vorh. R'_w	erf. R'_w	Anforderung erfüllt?
/	dB	dB	dB	dB	/
1. Trennwand 1. OG	52,3	2	50,3	≥ 47	ja
2. Falttrennwand EG	49,1	2	47,1	≥ 47	ja
3. Trennwand UG	58,9	2	56,9	≥ 47	ja
4. Trennwand 2. OG	49,6	2	47,6	≥ 47	ja

Im Ergebnis der Prüfung der Luftschalldämmung ist festzustellen, dass die baurechtlich verbindlichen Mindestanforderungen der DIN 4109-1:2018-01 eingehalten werden.

Die folgenden Punkte sind hierbei relevant:

- Die Berechnungen basieren auf den in Tabelle 9 und den zugehörigen Fußnoten 3 bis einschließlich 10 dargestellten Bauteildaten.
- Das Leichtbaudach ist so auszuführen, dass es einen Wert für die bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz von mindestens $D_{n,f,w} \geq 51$ dB erreicht. Dies ist mit einem Aufbau gegeben, welcher mit dem in DIN 4109-33:2016-07 Tabelle 31 Zeile 1 angegebenen Aufbau vergleichbar ist.

3.4 Türen

Laut DIN 4109-2:2018-01 ist für Türen zusätzlich zu den Anforderungswerten ein **Sicherheitsbeiwert von 5 dB** zu berücksichtigen. Dieser sagt aus, um welchen Wert das vom Hersteller der Tür ausgewiesene bewertete Schalldämm-Maß höher sein muss, als die entsprechende Anforderung. Die folgende Tabelle 12 fasst dies mit den Anforderungen an beide Formen von Türen (Trennung zu Vorflur und direkt in Aufenthaltsraum) zusammen:

Tabelle 12: Anforderungen an Türen

Übertragungssituation	Anforderung nach DIN 4109-1:2018-01	U_{prog}	Herstellerangabe R_w
Türen zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Fluren	$R_{w,Tür} \geq 32 \text{ dB}$	5 dB	$R_w \geq 37 \text{ dB}$
Türen zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen untereinander	$R_{w,Tür} \geq 37 \text{ dB}$	5 dB	$R_w \geq 42 \text{ dB}$

In jedem Fall ist sorgfältiger Einbau und Einstellung der Türen Grundvoraussetzung für die Einhaltung der genannten Anforderungen. Unterhalb der Türebene muss der schwimmende Estrich vollständig getrennt und sauber mit einem Stellstreifen versehen sein, um Schalllängsleitung zu unterbinden.

3.5 Gebäudetechnische Anlagen

3.5.1 Aufzüge

Aufzüge sind zu den gebäudetechnischen Anlagen zu zählen. Die baurechtlich verbindlichen Mindestanforderungen nach DIN 4109-1 sind in Abschnitt 2.1 dokumentiert. Für „Sonstige hausinterne, fest installierte technische Schallquellen der technischen Ausrüstung...“ gilt im nächsten schutzbedürftigen Unterrichts- und ähnlichem Raum die Anforderung von $L_{AF,max,n} \leq 35 \text{ dB(A)}$ ¹¹ an den maximalen A-bewerteten Schalldruckpegel. Diesem Kriterium unterliegen auch die Schallimmissionen, die durch Aufzüge verursacht werden.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die geplante Aufzugsanlage mit den nach DIN 8989 relevanten Bauteilen:

Tabelle 13: Bauteildaten der Trennwände

Bauteil	Material und Dicke	Flächenbezogene Masse m'
Schachtwand	Stahlbeton, d = 30 cm	720 kg/m ²
Geschosstrenndecke Flur	Stahlbeton, d = 20 cm	480 kg/m ²
Geschosstrenndecke an Schachtwand mit Elastomer angeflanscht	BSP mit Schüttung	229 kg/m ²
Flankierende Massivwände	Stahlbeton, d = 30 cm	720 kg/m ²

Geplant ist ein triebwerksraumloser Aufzug, dessen Schacht zentral im Gebäude liegt. An die Schachtwand grenzen direkt schutzbedürftige Räume. Diese sind:

- „Allgemeiner Unterricht“ mit einem Raumvolumen $V = 178 \text{ m}^3$.
- „Aula“ mit einem Raumvolumen von $V = 418 \text{ m}^3$.

Für einen Aufzug sind 3 Arten von Schall zu nennen:

1. der Luftschallinnenpegel im Aufzugsschacht
2. der durch Öffnen und Schließen der Schachttüren des Aufzuges direkt vor diesen im Flurbereich verursachte Luftschallpegel
3. der durch den Betrieb des Aufzuges auf die Schachtwand übertragene Körperschall

¹¹ Der Parameter $L_{AF,max,n}$ wird auf eine Bezugsabsorptionsfläche von $A_0 = 10 \text{ m}^2$ normiert. In Unterrichts- und Arbeitsräumen ist ein um 5 dB höherer Pegel zulässig.

Hinweise zum Schallschutz bei Aufzugsanlagen ohne Triebwerksraum gibt die DIN 8989 [4]. Zunächst diskutieren wir die **Luftschallpegel**, die durch den Betrieb eines Aufzugs verursacht werden. Im Schacht (und im Fahrkorb) werden „üblicherweise“ Werte von $L_{AF, Schacht} = 65 \text{ dB(A)}$ nicht überschritten. Den gleichen Wert nennt die Richtlinie für den maximalen A-bewerteten Schalldruckpegel im Flurbereich direkt vor der Aufzugtür ($L_{AF, Tür} = 65 \text{ dB(A)}$)¹².

Für den **Luftschallschutz** von Geräuschen, die von der **Schachttür** des Aufzuges verursacht werden, sind die Türen zu schutzbedürftige Räume die wichtigsten Elemente. Die nächstgelegene Tür ist von der Schachttür aus direkt sichtbar und ca. 1 m entfernt (Türmitte), was der Messentfernung für die Angabe des Geräusches der Schachttür entspricht. Somit ist davon auszugehen, dass vor der Tür der oben genannte Schallpegel von $L_{AF, Tür} = 65 \text{ dB(A)}$ tatsächlich anliegt. Verfügt die Tür über die in Abschnitt 3.4 genannte Schalldämmung von $R_{W, erf, Tür} \geq 32 \text{ dB}$, wird der Pegel von $L_{AF, Max} \leq 35 \text{ dB}$ im Unterrichtsraum nicht überschritten¹³. Damit ist die Anforderung bezüglich der Schallübertragung von der Schachttür bei Einsatz der vorgesehenen Türen her eingehalten.

Wir raten jedoch dazu, gegenüber dem Aufzugshersteller die Anforderung von $L_{AF, Max, Tür} \leq 60 \text{ dB(A)}$ bei Auftragsvergabe festzulegen.

Zur Auslegung der **notwendigen Schalldämmung zum nächsten schutzbedürftigen Raum** werden in Tabelle 4 der DIN 8989, abhängig von der baulichen Situation¹⁴ und des Volumens des betreffenden schutzbedürftigen Raumes erforderliche flächenbezogene Massen m' für die trennenden Bauteile zu schutzbedürftigen Räumen genannt. Dort wird weiter unterschieden, ob und wie schutzbedürftige Räume direkt an den Aufzugschacht grenzen oder nicht. Die Entwurfsplanung ist so gestaltet worden, dass schutzbedürftige Unterrichtsräume im Gebäude direkt an den Aufzugschacht grenzen (Situation „B“).

Die Abhängigkeit der Schallschutzziele vom Volumen des schutzbedürftigen Raumes erklärt sich darüber, dass die schallabstrahlenden Flächen¹⁵ hier größer in Bezug zum Raumvolumen sind. Dies ist in den Tabelle 3 und 4 der DIN 8989 derart umgesetzt, dass, ausgehend von einem Volumen von $31,25 \text{ m}^3$, eine Verdopplung des Volumens eine Steigerung der Anforderungen um 3 dB nach sich zieht¹⁶. Durch diese Volumenabhängigkeit des maximalen und A-bewerteten Norm-Schalldruckpegels $L_{AF, max, n}$ steigt dieser bei größer werdenden Raumvolumina an, ohne dass der reale Schalldruckpegel im schutzbedürftigen Raum tatsächlich ansteigt¹⁷. Eine physikalisch passendere Methode stellt das Heranziehen des Parameters maximaler und A-bewerteter Standard-Schalldruckpegel $L_{AF, max, nT}$ dar. Dieser ist auf eine Nachhallzeit von $T_0 = 0,5 \text{ s}$ normiert, anstelle der äquivalenten Absorptionsfläche $A_0 = 10 \text{ m}^2$. Dieser Parameter ist vom Raumvolumen unabhängig und stellt damit den deutlich realistischeren Fall für große Räume dar. Er bietet damit eine sinnvollere Planungsgrundlage für große Räume mit Raumvolumen von $V > 125 \text{ m}^3$, wie es hier der Fall ist. Zusätzlich definiert die DIN 8989 Anforderungen an die flächenbezogenen Massen von

¹² Der letztgenannte Wert ist durch erhöhte Aufwendungen bei der Türherstellung durchaus auf Werte von $L_{AF, Tür} = 50 \text{ dB(A)}$ reduzierbar.

¹³ Dies lässt sich per Proberechnung in Anlehnung an Gleichung (4) der DIN EN ISO 16283-1 leicht prüfen: $R_W = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log(S/A_0)$, mit $L_1 = 65 \text{ dB(A)}$ Pegel im Flur; $L_2 = 35 \text{ dB(A)}$ max. zul. im Raum;

$S = 2,27 \text{ m}^2$ Türfläche; $A_0 = 10 \text{ m}^2 \Rightarrow R_{W, erf} = 23,6 \text{ dB}$.

¹⁴ Benannt mit den Kürzeln „A“, „B“ und „C“.

¹⁵ In erster Linie Decke und massive Wände aber auch Boden.

¹⁶ Dies entspricht einer Proportionalität von $L \approx 10 \cdot \log(V_{\text{gross}}/V_{\text{klein}})$.

¹⁷ Definition: $L_{AF, max, n} = L_{AF, max} - k - 10 \cdot \log((A_0 \cdot T_0)/(0,16 \cdot V))$; mit: k : Nachhallmaß, A_0 : 10 m^2 Bezugs-Absorptionsfläche, T_0 : $0,5 \text{ s}$ Bezugs-Nachhallzeit (kommt auch in k vor); V : Empfangsraumvolumen. Mit größer werdendem Empfangsraum wird der Bezug auf 10 m^2 Absorptionsfläche deutlich unrealistisch, da solch große Räume maßgeblich höhere Absorptionsflächen aufweisen. Dies hat zur Folge, dass rechnerisch sehr niedrige Pegel notwendig werden, um die Anforderung einzuhalten.

Schachtwand und flankierenden Bauteilen lediglich für die Einhaltung des Schutzzieles von $L_{AF,max,n} \leq 30$ dB. In Schulgebäuden ist jedoch ein um 5 dB höherer Wert zulässig.

Daher wird im Folgenden auf den raumvolumenunabhängigen Parameter A- und Fast-bewerteter und maximaler Standard-Schalldruckpegel $L_{AF,max,nT}$ zurückgegriffen.

Tabelle 14: Erforderliche flächenbezogene Massen der relevanten Bauteile in Bezug auf Schutzsituation und Schutzziele (Einschalige Bauteile, Situation „B“)

Schallschutzziel	$L_{AF,max,nT} \leq 30$ dB
Einschalige Schachtwand oder Schachtdecke ^a	580
Unmittelbar verbundene Decken ¹⁸	300
Unmittelbar verbundene flankierende Wände	220

Alle Angaben ohne Einheit als flächenbezogene Masse des Massivbauteils in kg/m²

a: Falls die Schachtdecke Befestigungen trägt, Angaben gelten auch für Triebwerksraum, bzw. das massive Bauteil, an dem das Triebwerk befestigt wird, bzw. Körperschall eingeleitet wird, wie Laufschiene und Rollen

Dies bedeutet im Einzelnen:

- Die geplanten unmittelbar verbundenen **Wände** halten alle Anforderungen ein und können wie derzeit geplant in 30 cm, bzw. 20 cm Dicke aus Stahlbeton mit 2.400 kg/m³ umgesetzt werden.
- Die **Schachtwand** hält die in obiger Tabelle genannte Anforderung ein.

Im Falle der Brettsper Holzdecken können die oben genannten Anforderungen bezogen auf das Schutzziel $L_{AF,max,nT} = 30$ dB nicht eingehalten werden. Deren Flächengewichte liegen auch unter Berücksichtigung von Schüttungen in den Decken unter den Anforderungen. Jedoch liegt einerseits das Schutzziel um 5 dB höher und folglich ist die Anforderung an die flächenbezogene Masse nach DIN 8989 schärfer als nach DIN 4109-1 erforderlich. Andererseits tritt bauseitig ein Baustoffwechsel von Beton auf Massivholz auf. Zudem ist eine Entkopplungsschicht zwischen Stahlbetonwand und Massivholzdecke vorgesehen, wodurch diese Decken auch nicht als „unmittelbar verbunden“ anzusehen sind.

Aus diesen Gründen kann auch im Bezug auf die Brettsper Holzdecken von einer Einhaltung der Anforderungen ausgegangen werden.

Um dem **Schutz vor Körperschall** zu genügen, hat der Hersteller des Aufzugs die körperschallentkoppelte Montage des Antriebs und der Führungsschienen sowie sämtlicher weiterer Aufzugbestandteile nachzuweisen. **Es ist eine elastische Lagerung mit mindestens der Güte EL2 nach Bild A.1 aus DIN 8989 notwendig. Dabei handelt es sich um eine „Lagerung mit einfach elastischen Elementen oder Elementen mit vergleichbarer Wirkung“. Dies hat der Aufzughersteller nachzuweisen.** Aus Brandschutzgründen ist dies in der Regel jedoch nicht für die Schachttüren möglich.

DIN 8989 fordert für eine Situation mit einem direkt an den Aufzugschacht angrenzenden schutzbedürftigen Raum eines Volumens von mehr als 62,5 m³ in dortiger Tabelle 3 die Einhaltung folgender **Beschleunigungspegel** für folgende Oktavbandmittenfrequenzen:

- 63 Hz: 69 dB; 125 Hz: 65 dB; 250 Hz: 64 dB und 500 Hz: 64 dB.

Wir empfehlen, dass der Aufzughersteller die oben genannten Werte nachweist. Die erhöhte flächenbezogene Masse des Aufzugschachtes dient im Wesentlichen diesem Ziel.

Folgende weitere Punkte sind zu beachten:

¹⁸ Unmittelbar verbundene Decken meint Bauteile, welche direkt und ohne elastische Zwischenschicht mit der Schachtwand verbunden sind. Dies ist im konventionellen Massivbau der Fall. Bezogen auf die Planungssituation wird auf diesen Punkt im oben stehenden Text eingegangen.

- Sämtliche beweglichen Teile des Aufzuges und der Führungsschienen müssen eine niedrige Rauigkeit aufweisen.
- Besteht eine Auswahl, ist Rollen mit größeren Durchmessern der Vorzug zu geben.
- Der Bewegungsablauf der Türen muss zu den Endlagen hin gedämpft erfolgen.
- Thermische Stauchungen des Aufzugschachtes können die Gleitschienen verformen. Daher sind gleitende Schienenbefestigungen zu empfehlen.
- Eine niedrigere Fahrgeschwindigkeit hat positive Auswirkungen auf die Geräuschemission des Aufzuges.

3.5.2 Sonstige gebäudetechnische Anlagen

Zusätzliche gebäudetechnische Anlagen sind im Untergeschoss im Raum „Lager“ vorgesehen. Der Raum grenzt nach derzeitiger Planung mit einer 20 cm dicken Stahlbetonwand an einen schutzbedürftigen Raum. Aus diesem Grund darf der Betriebsraum kein „besonders lauter“ Raum im Sinne der DIN 4109-1:2018-01 sein. Der maximale, A-bewertete Schalldruckpegel muss unterhalb von $L_{AF,max} \leq 75 \text{ dB(A)}$ verbleiben. Wäre dies nicht möglich, müsste die Schalldämmung der Trennwand in diesem Bereich auf mindestens $R'_w \geq 57 \text{ dB}$ erhöht werden. Jedoch ist in diesem Raum nachzeitigem Stand der Planung lediglich die Elektro-Installation vorgesehen, so dass davon ausgegangen werden kann, dass der Pegel unterhalb dieser Grenze bleibt.

Des Weiteren ist auf eine sorgfältige, fachgerechte, körperschallentkoppelte Montage der Anlagen zu achten. Dies gilt insbesondere auch für die Pumpen und deren Verrohrung. Sollten sich diesbezüglich im Planungsverfahren Änderungen ergeben, sind Absprachen mit uns notwendig.

3.5.3 Wasserinstallationen

Alle Komponenten der Wasserinstallation sind so auszuführen, dass deren Installationsgeräuschpegel in den benachbarten schutzbedürftigen Räumen den maximalen A-bewerteten Schalldruckpegel von $L_{AF,max,n} \leq 35 \text{ dB(A)}$ (in Wohn- und Schlafräumen) nicht überschreiten. Um dieses zu erreichen, sind körperschallgedämmte Befestigungen auf gutem Standard zu verwenden. Sämtliche Verlegearbeiten diesbezüglich sind sehr sorgfältig auszuführen. Armaturen müssen zugelassen sein und es müssen Prüfzeugnisse hierfür verfügbar sein. Die Wände, an denen die Armaturen verbaut werden, müssen hierfür geeignet sein. Eine Befestigung an Trennwänden sollte vermieden werden.

Um die Anforderungen an den **Schallschutz** zu erreichen, sind folgende Maßnahmen umzusetzen, insbesondere, wenn Schächte mit Abwasserrohren an schutzbedürftige Räume grenzen:

- Verlegung von körperschallgedämpften Abwasserrohren.
- Rohre, insbesondere Abflussrohre, sind mit einem geeigneten Dämmstoff vollflächig zu ummanteln und körperschallentkoppelt zu befestigen.
- Befestigung sämtlicher Rohre mittels körperschall-entkoppelter Schellen, ohne direkte Berührung zwischen Schellen und Rohr (nur zwischen Schellen und Ummantelung).
- Abwasser-Rohrleitungen dürfen im senkrechten Teil eines Schachtes nicht verschwenkt werden, um Prallgeräusche im Rohr zu vermeiden.
- Bedämpfung jeglicher Hohlräume mittels geeigneter Mineralwolle
- Nutzung vollständiger, beidseitig doppelt beplankter und im Hohlraum voll bedämpfter Trockenbauwand zwischen Schächten und jeglichen schutzbedürftigen Räumen. Dies gilt auch für Wohnküchen. Zum Flur oder Bad hin kann eine einzelne 2-lagig beplankte Vorsatzschale genutzt werden, da diese Räume nicht als schutzbedürftig anzusehen sind.

- Keinesfalls Befestigung von Wasser- oder Abwasserrohren an Trockenbau- oder Massivwänden zu schutzbedürftigen Räumen (insbesondere nicht an Trennwänden), sondern (wenn notwendig) Nutzung eines eigenen Gestells, welches nur an der Rohdecke (nicht am Estrich) verankert wird. Sorgfältige Verlegung, um Körperschall leitenden Kontakt auch zu massiven Bauteilen unbedingt zu vermeiden.
- Schottung der Schächte in Deckenebene.

Keine der Sanitärkomponenten darf Körperschallkontakt zu Wand, Fußboden oder sonstigen ggf. Körperschall leitenden Gebäudeteilen haben. Der Stand der Technik ist zu beachten. Die Ausführungsplanung ist schalltechnisch zu begleiten.

4 Betrachtungen zum Außenlärm

Die Schule liegt in einer ruhigen Wohnlage. Stark frequentierte Verkehrswege, laute Gewerbebetriebe, Bahnstrecken und dergleichen sind in direkter Umgebung nicht vorhanden. Daher wird davon ausgegangen, dass die Außenlärmbelastungen im Lärmpegelbereich I verbleiben und daher keine weiteren Maßnahmen aus unserer Sicht erforderlich sind. Es reicht der nach DIN 4109-1 geforderte Mindestschallschutz von $R'_{w,ges} \geq 30$ dB aus.

5 Zusammenfassung

Das Bauvorhaben „Haus III Theodor Fontane Oberschule“ in 14669 Ketzin beinhaltet einen Erweiterungsbau im südwestlichen Teil des Schulgeländes. Das Gebäude weist 4 Stockwerke inklusive einem Souterraingeschoss (UG) auf.

Das Bauvorhaben befindet sich in einer ruhigen Wohngegend, die z. T. bereits bebaut ist. Aufgrund der ruhigen Wohnlage und des großen Abstandes zu wichtigen Verkehrswegen ist nicht in relevantem Maße mit Außenlärm zu rechnen. Daher wird dieser Themenkomplex im vorliegenden Gutachten orientierend betrachtet.

Der vorliegende Schallschutznachweis befasst sich mit folgenden Themengebieten:

- Dokumentation der anzuwendenden Anforderungen hinsichtlich des Schallschutzes zwischen unterschiedlichen Nutzungseinheiten des Gebäudes.
- Ausarbeitung von Maßnahmen zum Schutz der schutzbedürftigen Räume vor Geräuschen aus anderen Nutzungseinheiten und gebäudetechnischen Anlagen sowie Erläuterungen dazu.
- Orientierende Betrachtungen zum Außenlärm

Der Schallschutznachweis hinsichtlich Geräuschen aus dem Innenbereich wird unter Berücksichtigung des Standes der Technik und des Planungsstandes geführt. Er enthält zahlreiche Hinweise auch für die Ausführungsplanung.

Wesentlich ist, dass beim derzeitigen Arbeitsstand noch folgende Aspekte relevant sind:

- Der Aufzug ist eine schalltechnisch relevante gebäudetechnische Anlage. Wir bitten um Beachtung sämtlicher Hinweise aus Abschnitt 3.5.1. Diese sind in Teilen auch für den Rohbau relevant.
- Die flächenbezogene Masse des schwimmenden Estrichs muss bei beiden Deckentypen einen Wert von mindestens $m' \geq 100 \text{ kg/m}^2$ aufweisen
- Die flächenbezogene Masse der Brettsperrholz-Decke inklusive Schüttung muss einen Wert von mindestens $m' \geq 229 \text{ kg/m}^2$ erreichen.
- Die dynamische Steifigkeit der gesamten Trittschalldämmschicht der Brettsperrholzdecken darf einen Wert von $s \leq 10 \text{ MN/m}^3$ nicht übersteigen.
- Die dynamische Steifigkeit der Trittschalldämmung der Stahlbetondeckendecke darf einen Wert von $s \leq 30 \text{ MN/m}^3$ nicht übersteigen.
- Das Leichtbaudach ist so auszuführen, dass es ein Wert für die bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz von mindestens $D_{n,f,w} \geq 51 \text{ dB}$ erreicht. Dies ist mit einem Aufbau vergleichbar mit in DIN 4109-33:2016-07 Tabelle 31 Zeile 1 gegeben.
- Die mobile Falttrennwand muss ein Direkt-Schalldämm-Maß von mindestens $R_w \geq 50 \text{ dB}$ aufweisen.
- Trennwände aus Brettsperrholz sind beidseitig mit je einer 18 mm Feuerschutzplatte aus GKF geplant. Die flächenbezogene Masse dieser Wände muss in Summe einen Wert von mindestens $m' \geq 108 \text{ kg/m}^2$ aufweisen.
- Weitere Bauteildaten, die für die Berechnung angesetzt wurden und nur für diese gelten, sind in Tabelle 5 und Tabelle 9 angegeben.
- Aufgrund der ruhigen Wohnlage und des großen Abstandes zu relevanten Verkehrswegen und Windenergieanlagen reicht der Mindestschallschutz vor Außenlärm.

6 Literaturverzeichnis

- [1] DIN 4109-4:2016-07: „Schallschutz im Hochbau - Teil 4: Bauakustische Prüfungen“, 2016-07.
- [2] DIN 4109-31:2016-07: „Schallschutz im Hochbau - Teil 31: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Rahmendokument“, 2016-07.
- [3] DIN 4109-36:2016-07: „Schallschutz im Hochbau - Teil 36: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Gebäudetechnische Anlagen“, 2016-07.
- [4] DIN 8989:2019-08: "Schallschutz in Gebäuden - Aufzüge", 2019-08.
- [5] DIN 4109-1:2018-01: „Schallschutz im Hochbau - Teil 1: Mindestanforderungen“, 2018-01.
- [6] DIN 4109-35:2016-07: „Schallschutz im Hochbau - Teil 35: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden“, 2016-07.
- [7] DIN 4109-35/A1:2019-12: „Schallschutz im Hochbau - Teil 35: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden, Änderung A1“, 2019-12.
- [8] DIN 4109-34:2016-07: „Schallschutz im Hochbau - Teil 34: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen“, 2016-07.
- [9] DIN 4109-34/A1:2019-12: „Schallschutz im Hochbau - Teil 34: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen, Änderung A1“, 2019-12.
- [10] DIN 4109-33:2016-07: „Schallschutz im Hochbau - Teil 33: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Holz-, Leicht- und Trockenbau“, 2016-07.
- [11] DIN 4109-32:2016-07: „Schallschutz im Hochbau - Teil 32: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Massivbau“, 2016-07.
- [12] DIN 4109-2:2018-01: „Schallschutz im Hochbau - Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen“, 2018-01.
- [13] Baugesetzbuch (BauGB) in der Neufassung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634); letzte Änderung vom 27. März 2020 (BGBl. I S. 587), 2020-03.
- [14] DIN EN ISO 12354-2:2017-11: "Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus Bauteileigenschaften – Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen", 2017-11.

Anhang 1: Berechnungsverfahren

A 1.1 Luftschalldämmung Massivbau nach DIN 4109-2:2018-01

Die resultierende Luftschallübertragung nach DIN 4109-2:2018-01 zwischen zwei Räumen ergibt sich aus der direkten Schallübertragung über das Trennbauteil und der Schallübertragung über alle Flankenwege. Dabei ist folgendes zu berücksichtigen:

- Jeder Übertragungsweg wird einzeln und unabhängig von den anderen berechnet.
- Die Einzelbeiträge werden zur gesamten Schallübertragung energetisch summiert.
- Es werden nicht alle Nebenwege berücksichtigt, sondern lediglich die flankierenden Übertragungswege über eine Stoßstelle hinweg.
- Der Aufbau von Stoßstellen wird mit berücksichtigt.

Bei der üblichen Übertragungssituation (1 Trennbauteil, 4 flankierende Bauteile) sind somit insgesamt 13 Übertragungswege (davon 12 Flankenwege) zu berücksichtigen. Das resultierende Schalldämm-Maß R'_w ergibt sich nach folgender Gleichung:

Gleichung 1: Berechnung des resultierenden Schalldämmmaßes unter Berücksichtigung der flankierenden Wege

$$R'_w = -10 \lg \left[10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^n 10^{-R_{Fd,w}/10} \right] \text{ (dB)}$$

mit:

R'_{w} :	resultierendes Schalldämm-Maß in [dB]
$R_{Dd,w}$:	Direktschalldämm-Maß des trennenden Bauteils in [dB]
$R_{Ff,w}$:	Flankenschalldämm-Maß, Weg Ff in [dB]
$R_{Df,w}$:	Flankenschalldämm-Maß, Weg Df in [dB]
$R_{Fd,w}$:	Flankenschalldämm-Maß, Weg Fd in [dB]

Die Flankenschalldämm-Maße werden bei Massivbauten aus der Direktschalldämmung und dem Stoßstellen-Maß einzeln berechnet und anschließend summiert.

Im Weiteren muss das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w um einen Sicherheitsbeiwert vermindert werden, so dass sich folgender Vergleich mit den Anforderungen ergibt:

$$R'_w - U_{\text{prog}} \geq \text{erf. } R'_w \text{ (dB)}$$

Die Berechnung des **Direktschalldämm-Maßes** des trennenden Bauteils, wie Wände oder Decken erfolgt in der DIN 4109-32:2016-07 nach folgender Gleichung:

Gleichung 2: Bewertete Bau-Schalldämm-Maße biegesteifer, einschaliger Massivbauteile nach Werkstoffen

$$R_w = 30,9 * \log \left(\frac{m'_{ges}}{m'_0} \right) - 22,2 \text{ dB}$$

(Beton sowie Mauerwerk aus Betonsteinen, Kalksandstein, Mauerziegeln und Verfüllsteinen im Massenbereich von $65 \text{ kg/m}^2 < m'_{ges} < 720 \text{ kg/m}^2$)

$$R_w = 25,0 * \log \left(\frac{m'_{ges}}{m'_0} \right) - 7,0 \text{ dB}$$

(Holzmassivbau im Massenbereich von ca. $35 \text{ kg/m}^2 < m'_{ges} < 180 \text{ kg/m}^2$)

R_w : bewertetes Bau-Schalldämmmaß in [dB]

m'_{ges} : flächenbezogene Masse des Bauteils

m'_0 : die Bezugsgröße, mit $m'_0 = 1 \text{ kg/m}^2$

Ausgehend davon wird das Schalldämm-Maß auf dem direkten Übertragungsweg wie folgt ermittelt:

Gleichung 3: Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes für den direkten Übertragungsweg $R_{Dd,w}$

$$R_{Dd,w} = R_{Sw} + \Delta R_{Dd,w} \text{ dB}$$

$R_{Dd,w}$: bewertetes Schalldämmmaß für die direkte Schallübertragung in [dB]

$R_{S,w}$: bewertetes Schalldämmmaß des trennenden Bauteils in [dB]

$\Delta R_{Dd,w}$: die gesamte bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktionen auf der Sende- und/oder Empfangsseite des trennenden Bauteils in [dB]

Bei der Berechnung der **Flankenschalldämm-Maße** werden neben den Eigenschaften der einzelnen Bauteile auch die akustischen Eigenschaften der Bauteilverbindungen (Stoßstellen) berücksichtigt. Die Ermittlung des Flankenschalldämm-Maßes K_{ij} erfolgt dabei nach folgender Gleichung 10 aus DIN 4109-2:2018-01/2016-07:

Gleichung 4: Berechnung des Flankenschalldämm-Maßes $R_{ij,w}$

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 \cdot l_f} \text{ dB}$$

$R_{ij,w}$: bewertetes Flankenschalldämm-Maß für den Schallübertragungsweg vom Bauteil i auf das Bauteil j in [dB]

$R_{i,w}$: bewertetes Schalldämmmaß des flankierenden massiven Bauteils im Senderaum in [dB]

$R_{j,w}$: bewertetes Schalldämmmaß des flankierenden massiven Bauteils im Empfangsraum in [dB]

$\Delta R_{ij,w}$: die gesamte bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktionen auf der Sende- und/oder Empfangsseite des trennenden Bauteils in [dB]

K_{ij} : Stoßstellen-Maß auf dem Übertragungsweg ij in [dB]

S_s : Fläche des trennenden Bauteils, die beiden Räumen gemeinsam ist in [m²]

l_f : die gesamte Kopplungslänge der Verbindungsstelle zwischen dem trennenden und dem flankierenden Bauteil in [m]

l_0 : Bezugskopplungslänge, $l_0 = 1 \text{ m}$

Hierzu ist anzumerken, dass die Stoßstellen nach DIN 4109-32:2016-07, Punkt 5 ermittelt werden. Die Flächen des angeregten Bauteils im Senderaum (S_F) sowie des abstrahlenden Bauteils im Empfangsraum (S_I) bilden dabei die Grundlage zur Ermittlung des minimalen Stoßstellendämm-Maßes $K_{ij,min}$. Das $K_{ij,min}$ wird verwendet, wenn die Stoßstellenmaße nach DIN 4109-32:2016-07 kleiner als das minimalen Stoßstellendämm-Maß sind.

Wenn die gemeinsame Trennfläche zwischen den zu betrachtenden Räumen $< 10 \text{ m}^2$ beträgt, ist im Weiteren die Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ nach folgender Gleichung zu ermitteln und zum Vergleich mit der relevanten Anforderungen heranzuziehen:

Gleichung 5: Berechnung der Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ für Räume mit einer gemeinsamen Trennfläche von $< 10 \text{ m}^2$ $R_{Dd,w}$

$$D_{n,w} = R'_{w} - 10 \log \frac{S_s}{10 \text{ m}^2} \text{ dB}$$

$D_{n,w}$: Norm-Schallpegeldifferenz in [dB]

R'_{w} : bewertetes Schalldämmmaß in [dB]

S_s : Fläche des trennenden Bauteils, die beiden Räumen gemeinsam ist in [m²]

Um die Schalldämmung einer zweischaligen massiven Haustrennwand (bspw. bei Doppel- oder Reihenhäuser) zu berechnen, wird zunächst vom Bau-Schalldämm-Maßes einer einschaligen, gleichschweren, massiven Haustrennwand ausgegangen:

Gleichung 6: Bau-Schalldämm-Maß einer einschaligen, massiven Trennwand

$$R_{w,1} = 28 \lg [m'_{Tr,ges}] - 18 \text{ dB}$$

$R'_{w,1}$: das bewertete Schalldämm-Maß einer gleich schweren, einschaligen Wand in [dB]

$m'_{Tr,ges}$: flächenbezogene Masse beider Schalen in [kg/m²]

Der so berechnete Wert $R_{w,1}$ wird in folgender Gleichung mit einem Zuschlag für die höhere Schalldämmung zweischaliger Massivwände versehen. Dabei werden diverse Ausbreitungssituationen im Gebäude sowie der Einfluss flankierender Bauteile berücksichtigt.

Gleichung 7: Bewertetes Schalldämm-Maß einer zweischaligen, massiven Trennwand

$$R_{w,2} = R_{w,1} + \Delta R_{w,Trw} - K \text{ dB}$$

$R'_{w,2}$: der bewertete Schalldämm-Maß einer zweischaligen, massiven Trennwand in [dB]

$R'_{w,1}$: das bewertete Schalldämm-Maß einer gleich schweren, einschaligen Wand in [dB]

$\Delta R_{w,Tr}$: Zweischaligkeitszuschlag in [dB]

K : Korrekturwert für den Einfluss der flankierenden Bauteile in [dB]

A 1.2 Ergänzungen Luftschalldämmung

Die Resonanzfrequenz eines zweischaligen Systems kann nach folgender Gleichung berechnet werden:

Gleichung 8: Berechnung der Resonanzfrequenz eines zweischaligen Systems nach Gleichung 1 aus DIN 4109-32

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

f_0 : Eigenfrequenz in [Hz]

s' : dynamische Steifigkeit in [MN/m³]

m'_1, m'_2 : flächenbezogene Masse der Schichten 1 und 2 in [kg/m²]

Für die dynamische Steifigkeit einer (bedämpften) Luftschicht gilt:

$$s' = 0,141/d \quad d: \text{Dicke der bedämpften Luftschicht [m]}$$

Für die Luftschalldämmung im Holz-, Leicht- und Trockenbau gilt:

Gleichung 9: Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes R'_w im Holz-, Leicht- und Trockenbau

$$R'_w = -10 \lg \left[10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} \right] \text{ mit } R_{Ff,w} = D_{n,f,w} + 10 \lg \frac{l_{lab}}{l_f} + 10 \lg \frac{S_S}{A_0}$$

R'_{w} : bewertetes Schalldämm-Maß zwischen 2 Räumen in [dB]

$R_{Dd,w}$: bewertetes Schalldämm-Maß des trennenden Bauteils in [dB]

$R_{Ff,w}$: bewertetes Flankenschalldämm-Maß, für den Übertragungsweg F_f in [dB]

$D_{n,f,w}$: bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz eines flankierenden Bauteils in dB

n : Anzahl flankierender Bauteile in einem Raum, üblicherweise 4

$l_{lab} = 2,8 \text{ m}$ für Fassaden und Innenwände bei horizontaler Übertragung

$l_{lab} = 4,5 \text{ m}$ für Decken, Unterdecken und Fußbodenaufbauten bei horizontaler sowie Fassaden und Innenwänden bei vertikaler Übertragung

l_f : gemeinsame Kopplungslänge der Verbindungsstelle in m

S_S : Fläche des trennenden Bauteils

A_0 : Bezugsabsorptionsfläche = 10 m²

Für Raumpaare ohne gemeinsame Trennfläche (bspw. diagonal angeordnete Räume) kann die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ aus den bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ wie folgt berechnet werden:

Gleichung 10: Bewertete Norm-Schallpegeldifferenz aus Norm-Flankenschallpegeldifferenzen der Übertragungswege

$$D_{n,w} = -10 \lg \left[\sum_{f=1}^2 10^{-D_{n,f,w}/10} \right]$$

Größen: s. oben.

Üblicherweise sind in diagonalen Raumsituationen im Holz-, Leicht- und Trockenbau 2 Übertragungswege mit deren bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ zu berücksichtigen.

Abschließend muss das bewertete Schalldämm-Maß R'_w um den Sicherheitsbeiwert U_{Prog} verringert werden, sodass sich folgender Vergleich mit den Anforderungen ergibt:

Gleichung 11: Berücksichtigung des Unsicherheitsbeiwertes U_{Prog} bei der Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes R'_w

$$R'_w - U_{prog} \geq \text{erf. } R'_w \text{ (dB)}$$

U_{Prog} : Unsicherheitsbeiwert n. DIN 4109-2, hier 2 dB

A 1.3 Trittschalldämmung Massivbau nach DIN 4109-2:2018-01

Nach DIN 4109-2:2018-01 wird der bewertete Norm-Trittschallpegel von Massivdecken aus dem äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,eq,0,w}$ der Rohdecke und der bewerteten Trittschallminderung ΔL_w durch die Deckenauflage ermittelt. Des Weiteren ist der Einfluss der Flankenübertragung zu berücksichtigen, der global durch den Korrekturwert K ausgedrückt wird. K ergibt sich in Abhängigkeit von der Flächenbezogenen Masse m' der Massivdecke und der mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{f,m}$ der homogenen, flankierenden Bauteile. Ausgehend davon berechnet sich der bewertete Norm-Trittschallpegel von Massivdecken nach folgender Gleichung für übereinander liegende Räume:

Gleichung 12: Berechnung des Norm-Trittschallpegels bei übereinander liegenden Räumen

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K$$

mit:

$L'_{n,eq,0,w}$: Äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel in [dB]

ΔL_w : Trittschallverbesserungsmaß der Deckenauflagen in [dB]

K : Korrekturwert für den Einfluss der flankierenden Bauteile in [dB]

Für nicht übereinander liegende Räume berechnet sich der Norm-Trittschallpegel von Massivdecken näherungsweise nach folgender Gleichung:

Gleichung 13: Näherungsweise Berechnung des Norm-Trittschallpegels bei nicht übereinander liegenden Räumen

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - K_T$$

mit:

$L'_{n,eq,0,w}$: Äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel in [dB]

ΔL_w : Trittschallverbesserungsmaß der Deckenauflagen in [dB]

K_T : Korrekturwert nach Tabelle 2 der DIN 4109-02:2018-01 zur Berücksichtigung der Übertragungssituation zwischen Sende- und Empfangsraum; bspw. +10 dB von unten nach oben

Der äquivalente, bewertete Norm-Trittschallpegel einer Rohdecke ohne trittschallmindernde Auflagen ergibt sich nach Gleichung 21 aus DIN 4109-32 wie folgt:

Gleichung 14: Äquivalenter, bewerteter, Norm-Trittschallpegel der Rohdecke

$$L'_{n,eq,0,w} = 164 - 35 * \log(m')$$

m' : flächenbezogene Masse in [kg/m²]

Die bewertete Trittschallminderung ΔL_w von Deckenauflagen wird wie folgt berechnet:

Gleichung 15: Trittschallpegelverbesserungsmaß

$$\Delta L_w = 13 * \lg(m') - 14,2 * \lg(s') + 20,8 \text{ dB}$$

ΔL_w : Trittschallverbesserungsmaß der Deckenauflage in [dB]

m' : flächenbezogene Masse der Wand oder Decke in [kg/m²]

s' : dynamische Steifigkeit der Dämmschicht in [MN/m³]

Der Korrekturwert K für die Trittschallübertragung über die flankierenden Bauteile wird nach folgender Gleichung ermittelt:

Gleichung 16: Berechnung der Korrekturwertes K für Massivdecken ohne Unterdecken

für $m'_{f,m} \leq m'_s$ gilt:

$$K = 0,6 + 5,5 \lg \left(\frac{m'_s}{m'_{f,m}} \right) \text{ (dB)}$$

K : Korrekturwert in [dB]

m'_s : flächenbezogene Masse der Trenndecke in [kg/m²]

$m'_{f,m}$: mittlere flächenbezogene Masse der flankierenden Bauteile in [kg/m²]

für $m'_{f,m} > m'_s$ gilt: $K = 0$ dB

Der bewertete Norm-Trittschallpegel ΔL_w für Treppen (Podeste und Lauf) wird, ausgehend vom verabschiedete Prognosemodell der DIN 4109-2:2018-01, wie folgt berechnet:

Gleichung 17: bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ von Treppen (Podeste und Lauf)

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w$$

mit:

$L'_{n,w}$: der bewertete Norm-Trittschallpegel bei nicht übereinander liegenden Räumen in [dB]

$L_{n,eq,0,w}$: der äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel in [dB]

ΔL_w : die bewertete Trittschallminderung eines Bodenbelags oder eines schwimmenden Estrichs in [dB]

Abschließend muss der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ um den Sicherheitsbeiwert U_{Prog} erhöht werden, sodass sich folgender Vergleich mit den Anforderungen ergibt:

Gleichung 18: Berücksichtigung des Unsicherheitsbeiwertes U_{Prog} bei der Berechnung des bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$

$$L'_{n,w} + U_{Prog} \leq \text{erf. } L'_{n,w} \text{ (dB)}$$

U_{Prog} : Unsicherheitsbeiwert n. DIN 4109-2, hier 3 dB

A 1.4 Trittschall im Holz-, Leicht- und Trockenbau

Die Berechnung der Trittschallübertragung im Holz-, Leicht- und Trockenbau wird analog zum Verfahren im Massivbau angewandt, jedoch mit angepassten Korrekturwerten, die die Situation im Leichtbau berücksichtigen. Diese Werte werden aus den Tabellen 3 und 4 aus DIN 4109-2:2018-01 entnommen. Die betreffenden Holzdecken sind Holzbalken- (offen oder geschlossen), Brettstapel-, Hohlkasten- oder Brettschichtholzdecken. Die zu diesem Zweck modifizierte obige Gleichung 12 lautet wie folgt:

Gleichung 19: Berechnung des Norm-Trittschallpegels bei Holzdecken

$$L'_{n,w} = L_{n,w} + K_1 + K_2 \text{ mit:}$$

$L'_{n,w}$: Bewerteter Norm-Trittschallpegel der Holzdecke in der Bausituation in [dB]

$L_{n,w}$: Bewerteter Norm-Trittschallpegel der Holzdecke ohne Flankenübertragung in [dB] aus Herstellerdaten oder Forschungsergebnissen

K_1 : Korrekturwert zur Berücksichtigung der Flankenübertragung, Weg Df (Tab.3) in [dB]

K_2 : Korrekturwert zur Berücksichtigung der Flankenübertragung, Weg Dff (Tab.4) in [dB]

A 1.5 Trittschall nach ISO 12354-2

Nach DIN EN ISO 12354-2 [5] wird der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ aus der energetischen Pegelsumme des Norm-Trittschallpegels der Decke $L_{n,w}$ und der Flankenwege $L_{n,ij,w}$ berechnet:

Gleichung 20: bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$

$$L'_{n,w} = 10 \lg(10^{L_{n,d,w}/10} + \sum_{j=1}^n 10^{L_{n,ij,w}/10})$$

mit:

- $L_{n,d,w}$: bewerteter Norm-Trittschallpegel der Decke inklusive Fußbodenaufbau in [dB]
 $L_{n,ij,w}$: bewerteter Norm-Trittschallpegel flankierender Bauteile, der auf der Decke (i) erzeugt und durch das Bauteil (j) abgestrahlt wird in [dB]

Der bewertete Norm-Trittschallpegel der Decke inklusive Fußbodenaufbau berechnet sich nach folgender Gleichung:

Gleichung 21: bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$

$$L_{n,d,w} = L_{n,0,eq,w} - \Delta L_w - \Delta L_{d,w}$$

mit:

- $L_{n,d,w}$: bewerteter Norm-Trittschallpegel der Decke inklusive Fußbodenaufbau in [dB]
 $L_{n,eq,0,w}$: der äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel in [dB]
 ΔL_w : Trittschallverbesserungsmaß der Deckenauflagen in [dB]
 $\Delta L_{d,w}$: Trittschallverbesserungsmaß eines Bodenbelags in [dB]

Der bewertete Norm-Trittschallpegel flankierender Bauteile lässt sich je Flankenweg nach folgender Gleichung berechnen:

Gleichung 22: bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$

$$L_{n,ij,w} = L_{n,0,eq,w} - \Delta L_w + \frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - (10 \lg \frac{S_i}{l_0 l_{ij}})$$

mit:

- $L_{n,ij,w}$: bewerteter Norm-Trittschallpegel flankierender Bauteile, der auf der Decke (i) erzeugt und durch das Bauteil (j) abgestrahlt wird in [dB]
 $L_{n,eq,0,w}$: der äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel in [dB]
 ΔL_w : Trittschallverbesserungsmaß der Deckenauflagen in [dB]
 $R_{i,w}$: bewertetes Schalldämm-Maß der Decke (i) in [dB]
 $R_{j,w}$: bewertetes Schalldämm-Maß des Bauteils (j) in [dB]
 K_{ij} : Stoßstellen-Maß auf dem Übertragungsweg ij in [dB]
 $\Delta R_{j,w}$: bewertetes Luftschallverbesserungsmaß durch zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktionen auf der Empfangsseite des flankierenden Bauteils (j) in [dB]

Für den Holzmassivbau ist ein weiterer Flankenweg Dff an der Schallübertragung beteiligt. Gleichung 20 wird um diesen Term wie folgt ergänzt:

Gleichung 23: bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$

$$L'_{n,w} = 10 \lg(10^{L_{n,d,w}/10} + \sum_{j=1}^n 10^{L_{n,ij,w}/10} + \sum_{i=1}^n 10^{L_{n,DFf,i,w}/10})$$

mit:

- $L_{n,DFf,i,w}$: bewerteter Norm-Trittschallpegel flankierender Bauteile der Flanke (i), der auf der Decke (D) erzeugt, über die sendeseitige Flanke F weitergeleitet und empfangsseitig durch das Bauteil (f) abgestrahlt wird aus Laborwerten in [dB]

A 1.6 Berechnung der erforderlichen Luftschalldämmung von Außenbauteilen

Die Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen definiert sich in Abhängigkeit der Nutzung und des maßgeblichen Außenlärmpegels L_a wie folgt:

Gleichung 24: Anforderung an Außenbauteile unter Berücksichtigung unterschiedlicher Raumarten und Nutzungen nach DIN 4109-1:2018-01

$$R'_{w,ges} = L_a - K_{Raumart}$$

Dabei ist:

L_a : Maßgeblicher Außenlärmpegel nach DIN 4109-2:2018-01 in [dB]

$K_{Raumart} = 25$ dB für Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien

$K_{Raumart} = 30$ dB für Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume und Ähnliches

$K_{Raumart} = 35$ dB für Büroräume und Ähnliches

Mindestens einzuhalten sind:

$R'_{w,ges} \geq 35$ dB für Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien;

$R'_{w,ges} \geq 30$ dB für Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume, Büroräume und Ähnliches

Der maßgebliche Außenlärmpegel L_a wird normalerweise berechnet. In Ausnahmefällen kann auch gemessen werden. Dabei wird auf den Beurteilungspegel L_r , der je nach Lärmart, wie bspw. Straßen- und Schienenverkehr oder Gewerbelärm, auf unterschiedliche Art und Weise durch eine Immissionsprognose berechnet wird, in der Regel 3 dB addiert.

Ob die so ermittelten Anforderungen erfüllt werden, wird mit folgender Gleichung ermittelt:

Gleichung 25: Rechnerischer Nachweis der Erfüllung der Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen nach Gl. 32 der DIN 4109-2

$$R'_{w,ges} - 2 \text{ dB} = \text{erf. } R'_{w,ges} + K_{AL}$$

$R'_{w,ges}$: das rechnerisch ermittelte gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß der Fassade in [dB]

„-2 dB“: Sicherheitsbeiwert n. DIN 4109-2

$\text{erf. } R'_{w,ges}$: das nach DIN 4109-1 geforderte gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß in [dB]

K_{AL} : Korrekturwert für das erforderliche Schalldämm-Maß für Außenlärm n. DIN 4109-2 in [dB]

Der Korrekturwert K_{AL} berücksichtigt mit dem Verhältnis von Fassaden- zur Grundfläche des Raumes die Raumgeometrie. Als „Fassade“ wird jede Außenfläche, also auch die Dachfläche bezeichnet.

Gleichung 26: Berechnung des Korrekturfaktors K_{AL} zur Berücksichtigung der Raumgeometrie Gleichung 33 der DIN 4109-2

$$K_{AL} = 10 \cdot \lg \left(\frac{S_S}{0,8 \cdot S_G} \right)$$

K_{AL} : Korrekturwert für das erforderliche Schalldämm-Maß für Außenlärm n. DIN 4109-2 in [dB]

S_S : die vom Raum aus gesehene gesamte Fassadenfläche in [m²]. Bei mehreren Außenflächen meint dies die gesamte Außenfläche des schutzbedürftigen Raumes

S_G : Grundfläche des betreffenden Raumes in [m²]

Verfügt ein schutzbedürftiger Raum über mehrere Außenflächen, wie Außenwand und Dach, ist es häufig der Fall, dass die Flächen in unterschiedlichem Maße mit Außenlärm beaufschlagt sind und somit verschiedene maßgebliche Außenlärmpegel aufweisen. Die Differenz zum höheren maßgeblichen Außenlärmpegel (bspw. $L_{a,Wand} - L_{a,Dach}$) wird auf das Gesamt-Schalldämm-Maß der weniger belasteten Fassade (hier des Daches) addiert. Dieses Verfahren erlaubt eine Gesamtbilanz für den betreffenden schutzbedürftigen Raum und somit eine sachgerechte Auslegung der Schalldämm-Maße aller Bestandteile der Fassade

auch bei „Eckräumen“. Diese Vorgehensweise war in älteren Fassungen, wie DIN 4109:1989 noch nicht vorgesehen.

Die Übertragung des Außengeräusches über eine „Fassade“ (also eine Wand oder die Dachfläche) berücksichtigt neben dem direkten Weg auch die Schallübertragung über die Flankenwege F_f , F_d und D_f :

Gleichung 27: Berechnung des resultierenden Schalldämmmaßes unter Berücksichtigung der flankierenden Wege

$$R'_{w,ges} = -10 \lg \left[\sum_{i=1}^m 10^{-R_{e,i,w}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^n 10^{-R_{Fd,w}/10} \right] \quad * \text{ (dB)}$$

mit:

- $R'_{w,ges}$: das gesamte bewertete Schalldämm-Maß des Außenbauteils
 $R_{e,i,w}$: auf die Fassadenfläche bezogenes Schalldämm-Maß der einzelnen Bauteile und Elemente in der Fassade in [dB]
 $R_{Ff,w}$: Flankenschalldämm-Maß, Weg F_f in [dB]
 $R_{Df,w}$: Flankenschalldämm-Maß, Weg D_f in [dB]
 $R_{Fd,w}$: Flankenschalldämm-Maß, Weg F_d in [dB]

Für den häufigen Fall, dass die Schallübertragung über flankierende Bauteile keine Rolle spielt, vereinfacht sich die obige Gleichung wie folgt:

Gleichung 28: Berechnung des resultierenden Schalldämmmaßes ohne Berücksichtigung der flankierenden Wege

$$R'_{w,ges} = -10 \lg \left[\sum_{i=1}^m 10^{-R_{e,i,w}/10} \right] \quad * \text{ (dB)}$$

Das bewertete und auf die Gesamtfläche der Fassade bezogene Schalldämm-Maß der Einzelelemente wird wie folgt ermittelt:

Gleichung 29: Auf die Fassadenfläche bezogenes Schalldämm-Maß eines einzelnen Fassadenelementes

$$R_{e,i,w} = R_{i,w} + 10 \lg \left(\frac{S_s}{S_i} \right)$$

- $R_{e,i,w}$: auf die Fassadenfläche bezogenes, bewertetes Schalldämm-Maß des einzelnen Bauteils bzw. Elementes der Fassade in [dB]
 $R_{i,w}$: Schalldämm-Maß des einzelnen Bauteils bzw. Elementes der Fassade in [dB]

Für kleine Bauteile, wie etwa schallgedämpfte Lüftungsöffnungen wird die Norm-Schallpegeldifferenz ebenfalls auf die Fassade bezogen:

Gleichung 30: Auf die Fassadenfläche bezogene Norm-Schallpegeldifferenz eines einzelnen Fassadenelementes

$$R_{e,i,w} = D_{n,e,i,w} + 10 \lg \left(\frac{S_s}{A_0} \right)$$

- $R_{e,i,w}$: auf die Fassadenfläche bezogenes, bewertetes Schalldämm-Maß des einzelnen Bauteils bzw. Elementes der Fassade in [dB]
 $D_{n,e,i,w}$: bewertete Norm-Schallpegeldifferenz eines Elementes i der Fassade in [dB]
 S_s : die vom Raum aus gesehene gesamte Fassadenfläche [m²]. Bei mehreren Außenflächen meint dies die gesamte Außenfläche des schutzbedürftigen Raumes in [m²]
 A_0 : Bezugsabsorptionsfläche = 10 m²

Das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,res}$ zusammengesetzter Bauteile kann nach folgender Beziehung ermittelt werden

Gleichung 31: Gleichung 36 aus DIN 4109-2 zur Bestimmung des resultierenden bewerteten Schalldämmmaßes zusammengesetzter Bauteile

$$R'_{w,res} = -10 \cdot \lg \left(\frac{1}{S_S} \cdot \sum_{i=1}^n S_i \cdot 10^{-R_{i,w}/10} \right)$$

$R'_{w,res}$: resultierendes bewertetes Schalldämmmaß (Rechenwert) für das gesamte Bauteil in [dB]

S_S : Fläche des gesamten betrachteten Bauteils in [m²]

$R_{i,w}$: bewertetes Schalldämmmaß des Bauteils i (Fassade, Fenster, Dach), Rechenwert in [dB]

S_i : Fläche des Bauteils i (Fassade, Fenster, Dach, ...) in [m²]

Werden unterschiedliche Elemente in der Fassade eingesetzt, so wird das für die Einhaltung der Anforderungen notwendige resultierende, bewertete Schalldämm-Maß noch obiger Gleichung iterativ ermittelt.

Anhang 2: Bauteildokumentation Brettsperrholzdecke

Anhang 3: Berechnungsergebnisse

A 3.1	Decke 2, Geschosstrenndecke, Luftschalldämmung
A 3.2	Decke 2, Geschosstrenndecke, Trittschalldämmung
A 3.3	Decke 3, Geschosstrenndecke, Luftschalldämmung
A 3.4	Decke 3, Geschosstrenndecke, Trittschalldämmung
A 3.5	1. Trennwand
A 3.6	2. Trennwand
A 3.7	3. Trennwand
A 3.8	4. Trennwand

Anhang 2: Bauteildokumentation Brettsperrholzdecke

dataholz.eu

Geschossdecke - gdmn01a-00

Geschossdecke, Holzmassivbau, direkt, nass, mit Schüttung, Gipsplatte

Bezeichnung: gdmn01a-00
 Stand: 02.08.2023 / #18
 Quelle: Holzforschung Austria
 Bearbeiter: HFA, SP

Bauphysikalische Bewertung

Brandschutz REI 60

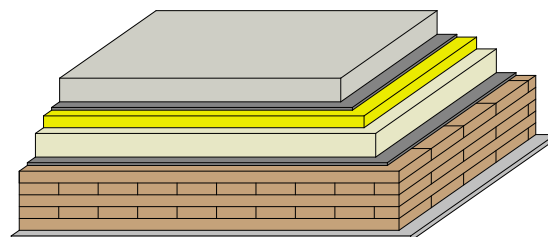
max. Spannweite = 5 m; max. Last $E_{d,fi}$ = 5 kN/m² (ohne Fußbodenaufbau);
 REI 90 bei BSP ≥ 150 mm und $\geq 12,5$ mm GKF- od. GF-Belplankung
 Klassifizierung durch HFA

Deutschland

F60

Last $E_{d,fi}$ gemäß des deutschen Verwendbarkeitsnachweises

Nachweis: herstellerspezifisch



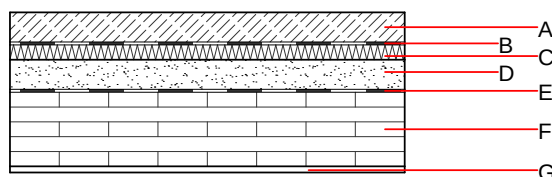
Wärmeschutz	U	
	Diffusionsverhalten	geeignet

Schallschutz	R_w (C_p, C_{tr})	75(-2;-8) dB
	$L_{n,w}$ (C_p)	45(-1) dB

Bewertung durch Müller-BBM

Flächenbezogene Masse	m	315,30 kg/m ²
-----------------------	---	--------------------------

Berechnet mit GKF



Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen, Maße in mm)

	Dicke	Baustoff	Wärmeschutz				Brandverhaltensklasse
			λ	μ min – max	ρ	c	
A	60,0	Zementestrich	1,330	50 - 100	2000	1,080	A1
B	0,2	Trennschicht Kunststoff	0,200	100000	1400	1,400	E
C	30,0	Trittschalldämmung MW-T ($s' = 10$ MN/m ³)	0,035	1	68	1,030	A1
D	60,0	Schüttung elastisch gebunden (m' ca. 90 kg/m ²)	0,700	1	1500	1,000	A1
E	0,2	Rieselschutz					E
F	150,0	Brettsperrholz (verklebt) 5-lagig, Decklage mind. 40mm	0,130	50	500	1,600	D
G	12,5	Gipsplatte Typ DF (GKF) oder	0,250	10	800	1,050	A2
G	12,5	Gipsfaserplatte	0,320	21	1000	1,100	A2

Ökologische Bewertung (pro m² Konstruktionsfläche)

Datenbasis ecoinvent

Verbaute Menge an NAWAROS	kg	70,744
Anteil NAWAROS am Gesamtgewicht	%	22,60
Einsatz an Primärenergie	MJ	894,344
Erneuerbarer Primärenergieanteil	%	6,79
$\Sigma \Delta OI3$		52,5

Berechnung durch HFA

Datenbasis GaBi (ÖKOBAUDAT)

Verbaute Menge an Nawaros	kg	73,410
Biogener Kohlenstoff in kg CO ₂ Äqv.	kg CO ₂	105,680
Einsatz Primärenergie	MJ	1032,850
Davon Anteil erneuerbar	%	31,25

Berechnung durch TUM

Ökologische Bewertung im Detail

Bezeichnung: gdmnxn01a-00
Stand: 02.08.2023 / #18
Quelle: Holzforschung Austria
Bearbeiter: HFA, SP

Datenbasis Datenbank ecoinvent

Lebenszyklus (Phasen)	GWP _{Fossil} [kg CO ₂ Äqv.]	GWP _{Biogen} [kg CO ₂ Äqv.]	GWP _{Total} [kg CO ₂ Äqv.]	AP [kg SO ₂ Äqv.]	EP [kg PO ₄ Äqv.]	ODP [kg R11 Äqv.]	POCP [kg Ethen Äqv.]
A1 - A3	58,643	-110,030	-51,387	0,241	0,110	4,20E-6	0,065

Lebenszyklus (Phasen)	PERE [MJ]	PERM [MJ]	PERT [MJ]	PENRE [MJ]	PENRM [MJ]	PENRT [MJ]
A1 - A3	60,740	1026,000	1086,740	833,604	33,416	867,020

Datenbasis Datenbank GaBi (ÖKOBAUDAT)

Lebenszyklus (Phasen)	GWP _{Total} [kg CO ₂ Äqv.]	AP [kg SO ₂ Äqv.]	EP [kg PO ₄ Äqv.]	ODP [kg R11 Äqv.]	POCP [kg Ethen Äqv.]
A1 - A3	-70,056	0,153	0,027	3,93E-6	0,022
C1 - C4	123,231	0,022	0,004	2,01E-7	0,002
A1 - C4	54,598	0,180	0,032	4,14E-6	0,024

Lebenszyklus (Phasen)	PERE [MJ]	PERM [MJ]	PERT [MJ]	PENRE [MJ]	PENRM [MJ]	PENRT [MJ]
A1 - A3	318,742	1249,360	1565,102	660,927	52,172	712,260
C1 - C4	3,656	-1243,500	-1238,476	43,739	0,000	62,459
A1 - C4	322,780	6,119	327,847	710,069	52,224	789,941

A 3.1 Decke 2, Geschosstrenndecke, Luftschalldämmung

Raumsituation:						
Senderraum			Empfangsraum			
Fachraum	2.02	2OG	Fachraum		1.02	1OG
Trennbaueteil Trenndecke						
Trennfläche:	71,2 m²				R _{s,w}	75,0 dB
Material:	BSP				ΔR _D =	1,2 dB
m'	229 kg/m²	m'	s'/s		ΔR _d =	0,0 dB
Vorsatzschale D	schw. Estrich	100,0 kg/m²	10 MN/m³		ΔR _{Dd} =	1,2 dB
Vorsatzschale d	keine				R _{Dd} =	73,2 dB
Flankenbauteile			Stoßstellendämm-Maße:		Flankendämm-Maße:	
Flanke 1 Wand						
Gemeinsame Kopplungslänge / f:		10,68 m	K _{Ff} =	21,0 dB	R _{Ff,w} =	84,9 dB
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	14,0 dB	R _{Fd,w} =	87,6 dB
	BSP	BSP	K _{Df} =	14,0 dB	R _{Df,w} =	88,8 dB
Wand+Beplankung m'	128 kg/m²	128 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB
Flanke 2 Wand						
Gemeinsame Kopplungslänge / f:		6,67 m	K _{Ff} =	21,0 dB	R _{Ff,w} =	85,1 dB
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	14,0 dB	R _{Fd,w} =	88,7 dB
	BSP	BSP	K _{Df} =	14,0 dB	R _{Df,w} =	89,9 dB
Wand+Beplankung m'	108 kg/m²	108 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB
Flanke 3 Wand						
Gemeinsame Kopplungslänge / f:		10,68 m	K _{Ff} =	-1,0 dB	R _{Ff,w} =	73,4 dB
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	-2,6 dB	R _{Fd,w} =	76,2 dB
	Stb	Stb	K _{Df} =	-2,6 dB	R _{Df,w} =	77,4 dB
Wand+Beplankung m'	720 kg/m²	720 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB
Flanke 4 Wand						
Gemeinsame Kopplungslänge / f:		6,67 m	K _{Ff} =	-1,0 dB	R _{Ff,w} =	87,0 dB
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	-2,6 dB	R _{Fd,w} =	89,6 dB
	BSP	BSP	K _{Df} =	-2,6 dB	R _{Df,w} =	90,9 dB
Wand+Beplankung m'	128 kg/m²	128 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB
Prognoseergebnis:	R _w			R' _w	u _{prog}	R' _w
Trennbaueteil:	73,2 dB			68,2 dB	2 dB	66,2 dB
Flanke 1	82,0 dB					
Flanke 2	82,6 dB					
Flanke 3	70,5 dB					
Flanke 4	84,1 dB					

A 3.2 Decke 2, Geschosstrenndecke, Trittschalldämmung

Raumsituation:						
Senderraum			Empfangsraum			
Fachraum	2.02	2OG	Fachraum		1.02	1OG
Trennbaueteil Trenndecke						
Trennfläche:	71,2 m²					
Material:	BSP				ΔR _D =	1,2 dB
m'	229 kg/m²	m'	s'/s		ΔR _d =	0,0 dB
Vorsatzschale D	schw. Estrich	100,0 kg/m²	10 MN/m³		ΔR _{Dd} =	1,2 dB
Vorsatzschale d	keine				L _{n,w} =	45,0 dB
Flankenbauteile			Stoßstellendämm-Maße:		Flankendämm-Maße:	
Flanke 1 Wand						
Gemeinsame Kopplungslänge l _f :		10,68 m	K _{Ff} =	21,0 dB		
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	14,0 dB	L _{n,Df} =	37,4 dB
	BSP	BSP	K _{Df} =	14,0 dB	L _{n,DFf} =	20,5 dB
Wand+Beplankung m'	128 kg/m²	128 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB
Flanke 2 Wand						
Gemeinsame Kopplungslänge l _f :		6,67 m	K _{Ff} =	21,0 dB		
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	14,0 dB	L _{n,Df} =	36,3 dB
	BSP	BSP	K _{Df} =	14,0 dB	L _{n,DFf} =	18,5 dB
Wand+Beplankung m'	108 kg/m²	108 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB
Flanke 3 Wand						
Gemeinsame Kopplungslänge l _f :		10,68 m	K _{Ff} =	-1,0 dB		
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	-2,6 dB	L _{n,Df} =	43,8 dB
	Stb	Stb	K _{Df} =	-2,6 dB	L _{n,DFf} =	
Wand+Beplankung m'	720 kg/m²	720 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB
Flanke 4 Wand						
Gemeinsame Kopplungslänge l _f :		6,67 m	K _{Ff} =	-1,0 dB		
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	-2,6 dB	L _{n,Df} =	35,4 dB
	BSP	BSP	K _{Df} =	-2,6 dB	L _{n,DFf} =	18,5 dB
Wand+Beplankung m'	128 kg/m²	128 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB
Prognoseergebnis:	L _{n,w}			L' _{n,w}	u _{prog}	L' _{n,w}
Trennbaueteil:	45,0 dB			48,4 dB	3 dB	51,4 dB
Flanke 1	37,5 dB					
Flanke 2	36,4 dB					
Flanke 3	43,8 dB					
Flanke 4	35,5 dB					

A 3.3 Decke 3, Geschosstrenndecke, Luftschalldämmung

Raumsituation:						
Senderraum			Empfangsraum			
Aula	0.01+0.02	EG	Fachraum	-1.02	UG	
Trennbau teil	Trenndecke					
Trennfläche:	71,2 m ²				R _{s,w}	63,1 dB
Material:	Stb				ΔR _D =	3,3 dB
<i>m'</i>	576 kg/m ²	<i>m'</i>	<i>s'/s</i>		ΔR _d =	0,0 dB
Vorsatzschale D	schw. Estrich	100,0 kg/m ²	30 MN/m ³		ΔR _{Dd} =	3,3 dB
Vorsatzschale d	keine				R _{Dd} =	66,4 dB

Flankenbauteile Stoßstellendämm-Maße: Flankendämm-Maße:

Flanke 1		Wand				
Gemeinsame Kopplungslänge / f:		10,68 m	K _{Ff} =	6,9 dB	R _{Ff,w} =	75,7 dB
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	4,7 dB	R _{Fd,w} =	74,9 dB
	Stb	Stb	K _{Df} =	4,7 dB	R _{Df,w} =	78,2 dB
Wand+Beplankung m'	480 kg/m²	480 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB

Flanke 2		Wand				
Gemeinsame Kopplungslänge / f:		6,67 m	K Ff =	6,9 dB	R Ff,w =	77,8 dB
Wandtyp:	F	f	K Fd =	4,7 dB	R Fd,w =	76,9 dB
	Stb	Stb	K Df =	4,7 dB	R Df,w =	80,2 dB
Wand+Beplankung m'	480 kg/m²	480 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0

Flanke 3		Wand				
Gemeinsame Kopplungslänge / f:		10,68 m	K _{Ff} =	6,9 dB	R _{Ff,w} =	75,7 dB
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	4,7 dB	R _{Fd,w} =	74,9 dB
	Stb	Stb	K _{Df} =	4,7 dB	R _{Df,w} =	78,2 dB
Wand+Beplankung m'	480 kg/m²	480 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB

Flanke 4		Wand				
Gemeinsame Kopplungslänge / f:		6,67 m	K _{Ff} =	6,9 dB	R _{Ff,w} =	77,8 dB
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	4,7 dB	R _{Df,w} =	76,9 dB
	Stb	Stb	K _{Df} =	4,7 dB	R _{Fd,w} =	80,2 dB
Wand+Beplankung m'	480 kg/m²	480 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB

Prognoseergebnis:	R _w		R' _w	u _{prog}	R' _w
Trennbau teil:	66,4 dB		63,3 dB	2 dB	61,3 dB
Flanke 1	71,3 dB				
Flanke 2	73,3 dB				
Flanke 3	71,3 dB				
Flanke 4	73,3 dB				

A 3.4 Decke 3, Geschosstrenndecke, Trittschalldämmung

Raumsituation:						
Senderraum			Empfangsraum			
Aula	0.01+0.02	EG	Fachraum		-1.02	UG
Trennbau teil		Trenndecke				
Trennfläche:	71,2 m²					
Material:	Stb				ΔR _D =	3,3 dB
m'	576 kg/m²	m'	s'/s		ΔR _d =	0,0 dB
Vorsatzschale D	schw. Estrich	100,0 kg/m²	30 MN/m³		ΔR _{Dd} =	3,3 dB
Vorsatzschale d	keine				L _{n,w} =	41,6 dB
Flankenbauteile		Stoßstellendämm-Maße:			Flankendämm-Maße:	
Flanke 1		Wand				
Gemeinsame Kopplungslänge l _f :		10,68 m	K _{Ff} =	6,9 dB		
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	4,7 dB	L _{n,Df} =	29,8 dB
	Stb	Stb	K _{Df} =	4,7 dB	L _{n,DFf} =	
Wand+Beplankung m'	480 kg/m²	480 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB
Flanke 2		Wand				
Gemeinsame Kopplungslänge l _f :		6,67 m	K _{Ff} =	6,9 dB		
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	4,7 dB	L _{n,Df} =	27,8 dB
	Stb	Stb	K _{Df} =	4,7 dB	L _{n,DFf} =	
Wand+Beplankung m'	480 kg/m²	480 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0
Flanke 3		Wand				
Gemeinsame Kopplungslänge l _f :		10,68 m	K _{Ff} =	6,9 dB		
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	4,7 dB	L _{n,Df} =	29,8 dB
	Stb	Stb	K _{Df} =	4,7 dB	L _{n,DFf} =	
Wand+Beplankung m'	480 kg/m²	480 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB
Flanke 4		Wand				
Gemeinsame Kopplungslänge l _f :		6,67 m	K _{Ff} =	6,9 dB		
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	4,7 dB	L _{n,Df} =	
	Stb	Stb	K _{Df} =	4,7 dB	L _{n,DFf} =	
Wand+Beplankung m'	480 kg/m²	480 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB
Prognoseergebnis:	L _{n,w}			L' _{n,w}	u _{prog}	L' _{n,w}
Trennbau teil:	41,6 dB			42,4 dB	3 dB	45,4 dB
Flanke 1	29,8 dB					
Flanke 2	27,8 dB					
Flanke 3	29,8 dB					
Flanke 4	27,8 dB					

A 3.5 1. Trennwand

Raumsituation:						
Senderraum			Empfangsraum			
Fachraum	1.02	1OG	Allgemeiner Unterricht	1.01	1OG	
Trennbau teil Trennwand						
Trennfläche:	20,7 m ²				R _{s,w}	43,8 dB
Material:	BSP				ΔR _D =	0,0 dB
m'	108 kg/m ²	m'	s'/s		ΔR _d =	14,1 dB
Vorsatzschale D	keine				ΔR _{Dd} =	14,1 dB
Vorsatzschale d	freistehend	8,0 kg/m ²	0,04 m		R _{Dd} =	57,9 dB

Flankenbauteile

Stoßstellendämm-Maße:

Flankendämm-Maße:

Flanke 1 Wand						
Gemeinsame Kopplungslänge / f:	3,1 m	K _{Ff} =	3,0 dB	R _{Ff,w} =	56,9 dB	
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	14,0 dB	R _{Fd,w} =	86,1 dB
	BSP	BSP	K _{Df} =	14,0 dB	R _{Df,w} =	72,0 dB
Wand+Beplankung m'	128 kg/m ²	128 kg/m ²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB

Flanke 2 Decke						
Gemeinsame Kopplungslänge / f:	6,67 m	K _{Ff} =	8,7 dB	R _{Ff,w} =	65,6 dB	
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	14,0 dB	R _{Fd,w} =	85,9 dB
	BSP	BSP	K _{Df} =	14,0 dB	R _{Df,w} =	71,8 dB
Wand+Beplankung m'	229 kg/m ²	229 kg/m ²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB

Flanke 3 Wand						
Gemeinsame Kopplungslänge / f:	3,1 m	K _{Ff} =	-6,9 dB	R _{Ff,w} =	62,0 dB	
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	-6,1 dB	R _{Fd,w} =	73,5 dB
	Stb	Stb	K _{Df} =	-5,9 dB	R _{Df,w} =	59,6 dB
Wand+Beplankung m'	480 kg/m ²	480 kg/m ²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB

Flanke 4 Boden						
Gemeinsame Kopplungslänge / f:	6,67 m	K _{Ff} =	3,0 dB	R _{Ff,w} =	79,0 dB	
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	14,0 dB	R _{Fd,w} =	92,3 dB
	BSP	BSP	K _{Df} =	-5,9 dB	R _{Df,w} =	84,6 dB
Wand+Beplankung m'	229 kg/m ²	229 kg/m ²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	schw. Estrich	100 kg/m ²	10 MN/m ³	12,7 dB
		Vorsatzschale f	schw. Estrich	100 kg/m ²	10 MN/m ³	12,7 dB

Prognoseergebnis:	R _w		R' _w	u _{prog}	R' _w
Trennbau teil:	57,9 dB		52,3 dB	2 dB	50,3 dB
Flanke 1	56,8 dB				
Flanke 2	64,7 dB				
Flanke 3	57,5 dB				
Flanke 4	77,8 dB				

A 3.6 2. Trennwand

Raumsituation:						
Senderraum			Empfangsraum			
Allgemeiner Unterricht	0.02	EG	Allgemeiner Unterricht	0.01	EG	
Trennbauenteil Trennwand						
Trennfläche:	20,9 m ²				R _{s,w}	50,0 dB
Material:	Leichtbau				ΔR _D =	0,0 dB
<i>m'</i>	#NV	<i>m'</i>	<i>s'/s</i>		ΔR _d =	0,0 dB
Vorsatzschale D	keine				ΔR _{Dd} =	0,0 dB
Vorsatzschale d	keine				R _{Dd} =	50,0 dB

Flankenbauteile

Stoßstellendämm-Maße:

Flankendämm-Maße:

Flanke 1 Wand						
Gemeinsame Kopplungslänge / <i>f</i> :	3,13 m	K _{ff} =	-6,9 dB	R _{Ff,w} =	64,4 dB	
Wandtyp:	F	f		R _{Fd,w} =		
	Stb	Stb		R _{Df,w} =		
Wand+Beplankung <i>m'</i>	576 kg/m ²	576 kg/m ²		<i>m'</i>	<i>s'/s</i>	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB

Flanke 2 Decke						
Gemeinsame Kopplungslänge / <i>f</i> :	6,67 m	K _{ff} =	-6,9 dB	R _{Ff,w} =	58,8 dB	
Wandtyp:	F	f		R _{Fd,w} =		
	Stb	Stb		R _{Df,w} =		
Wand+Beplankung <i>m'</i>	229 kg/m ²	229 kg/m ²		<i>m'</i>	<i>s'/s</i>	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB

Flanke 3 Wand						
Gemeinsame Kopplungslänge / <i>f</i> :	3,13 m	K _{ff} =	-6,9 dB	R _{Ff,w} =	64,4 dB	
Wandtyp:	F	f		R _{Fd,w} =		
	Stb	Stb		R _{Df,w} =		
Wand+Beplankung <i>m'</i>	576 kg/m ²	576 kg/m ²		<i>m'</i>	<i>s'/s</i>	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB

Flanke 4 Boden						
Gemeinsame Kopplungslänge / <i>f</i> :	6,67 m	K _{ff} =	-6,9 dB	R _{Ff,w} =	66,1 dB	
Wandtyp:	F	f		R _{Fd,w} =		
	Stb	Stb		R _{Df,w} =		
Wand+Beplankung <i>m'</i>	576 kg/m ²	576 kg/m ²		<i>m'</i>	<i>s'/s</i>	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	schw. Estrich	100 kg/m ²	30 MN/m ³	3,3 dB
		Vorsatzschale f	schw. Estrich	100 kg/m ²	30 MN/m ³	3,3 dB

Prognoseergebnis:	R _w		R' _w	u _{prog}	R' _w
Trennbauenteil:	50,0 dB		49,1 dB	2 dB	47,1 dB
Flanke 1	64,4 dB				
Flanke 2	58,8 dB				
Flanke 3	64,4 dB				
Flanke 4	66,1 dB				

A 3.7 3. Trennwand

Raumsituation:						
Senderraum			Empfangsraum			
Fachraum	-1.02	UG	Allgemeiner Unterricht		-1.01	UG
Trennbaueteil Trennwand						
Trennfläche:	20, m²				R _{s,w}	60,7 dB
Material:	Stb				ΔR _D =	0,0 dB
<i>m'</i>	480 kg/m²	<i>m'</i>	<i>s'/s</i>		ΔR _d =	0,0 dB
Vorsatzschale D	keine				ΔR _{Dd} =	0,0 dB
Vorsatzschale d	keine				R _{Dd} =	60,7 dB
Flankenbauteile			Stoßstellendämm-Maße:		Flankendämm-Maße:	
Flanke 1 Wand						
Gemeinsame Kopplungslänge / <i>f</i> :		3, m	K _{Ff} =	4,6 dB	R _{Ff,w} =	76,0 dB
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	4,7 dB	R _{Fd,w} =	74,9 dB
	Stb	Stb	K _{Df} =	4,7 dB	R _{Df,w} =	74,9 dB
Wand+Beplankung <i>m'</i>	576 kg/m²	576 kg/m²		<i>m'</i>	<i>s'/s</i>	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB
Flanke 2 Decke						
Gemeinsame Kopplungslänge / <i>f</i> :		6,67 m	K _{Ff} =	4,6 dB	R _{Ff,w} =	72,5 dB
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	4,7 dB	R _{Fd,w} =	71,4 dB
	Stb	Stb	K _{Df} =	4,7 dB	R _{Df,w} =	71,4 dB
Wand+Beplankung <i>m'</i>	576 kg/m²	576 kg/m²		<i>m'</i>	<i>s'/s</i>	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB
Flanke 3 Wand						
Gemeinsame Kopplungslänge / <i>f</i> :		3, m	K _{Ff} =	4,6 dB	R _{Ff,w} =	76,0 dB
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	4,7 dB	R _{Fd,w} =	74,9 dB
	Stb	Stb	K _{Df} =	4,7 dB	R _{Df,w} =	74,9 dB
Wand+Beplankung <i>m'</i>	576 kg/m²	576 kg/m²		<i>m'</i>	<i>s'/s</i>	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB
Flanke 4 Boden						
Gemeinsame Kopplungslänge / <i>f</i> :		6,67 m	K _{Ff} =	1,0 dB	R _{Ff,w} =	78,7 dB
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	5,6 dB	R _{Fd,w} =	77,2 dB
	Stb	Stb	K _{Df} =	4,7 dB	R _{Df,w} =	77,2 dB
Wand+Beplankung <i>m'</i>	1200 kg/m²	1200 kg/m²		<i>m'</i>	<i>s'/s</i>	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	schw. Estrich	100 kg/m²	30 MN/m³	0,0 dB
		Vorsatzschale f	schw. Estrich	100 kg/m²	30 MN/m³	0,0 dB
Prognoseergebnis:	<i>R_w</i>			<i>R'_w</i>	<i>u_{prog}</i>	<i>R'_w</i>
Trennbaueteil:	60,7 dB			58,9 dB	2 dB	56,9 dB
Flanke 1	70,4 dB					
Flanke 2	66,9 dB					
Flanke 3	70,4 dB					
Flanke 4	72,9 dB					

A 3.8 4. Trennwand

Raumsituation:						
Senderraum			Empfangsraum			
Fachraum	2.02	2OG	Allgemeiner Unterricht		2.01	2OG
Trennbauteil Trennwand						
Trennfläche:	16,7 m²				R _{s,w}	43,8 dB
Material:	BSP				ΔR _D =	0,0 dB
m'	108 kg/m²	m'	s'/s		ΔR _d =	14,1 dB
Vorsatzschale D	keine				ΔR _{Dd} =	14,1 dB
Vorsatzschale d	freistehend	8	0,04 m		R _{Dd} =	57,9 dB
Flankenbauteile		Stoßstellendämm-Maße:			Flankendämm-Maße:	
Flanke 1 Wand						
Gemeinsame Kopplungslänge / f:		2,5 m	K _{Ff} =	3,0 dB	R _{Ff,w} =	56,9 dB
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	14,0 dB	R _{Fd,w} =	81,1 dB
	BSP	BSP	K _{Df} =	14,0 dB	R _{Df,w} =	67,0 dB
Wand+Beplankung m'	128 kg/m²	128 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB
Flanke 2 Decke						
Gemeinsame Kopplungslänge / f:		6,67 m	D _{n,f,w} =	51,0 dB	R _{Ff,w} =	51,5 dB
Wandtyp:	F	f			R _{Fd,w} =	
	Leichtbau	Leichtbau			R _{Df,w} =	
Wand+Beplankung m'				m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB
Flanke 3 Wand						
Gemeinsame Kopplungslänge / f:		3, m	K _{Ff} =	4,6 dB	R _{Ff,w} =	76,0 dB
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	4,7 dB	R _{Fd,w} =	74,9 dB
	Stb	Stb	K _{Df} =	4,7 dB	R _{Df,w} =	74,9 dB
Wand+Beplankung m'	576 kg/m²	576 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	keine			0,0 dB
		Vorsatzschale f	keine			0,0 dB
Flanke 4 Boden						
Gemeinsame Kopplungslänge / f:		6,67 m	K _{Ff} =	3,0 dB	R _{Ff,w} =	78,1 dB
Wandtyp:	F	f	K _{Fd} =	14,0 dB	R _{Fd,w} =	86,4 dB
	BSP	BSP	K _{Df} =	14,0 dB	R _{Df,w} =	78,6 dB
Wand+Beplankung m'	229 kg/m²	229 kg/m²		m'	s'/s	ΔR
Stoßstelle:		Vorsatzschale F	schw. Estrich	100 kg/m²	10 MN/m³	12,7 dB
		Vorsatzschale f	schw. Estrich	100 kg/m²	10 MN/m³	12,7 dB
Prognoseergebnis:	R _w				R' _w	u _{prog}
Trennbauteil:	57,9 dB				49,6 dB	2 dB
Flanke 1	56,5 dB					
Flanke 2	51,5 dB					
Flanke 3	69,4 dB					
Flanke 4	75,0 dB					