

Neubau Henry-Dunant-Schule mit Sporthallen und Hort, Nürnberg

Erläuterungsbericht zur Bauphysik Genehmigungsplanung

Schallschutz, Raumakustik, GEG

BAUVORHABEN: Neubau Henry-Dunant-Schule mit Sporthallen und Hort, Nürnberg

BAUHERR: Stadt Nürnberg

vertreten durch
WBG Kommunal GmbH
Beuthener Str. 41
90471 Nürnberg

ARCHITEKT: Entwurfsverfasser:

BAUPHYSIK:

PROJEKT-NR.: P20 010

Gesamtumfang (inkl. Titelseite): 67 Seiten

Stand: 03.06.2022

Inhaltsverzeichnis

1	Projektbeschreibung.....	3
2	Bauakustik (Schallschutz)	6
2.1	Schallschutz gegen Außenlärm	7
2.2	Schallschutz bei haustechnischen Anlagen	8
2.2.1	Außenlärm infolge haustechnischer Anlagen.....	8
2.2.2	Zulässige Schalldruckpegel innerhalb schutzbedürftiger Räume	9
2.2.3	Zulässige Schalldruckpegel innerhalb von Technikzentralen	11
2.2.4	Bauteilanforderungen zu „besonders lauten“ Räumen.....	11
2.2.5	Installationsschächte	12
2.2.6	Körperschallentkopplung.....	12
2.2.7	Rohrnetz und Kanäle.....	12
2.2.8	Sanitäranlagen	13
2.2.9	Aufzugsanlagen	14
2.2.10	Schallschutz in Schulen und vergleichbaren Einrichtungen	15
2.2.11	Schallschutz innerhalb eigener Nutzungseinheiten (z.B. Büros)	15
2.3	Schallschutznachweis – Hinweise und Bauteilüberblick	17
2.3.1	Hinweise zur Nomenklatur in der Bauakustik.....	17
2.3.2	Flankierende Bauteile / Allgemeine Konstruktionshinweise	18
2.3.3	Trennwände Unterrichtsräume	21
2.3.4	Trennwand zur Sporthalle 1.....	22
2.3.5	Trennwände Büroräume.....	23
2.3.6	Mobile Trennwände	24
2.3.7	Decken Regelgeschosse.....	25
2.3.8	Decke über Turnhallen	25
2.4	Schallschutz in den Turnhallen nach DIN 18032-4	26
3	Raumakustik	27
3.1	Hinweis zur Ausschreibung raumakustischer Kennwerte.....	28
3.2	Unterrichts- / Gruppenräume (und ähnlich genutzte Räume).....	29
3.3	Speiseräume	34
3.4	Büroräume / sonstige Aufenthaltsräume bzw. -bereiche	36
3.5	Lehrerzimmer (angrenzend an Sporthalle)	37
3.6	Turnhallen	38
3.7	Pausenhalle	41
3.8	Flure, Verkehrsflächen, Garderoben etc.	42
4	Thermische Bauphysik	43
4.1	Bauteilübersicht.....	43
4.2	Sommerlicher Wärmeschutz	45
4.2.1	Klassenzimmer OG1 (Ost- / Westorientierung).....	47
4.2.2	Gruppenraum OG1, Südfassade	48
4.2.3	Klassenzimmer (Nordfassade)	49
5	Gebäudeenergiegesetz (GEG).....	50
5.1	Energetische Bilanzierung gemäß GEG	51
5.1.1	Gebäudedaten	51

5.1.2	Gebäudezonen.....	51
5.1.3	Beleuchtung	51
5.1.4	Anlagentechnisches Konzept	52
5.1.5	Vorläufiger Energieausweis GEG	54
5.1.6	Vorläufige Nachweisergebnisse.....	55
5.1.7	Jährlicher Nutz-, End- und Primärenergiebedarf (informativ)	56
5.2	Nutzung von erneuerbaren Energien für Wärme-/Kälteerzeugung	57
Anhang – Bauteilnachweise Bauakustik (Schallschutz).....		58
Trennwände Unterrichtsräume sowie Büros mit erhöhten Schallschutzanforderungen		58
Trennwand Standard-Büro		60
Decke Regelgeschosse.....		62
Decke über Sporthallen		65

1 Projektbeschreibung

In Nürnberg soll in der Erasmusstraße die neue Henry-Dunant-Grundschule errichtet werden. In ist eine 2-fach-Turnhalle integriert, die sich über das Erdgeschoss und das 1. Obergeschoss erstreckt.

Das Gebäude weist drei Obergeschosse auf (Erdgeschoss, 1. & 2. OG) und ist teilunterkellert. Im 2. Obergeschoss befinden sich Unterrichts- und Gruppenräume oberhalb der Turnhallen. Im Untergeschoss befinden sich neben den Lager- und Technikräumen die Umkleiden für die Turnhallen. Dauerhafte Aufenthaltsräume sind im Untergeschoss nicht vorgesehen.

Die Schule ist gemäß der vorliegenden Betriebsbeschreibung für bis zu 560 Schülerinnen und Schüler ausgelegt (Klassenbildungs-Richtwertkapazität). Für 300 Schülerinnen und Schüler wird an der Schule ein Angebot der ganztägigen Bildung, Betreuung und Erziehung vorgehalten (Modell der sog. „Kombieinrichtung“ bzw. „Kooperativen Ganztagsbildung“).

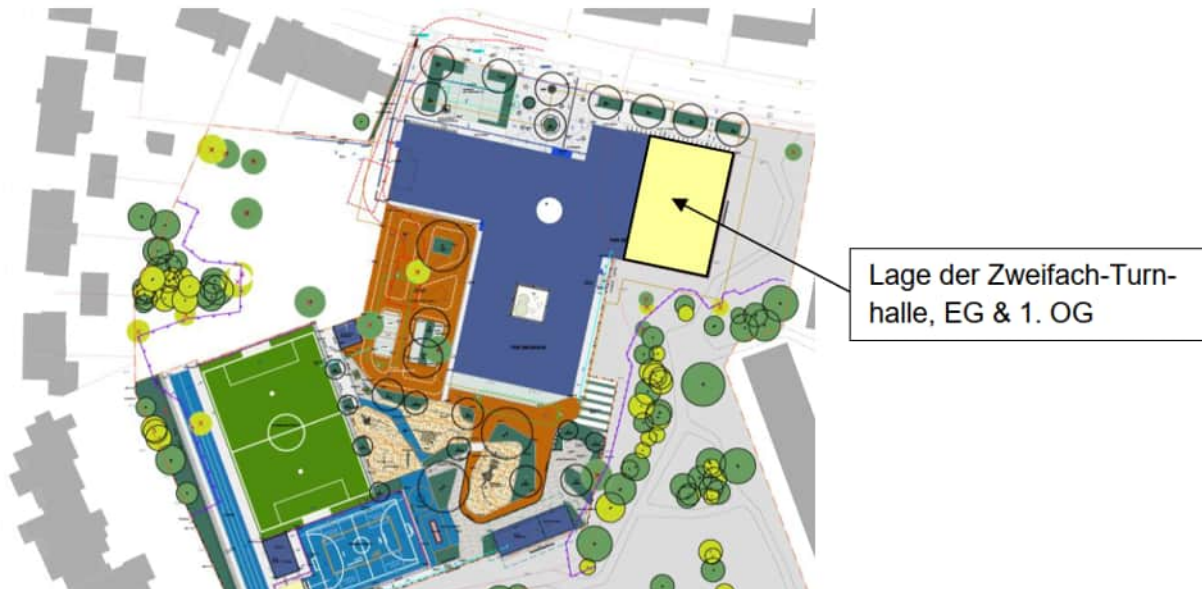


Abbildung 1-1: Auszug Freiflächengestaltung, Landschaftsarchitektin [REDACTED] (informativ, ohne Maßstab)

Die Wärmeversorgung soll gemäß aktueller Planung mittels Fernwärmeanschluss (N-Ergie Nürnberg) erfolgen. Darüber hinaus ist für den energieeffizienten Betrieb und zur Sicherstellung einer ausreichenden Raumlufthausqualität in den Unterrichtsräumen eine mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung vorgesehen. Auf dem Dach des Gebäudes ist die Errichtung einer Photovoltaik-Anlage (PV-Anlage) geplant.

Im vorliegenden Erläuterungsbericht werden die wesentlichen Anforderungen und Ergebnisse des aktuellen Planungsstandes zur Bau- und Raumakustik, der thermischen Bauphysik und des Wärmeschutzes gemäß des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) aufgeführt.

Planungsgrundlage

Unter anderem sind folgende Dokumente und Planunterlagen wesentliche Grundlage des vorliegenden Berichts:

- Planunterlagen des Architekturbüros [REDACTED], Planstand vom 18.03.22 (UG) bzw. 25.03.22 (alle Obergeschosse; Grundrisse, Schnitte, Ansichten etc.)
- Planunterlagen und Konzept der TGA-Fachplanung [REDACTED] laufende Abstimmung bei Änderungen der Anlagentechnik etc.
- Angabe der geplanten Leistung der PV-Anlage seitens der Elektro-Fachplanung, [REDACTED]

- Klimaschutzbewertung der Stadt Nürnberg („Klimacheck-Tool“), Stand 18.02.22
- Erläuterungsbericht zum Schallimmissionsschutz des [REDACTED], Stand vom 11.04.22 (Genehmigungsplanung)

Auf eine Aufzählung der einschlägigen Normen und Richtlinien wird an dieser Stelle verzichtet. Generell sind die anerkannten Regeln der Technik sowie Gesetze und Verordnungen aus den Gebieten der Energieeinsparung, Bau- und Raumakustik, thermischen Bauphysik sowie Abdichtungstechnik zu beachten und von den Fachplanern und ausführenden Firmen des jeweiligen Fachgebietes eigenverantwortlich umzusetzen.

2 Bauakustik (Schallschutz)

Im Juli 2016 wurde die DIN 4109 insbesondere in Bezug auf das anzuwendende Berechnungs- und Nachweisverfahren grundlegend überarbeitet und im Weißdruck veröffentlicht. Eine bauaufsichtliche Einführung erfolgte in Bayern mit Veröffentlichung der „Bayerischen Technischen Baubestimmungen“ (BayTB) im Oktober 2018. Die überarbeitete Norm gilt als allgemein anerkannte Regel der Technik und bildet daher die normative Grundlage für den Schallschutznachweis im vorliegenden Bericht.

In DIN 4109-1 werden für den Schutz gegen Schallübertragung aus einem fremden Wohn- oder Arbeitsbereich und zum Schutz von Aufenthaltsräumen gegen Geräusche aus haustechnischen Anlagen sowie zum Schallschutz gegen Außenlärm Anforderungen formuliert, die verbindlich einzuhalten sind (Mindestschallschutz).

In den Tabellen 2 bis 6 der DIN 4109-1 werden Bauteilanforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung zum Schutz gegen Schallübertragung aus einem fremden Wohn- oder Arbeitsbereich definiert. Diese Anforderungen sind als Mindestschallschutzanforderungen zu verstehen, die lediglich vor „unzumutbaren Belästigungen durch Schallübertragung“ schützen und eine „gegenseitige Rücksichtnahme durch Vermeidung unnötigen Lärms“ voraussetzen.

Zitat DIN 4109: *„Es kann nicht erwartet werden, dass Geräusche von außen oder aus benachbarten Räumen nicht mehr bzw. nicht als belästigend wahrgenommen werden, auch wenn die in dieser Norm festgelegten Anforderungen erfüllt werden.“*

In DIN 4109-1 sind Bauteilanforderungen für folgende Nutzungen definiert:

- Mehrfamilienhäuser, Bürogebäude sowie gemischt genutzten Gebäuden (Tab. 2)
- Einfamilien-Reihenhäusern und Doppelhaushälften (Tab. 3)
- Hotels und Beherbergungsstätten (Tab. 4)
- Krankenhäusern und Sanatorien (Tab. 5)
- Schulen und vergleichbare Einrichtungen (z.B. Ausbildungsstätten; Tab. 6)

Der Schallschutz innerhalb eigener Nutzungseinheiten, z.B. zwischen Büroräumen oder zu Besprechungsräumen, ist nicht Bestandteil der DIN 4109-1.

Übliche Schallschutzstandards, die mit bewährten Baukonstruktionen realisiert werden können, sind z.B. im Beiblatt 2 zur DIN 4109:1989 („alte DIN 4109“) enthalten. Auf dieser Grundlage wurden geeignete Schallschutzstandards in den vorliegenden Bericht aufgenommen (→ Kapitel 2.2.11).

Die letztendliche Festlegung des gewünschten Schallschutzstandards innerhalb eigener Nutzungseinheiten (Büro-, Besprechungsräume) erfolgt durch den Bauherrn.

2.1 Schallschutz gegen Außenlärm

Das Baufeld grenzt nicht unmittelbar an vielbefahrene Straßen. In weiterer Entfernung verläuft nördlich des Gebäudes die Rothenburger Straße, im Osten die Von-der-Tann-Straße (B4R). Diese Straßen werden durch die bestehende Bebauung akustisch von der geplanten Grundschule abgeschirmt (siehe informativ die Lärmkartierung aus dem BayernAtlas unten, Datenabruf vom 08.07.2021)

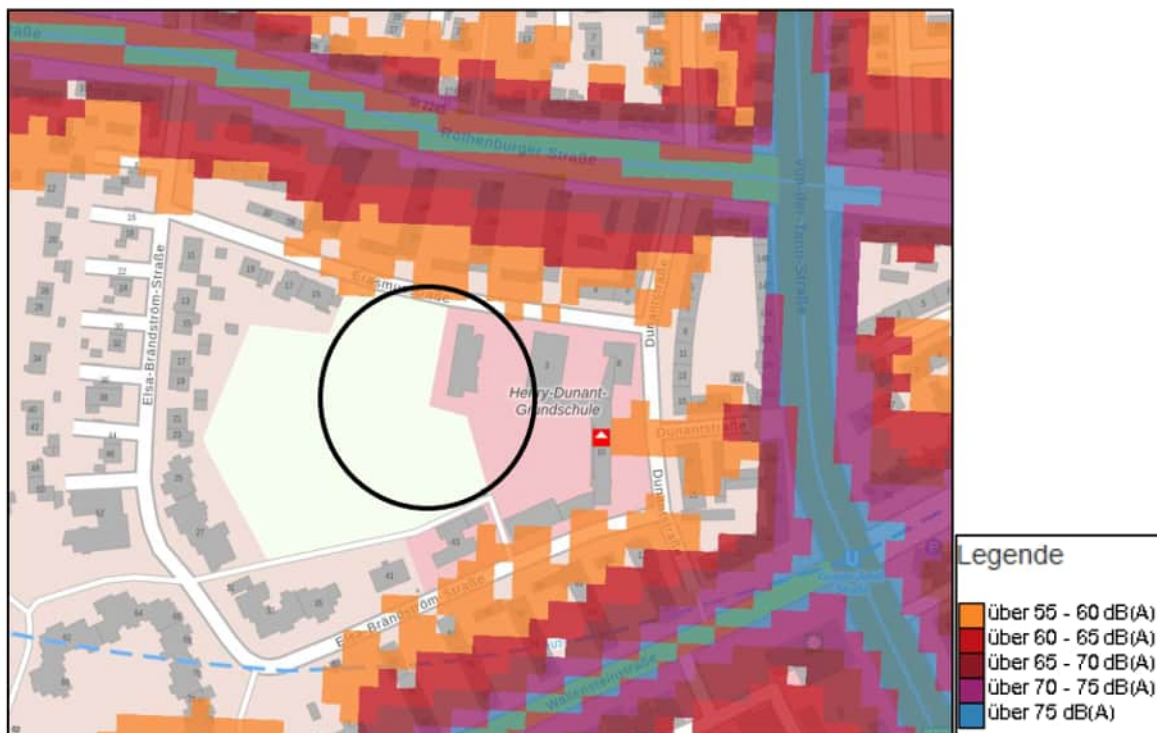


Abbildung 2-1: Lärmkartierung Baufeld Henry-Dunant-Grundschule Nürnberg LDEN (Quelle: BayernAtlas, Datenabruf vom 08.07.2021), informativ

Aufgrund der Lage der geplanten Grundschule und der akustischen Abschirmung werden die Fassaden in den Lärmpegelbereich II nach DIN 4109-1:2018 eingestuft (maßgeblicher Außenlärmpegel bis 60 dB(A)).

Daraus ergibt sich folgende Anforderung an das Schalldämm-Maß der Außenbauteile von Aufenthaltsräumen:

Erf. Schalldämm-Maß der Außenbauteile (im eingebauten Zustand):

Alle Arbeits- und Aufenthaltsräume, inkl. Fassaden Turnhallen
(Gruppenräume, Büros, etc.)

erf. $R'w \geq 30$ dB

(Mindestanforderung nach DIN 4109-1)

An die Fassaden von Verkehrsflächen, Treppenträumen, untergeordneten Nebenräumen (z.B. Abstellräume) usw., in denen kein dauerhafter Aufenthalt von Personen vorgesehen ist, werden nach DIN 4109-1 keine Anforderungen gestellt.

Das resultierende Gesamtschalldämm-Maß wird bei massiven Außenwänden und Dächern maßgeblich durch die Fenster, Türen und Einbauten bestimmt. Leichte Bauteile (z.B. Paneele in Fassaden) sowie Fenster, Fenstertüren und sonstige Einbauten in Außenwänden etc. müssen folgende Schalldämm-Maße im betriebsfertigen Zustand aufweisen:

Fenster, Einbauteile etc., Anforderungswert
(gilt auch für die Fenster der Turnhallen!)

erf. $R_w \geq 32$ dB
bzw. ehemals erf. $R_{w,R} \geq 30$ dB

Diese Anforderung gilt insbesondere auch für die Fenster der Turnhallen, Erläuterung siehe Bericht zum Schallimmissionsschutz (Schutz der Nachbarschaft vor Schallemissionen über die Turnhalle während Vereinssport. Bei lautem Trainingsbetrieb bzw. grundsätzlich bei lauten Veranstaltungen sind die Fenster der Turnhallen zwingend geschlossen zu halten).

Fensterbänder / Fassade als flankierendes Bauteil

Schließen Trennwände von Räumen mit Schallschutzanforderung an Pfosten-Riegel-Fassaden oder durchlaufende Fensterbänder an, ist für diese Bauteile eine Normschallpegeldifferenz in horizontaler Richtung von **min. erf. $D_{n,f,w}$ 55 dB** vorzusehen, um unerwünschte Schallübertragung über den Fassadenanschluss zu vermeiden. Bei Pfosten-Riegel-Fassaden und Fensterprofilen sind zur Erfüllung dieser Anforderung in der Regel getrennte Profile, ggf. mit schwerer Füllung erforderlich (siehe auch Abschnitt 2.3.2).

2.2 Schallschutz bei haustechnischen Anlagen

Die Luft- und Körperschallemissionen haustechnischer Anlagen sind derart zu reduzieren, dass innerhalb des Gebäudes, an den Fassaden eigener schutzbedürftiger Räume und in der Nachbarschaft die in den aktuellen Regelwerken aufgeführten Richtwerte eingehalten werden. Die wesentlichen Anforderungen werden in den nachfolgenden Abschnitten aufgeführt.

2.2.1 Außenlärm infolge haustechnischer Anlagen

Grundsätzlich sind die im Bebauungsplan bzw. in der TA-Lärm aufgeführten Immissionsrichtwerte einzuhalten. Diese Richtwerte gelten 0,5 m vor den geöffneten Fenstern von Aufenthaltsräumen in der Nachbarschaft und vor den eigenen Fassaden und dürfen auch infolge haustechnischer Anlagen (Summenpegel) nicht überschritten werden. Besonders laute Geräte sind entsprechend akustisch abgeschirmt aufzustellen (z.B. Kapselung, Anordnung von Lärmschutzwänden etc.).

Der Nachweis über die Einhaltung der Anforderungen des Schallimmissionsschutzes (Schutz der Nachbarschaft) wurde mittels einer detaillierten Betrachtung des Schallimmissionsschutzes des ■■■■■■■■■■ erbracht, siehe hierzu den entsprechenden Erläuterungsbericht vom 11.04.2022.

Grundsätzlich sind haustechnische Geräte möglichst leise auszulegen, um auch die eigene Fassade vor Lärmbelastung zu schützen.

Vor eigenen Fassaden von Aufenthaltsräumen

$L_m \leq 50 \text{ dB(A) tagsüber}$

$L_m \leq 35 \text{ dB(A) nachts}$

Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte tagsüber nicht mehr als 30 dB (A) und in der Nacht nicht mehr als 20 dB (A) überschreiten.

2.2.2 Zulässige Schalldruckpegel innerhalb schutzbedürftiger Räume

Durch den Betrieb haustechnischer Anlagen und durch Luft- / Körperschallübertragungen aus den Zentralen bzw. Schächten innerhalb des Gebäudes dürfen folgende Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen nicht überschritten werden (normative Mindestanforderungen nach DIN 4109-1, Tabelle 9). Die Schalldruckpegel sind jeweils bei normalem Lastfall und bei gleichzeitigem Betrieb aller haustechnischen Anlagen einzuhalten.

Spalte	1	2	3	4
Zeile	Geräuschquellen		Maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel dB	
			Wohn- und Schlafräume	Unterrichts- und Arbeitsräume
1	Sanitärtechnik/Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam)		$L_{AF,max,n} \leq 30^{a,b,c}$	$L_{AF,max,n} \leq 35^{a,b,c}$
2	Sonstige hausinterne, fest installierte technische Schallquellen der technischen Ausrüstung, Ver- und Entsorgung sowie Garagenanlagen		$L_{AF,max,n} \leq 30^c$	$L_{AF,max,n} \leq 35^c$
3	Gaststätten einschließlich Küchen, Verkaufsstätten, Betriebe u. Ä.	tags 6 Uhr bis 22 Uhr	$L_r \leq 35$ $L_{AF,max} \leq 45$	$L_r \leq 35$ $L_{AF,max} \leq 45$
4		nachts nach TALärm	$L_r \leq 25$ $L_{AF,max} \leq 35$	$L_r \leq 35$ $L_{AF,max} \leq 45$
^a Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Betätigen der Armaturen und Geräte nach Tabelle 11 (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).				

Abbildung 2-2: Zulässige Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen infolge haustechnischer Anlagen nach DIN 4109 (Auszug aus DIN 4109-1, Tabelle 9)

Schalldruckpegel infolge Lüftungsanlagen und Klimageräten

Folgende Auslegungsschallpegel sind in Anlehnung an die DIN EN 13779, Tab. A.12 von den Lüftungsanlagen und Klimageräten als Dauergeräusch einzuhalten, auffällige Einzeltöne sind nicht zulässig. Die Werte gelten bei üblichem Betrieb aller einen Raum versorgenden Anlagen:

Raumart	Empfohlener Bereich Schalldruckpegel in dB(A)
Einzelbüros	< 30
Klassenraum / Gruppenraum	< 35
Küchen (in Anlehnung an E DIN EN 16798-1:2015)	< 40 - 45

2.2.3 Zulässige Schalldruckpegel innerhalb von Technikzentralen

In lauten Technikräumen sind folgende mittlere Schalldruckpegel bei üblichem Betrieb aller haustechnischen Anlagen nicht zu überschreiten:

Technikzentralen (ohne unmittelbar angrenzende Aufenthaltsräume, z.B. UG): $L_{AFm} \leq 75 \text{ dB(A)}$
 Technikräume in Obergeschossen bei angrenzenden Aufenthaltsräumen: $L_{AFm} \leq 65 \text{ dB(A)}$

Die Einhaltung dieser Pegel ist grundsätzlich durch Auswahl geeigneter bzw. gekapselter Geräte zu gewährleisten. Bei Bedarf sind Maßnahmen zur Pegelminderung zu ergreifen (z.B. absorbierende Auskleidung), dies ist bei Bedarf mit dem [REDACTED] abzustimmen.

2.2.4 Bauteilanforderungen zu „besonders lauten“ Räumen

Sind in Technikräumen dauerhaft Schalldruckpegel über 75 dB (A) zu erwarten, müssen von den trennenden Bauteilen zwischen lauten und schutzbedürftigen Räumen die Anforderungen nach DIN 4109-1, Tab. 8 eingehalten werden.

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile	Art der Räume	Bauteile	Bewertetes Schalldämm-Maß R'_w dB		Bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}{}^{a,b}$ dB
			Schalldruckpegel $L_{AF,max}$ dB		
			75 - 80	81 - 85	
1.1	Räume mit „besonders lauten“ gebäudetechnischen Anlagen oder Anlageteilen	Decken, Wände	≥ 57	≥ 62	—
1.2		Fußböden	—		≤ 43 ^c
2.1	Betriebsräume von Handwerks- und Gewerbebetrieben, Verkaufsstätten	Decken, Wände	≥ 57	≥ 62	—
2.2		Fußböden	—		≤ 43
3.1	Küchenräume der Küchenanlagen von Beherbergungsstätten, Krankenhäusern, Sanatorien, Gaststätten, Imbissstuben und dergleichen (bis 22:00 Uhr in Betrieb)	Decken, Wände	≥ 55		—
3.2		Fußböden	—		≤ 43

^a Jeweils in Richtung der Schallausbreitung.

^b Die für Maschinen erforderliche Körperschalldämmung ist mit diesem Wert nicht erfasst; hierfür sind gegebenenfalls weitere Maßnahmen erforderlich. Ebenso kann je nach Art des Betriebes ein niedrigeres $L'_{n,w}$ notwendig sein; dies ist im Einzelfall zu überprüfen. Wegen der verstärkten Übertragung tiefer Frequenzen können zusätzliche Maßnahmen zur Schalldämmung erforderlich sein.

^c Nicht erforderlich, wenn geräuscherzeugende Anlagen ausreichend körperschalldämmend aufgestellt werden; eventuelle Anforderungen nach Tabellen 2 bis 6 bleiben hiervon unberührt.

^d Handelt es sich um Großküchenanlagen und darüber liegende Wohnungen als schutzbedürftige Räume gilt $R'_w \geq 62$ dB.

Abbildung 2-3: Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung von Bauteilen zwischen besonders lauten und schutzbedürftigen Räumen nach DIN 4109-1, Tab.8 (Auszug)

Durch die vorgesehene Begrenzung des Innenpegels sind gemäß aktueller Planung keine „besonders lauten“ Technikräume im Sinne der DIN 4109-1 vorhanden.

2.2.5 Installationsschächte

Sofern Schächte innerhalb von schutzbedürftigen Räumen (oder unmittelbar angrenzend) vorgesehen werden, sind Maßnahmen zum Schutz vor Schallübertragung über die Schächte erforderlich. Die Ausführung variiert dabei je nach erwartetem Schalldruckpegel innerhalb des Schachtes. Es sind grundsätzlich die höchstzulässigen Schalldruckpegel im Raum einzuhalten (vgl. Abschnitt 2.2.2). Die Auslegung erfolgt bei Bedarf im weiteren Planungsverlauf. Darüber hinaus ist die vertikale Schallübertragung zwischen den Geschossen über Schächte möglichst zu reduzieren. Dies ist bestenfalls durch eine (brandschutztechnische) Schottung in Deckenebene ausführbar (Durchbrüche in Deckenstärke nachträglich vergießen). Durchgehende Metallständer-Schachtwände (ohne Verschluss in Deckenebene) sind - sofern vorhanden - im weiteren Planungsverlauf zu detaillieren und abzustimmen. In der Regel ist eine zweilagige raumseitige Beplankung sowie der Einsatz einer Hohlraumdämmung zur Bedämpfung des Schachthohlraums erforderlich.

2.2.6 Körperschallentkopplung

Für die schwingungs- und körperschallisolierte Aufstellung der haustechnischen Anlagen ist in Abhängigkeit der Anlagenart und des Aufstellortes eine einfach- oder doppeltelastische Aufstellung erforderlich. Bei unmittelbar darüber- oder darunterliegenden schutzbedürftigen Räumen ist eine doppelt-elastische Lagerung mittels KSD-Elementen o. glw. zu empfehlen. Die Abstimmung zur Körperschallentkopplung erfolgt im weiteren Planungsverlauf bei genauer Kenntnis der eingesetzten Geräte.

Folgende Isolierwirkungsgrade sind bei Nenndrehzahl zu erreichen:

TGA-Anlagen in Technikzentralen:

$\eta \geq 95\%$

2.2.7 Rohrnetz und Kanäle

Für den Einbau von Rohrleitungen und Kanälen gilt generell: Das Rohrleitungsnetz wird durch Verwendung von körperschalldämmenden Manschetten oder Ummantelungen grundsätzlich vom Baukörper getrennt. Bei nachträglichem Verguss von Durchbrüchen, Schlitten etc. ist auf schallbrückenfreie Trennung des Rohrnetzes vom Baukörper zu achten. Um eine Schallübertragung über Bauteildurchbrüche zu vermeiden, sind die Durchbrüche akustisch luftdicht abzuschotten, z.B. mittels schwerer Mineralwolle (Stopfdichte $> 90 \text{ kg/m}^3$) und dauerelastischer Abdichtung der Fuge.

An elastisch gelagerten Anlagen und Anlagenteilen angeschlossene Bauteile (z.B. Ventilatoren, Kanäle, Kälteleitungen etc.) sind ebenfalls elastisch, z.B. mittels Kompensatoren, anzuschließen.

2.2.8 Sanitäranlagen

Bei sämtlichen Rohrleitungen, sowohl der Ver- als auch den Entsorgungsleitungen, muss auf eine körperschallgedämmte Lagerung und Entkopplung zu den angrenzenden und umschließenden Bauteilen sowie von der Unterkonstruktion und Bekleidung von Leichtbauwänden geachtet werden.

Armaturen und Wasserinstallationen dürfen nur an oder in Massivwänden mit mind. 220 kg/m² Flächengewicht befestigt werden. Bei geschlitzten Massivwänden muss der Restquerschnitt der Wand diese Anforderung erfüllen.

Stehen keine geeigneten Massivwände zur Verfügung, so sind Vorwandinstallationsebenen zu schaffen oder entsprechende Eignungszeugnisse der leichteren Wand vorzulegen. Beim Einbau in Metallständerwände oder in Vorsatzschalen sind Körperschallbrücken von Rohrleitungen zu Trennwänden oder Bekleidungen nicht zulässig.

Es sind grundsätzlich körperschallentkoppelte und geräuscharme Armaturen (Auslaufarmaturen, Geräteanschlüsse, Druckspüler, Spülkästen, Durchgangs- und Drosselarmaturen etc.) der Armaturengruppe I nach DIN 4109 einzusetzen. Abwasserleitungen sind aus Stahlgussrohren (z.B. SML oder akustisch glw.) zu fertigen.

Starke Richtungsumlenkungen (90°-Bögen) sind aus schalltechnischer Sicht möglichst zu vermeiden. Dies gilt auch für innenliegende Entwässerungsleitungen (Dachentwässerung). Entwässerungsleitungen sind mit dampfdichter Dämmung zu versehen. Sollten Druckentwässerungen zum Einsatz kommen, ist dies frühzeitig dem [REDACTED] mitzuteilen.

Insbesondere bei Trennwänden zwischen Sanitärräumen und Aufenthaltsräumen ist auf eine sorgfältige Körperschallentkopplung und akustische Abdichtung aller Einbauten zu achten. Die Schallschutzanforderungen sind mit einer geschlossenen, zweilagig beplankten Metallständerwand mit Hohlraumdämmung zu erfüllen. Die Befestigung sämtlicher Installationen erfolgt wie oben beschrieben in geeigneten Vorwandinstallationsebenen. Durchdringungen durch die geschlossene GK-Trennwand sind zu nicht zulässig. Die Anschlussdetails sind vorab mit dem [REDACTED] abzustimmen.

GK-Koffer Entwässerungsleitungen

Wenn Wasserinstallationen (z.B. auch Rohrleitungen zur Entwässerung der Dachflächen) innerhalb von Aufenthaltsräumen verlaufen, ist grundsätzlich der höchstzulässige Schalldruckpegel im Raum nach DIN 4109-1, Tabelle 9 einzuhalten (vgl. Kapitel 2.2.2 des vorliegenden Berichts). Wenn diese Anforderung durch die Rohrleitung alleine nicht erfüllt werden kann, sind zusätzliche bauakustische

Maßnahmen erforderlich. Dies kann z.B. mittels Abkofferung dieser Rohrleitungen mit Gipskartonplatten erfolgen.

2.2.9 Aufzugsanlagen

Bei der Ausführungsplanung der Aufzugsanlagen ist die DIN 8989 (Ausgabe August 2019: Schallschutz in Gebäude – Aufzügen) bzw. die VDI 2566 zu beachten. Grundsätzlich ist hier hinreichender baulicher Schallschutz gegeben, die Körperschalldämmenden Maßnahmen an den Aufzugsanlagen sind so auszulegen, dass unter diesen Voraussetzungen der maximal zulässige Störpegel in den angrenzenden schutzbedürftigen Räumen in jedem Fall eingehalten wird.

Gemäß derzeitigem Planungsstand grenzen die geplanten beiden Aufzüge nicht an schutzbedürftige Räume an. Dadurch ergeben sich gemäß VDI 2566 und DIN 8989 für die aktuelle Planung folgende Anforderungen (oder bauakustisch gleichwertige Ausführungen):

Elastische Lagerung

Hochwertige Körperschallentkopplung des Aufzugstriebwerks mit doppelt elastischen Elementen und aller beweglichen Teile gemäß VDI 2566 und DIN 8989,

Elastische Lagerung EL3 gemäß VDI 2566 und DIN 8989

Ausführung von Aufzugsschachtwänden, die nicht unmittelbar an Arbeitsräume grenzen (abweichend von DIN 8989):

- **Anforderung: flächenbezogene Masse $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$**
z.B. Stahlbeton-Schachtwand, Dicke $\geq 25 \text{ cm}$

Hinweis: in DIN 8989 sind Schachtwände mit einer Dicke von min. ca. 30 cm gefordert – dies ist aus bauakustischer Sicht zur Erfüllung der Anforderungen der DIN 4109-1 aufgrund der Nutzung als Schule und aufgrund der Lage der Aufzüge aus bauakustischer Sicht nicht erforderlich.

Hinweis: Im aktuellen Planstand sind keine Aufzugsmaschinenräume vorhanden. Werden dennoch separate Maschinen- /Triebwerksräume geplant, ist dies dem [REDACTED] mitzuteilen um die erforderliche Bauteilmasse zu ermitteln. Auch können je nach Lage des Triebwerksraums höhere Anforderungen an die Körperschallentkopplung der Anlagenteile erforderlich werden.

2.2.10 Schallschutz in Schulen und vergleichbaren Einrichtungen

Tabelle 2-1: Schallschutzanforderungen in Schulen oder vergleichbaren Gebäuden nach DIN 4109-1, Tabelle 6

Bauteile	Räume	Bew. Luftschalldämm- Maß erf. R'_w	Norm-Trittschallpegel erf. $L'_{n,w}$
Decken	Decken zwischen Unterrichtsräumen / Decken unter Fluren	≥ 55 dB	≤ 53 dB
	Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und „lauten“ Räumen (z.B. Speiseräume, Cafete- rien, Musikräume, Spielräume, Tech- nikzentralen)	≥ 55 dB	≤ 46 dB
	Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und z.B. Sporthallen, Werkräumen etc.	≥ 60 dB	≤ 46 dB
Wände	Wände zwischen Unterrichtsräumen untereinander und zu Fluren	≥ 47 dB	-
	Wände zwischen Unterrichtsräumen und Treppenhäusern	≥ 52 dB	-
	Wände zwischen Unterrichtsräumen und „lauten“ Räumen (z.B. Speise- räume, Cafeterien, Musikräume, Spiel- räume, Technikzentralen)	≥ 55 dB	-
	Wände zwischen Unterrichtsräumen und z.B. Sporthallen, Werkräumen etc.	≥ 60 dB	-
Türen	Türen zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Fluren	≥ 32 dB (erf. R_w im betriebsferti- gen Zustand)	-
	Türen zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen untereinander	≥ 37 dB (erf. R_w im betriebsferti- gen Zustand)	-

2.2.11 Schallschutz innerhalb eigener Nutzungseinheiten (z.B. Büros)

An die trennenden Bauteile von Büroräumen innerhalb eigener Nutzungseinheiten werden nach DIN 4109-1 keine Mindestanforderungen an den Schallschutz gestellt. Zur Vermeidung von Störgeräuschen aus benachbarten Arbeitsbereichen oder zur Behandlung vertraulicher Angelegenheiten (z.B. bei Büros, in denen Mitarbeiter- oder Elterngespräche geführt werden) sind geeignete Schallschutzstandards vom Bauherrn/Nutzer festzulegen.

Die nachfolgend genannten Schalldämm-Maße sind den Empfehlungen für Schallschutzstandards innerhalb eigener Nutzungsbereiche nach Beiblatt 2 zu DIN 4109:1989 entnommen und stellen einen üblichen bis hochwertigen Bürostandard dar.

Tabelle 2-2: Empfehlungen für normale und erhöhte Schallschutzanforderungen an Trennwände und Türen zu eigenen Büroräumen sowie an Decken und Treppenläufe innerhalb eigener Nutzungseinheiten in Anlehnung Beiblatt 2 zu DIN 4109:1989

Raumtypen (Beispiele)	Qualitative Bewertung	Empfohlene Schalldämm-Maße			
		Bei Wänden: Schalldämm-Maß der Gesamtwand inkl. Tür, sonstigen Einbauten und Flankenübertragung; Bei Türen: $R_{w,R}$ im eingebauten Zustand			
		Bürotrennwand R'_w	Flurtrennwand R'_w	Türen erf. $R_{w,R}$ im eingebauten Zustand	
zwischen Büros	zum Flur				
Büros, Lehrerzimmer etc. Mindestschallschutz	Keine Anforderung an die Vertraulichkeit, Standard-schalldämmung zu benachbarten, gleich genutzten Räumen	≥ 37 dB	≥ 37 dB	≥ 37 dB	≥ 32 dB
Büros & Besprechungsräume Erhöhter Schallschutz bei normaler Gesprächslautstärke <i>z.B. Büros der Schulleitungen und deren Vertretung etc.</i>	Üblicher, hochwertiger Bürostandard bei Anforderungen an die Vertraulichkeit bei normaler Gesprächslautstärke (Gespräche sind im Nachbarraum wahrnehmbar, aber i.d.R. nicht verständlich)	≥ 45 dB	≥ 42 dB	≥ 37 dB	
Trenndecken Obergeschosse: Ausführung analog zu den Unterrichtsräumen					

Es wird empfohlen, zu allen Büroräumen, in denen vertrauliche Gespräche geführt werden, Türen mit einem Schalldämm-Maß von min. erf. $R_{w,R} \geq 37$ dB im eingebauten Zustand einzusetzen. Dies betrifft aus unserer Sicht v.a. folgende Räume:

- Büro Schulleitung / Konrektoriat
- Gesamtleitung Cluster
- Elternsprechzimmer
- Büros von Schulpsychologen etc. (falls vorhanden)
- Alle Türen zwischen Büros untereinander (z.B. Bypass-Türen Büros OG1)
- und ähnlich genutzte Räume

Die verbindliche Festlegung des gewünschten Schallschutzstandards für die Büro- und Besprechungsräume erfolgt durch den Bauherrn.

2.3 Schallschutznachweis – Hinweise und Bauteilüberblick

Im Folgenden werden Hinweise zu den geplanten Konstruktionen und den flankierenden Bauteilen (erforderliche Schalllängsdämm-Maße) gegeben (→ Kapitel 2.3.1 und 2.3.2). Anschließend werden die erforderlichen Schalldämm-Maße (erf. R_w) für alle bauakustisch relevanten Bauteile benannt und mögliche Konstruktionen aufgezeigt.

2.3.1 Hinweise zur Nomenklatur in der Bauakustik

- R'_w** Bewertetes Schalldämm-Maß im eingebauten Zustand inkl. aller flankierenden Bauteile / Nebengewegübertragungen über Einbauten, Durchdringungen etc. → **charakterisiert die Bauteilanforderung im fertigen Zustand**
- R_w bzw. $R_{w,P}$** Prüfstandswert des bewerteten Schalldämm-Maßes ohne flankierende Bauteile (gemessene Schalldämmung unter definierten Labor-Randbedingungen bei Unterdrückung der Übertragung über flankierende Bauteile) = maßgebliche relevante Berechnungsgröße nach DIN 4109:2016. Der Rechenwert ergibt sich aus dem Prüfstandswert unter Abzug eines Sicherheitsbeiwertes / Vorhaltemaßes:
 Bei Wänden / Decken / Fenstern i.d.R.: $R_{w,R} = R_{w,P} - 2 \text{ dB}$
 Bei Türen i.d.R.: $R_{w,R} = R_{w,P} - 5 \text{ dB}$
 Die Vorhaltemaße (Sicherheitsbeiwerte) können je nach Bauteil und Hersteller auch deutlich höher ausfallen (z.B. mobile Trennwände z.T. bis zu 10 dB Abzug erforderlich, Systemtrennwände, Hohlbodensysteme) → **Angaben des Herstellers und entsprechende Prüfberichte beachten**
- $R_{w,R}$** Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes ohne flankierende Bauteile / Nebengewegübertragungen nach Abzug des normativen oder herstellerspezifischen Vorhaltemaßes: **$R_{w,R}$ war maßgebliche Anforderungsgröße für den Schallschutznachweis nach DIN 4109:1989 → nach der neuen DIN 4109:2016 sind als relevante Berechnungsgrößen die Prüfstandswerte $R_{w,P}$ maßgeblich**
- $D_{n,f,w}$** Auf eine Bezugsabsorptionsfläche $A_0 = 10 \text{ m}^2$ bezogene Schalldruckpegeldifferenz, wenn die Schallübertragung nur über einen festgelegten Flankenweg stattfindet. → **charakterisiert die Nebengewegübertragung über Bauteilanschlüsse des trennenden Bauteils**

Hinweis: Bei Trennwänden ist es zielführend, anstelle des Anforderungswertes im eingebauten Zustand R'_w , die entsprechenden erforderlichen **Prüfstandswerte R_w** der einzelnen Bauteile und Einbauten auszuschreiben.

$L'_{n,w}$	Bewerteter Norm-Trittschallpegel im eingebauten Zustand inkl. aller flankierenden Bauteile / Nebengewegübertragungen → Bauteilanforderung bzgl. Trittschallschutz im fertigen Zustand
$\Delta L_w / \Delta L_{w,P}$	bewertete Trittschallminderung der Deckenauflage (Prüfwert)
s'	Dynamische Steifigkeit von Dämmschichten (bei schwimmenden Bodenaufbauten/Holzfußböden) → charakterisiert das Federungsvermögen einer Trittschalldämmplatte. Je größer die dynamische Steifigkeit der Trittschalldämmung, desto geringer fällt in der Regel das Trittschallverbesserungsmaß aus.

Hinweis: Bei der Ausschreibung von schwimmenden Fußbodenaufbauten empfiehlt es sich im Zweifel beide Anforderungswerte (ΔL_w und s') anzugeben.

2.3.2 Flankierende Bauteile / Allgemeine Konstruktionshinweise

Die nachfolgend genannten Schalllängsdämm-Maße und Hinweise sind zwingend zu beachten und umzusetzen, um den gewünschten Schallschutzstandard im eingebauten Zustand zu erreichen.

Die Schalllängsdämm-Maße erf. $R_{L,w,R}$ sind als Anforderungswerte zu verstehen.

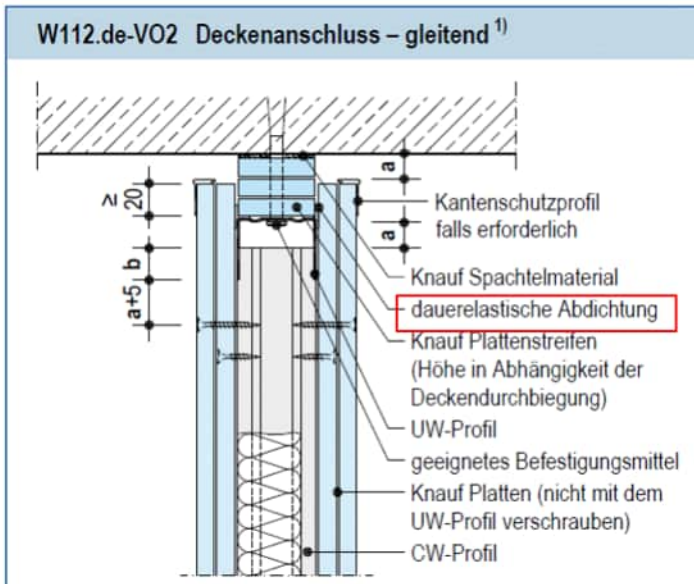
Schwimmender Estrich:

Im Bereich von schwimmenden Fußbodenaufbauten sind die Trennwände mit Schallschutzanforderungen gemäß Herstellerangaben am Rohboden anzuschließen. Der schwimmende Estrich ist an allen aufgehenden Bauteilen mittels Randdämmstreifen vollständig körperschallentkoppelt anzuschließen.

Leichte Trennwände ohne Schallschutzanforderung (z.B. zu reinen Lagern oder Putzmittelräumen) können auf den Estrich gestellt werden.

Deckenanschluss:

Metallständerwände sind gemäß den Herstellerangaben an der Rohdecke anzuschließen. Dies gilt gleichermaßen für massive Wände. Sofern aufgrund der erwarteten Deckenbewegungen gleitende Deckenanschlüsse erforderlich sind, sind diese für den Trockenbau mittels Plattenstreifen gemäß Knauf Detail W112-VO2 oder akustisch gleichwertig auszuführen:



Quelle: Knauf Publikation „W11 Knauf Metallständerwände“ vom August 2015
Akustisch gleichwertige Ausführung gemäß den Herstellerangaben anderer Trennwandsysteme ebenfalls möglich.

Flankierende Innenwände:

Die Beplankung flankierender Metallständerwände ist im Bereich der Trennwände vollständig durch eine Fuge zu trennen. Beim Anschluss von massiven Trennwänden (z.B. Mauerwerk an Stahlbeton) ist die Stoßfuge satt zu vermörteln. Im Massivbau sind möglichst biegesteife Verbindungen anzustreben, um die Körperschallanregung massiver flankierender Bauteile zu begrenzen. Installationsebenen sind im Bereich des Anschlusses zu trennen.

Sollen anstelle von Metallständerwände auch Systemtrennwände, insbesondere Glas-Systemtrennwände, eingesetzt werden, ist dies möglichst frühzeitig mit dem [REDACTED] abzustimmen, um die erforderlichen Schalldämm-Maße der Systemtrennwände auslegen zu können.

Fassade / Fensterprofile

Im Anschlussbereich von Trennwänden mit Schallschutzanforderungen an Fensterprofile bzw. an Pfosten-Riegel-Fassaden etc. müssen die Bauteile (d.h. die Fensterprofile bzw. Fassadenpfosten) folgende Norm-Flankenpegeldifferenz in horizontaler Richtung aufweisen:

Anschluss Unterrichtstrennwände / Wände mit erhöhten Schallschutzanforderungen an flankierende Fensterprofile / Fassadenpfosten

Norm-Flankenpegeldifferenz horizontal:

erf. $D_{n,f,w} \geq 55 \text{ dB}$

Wände zu üblich genutzten Büros (ohne Vertraulichkeit):

Norm-Flankenpegeldifferenz horizontal:

erf. $D_{n,f,w} \geq 45 \text{ dB}$

Überströmelemente

Gemäß dem aktuellen Lüftungskonzept sind keine Überströmelemente vorgesehen. Die Zu- und Abluft der mechanisch belüfteten Räume erfolgt über Kanäle. Entsprechende Telefonieschalldämpfer sind vorzusehen (siehe unten, „Einbauten und Durchdringungen“). Bei Änderungen ist das Ingenieurbüro zu informieren.

Wandverjüngungen:

Nach derzeitiger Planung sind keine Wandverjüngungen vorgesehen.

Einbauten und Durchdringungen:

Durchdringungen (Elektrotrassen, Lüftungskanäle etc.) und Einbauten dürfen das Schalldämm-Maß der Trennwand nicht maßgeblich beeinträchtigen (die Herstellerangaben des Wandsystems sind zu beachten, insbesondere z.B. bei gegenüberliegenden Einbauten, Steckdosen etc.). Luftein- und -auslässe und Rohrleitungen von Lüftungsanlagen sind mit entsprechenden Schalldämpfern auszustatten, um eine unzulässige Schallübertragung über die Lüftungsanlage (Telefonie-Effekt) zu vermeiden.

Sämtliche Öffnungen für Einbauten und Durchdringungen sind in Wandqualität zu schließen oder akustisch gleichwertig zu schotten.

Bei Durchführung von Lüftungskanälen durch Metallständerwände ist in den Wänden eine entsprechende Laibung aus Gipskarton herzustellen, um eine sorgfältige Ausstopfung mit schwerer Mineralwolle (Stopfdichte $\geq 90 \text{ kg/m}^3$) zu ermöglichen.

Elektrotrassen können auch mittels Weichschotts (samt Ablationsbeschichtung) in der Wandebene akustisch geschlossen werden (die Einbaubedingungen des Schottsystems sind zu beachten).

Die entsprechenden Regeldetails der Durchdringungen sind möglichst frühzeitig mit dem [REDACTED] abzustimmen, um die geforderten Schalldämm-Maße der Bauteile im eingebauten Zustand sicherzustellen.

2.3.3 Trennwände Unterrichtsräume

Die Trennwände der Unterrichtsräume sind gemäß aktueller Planung größtenteils als Metallständerwände geplant, z.T. werden diese auch als Stahlbetonwände (Mindestdicke 20 cm) ausgeführt. Die Flurtrennwände sind größtenteils als Stahlbeton-Wände geplant, zum Teil auch als Metallständerwände.

Mit nachfolgend beschriebenem Aufbau können die Schallschutzanforderungen der DIN 4109-1 erfüllt werden:

- Metallständerwände:
Trennwände zu Unterrichtsräumen bzw. ähnlich genutzten Räumen:
Ausführung als Metallständerwände (D = 125 mm), beidseitig doppelagig beplankt mit Hohlraumdämmung gem. Herstellerangaben oder bauakustisch gleichwertig

erf. Schalldämm-Maß gem. Herstellerangaben: **$R_w \geq 55 \text{ dB}$**
- Aufstellung der Trennwände auf den Rohboden
- Alternativ: Ausführung als massive Stahlbetonwand, Mindestdicke 20 cm
erf. Flächenbezogene Masse: **$m' \geq 460 \text{ kg/m}^2$**

Türen zwischen Unterrichtsräumen müssen folgendes Schalldämm-Maß aufweisen:

erf. $R_{w,R} \geq 37 \text{ dB}$

Die Anforderung ist im betriebsfertigen Zustand zu erfüllen.

Türen zum Flur müssen folgendes Schalldämm-Maß aufweisen:

erf. $R_{w,R} \geq 32 \text{ dB}$

Die Anforderung ist im betriebsfertigen Zustand zu erfüllen.

Werkräume grenzen gemäß aktueller Planung nicht unmittelbar an übliche Klassenräume an.

Bauteilnachweis siehe Anhang.

2.3.4 Trennwand zur Sporthalle 1

Im 1. Obergeschoss grenzt das Lehrerzimmer an die Sporthalle 1. Aufgrund der Raumnutzung gibt es für das Lehrerzimmer keine normativen Mindestanforderungen an den Schallschutz nach DIN 4109-1.

Die Trennwand ist als Stahlbetonwand mit einer Dicke von 25 cm geplant, die ein hohes Schallschutzniveau zwischen Sporthalle und Lehrerzimmer sicherstellt.

Im Wandverlauf sind derzeit Sichtverbindungen (Festverglasungen) geplant, die aus bauakustischer Sicht eine Schwachstelle im Vergleich zur ungestörten Massivwand darstellen.

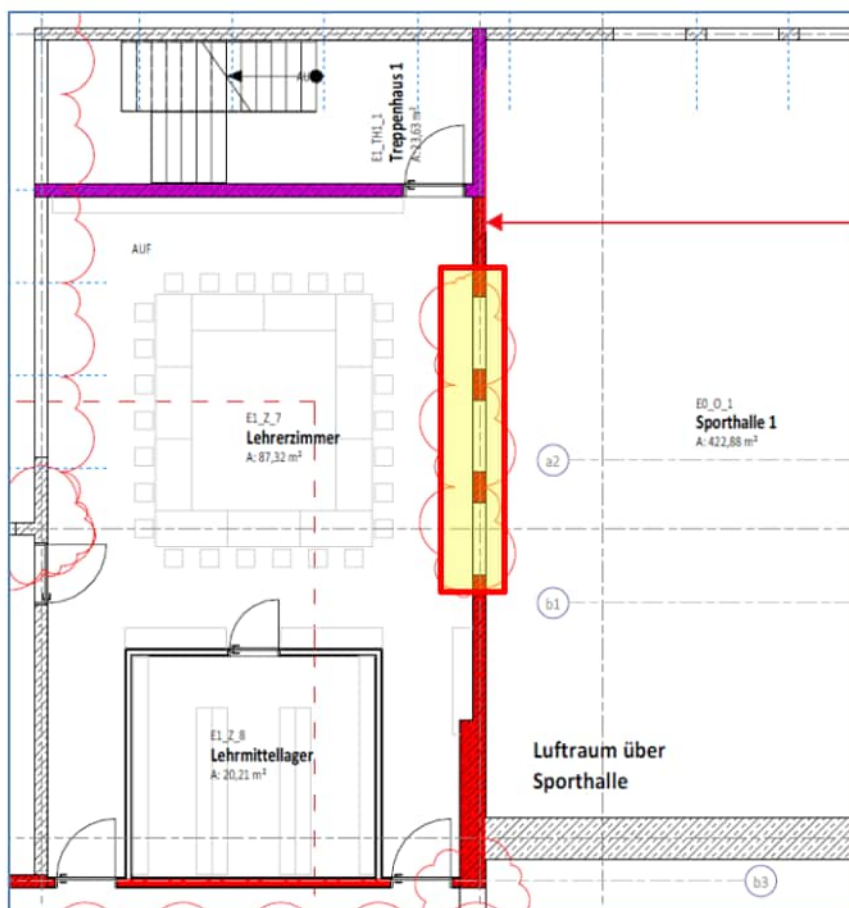


Abbildung 2-4: Grundrissauszug Trennwand zwischen Sporthalle und Lehrerzimmer, 1. OG (schematische Darstellung)

Um auch während üblichem Sportunterrichtsbetrieb in der Turnhalle einen guten Schallschutz sicherzustellen, sodass z.B. auch ruhige, konzentrierte Arbeiten im Lehrerzimmer ausgeführt werden können, wird empfohlen, die Festverglasungen konstruktiv mit mindestens dem nachfolgend genannten Schalldämm-Maß auszuführen:

Festverglasungen Lehrerzimmer zu Sporthalle: **empf. $R_w \geq 50$ dB**
bzw. $R_{w,R} \geq 48$ dB (im eingebauten Zustand)

Darüber hinaus wird empfohlen, innerhalb des Lehrerzimmers eine gute Schallabsorption vorzusehen (Decke vollständig absorbierend + zusätzlich min. 10% der Raumgrundfläche als Wandabsorber oder Einsatz von Vorhängen, um Echo-Effekte zu verringern). Im Zweifelsfall können die Wandabsorber auch im Bedarfsfall nachgerüstet werden.

2.3.5 Trennwände Büroräume

Mit dem nachfolgend genannten Aufbau können die empfohlenen Anforderungen an übliche Bürotrennwände eingehalten werden (empfohlene Schallschutzstandards siehe Abschnitt 2.2.11):

- Trennwand zu Büro- und Besprechungsräumen, auch bei erhöhten Anforderungen:
Ausführung als Metallständerwände ($D = 125$ mm), beidseitig doppellagig beplankt mit Hohlraumdämmung gem. Herstellerangaben oder bauakustisch gleichwertig

empf. Schalldämm-Maß gem. Herstellerangaben: $R_w \geq 55$ dB
(→ Ausführung als konventionelle Metallständerwand, analog zu den Unterrichtsräumen)
- Alternativ: Ausführung als Metallständerwand mit verlaschtem Doppelständerwerk (z.B. im Bereich von Installationen) und Hohlraumdämmung, z.B. Knauf W116.de oder bauakustisch gleichwertig

empf. Schalldämm-Maß Installationswand: $R_w \geq 54$ dB
- Aufstellung der Trennwände auf den Rohboden

Empfohlenes Schalldämm-Maß von Türen üblicher Büros (ohne Vertraulichkeit) zum Flur:

empf. $R_{w,R} \geq 32$ dB Die Anforderung ist im betriebsfertigen Zustand zu erfüllen.

Türen zu Büros mit erhöhten Schallschutzanforderungen (z.B. Büro Schulleitung, Konrektor, Leitung Cluster und ähnliche Büros sowie Bypass-Türen zwischen Büros untereinander):

empf. $R_{w,R} \geq 37$ dB Die Anforderung ist im betriebsfertigen Zustand zu erfüllen.

Bauteilnachweis siehe Anhang.

2.3.6 Mobile Trennwände

Nach derzeitigem Planungsstand ist im Erdgeschoss zwischen dem Mehrzweckraum und dem Musiksaal zur Pausenhalle hin jeweils eine mobile Trennwand vorgesehen. Aufgrund des konstruktionsbedingt geringerem Schalldämm-Maßes mobiler Trennwände wird bei diesen Trennwänden in Abstimmung mit dem Bauherrn vom Anforderungswert der DIN 4109-1 an übliche Unterrichtsräume (erf. $R'_w \geq 47$ dB) abgewichen. Um im Bedarfsfall dennoch eine ausreichende Schalldämmung zwischen Pausenhalle und Musik- bzw. Mehrzweckraum sicherzustellen, wird aus bauakustischer Sicht mindestens die Einhaltung des folgenden Schalldämm-Maßes empfohlen:

Empfehlung mobile Trennwand:

empf. $R'_w \geq 45$ dB

Das o.g. Schalldämm-Maß ist **im eingebauten Zustand inkl. aller Flanken** zu verstehen. Hierzu muss je nach Hersteller der mobilen Trennwand der im Labor gemessene Prüfstandswert $R_{w,P}$ um ein gewisses Vorhaltemaß über dem geforderten Bau-Schalldämm-Maß liegen (z.B. Fa. Nüsing: Vorhaltemaß min. 10 dB => **$R_{w,P} \geq 55$ dB**). Grundsätzlich sind die Details, Planungs- und Montagehinweise des Herstellers zu beachten.

Es wird dringend empfohlen, die Anschlüsse an die flankierenden Bauteile möglichst frühzeitig mit dem Hersteller abzustimmen, um den gewünschten Schallschutzstandard im eingebauten Zustand zu erreichen.

2.3.7 Decken Regelgeschosse

Die Decken der Regelgeschosse sind derzeit als Stahlbetondecken mit einer Dicke von 30 cm geplant. Beim Bodenaufbau wird derzeit von einem schwimmenden Estrich oder bauakustisch gleichwertig ausgegangen.

Die bauakustischen Anforderungen nach DIN 4109-1 werden mit dem geplanten Aufbau erfüllt.

Deckenaufbau von oben nach unten:

- Bodenbelag (wird für den Schallschutznachweis nicht berücksichtigt)
- Zementestrich gemäß Angabe Architekt, Flächengewicht min. 120 kg/m²
- Trittschalldämmung, **erf. $s' \leq 50 \text{ MN/m}^3$**
(Trittschallverbesserungsmaß des Bodenaufbaus: $\Delta L_{w,R} \geq 24 \text{ dB}$)
- 30 cm Stahlbetondecke

Bauteilnachweis siehe Anhang.

2.3.8 Decke über Turnhallen

Die Decke oberhalb der Turnhallen zu den darüberliegenden Unterrichtsräumen ist nicht als Stahlbeton-Flachdecke geplant. Zur Erfüllung der normativen Mindestanforderungen nach DIN 4109-1 muss die geplante Rohdecke mindestens folgende bauakustische Eigenschaften aufweisen:

- Erforderliches Schalldämm-Maß der Rohdecke: **erf. $R_{w,Rohdecke} \geq 63,6 \text{ dB}$**

Diese Anforderung kann nach DIN 4109-1 mit einer flächenbezogenen Masse von min. 600 kg/m² erfüllt werden (z.B. bei StB-Flachdecken: min. 25 cm Dicke). Der Nachweis über die Einhaltung des o.g. Schalldämm-Maßes erfolgt bei von einer Flachdecke abweichender Form durch die Vorlage eines entsprechenden Prüfberichts o.Ä. bzw. alternativ durch eine bauakustische Messung.

- Bodenaufbau über der Decke analog zum Bodenaufbau der Regelgeschosse:
 - o Bodenbelag (wird für den Schallschutznachweis nicht berücksichtigt)
 - o Zementestrich gemäß Angabe Architekt, Flächengewicht min. 120 kg/m²
 - o Trittschalldämmung, **erf. $s' \leq 50 \text{ MN/m}^3$**
(Trittschallverbesserungsmaß des Bodenaufbaus: $\Delta L_{w,R} \geq 24 \text{ dB}$)

Bauteilnachweis siehe Anhang.

2.4 Schallschutz in den Turnhallen nach DIN 18032-4

In DIN 18032-4 werden Schallschutzanforderungen an doppelschalige Trennvorhänge gestellt, die für die neuen Turnhallen an der Henry-Dunant-Grundschule zu beachten sind. Falls nach Abstimmung mit dem Nutzer und Bauherrn ein geringeres Schutzbedürfnis zwischen den Hallenteilen im geteilten Zustand besteht, kann von den nachfolgenden Anforderungen aus akustischer Sicht abgewichen werden.

Der Trennvorhang soll nach DIN 18032-4 folgendes bewertetes Schalldämm-Maß R'_w aufweisen:

Trennvorhang **erf. $R'_w \geq 22$ dB**

Diese Anforderung kann durch eine Baumusterprüfung nach DIN 52210-3 nachgewiesen werden.

Die Schalldämmung des eingebauten, betriebsfertigen Trennvorhangs soll zwischen den Einzelräumen inklusive aller Nebenwege und Einbauten folgendes bewertetes Schalldämm-Maß aufweisen:

Trennvorhang **erf. $R'_w \geq 18$ dB im eingebauten Zustand inkl. Nebenwege**

Um diese Anforderungen zu erfüllen, wird empfohlen, die Anschlusspunkte und Durchdringungen frühzeitig mit dem Hersteller des Trennvorhangsystems abzustimmen.

Die Trennvorhänge müssen zur Verbesserung der Schallabsorption der Hallenteile beitragen (keine schallharten Behänge zulässig).

3 Raumakustik

Grundsätzlich sind in allen Aufenthaltsräumen (Unterrichts- und Gruppenräume, Mehrzweck- / Multifunktionsräume, Speiseräume, Büros, Aufenthaltsräume, Umkleiden etc.) raumakustische Maßnahmen vorzusehen, um unnötig lange Nachhallzeiten zu vermeiden, in lauten Räumen den Lärmpegel soweit wie möglich zu reduzieren und um die Sprachverständlichkeit zu erhöhen.

Insbesondere aufgrund der Schulnutzung ist es erforderlich, auch in allen Fluren und offenen Lern- und Aufenthaltsbereichen von Schülern ausreichende Absorptionsflächen vorzusehen, um Störungen in angrenzenden schutzbedürftigen Bereichen zu verringern (Pegelminderung durch Schallabsorption) und um eine unangenehm „hallige“ Atmosphäre zu vermeiden. Hierzu sind die Decken in diesen Bereichen möglichst vollflächig schallabsorbierend auszuführen.

Gemäß Festlegung des Bauherrn werden die Unterrichtsräume in die Raumgruppe A3 nach DIN 18041:2016 eingestuft (Unterricht / Kommunikation ohne Inklusion). Bei Einhaltung der Anforderungen der Raumgruppe A3 wird bereits eine sehr gute Hörsamkeit und Sprachverständlichkeit in Unterrichtsräumen erzielt – die Erfüllung der Anforderungen an die Raumgruppe A4 sind meist mit einem erhöhten Aufwand verbunden und verbessern die Hörsamkeit oftmals (gefühl) nicht wesentlich.

Bei Bedarf können später in einzelnen Klassenräumen (z.B. in einem Klassenzimmer je Jahrgangsstufe) zusätzliche Wandabsorber nachgerüstet werden, um dort gezielt geringere Nachhallzeiten zu erzielen. Es wird empfohlen, die Kosten für die Nachrüstung dieser Wandabsorber bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen (ca. 10-15% der Raumgrundfläche bei Einsatz hochabsorbierender Wandabsorber, die auch im tieffrequenten Bereich wirksam sind).

Aktuell geplantes raumakustisches Konzept gemäß Abstimmung mit dem Bauherrn

Folgende raumakustische Maßnahmen werden zum derzeitigen Planungsstand in Abstimmung mit dem Bauherrn und dem Architekturbüro vorgesehen:

- Möglichst vollflächig schallabsorbierende Ausbildung der Decken in allen Arbeits- und Aufenthaltsräumen und Fluren; Einsatz eines möglichst breitbandigen Absorbers
aktuell geplant: vollflächiger Einsatz gelochter GK-Decken mit Hohlraumdämmung, Abhanghöhe min. 200 mm, meist über 400 mm
- In Räumen, die als Speiseräume genutzt werden: Einsatz zusätzlicher Wandabsorber aufgrund des erhöhten Bedarfs an Lärminderung
- Empfehlung: raumakustische Messung (ggf. eines Musterraumes) nach Einbau der Absorber zur Überprüfung der erzielten raumakustischen Qualität
- Nachrüstung weiterer Schallabsorber (z.B. Wandabsorber) bei Bedarf in den Räumen, in denen die hohen Anforderungen an die Inklusion aufgrund der Nutzung tatsächlich

erforderlich sind oder wo ggf. eine zusätzliche Pegelminderung erforderlich ist (bzw. bei Entstehung von störenden Echo- oder Dröhneffekten im Raum, die mit dem vereinfachten Prognoseverfahren nach DIN 18041 im Vorfeld nicht erfasst werden).

3.1 Hinweis zur Ausschreibung raumakustischer Kennwerte

Häufig wird bei der Ausschreibung von raumakustischen Maßnahmen der bewertete Einzahlwert α_w ausgeschrieben. Dieser Wert lässt jedoch keine Aussage über den Frequenzverlauf der Schallabsorption zu. Es handelt sich dabei auch nicht, wie häufig angenommen, um den arithmetischen Mittelwert der gemessenen frequenzabhängigen Einzelwerte.

Wir empfehlen daher dringend, anstelle des Einzahlwerts die erforderlichen **Absorptionsgrade in Oktavbändern** (praktische Absorptionsgrade α_p) auszuschreiben.

α (bzw. α_p) Schallabsorptionsgrad (bzw. praktischer Schallabsorptionsgrad) auf die Oktavbänder umgerechnet nach DIN EN ISO 11654

α_w Bewerteter Schallabsorptionsgrad, Angabe als Einzahlwert
 Einzahlangabe des Schallabsorptionsgrades ermittelt aus verschobener Bezugskurve (negative Abweichung $\leq 0,10$) und Schnittpunkt bei 500 Hz nach DIN EN ISO 11654 (kein arithmetischer Mittelwert der gemessenen frequenzabhängigen Einzelwerte)
 schallharte (schallreflektierende) Materialien $\rightarrow \alpha_w$ ist nahezu 0
 schallabsorbierende Materialien $\rightarrow \alpha_w$ ist nahezu 1

Ebenfalls geläufig ist die Einteilung von Schallabsorberklassen in Abhängigkeit des bewerteten Schallabsorptionsgrades:

α_w - Werte	Schallabsorberklassen	Bewertung
$\geq 0,90$	A	Höchst absorbierend
0,80 – 0,85	B	
0,60 – 0,75	C	Hoch absorbierend
0,30 – 0,55	D	Absorbierend
0,15 – 0,25	E	Gering absorbierend
$\leq 0,10$	nicht klassifiziert	Reflektierend

Hinweis: Die Schallabsorberklassen alleine geben keinen Aufschluss darüber, ob das betrachtete Produkt für den angedachten Einsatz und Verwendungszweck geeignet ist. Sie geben lediglich einen Bereich an, in dem der bewertete Schallabsorptionsgrad liegt. Ebenso wie die Angabe von α_w sind die Schallabsorberklassen daher in den meisten Fällen unzureichend. **Für eine hochwertige raumakustische Qualität muss der Frequenzverlauf der Absorptionsleistung betrachtet und auf die Anforderungen des Raumes abgestimmt werden.**

Für die raumakustischen Prognosen sind die frequenzabhängigen Absorptionswerte α (bzw. α_p) in Abhängigkeit des Lochbilds, der Konstruktionstiefe und Dämmstoffauflage notwendig. Diese Angaben sollten in der Ausschreibung angegeben werden.

Die Prüfberichte der gewählten Produkte sind dem [REDACTED] zur Verfügung zu stellen. Bei unbekannten oder abweichenden Aufbauten sind im Vorfeld (vor der Ausführung) Messungen im Hallraum durchzuführen. „Eigenkonstruktionen“ ohne vorliegendes Prüfzeugnis können nicht freigegeben werden.

3.2 Unterrichts- / Gruppenräume (und ähnlich genutzte Räume)

Die Grundbedämpfung aller Unterrichts- und Gruppenräume (inkl. Werk-, Textilräume, Musikraum etc.) und aller ähnlich genutzter Räume und Bereiche (auch offene Lernlandschaften etc.) erfolgt über möglichst vollflächig absorbierend ausgebildete Decken (Richtwert: nach Abzug von schallharten Einbauten, Randfriesen, etc. sind mindestens 80 % der Deckenfläche effektiv schallabsorbierend auszuführen).

Bei der Auswahl der Absorber sind prinzipiell alle flächigen Systeme mit möglichst breitbandiger Schallabsorption möglich, z.B.:

- Gelochte GK-Decken mit Hohlraumdämmung,
z.B. mit folgendem Aufbau (oder raumakustisch gleichwertig):
 - Gelochte Gk-Platte, Lochbild 8 / 18 R
 - Akustikvlies und Dämmauflage gemäß Herstellerangaben
 - Abhanghöhe > 200 mm (im Gebäude geplant: meist über 400 mm)
- Gelochte / geschlitzte / perforierte Holzdecken – eine Ausführung als tragende, absorbierende Holzdecke ist ebenfalls möglich (Lignatur, Lignotrend o. glw.).
- Holzwolle-Akustikplatten mit Hohlraumdämmung (abgehängt oder Direktmontage möglich, bei Direktmontage ist ggf. eine größere rückseitige Dämmauflage erforderlich).
- Akustisch gleichwertige Systeme

Gemäß aktueller Planung sind in den Unterrichtsräumen abgehängte, gelochte GK-Decken mit Hohlraumdämmung vorgesehen. Die nachfolgend genannten Schallabsorptionsgrade sind als Anforderungswerte zu verstehen, die vom gewählten System zu erfüllen sind:

Übersicht der angesetzten raumakustischen Maßnahmen:

Absorber	Mindestens erforderliche Schallabsorptionsgrade α_s bei der angegebenen Absorberfläche					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
Absorbierende Decke (vollflächig) <i>z.B. gelochte GK-Decke Knauf Cleaneo 8/18R, min. 20 cm Abhanghöhe, mit Hohlraumdämmung oder akustisch gleichwertig</i>	0,55	0,65	0,60	0,70	0,60	0,65
Richtwert Wandabsorber zur Nachrüstung bei Bedarf, z.B. zur Erfüllung der Anforderung RG A4 (Inklusion) nach DIN 18041 (ca. 15% der jeweiligen Raumgrundfläche) <i>z.B. spätere Nachrüstung hochabsorbierender Wandabsorber in Unterrichtsräumen bei Bedarf bzw. nach Festlegung des Bauherrn. Gute Verteilung der Absorber im Raum erforderlich.</i>	0,20	0,60	0,75	0,75	0,75	0,75

Zur qualitativen Erfüllung der Anforderungen an die Raumgruppe A4 ist der Einsatz zusätzlicher Wandabsorber erforderlich, in üblichen Unterrichtsräumen ca. 15% der jeweiligen Raumgrundfläche bei Erfüllung der obenstehenden Schallabsorptionsgrade. Bei Einsatz von Systemen mit geringerem Schallabsorptionsgrad ist die Fläche entsprechend zu erhöhen.

Bei den Wandabsorbern ist auf eine gute Wirksamkeit im tieffrequenten Bereich bei 125 und 250 Hz zu achten (→ Aufbauhöhe min. ca. 80 – 90 mm). Die Absorber sind möglichst gut zu verteilen, z.B. an der Rückwand im mittleren Wandbereich.

Bei besonders schmal geschnittenen Räumen besteht trotz einer vollflächig schallabsorbierenden Ausbildung der Decken eine erhöhte Gefahr von Flatterechos oder unerwünschten Dröhneffekten im Raum. In diesen Räumen wird daher empfohlen, an mindestens einer Wandseite zusätzliche Wandabsorber vorzusehen (min. 15% der Raumgrundfläche). Diese können im Zweifelsfall nach Bedarf nachgerüstet werden.

Im vorliegenden Bauvorhaben betrifft dies z.B. die schmalen Gruppenräume im 1. OG (und alle anderen, ähnlich schmal geschnittenen Räume):

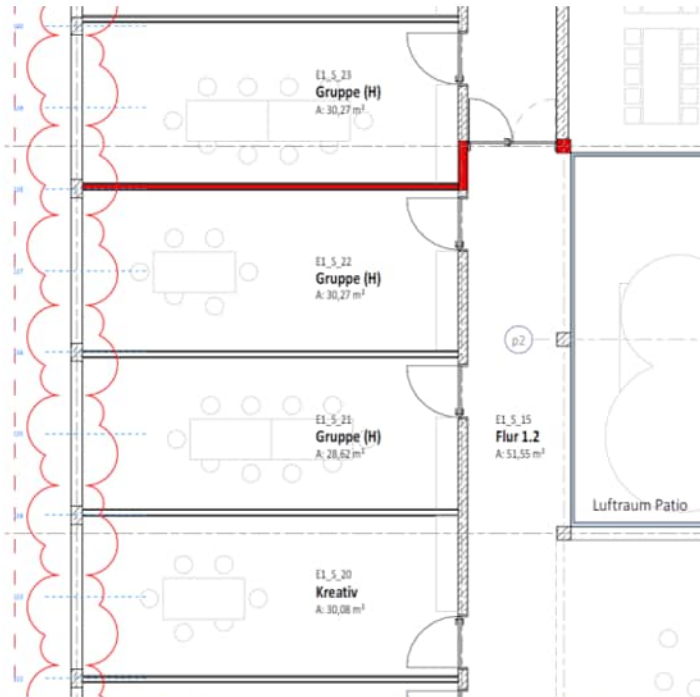
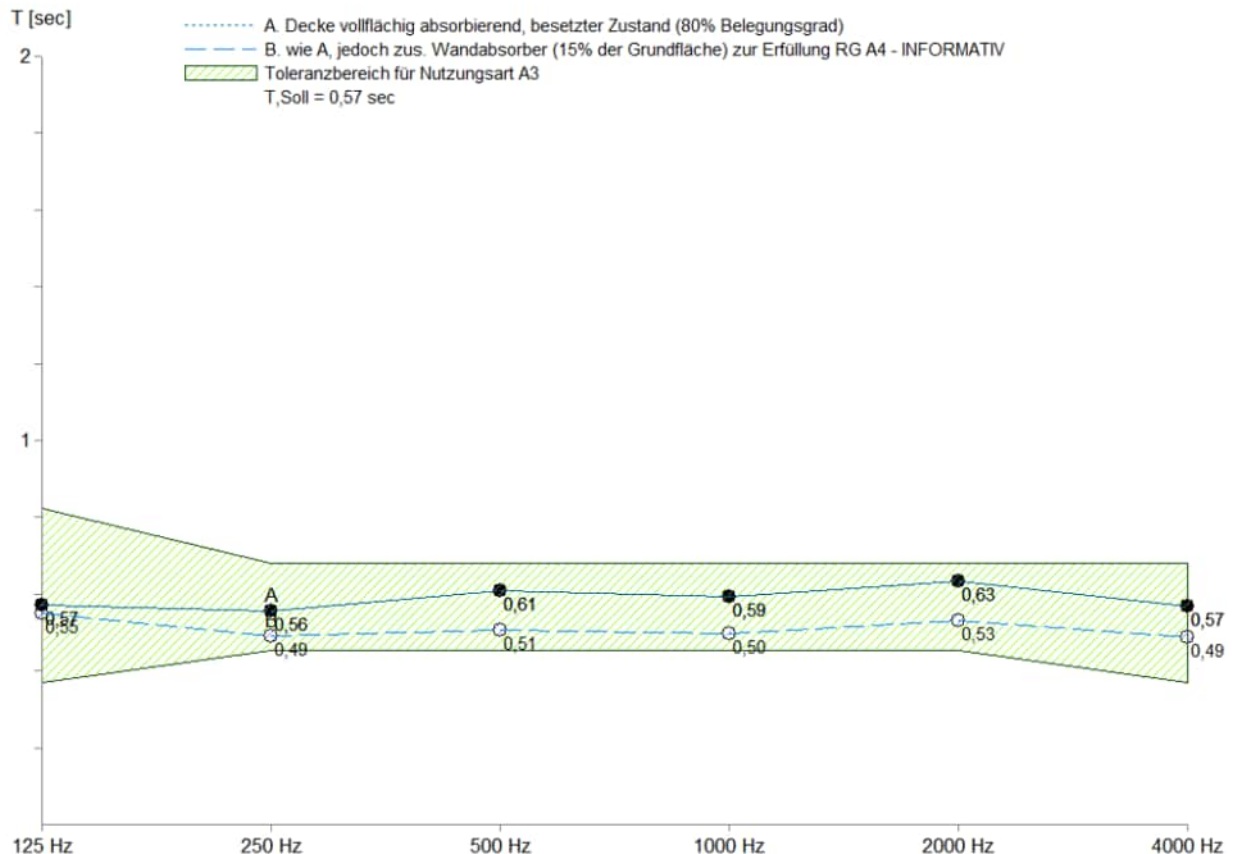


Abbildung 3-1: Grundrissauszug E1, exemplarische Darstellung schmal geschnittener Gruppenräume mit einer erhöhten Gefahr von Echo- / Dröhneffekten; Empfehlung aus raumakustischer Sicht: Einsatz von zusätzlichen Wandabsorbern in diesen und allen ähnlich geschnittenen Räumen.

Exemplarische Prognoseberechnung nach DIN 18041 im besetzten Zustand (80% Belegungsgrad)

Nachhallzeiten



Schallabsorption in Räumen nach DIN EN 12354-6

Raumnutzung "Unterrichtsraum" (A3)

Sollwert der Nachhallzeit $T_{\text{Soll}} = 0,57 \text{ sec}$ (DIN 18041:2016)

Berechnungsmodell für Räume mit verteilter Absorption und diffusem Schallfeld

Raumvolumen $V = 8,23 \times 8,20 \times 3,00 = 202 \text{ m}^3$

				Oktavbandmittenfrequenzen in [Hz]					
				125	250	500	1000	2000	4000

Raumbegrenzungsfläche	Typ	Ort	S [m²]	äquivalente Absorptionsfläche [m²]					
Boden	F268	z1	67,5	1,3	1,3	2,0	2,0	2,7	2,7
Decke absorbierend	F611	z1	54,0	29,7	35,1	32,4	37,8	32,4	35,1
Decke schallhart	F019	z1	13,5	3,4	1,6	0,9	0,7	0,7	0,7
Stahlbeton	F001	z1	28,1	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,8

GK-Wände	F019 z1	49,2	12,3	5,9	3,4	2,5	2,5	2,5
Fenster, Fassade	F259 z1	21,3	6,0	4,3	2,3	1,3	0,6	0,4
Raumvolumen	L243 z1	202,0 m³	0,1	0,2	0,5	0,8	1,5	4,5
Belegung	O218 z1	20,8 St	1,0	6,9	8,9	6,7	7,9	7,7
Wandabsorber	F836 z1							

Summen		233,5	54,1	55,6	50,8	52,2	48,8	54,4
--------	--	-------	------	------	------	------	------	------

Oberflächen / Objekte	Absorptionsgrade α						
F268 Linoleum auf Beton	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	
F611 knauf Cleano 8/18 R mit Akustikvlie	0,55	0,65	0,60	0,70	0,60	0,65	
F019 Gk-Platte dw=60	0,25	0,12	0,07	0,05	0,05	0,05	
F001 Betondecke	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	
F259 Fenster (Isolierverglasung)	0,28	0,20	0,11	0,06	0,03	0,02	
L243 Luftabsorption 20°C 50%	0,10	0,30	0,60	1,00	1,90	5,80	
O218 Schüler an Holztischen 3 m²/P	0,05	0,33	0,43	0,32	0,38	0,37	
F999 Wandabsorber ANFORDERUNG)	0,20	0,60	0,75	0,75	0,75	0,75	
Nachhallzeit	T [sec]	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

$$T_m = T_{ist} = (T_{500} + T_{1000}) / 2 = 0,60 \text{ sec}$$

äquivalente Absorptionsfläche $A = \sum \alpha_s \cdot S_F + \sum A_{obj} + \sum \alpha_s \cdot S_P + A_{Luft}$ (EN 12354-6, Gl.1)

aus Oberflächen F, Objekten O (obj), Objektanordnungen P und Luftabsorption L

mit den Verteilungen Fußboden z0, Decke z1, links x0, rechts x1, vorne y0, hinten y1 und Mitte m

Nachhallzeit $T = 0,16 \cdot V \cdot (1-\psi) / A$

mit Objektanteil $\psi = (\sum V_{obj,j} + \sum V_{Sobj,k}) / V = (9) / V = 0,046$ (Gl.5)

Berechnungsvarianten

	[Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
A: Decke vollflächig absorbiere	T [sec]	0,57	0,56	0,61	0,59	0,63	0,57
B: wie A, jedoch zus. Wandabsor	T [sec]	0,55	0,49	0,51	0,50	0,53	0,49

Hörsamkeit in Räumen (DIN 18041)

Raumnutzung "Unterrichtsraum " (A3)

Sollwert der Nachhallzeit, $T_{Soll} = 0,57 \text{ sec}$ (DIN 18041:2016, Bild 1)

frequenzabhängiger Toleranzbereich (Bild 2)

	[Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
$T_{Soll,min}$	[sec]	0,37	0,45	0,45	0,45	0,45	0,37
$T_{Soll,max}$	[sec]	0,82	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
T_{vorh}	[sec]	0,57	0,56	0,61	0,59	0,63	0,57

3.3 Speiseräume

Bei Räumen, die auch als Speiseräume genutzt werden, besteht eine erhöhte Anforderung an die Lärminderung. Diese Räume werden in die Raumgruppe B5 nach DIN 18041 eingestuft. Die Grundbedämpfung in den Speiseräumen erfolgt über möglichst vollflächig absorbierend ausgebildete Decken, analog zu den Unterrichtsräumen. Darüber hinaus sind zusätzliche Wandabsorber in den Speiseräumen erforderlich, die möglichst gut an den Wandflächen zu verteilen sind.

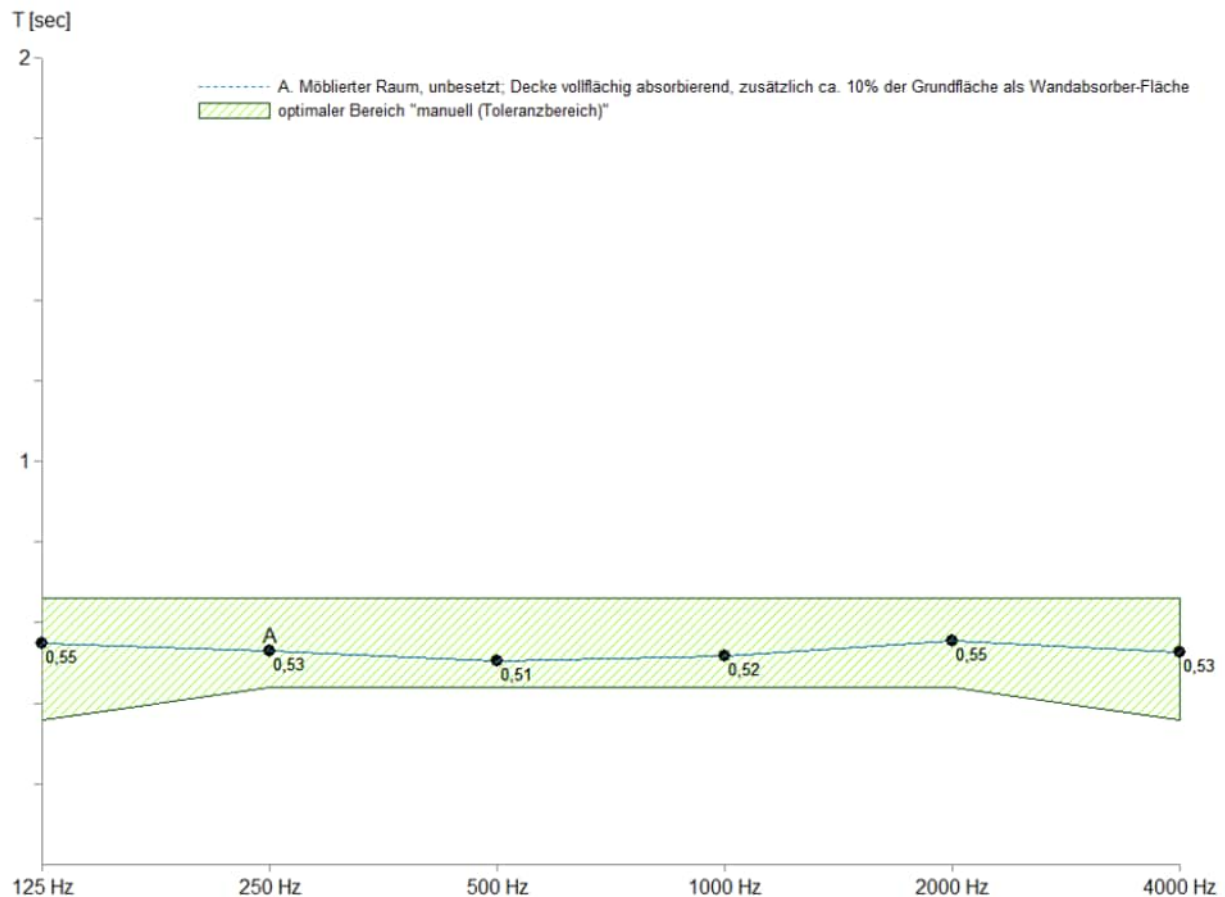
Gemäß aktueller Planung sind gelochte GK-Decken zur Grundbedämpfung vorgesehen. Zur Erfüllung der akustischen Anforderungen sind zusätzlich **ca. 15% der Raumgrundfläche** erforderlich (unter Berücksichtigung der untenstehenden Schallabsorptionsgrade – bei Einsatz von Systemen mit geringerer Schallabsorption ist die Fläche entsprechend zu erhöhen).

Mindestens erforderliche Schallabsorptionsgrade

Absorber	Mindestens erforderliche Schallabsorptionsgrade α_s bei der angegebenen Absorberfläche					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
Absorbierende Decke (vollflächig) <i>z.B. gelochte GK-Decke Knauf Cleaneo 8/18R, min. 20 cm Abhanghöhe, mit Hohlraumdämmung</i> <i>oder akustisch gleichwertig</i>	0,55	0,65	0,60	0,70	0,60	0,65
Richtwert Wandabsorber in Räumen, die als Speiseräume genutzt werden (RG B5 nach DIN 18041) - (ca. 15% der jeweiligen Raumgrundfläche) <i>Auf möglichst gute Verteilung der Wandabsorber im Raum achten, Einsatz vorrangig in Hörebene der Nutzer.</i>	0,20	0,60	0,75	0,75	0,75	0,75

Exemplarische Prognoseberechnung nach DIN 18041, möblierter Zustand

Nachhallzeiten



Schallabsorption in Räumen nach DIN EN 12354-6

Raumnutzung "in Anlehnung an RG B5 nach DIN 18041"
optimale mittlere Nachhallzeit $T_m = 0,60$ sec

Berechnungsmodell für Räume mit verteilter Absorption und diffusem Schallfeld
Raumvolumen $V = 8,23 \times 8,20 \times 3,00 = 202 \text{ m}^3$

				Oktavbandmittenfrequenzen in [Hz]					
				125	250	500	1000	2000	4000

Raumbegrenzungsfläche	Typ	Ort	S [m²]	äquivalente Absorptionsfläche [m²]					
Boden	F268	z1	67,5	1,3	1,3	2,0	2,0	2,7	2,7
Decke absorbierend	F611	z1	54,0	29,7	35,1	32,4	37,8	32,4	35,1
Decke schallhart	F019	z1	13,5	3,4	1,6	0,9	0,7	0,7	0,7
Stahlbeton	F001	z1	28,1	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,8
GK-Wände	F019	z1	49,2	12,3	5,9	3,4	2,5	2,5	2,5
Fenster, Fassade	F259	z1	21,3	6,0	4,3	2,3	1,3	0,6	0,4

Raumvolumen	L243 z1	202,0 m³	0,1	0,2	0,5	0,8	1,5	4,7
Belegung	O218 z1	St						
Wandabsorber	F999 z1	10,1	2,0	6,0	7,5	7,5	7,5	7,5
Summen			243,6	55,0	54,8	49,4	53,1	48,5

Oberflächen / Objekte		Absorptionsgrade α						
F268	Linoleum auf Beton	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	
F611	knauf Cleaneo 8/18 R mit Akustikvlie	0,55	0,65	0,60	0,70	0,60	0,65	
F019	Gk-Platte dw=60	0,25	0,12	0,07	0,05	0,05	0,05	
F001	Betondecke	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	
F259	Fenster (Isolierverglasung)	0,28	0,20	0,11	0,06	0,03	0,02	
L243	Luftabsorption 20°C 50%	0,10	0,30	0,60	1,00	1,90	5,80	
O218	Schüler an Holztischen 3 m²/P	0,05	0,33	0,43	0,32	0,38	0,37	
F999	Wandabsorber (ANFORDERUNG)	0,20	0,60	0,75	0,75	0,75	0,75	
Nachhallzeit	T [sec]	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	

$$T_m = T_{ist} = (T_{500} + T_{1000}) / 2 = 0,63 \text{ sec}$$

äquivalente Absorptionsfläche $A = \sum \alpha_S \cdot S_F + \sum A_{Obj} + \sum \alpha_S \cdot S_P + A_{Luft}$ (EN 12354-6, Gl.1)

aus Oberflächen F, Objekten O (obj), Objektanordnungen P und Luftabsorption L

mit den Verteilungen Fußboden z0, Decke z1, links x0, rechts x1, vorne y0, hinten y1 und Mitte m

Nachhallzeit $T = 0,16 \cdot V \cdot (1-\psi) / A$

mit Objektanteil $\psi = (\sum V_{Obj,j} + \sum V_{SObj,k}) / V = () / V = 0,000$ (Gl.5)

Berechnungsvarianten

	[Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
A: Decke vollflächig absorbiere	T [sec]	0,59	0,59	0,66	0,61	0,67	0,60

3.4 Büroräume / sonstige Aufenthaltsräume bzw. -bereiche

In allen Büro- und Besprechungsräumen (Büro der Schulleitung, der Leitungen, Konrektoriat, Sekretariat, Silentium mit Bibliothek, Elternsprechzimmer, JAS-Büro etc.) und grundsätzlich in allen Räumen, die als Arbeits- und Aufenthaltsräume genutzt werden, sind die Decken möglichst vollflächig schallabsorbierend auszubilden. In Räumen mit ungünstiger Raumgeometrie (z.B. schmale, hohe Räume) sind Maßnahmen zur Reduktion von Echo-Effekten vorzusehen bzw. vorzuhalten, um diese bei Bedarf nachzurüsten (z.B. Wandabsorber, Maßnahmen bei der Möblierung, Vorhänge o. Ä.).

Besonders schmal geschnittene Räume sind z.B. das JAS-Büro, das Konrektoriat sowie das Elternsprechzimmer in Ebene 1.

Als Deckenabsorber können die gleichen gelochten GK-Decken wie in den Unterrichts- / Gruppenräumen etc. oder auch akustisch gleichwertige Systeme eingesetzt werden.

Angesetzte Schallabsorptionsgrade Büro- / Aufenthaltsräume

Absorber	Mindestens erforderliche Schallabsorptionsgrade α_s bei der angegebenen Absorberfläche					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
Absorbierende Decke (vollflächig) z.B. gelochte GK-Decke Knauf Cleaneo 8/18R, min. 20 cm Abhanghöhe, mit Hohlraumdämmung oder akustisch gleichwertig	0,55	0,65	0,60	0,70	0,60	0,65

3.5 Lehrerzimmer (angrenzend an Sporthalle)

Aufgrund der besonderen Lage des Lehrerzimmers (unmittelbar angrenzend an die Sporthalle 1) wird aus akustischer Sicht empfohlen, neben der vollflächigen Ausbildung der Decke zusätzliche Wandabsorber einzusetzen (Richtwert: ca. 15% der Raumgrundfläche, etwa 12 m² Absorberfläche).

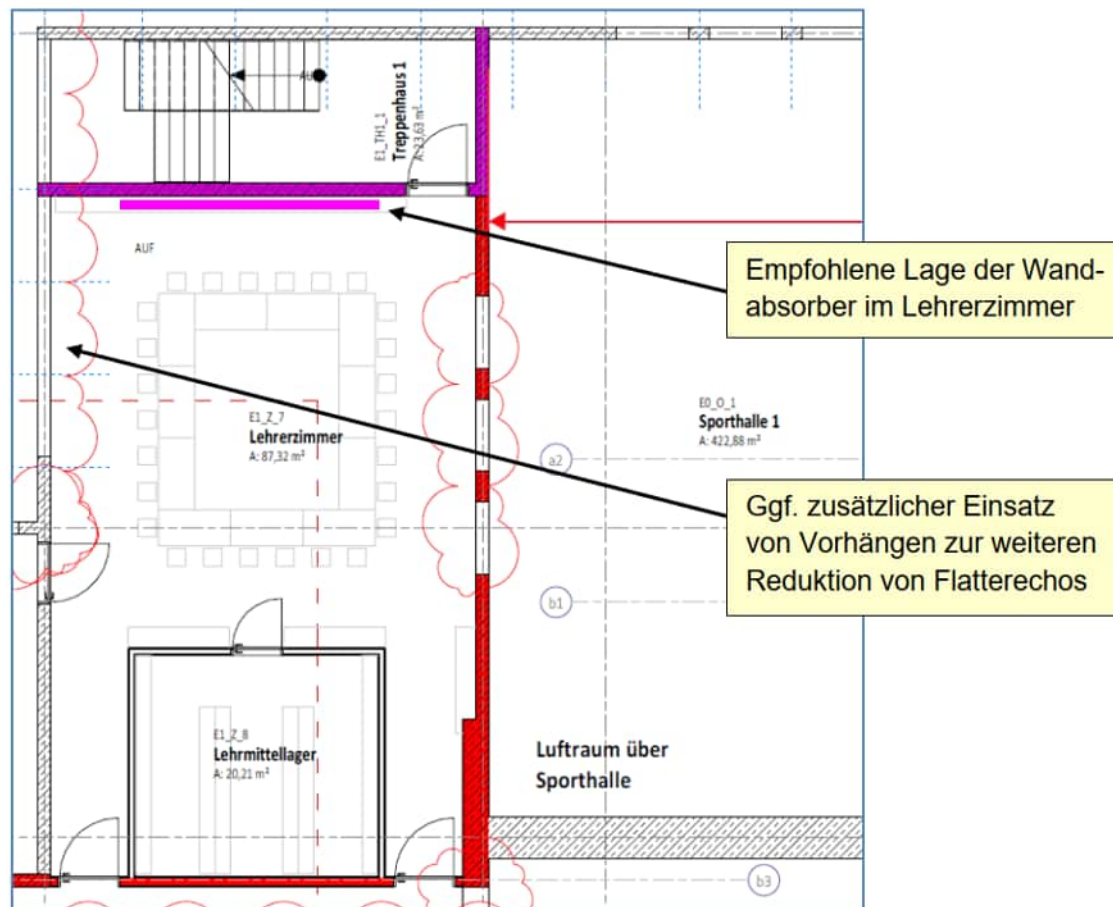


Abbildung 3-2: Grundrissauszug Lehrerzimmer 1. OG (schematische Darstellung)

Als Absorber können die gleichen Anforderungswerte wie in den Unterrichts- und Büroräumen angesetzt werden:

Absorber	Mindestens erforderliche Schallabsorptionsgrade α_s bei der angegebenen Absorberfläche					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
Absorbierende Decke (vollflächig) z.B. <i>gelochte GK-Decke Knauf Cleaneo 8/18R, min. 20 cm Abhanghöhe, mit Hohlraumdämmung</i> oder <i>akustisch gleichwertig</i>	0,55	0,65	0,60	0,70	0,60	0,65
Richtwert Wandabsorber im Lehrerzimmer (ca. 15% der Raumgrundfläche)	0,20	0,60	0,75	0,75	0,75	0,75

3.6 Turnhallen

In den Turnhallen, den zugehörigen Umkleiden und Verkehrsflächen sind nach DIN 18041 raumakustische Maßnahmen vorzusehen, um unnötig lange Nachhallzeiten zu vermeiden.

Zur qualitativen Erfüllung der raumakustischen Anforderungen nach DIN 18041 (Raumgruppe A5, Sport) sind folgende raumakustische Maßnahmen vorzusehen:

- Decke über dem Spielfeld vollflächig absorbierend, als Absorbersystem sind aus akustischer Sicht grundsätzlich alle breitbandig absorbierenden Decken möglich, die die nachfolgend genannten Schallabsorptionsgrade aufweisen (auf ballwurfsichere Ausführung achten),

z.B. mikroperforierte / gelochte oder geschlitzte Werkstoffplatte mit Hohlraumdämmung, Abhanghöhe ca. 200 mm

oder Holzwolle-Akustikplatten mit Hohlraumdämmung und 200 mm Abhanghöhe (z.B. Hera-design superfine 25 mm mit 50 mm Hohlraumdämmung)

oder raumakustisch gleichwertig

- Umlaufende, schallabsorbierende Ausbildung der Prallwände zur Vermeidung von Echo-Effekten zwischen parallelen Wandflächen (Höhe min. 3,0m), z.B. mittels geschlitzter oder gelochter Oberfläche, mit Hohlraumdämmung gemäß Herstellerangaben; der Absorptionsgrad sollte möglichst breitbandig verlaufen (Anforderungswerte siehe unten)

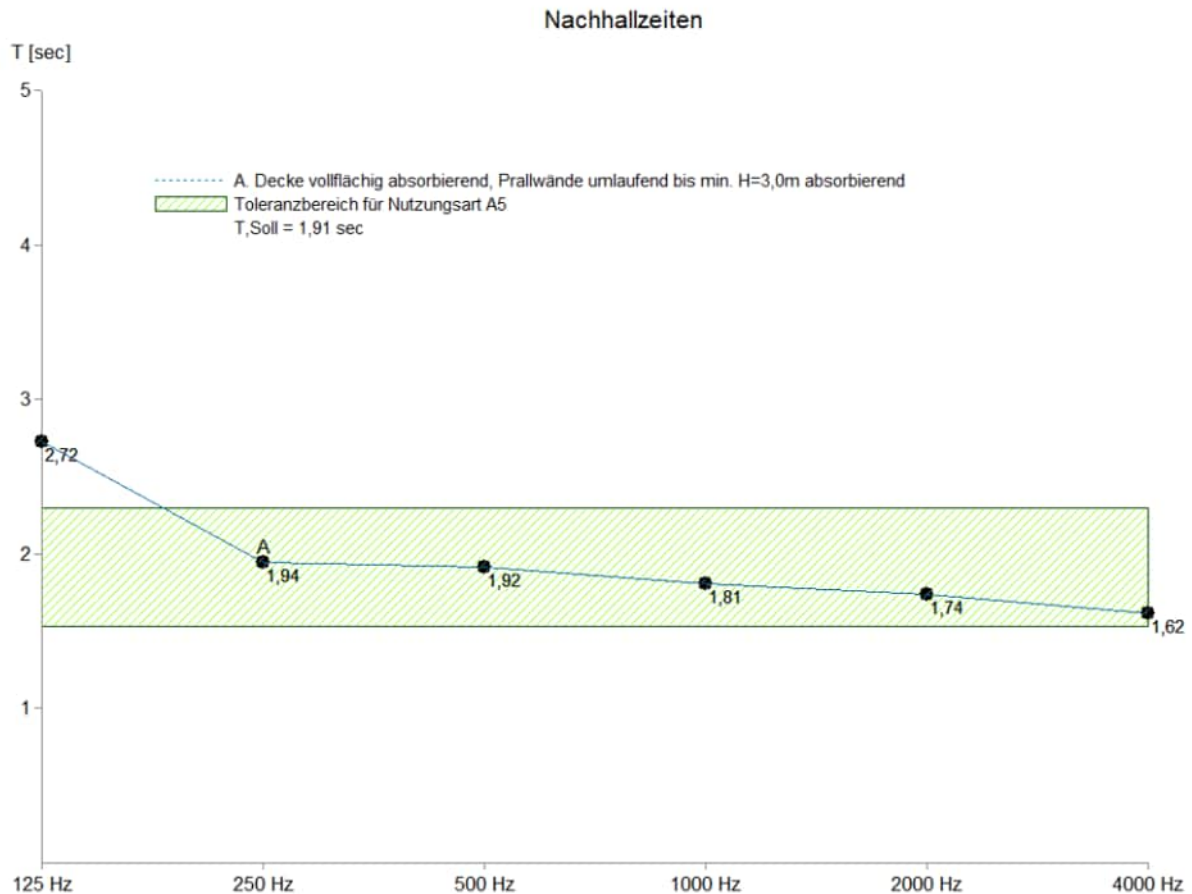
- Trennvorhänge müssen zur Verbesserung der Schallabsorption der Hallenteile beitragen (DIN 18032-4, Abs. 4), um auch im geteilten Zustand Flatterechos zwischen den Trennvorhängen weitestgehend zu vermeiden; als Empfehlung sollte mindestens eine (besser zwei) Seite(n) schallabsorbierend ausgebildet werden

Erforderliche Schallabsorptionsgrade Turnhallen

Absorber	Mindestens erforderliche Schallabsorptionsgrade α_p bei der angegebenen Absorberfläche					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
Absorbierende Decke, vollflächig und ballwurfsicher <i>z.B. perforierte/gelochte/geschlitzte Werkstoffplatte mit Hohlraumdämmung, oder z.B. Heradesign superfine 25 mm mit 50 mm Hohlraumdämmung oder akustisch gleichwertig</i>	0,60	0,75	0,75	0,75	0,75	0,65
Absorbierende Prallwände <i>z.B. gelochte/geschlitzte Oberfläche mit Hohlraumdämmung oder akustisch gleichwertig.</i> <i>Schallabsorptionsgrad gemäß Prüfbericht des Herstellers, bei abweichendem Aufbau ist im Vorfeld eine Messung im Hallraum erforderlich.</i>	0,20	0,60	0,65	0,65	0,55	0,50

Bei Einsatz von Absorbern mit geringeren Schallabsorptionsgraden erhöht sich die erforderliche Absorberfläche entsprechend.

Exemplarische Prognoseberechnung nach DIN 18041



Schallabsorption in Räumen nach DIN EN 12354-6

Raumnutzung "Sport" (A5)

Sollwert der Nachhallzeit $T_{\text{Soll}} = 1,91 \text{ sec}$ (DIN 18041:2016)

Berechnungsmodell für Räume mit verteilter Absorption und diffusem Schallfeld

Raumvolumen $V = 27,30 \cdot 31,00 \cdot 9,00 = 7.617 \text{ m}^3$

				Oktavbandmittenfrequenzen in [Hz]					
				125	250	500	1000	2000	4000
Raumbegrenzungsfläche	Typ	Ort	S [m²]	äquivalente Absorptionsfläche [m²]					
Boden Sport	F267	z1	846,3	8,5	16,9	8,5	25,4	42,3	42,3
Decke (schallhart)	F269	z1	126,9	5,1	5,1	6,3	7,6	7,6	7,6
Decke (absorbierend)	F999	z1	634,7	380,8	476,0	476,0	476,0	476,0	412,6
Wände (schallhart)	F001	z1	780,4	7,8	7,8	7,8	15,6	15,6	23,4
Prallwände absorbieren	F998	z1	179,8	36,0	107,9	116,8	116,8	98,9	89,9
Fenster / Fassade	F077	z1	51,0	6,1	4,1	2,5	2,0	1,5	1,0
Raumvolumen	L243	m	7617,0 m³	3,0	9,1	18,3	30,5	57,9	176,7

Summen	2619,1	447,3	626,9	636,3	674,0	699,9	753,5
Oberflächen / Objekte	Absorptionsgrade α						
F267 PVC-Fußbodenbelag (2,5 mm)	0,01	0,02	0,01	0,03	0,05	0,05	
F269 Holz- oder Spanplatte	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	
F999 manuell	0,60	0,75	0,75	0,75	0,75	0,65	
F001 Betondecke	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	
F998 manuell	0,20	0,60	0,65	0,65	0,55	0,50	
F077 Fenster	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	
L243 Luftabsorption 20°C 50%	0,10	0,30	0,60	1,00	1,90	5,80	
Nachhallzeit	T [sec]	2,7	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6

$$T_m = T_{ist} = (T_{500} + T_{1000}) / 2 = 1,86 \text{ sec}$$

äquivalente Absorptionsfläche $A = \sum \alpha_S \cdot S_F + \sum A_{Obj} + \sum \alpha_S \cdot S_P + A_{Luft}$ (EN 12354-6, Gl.1)

aus Oberflächen F, Objekten O (obj), Objektanordnungen P und Luftabsorption L

mit den Verteilungen Fußboden z0, Decke z1, links x0, rechts x1, vorne y0, hinten y1 und Mitte m

Nachhallzeit $T = 0,16 \cdot V \cdot (1-\psi) / A$

mit Objektanteil $\psi = (\sum V_{Obj,j} + \sum V_{Sobj,k}) / V = () / V = 0,000$ (Gl.5)

Berechnungsvarianten

	[Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
A: Decke vollflächig absorbiere	T [sec]	2,72	1,94	1,92	1,81	1,74	1,62

Hörsamkeit in Räumen (DIN 18041)

Raumnutzung "Sport" (A5)

Sollwert der Nachhallzeit, $T_{Soll} = 1,91 \text{ sec}$ (DIN 18041:2016, Bild 1)

frequenzabhängiger Toleranzbereich (Bild 2)

	[Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
$T_{Soll,min}$	[sec]	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53
$T_{Soll,max}$	[sec]	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29
T_{vorh}	[sec]	2,72	1,94	1,92	1,81	1,74	1,62

3.7 Pausenhalle

Die Pausenhalle grenzt unmittelbar an den Musiksaal und den Mehrzweckraum an. Um Störungen möglichst zu verringern, ist in der Pausenhalle die Decke möglichst vollflächig schallabsorbierend auszuführen.

Als Deckenabsorber können im Prinzip alle möglichst breitbandig schallabsorbierenden Systeme eingesetzt werden, z.B. auch die gleichen gelochten GK-Decken wie in den Unterrichts- und Büroräumen.

Mindestens erforderliche Schallabsorptionsgrade Pausenhalle

Absorber	Mindestens erforderliche Schallabsorptionsgrade α_s bei der angegebenen Absorberfläche					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
Absorbierende Decke (vollflächig) <i>z.B. gelochte GK-Decke Knauf Cleaneo 8/18R, min. 20 cm Abhanghöhe, mit Hohlraumdämmung</i> <i>oder akustisch gleichwertig</i>	0,55	0,65	0,60	0,70	0,60	0,65

3.8 Flure, Verkehrsflächen, Garderoben etc.

Es wird empfohlen, auch die Decken im Bereich der Flure, Verkehrsflächen, Garderoben etc. absorbierend auszubilden um die Übertragung von Störgeräuschen im Flur in die angrenzenden schutzbedürftigen Räume so weit wie möglich zu reduzieren.

Als Deckenabsorber können die gleichen gelochten GK-Decken wie in den Unterrichts- / Gruppenräumen etc. oder auch akustisch gleichwertige Systeme eingesetzt werden.

Angesetzte Schallabsorptionsgrade Flure

Absorber	Mindestens erforderliche Schallabsorptionsgrade α_s bei der angegebenen Absorberfläche					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
Absorbierende Decke (vollflächig) <i>z.B. gelochte GK-Decke Knauf Cleaneo 8/18R, min. 20 cm Abhanghöhe, mit Hohlraumdämmung</i> <i>oder akustisch gleichwertig</i>	0,55	0,65	0,60	0,70	0,60	0,65

4 Thermische Bauphysik

Der Verlauf der thermischen Hülle entspricht bei diesem Bauvorhaben der Außenhülle (Bauteile gegen Außenluft bzw. gegen Erdreich), kalte / unbeheizte Räume innerhalb des Gebäudes sind derzeit nicht vorgesehen.

4.1 Bauteilübersicht

Hinweis: Die nachfolgend aufgeführten Dämmstärken basieren auf Erfahrungswerten und sind Grundlage der aktuellen energetischen Bilanzierung gemäß GEG / DIN V 18599. Naturgemäß können bei im weiteren Planungsverlauf (meist geringfügige) Änderungen der Dämmstärken erforderlich werden, um beispielsweise auf Änderungen der Gebäudegeometrie, der Konstruktion oder auf Änderungen bei der Anlagentechnik zu reagieren.

Tabelle 4-1: Bauteilübersicht der thermischen Hüllfläche

Bauteil	Dämmstoffdicke ¹⁾ in cm	Wärmeleitfähigkeit in W/(mK) ²⁾	U-Wert in W/(m²K)	Bemerkung / Hinweis
Außenwand gegen Außenluft	18	0,035	≤ 0,21	Annahme Außenwandaufbau: hinterlüftete Fassade o. Ä, es ist eine thermische Entkopplung der Fassaden-Unterkonstruktion erforderlich (Anforderungswert: Wärmebrückenzuschlag ≤ 0,03 W/(m²K)) Ggf. ist je nach Fugenbreite bzw. Fugenanteil bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden eine diffusionsoffene Folie vorzusehen.
Außenwand gegen Erdreich inkl. Sockel (Raumnutzung UG: vornehmlich Lager- und Technikräume; z.T. auch Umkleiden, jedoch nicht angrenzend an Außenwände)	14	0,040	0,27	Das Gebäude ist teilunterkellert. Dämmung der Wände gegen Erdreich mit Perimeterdämmung gemäß den anerkannten Regeln der Technik. Abdichtung gemäß den Angaben des Architekturbüros, die Empfehlungen des Bodengutachtens sind zu berücksichtigen. Bei normativ nicht geregelten Abdichtungen nur entsprechende zugelassene Produkte einsetzen.
Bodenplatte EG , auf Erdreich Dämmung des 5m-Randstreifens von den Außenkanten des Gebäudes	14 cm Perimeterdämmung + 4 cm im Bodenaufbau	0,045 0,035	0,22	Perimeterdämmung mit Zulassung. Abdichtung gemäß Bodengutachten, erf. Druckbelastbarkeit gemäß Angaben Tragwerksplanung. Bei normativ nicht geregelten Abdichtungen nur entsprechende zugelassene Produkte einsetzen, Verträglichkeit mit Perimeterdämmung sicherstellen. Zusätzlich min. 4 cm Wärmedämmung im Fußbodenaufbau (Trittschalldämmung).

Bauteil	Dämmstoffdicke ¹⁾ in cm	Wärmeleitfähigkeit in W/(mK) ²⁾	U-Wert in W/(m²K)	Bemerkung / Hinweis
Bodenplatte UG , im Erdreich <i>Dämmung des 5m-Randstreifens von den Außenkanten des Gebäudes</i>	12 cm Perimeterdämmung + 4 cm im Bodenaufbau (nur Aufenthaltsräume)	0,045 0,035	0,34	Perimeterdämmung mit Zulassung. Abdichtung gemäß Bodengutachten, erf. Druckbelastbarkeit gemäß Angaben Tragwerksplanung. Bei normativ nicht geregelten Abdichtungen nur entsprechende zugelassene Produkte einsetzen, Verträglichkeit mit Perimeterdämmung sicherstellen. Zusätzlich min. 4 cm Wärmedämmung im Fußbodenaufbau (Trittschalldämmung). In Aufenthaltsräumen: zusätzliche Dämmung im Bodenaufbau vorsehen (hier: v.a. Umkleiden). In Reinen Lager- und Technikräumen ist dies nicht erforderlich.
Decke gegen Außenluft unten	18	0,035	0,20	Bei Rücksprüngen des darunterliegenden Geschosses, unterseitige Dämmung des auskragenden Bauteils auf der kalten Bauteilseite.
Decke über UG nach oben gegen Außenluft (Eingangsbereich)	14	0,045	0,30	Auf Begeh- bzw. Befahrbarkeit achten, Abdichtung beachten
Flachdach	energetisches Mittel ca. 18	0,035	≤ 0,20	U-Wert = Anforderungswert. Annahme: Warmdach bei Gefälledämmung: konstruktiv min. 12 cm an tiefster Stelle erforderlich; Nachweis des U-Wertes mittels Gefälleplan. Je nach Lage der Entwässerungspunkte ist zur Erfüllung des U-Werts ggf. eine dickere Grunddämmung erforderlich. Bei Umkehrdächern wasserableitendes Vlies zur Verringerung des U-Wert-Zuschlags vorsehen.
Fenster, Fenstertüren	$U_w \leq 1,0$			Dreischeibenverglasung, Richtwert $U_g \leq 0,60$ mit thermisch verbessertem Randverbund; thermisch optimierte Rahmen; außenliegender, automatisch gesteuerter Sonnenschutz erforderlich. Bei Glastüren zu Aufenthaltsräumen (falls vorhanden): Einsatz einer Sonnenschutzverglasung mit g-Wert $\leq 0,35$
Pfosten-Riegel-Fassaden: Verglasung / Profile	$U_{cw} \leq 1,0$ Richtwerte Verglasung: $U_g \leq 0,6$			Dreischeibenverglasung mit thermisch verbessertem Randverbund; thermisch optimierte Pfosten-Riegel-Konstruktionen; außenliegender, automatisch gesteuerter Sonnenschutz erforderlich.

Bauteil	Dämmstoffdicke ¹⁾ in cm	Wärmeleitfähigkeit in W/(mK) ²⁾	U-Wert in W/(m²K)	Bemerkung / Hinweis
Pfosten-Riegel-Fassaden: opake Paneele	≥ 16	0,035	≈ 0,20	Unabhängig vom o.g. Ucw-Wert sind opake Paneele in Pfosten-Riegel-Fassaden mit einer verbesserten Dämmung auszuführen. Der nebenstehende U-Wert ist als Anforderungswert für die Paneele zu verstehen. Pfosten-Riegel-Konstruktion siehe oben.
Lichtkuppeln / Glasdach Pausenhalle	$U_w \leq 1,4$ $g\text{-Wert} \leq 0,30$			Es wird empfohlen, ausreichende Öffnungsflächen vorzusehen, um eine natürliche Entwärmung des Gebäudes zu ermöglichen.
Türen	1,80			-

¹⁾ Bei Verwendung von Baustoffen mit geringerer Wärmeleitfähigkeit kann nach Rücksprache mit dem [REDACTED] die Dämmstoffdicke verringert werden.

²⁾ Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit gemäß Zulassung

Grundsätzlich sind alle die Dämmebene durchdringenden Bauteile thermisch vom Baukörper zu entkoppeln.

Unabhängig davon sind die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2, an den Feuchteschutz nach DIN 4108-3 und an die Luftdichtheit nach DIN 4108-7 zu erfüllen.

4.2 Sommerlicher Wärmeschutz

An allen Fenstern von Arbeits- und Aufenthaltsräumen mit Ost-, Süd- und Westorientierung ist ein außenliegendes Sonnenschutzsystem mit einem Fc-Wert $\leq 0,25$ in Verbindung mit der geplanten Dreifachverglasung vorzusehen.

Der außenliegende Sonnenschutz ist grundsätzlich automatisch fassadenweise in Abhängigkeit der Solarstrahlung zu steuern. Bei den außenliegenden Sonnenschutzsystemen ist auf eine möglichst windstabile Ausführung zu achten (Empfehlung: schienengeführtes System).

Nordfassade

Zur Erfüllung des vereinfachten Nachweises des sommerlichen Wärmeschutzes müssen die Verglasungen von Aufenthaltsräumen an der Nordfassade mit einem moderaten Sonnenschutzglas ausgeführt werden.

g-Wert Verglasungen Nordfassade

$g \leq 0,40$

Südfassade

Die an der südlichsten Fassade gelegenen Aufenthaltsräume (Achse I) weisen teilweise im Verhältnis zur Raumgrundfläche große Fensterflächen auf. Aus diesem Grund ist es bei diesen Räumen zur Erfüllung des vereinfachten Nachweises des sommerlichen Wärmeschutzes erforderlich, zusätzlich zum außenliegenden Sonnenschutz eine Sonnenschutzverglasung einzusetzen:

g-Wert Verglasungen Südfassade **$g \leq 0,35$**
automatischer, außenliegender Sonnenschutz erforderlich

Hinweis: Bei vereinzelten Räumen, die derzeit den vereinfachten Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes noch nicht erfüllen, wird im weiteren Planungsverlauf – in Abstimmung mit dem Architekturbüro – die Fensterfläche soweit angepasst, dass der Nachweis erfüllt wird.

Lichtkuppeln / Glasdach Pausenhalle

Transparente oder transluzente Lichtkuppeln oder Glasdächer etc. sind mit einer Sonnenschutzverglasung auszuführen (siehe Bauteilübersicht).

g-Wert Lichtkuppeln / Glasdach **$g \leq 0,30$**

Verkehrsflächen / Treppenträume

Es wird grundsätzlich empfohlen, auch in Verkehrsflächen (Flure, Treppenträume) bauliche Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz zu ergreifen, um eine übermäßige Aufheizung des Baukörpers möglichst weit zu reduzieren. Wenn an diesen Fenstern/Verglasungen kein außenliegender Sonnenschutz gewünscht wird (der aus thermischer Sicht immer zu bevorzugen ist), sollte zumindest eine Sonnenschutzverglasung mit einem Gesamtenergiedurchlassgrad von $g \leq 0,35$ eingesetzt werden. Darüber hinaus wird dringend empfohlen, möglichst großflächige Öffnungsflächen zur natürlichen Wärmeabfuhr vorzusehen (z.B. über Öffnungsflügel und die Rauchabzugsöffnung).

Nachtentwärmung

Zur Erfüllung des vereinfachten Nachweises des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2:2013-02 muss in allen Aufenthaltsräumen (auch an der Nordfassade) eine erhöhte Nachtentwärmung angesetzt werden. Die Nachtentwärmung kann auch über die geplante Lüftungsanlage sichergestellt werden (min. 2-facher Luftwechsel). Falls die Möglichkeit zur Nachtentwärmung nicht konsequent genutzt wird, ist im Gebäude mit höheren Raumtemperaturen und mit mehr Temperatur-Überschreitungsstunden zu rechnen.

Hinweis: Es ist zu beachten, dass der vereinfachte Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes keine Aussagen über die erwarteten Raumtemperaturen und über die tatsächliche Wirksamkeit

einer Nachtentwärmung zulässt – dies ist nur mit Hilfe einer dynamisch-thermischen Gebäudesimulation möglich.

Nachfolgend sind die vereinfachten Nachweise des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2 für exemplarische, maßgebenden Räume aufgeführt.

4.2.1 Klassenzimmer OG1 (Ost- / Westorientierung)

Vorhandener Sonneneintragskennwert				
Raum: Klassenzimmer OG1, Ost- bzw. Westorientierung				
Nettogrundfläche $A_G = 68,47 \text{ m}^2$				
Fensterflächen				
	m^2	g-Wert	Fc-Wert	Σ
Fensterfläche vertikal A_{Wv} :	24,59	0,47	0,25	0,118
Fensterfläche geneigt (0 - 60°) $A_{W,neig}$:				0,000
Fensterfläche Nord/verschattet $A_{W,Nord}$:				0,000
gesamte Fensterfläche $A_{W,gesamt}$:	24,59			
				$S_{vorh} = 0,042$
Zulässiger Sonneneintragskennwert				
S_1 - Nachtlüftung und Bauart				
Nutzung: Nichtwohngebäude				
Klimaregion: B				
Nachtlüftung: erhöhte Nachtlüftung ($n \geq 2 \text{ h-1}$)				
Bauart: leicht				
				$S_1 = 0,06$
S_2 - Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil				
				$f_{WG} = 0,359$
				$S_2 = -0,011$
S_3 - Sonnenschutzglas ($g \leq 0,40$)				
Anteil Sonnenschutzglas:				0,000
				$S_3 = 0,000$
S_4 - Fensterneigung				
				$f_{neig} = 0,000$
				$S_4 = 0,000$
S_5 - Orientierung				
$f_{Nord} = 0,000$				
Nord-, NO-, NW-orientierte Fenster (Neigung $> 60^\circ$) sowie dauernd vom Gebäude selbst verschattete Fenster				$S_5 = 0,000$
S_6 - Einsatz passiver Kühlung				
nein				$S_6 = 0,000$
Systeme zur Raumkühlung, bei denen nur Energie zur Förderung des Kühlmediums erforderlich ist (z.B. geothermische Kühlung etc.)				
				$\Sigma S_{zul} = 0,049$
Nachweis				
S_{vorh}			S_{zul}	
0,042		≤	0,049	Nachweis erfüllt

4.2.2 Gruppenraum OG1, Südfassade

Vorhandener Sonneneintragskennwert				
Raum: Gruppenraum OG1, Westfassade				
Nettogrundfläche $A_G = 28,60 \text{ m}^2$				
Fensterflächen				
	m^2	$g\text{-Wert}$	$Fc\text{-Wert}$	g_{tot}
Fensterfläche vertikal $A_{W, \text{vert}}$	10,56	0,47	0,25	0,118
Fensterfläche geneigt ($0 - 60^\circ$) $A_{W, \text{neig}}$				0,000
Fensterfläche Nord/verschattet $A_{W, \text{Nord}}$				0,000
gesamte Fensterfläche $A_{W, \text{gesamt}}$	10,56			
				$S_{\text{vorh}} = 0,043$
Zulässiger Sonneneintragskennwert				
S_1 - Nachtlüftung und Bauart				
Nutzung: Nichtwohngebäude				
Klimaregion: B				
Nachtlüftung: erhöhte Nachtlüftung ($n \geq 2 \text{ h}^{-1}$)				
Bauart: leicht				
				$S_1 = 0,06$
S_2 - Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil				
				$f_{WG} = 0,369$
				$S_2 = -0,012$
S_3 - Sonnenschutzglas ($g \leq 0,40$)				
Anteil Sonnenschutzglas:				0,000
				$S_3 = 0,000$
S_4 - Fensterneigung				
				$f_{\text{neig}} = 0,000$
				$S_4 = 0,000$
S_5 - Orientierung				
$f_{\text{Nord}} = 0,000$				
Nord-, NO-, NW-orientierte Fenster (Neigung $> 60^\circ$)				$S_5 = 0,000$
sowie dauernd vom Gebäude selbst verschattete Fenster				
S_6 - Einsatz passiver Kühlung				
nein				$S_6 = 0,000$
Systeme zur Raumkühlung, bei denen nur Energie zur Förderung des Kühlmediums erforderlich ist (z.B. geothermische Kühlung etc.)				
				$\Sigma S_{\text{zul}} = 0,048$
Nachweis				
S_{vorh}			S_{zul}	
0,043		$\leq$	0,048	Nachweis erfüllt

4.2.3 Klassenzimmer (Nordfassade)

Vorhandener Sonneneintragskennwert				
Raum: Klassenzimmer Nordfassade				
Nettogrundfläche $A_G = 68,47 \text{ m}^2$				
Fensterflächen				
	m^2	g-Wert	Fc-Wert	g_{tot}
Fensterfläche vertikal A_{Wv} :				0,000
Fensterfläche geneigt (0 - 60°) $A_{W, \text{neig}}$:				0,000
Fensterfläche Nord/verschattet $A_{W, \text{Nord}}$:	24,59	0,40		0,400
gesamte Fensterfläche $A_{W, \text{gesamt}}$:	24,59			
				$S_{\text{vorh}} = 0,144$
Zulässiger Sonneneintragskennwert				
S_1 - Nachtlüftung und Bauart				
Nutzung: Nichtwohngebäude				
Klimaregion: B				
Nachtlüftung: erhöhte Nachtlüftung ($n \geq 2 \text{ h-1}$)				
Bauart: leicht				
				$S_1 = 0,06$
S_2 - Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil				
				$f_{WG} = 0,359$
				$S_2 = -0,011$
S_3 - Sonnenschutzglas ($g \leq 0,40$)				
Anteil Sonnenschutzglas:				0,000
				$S_3 = 0,000$
S_4 - Fensterneigung				
				$f_{\text{neig}} = 0,000$
				$S_4 = 0,000$
S_5 - Orientierung				
$f_{\text{Nord}} = 1,000$				
Nord-, NO-, NW-orientierte Fenster (Neigung $> 60^\circ$)				$S_5 = 0,100$
sowie dauernd vom Gebäude selbst verschattete Fenster				
S_6 - Einsatz passiver Kühlung				
nein				$S_6 = 0,000$
Systeme zur Raumkühlung, bei denen nur Energie zur Förderung des Kühlmediums erforderlich ist (z.B. geothermische Kühlung etc.)				
				$\Sigma S_{\text{zul}} = 0,149$
Nachweis				
S_{vorh}			S_{zul}	
0,144		$\leq$	0,149	Nachweis erfüllt

5 Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Am 18. Juni 2020 wurde der Gesetzentwurf zum Gebäudeenergiegesetz (GEG) im deutschen Bundestag gebilligt. Das Gesetz löst die bisherige EnEV (2013) und das EEWärmeG ab und führt beide Gesetze zusammen, die Einführung des GEG erfolgte zum 01.11.2020 und ist dabei bei diesem Bauvorhaben anzuwenden.

Bei der energetischen Bilanzierung nach DIN V 18599 gemäß GEG wird ein 3-dimensionales thermisches Gebäudemodell erstellt, das die wärmetauschende Hüllfläche sowie die geplante Anlagentechnik abbildet. Das Gebäude wird in Nutzungszonen unterteilt, denen standardisierte Nutzungsprofile nach DIN V 18599-10 zugewiesen werden.

Der gesamte Nutz-, End-, und Primärenergiebedarf wird zonenweise bilanziert. Man erhält als Ergebnis den Primärenergiebedarf $Q_{P,ist}$.

Der Anforderungswert wird über ein sogenanntes Referenzgebäude ermittelt. Das Referenzgebäude entspricht in seiner Nutzung und Geometrie dem geplanten Gebäude. Es werden jedoch vom Gesetzgeber vorgegebene Referenzwerte für die energetische Qualität der Hüllflächenbauteile und der Anlagentechnik für die Bilanzierung verwendet. Dieses Referenzgebäude wird ebenso wie das vorliegende Gebäude berechnet und man erhält den Referenz-Primärenergiebedarf $Q_{P,ref}$, welcher den öffentlich rechtlichen Anforderungswert (Vergleichswert) darstellt.

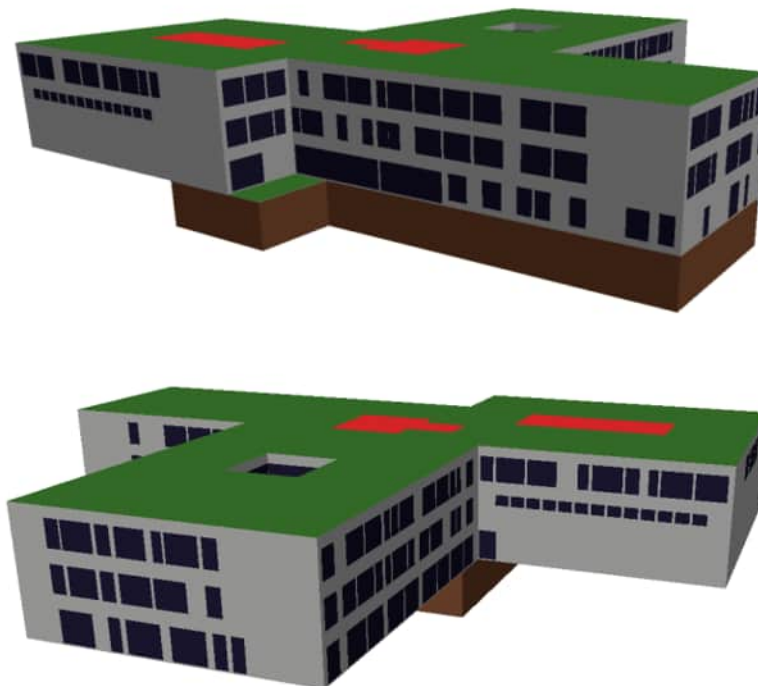


Abbildung 5-1: Ansichten des 3D-Gebäudemodells der energetischen Bilanzierung gemäß GEG

5.1 Energetische Bilanzierung gemäß GEG

5.1.1 Gebäudedaten

Gebäude:	Neubau Henry-Dunant-Schule
Nutzungstyp:	Grundschule
Geschosse:	UG (Teilunterkellerung), EG, E1 & E2
Nettovolumen:	ca. 39.064 m ³
Nettogrundfläche ¹⁾ :	ca. 9.196 m ²

¹⁾ Energiebezugsfläche für die Bilanzierung nach DIN V 18599 gemäß GEG. Hierbei kann es zu Abweichungen zur vom Architekten ermittelten Fläche kommen.

5.1.2 Gebäudezonen

Folgende Nutzungsprofile wurden den bilanzierten Gebäudezonen zugewiesen:

Bezeichnung	Nutzungsprofil	Nettovolumen [m ³]	Nettogrundfläche [m ²]	Flächenanteil [%]
Unterrichts- Gruppenräume	8. Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)	11563,65	3043,06	33,1
Verkehrsflächen	19. Verkehrsfläche	8963,04	2256,83	24,5
Lager Technik	20. Lager, Technik, Archiv	5571,29	1357,66	14,8
Sporthalle	31. Turnhalle (ohne Zuschauerbereich)	6411,31	843,60	9,2
Nebenräume	18. Nebenflächen ohne Aufenthaltsräume	2047,75	523,09	5,7
Sonstige Aufenthaltsräume	17. Sonstige Aufenthaltsräume	1812,36	476,94	5,2
Büro	1. Einzelbüro	1206,61	317,53	3,5
Sanitär	16. WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden	1186,72	298,24	3,2
Küche Vorbereitung Lager	15. Küche - Vorbereitung, Lager	301,31	79,29	0,9

Es wurde für alle Gebäudezonen vorläufig ein pauschaler Wärmebrückenzuschlag von $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ berücksichtigt. Unabhängig davon wird im weiteren Planungsverlauf auf eine möglichst wärmebrückenarme Konstruktion geachtet.

Es wurde bei der energetischen Bilanzierung keine Dichtheitsprüfung nach Fertigstellung berücksichtigt. Nach Durchführung einer Luftdichtheitsmessung kann diese optional im endgültigen Energieausweis berücksichtigt werden, das Ergebnis der Bilanzierung wird sich hierdurch verbessern.

5.1.3 Beleuchtung

Die Beleuchtung erfolgt flächendeckend über LED-Leuchten. Bei noch nicht bekannten Angaben werden die Standard-Randbedingungen der DIN V 18599 angesetzt. Bei abweichenden Angaben gelten vorrangig die Angaben der Elektro-Fachplanung.

5.1.4 Anlagentechnisches Konzept

In der energetischen Bilanzierung ist derzeit die Anlagentechnik gemäß dem Konzept der TGA-Fachplanung [REDACTED] hinterlegt. Bei noch nicht bekannten Angaben werden die Standard-Randbedingungen gemäß DIN V 18599 angenommen. Diese können von tatsächlichen anlagentechnischen Kennwerten abweichen, sodass in erster Linie immer die Angaben des TGA-Planungsbüros zu beachten sind.

Sobald nähere Informationen zur Anlagentechnik vorliegen, werden diese sukzessive in das energetische Bilanzierungsmodell eingepflegt.

Anlagentechnisches Konzept:

Wärmeerzeugung:

- Wärmeversorgung mittels Fernwärme-Anschluss, N-ENERGIE Nürnberg
Primärenergiefaktor $f_{PE,WV} = 0,24$

Kälteerzeugung:

- Derzeit ist keine Kälteerzeugung vorgesehen

Trinkwassererzeugung:

- Duschen Sporthalle: Wärmeerzeugung mittels Fernwärme, zentral
- Sonst: dezentrale, elektrische Trinkwarmwasserversorgung

Be- und Entlüftung:

- Mechanische Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung
(Wärmerückgewinnungsgrad min. 80%)

Photovoltaik / Solarthermie:

- Es ist eine Photovoltaik-Anlage auf dem Dach vorgesehen (größtmögliche Fläche), Ansatz im Rahmen der GEG-Bilanzierung:
PV-Anlage mit ca. 100 kWp, Ost-West-Orientierung; aufgeständerte Aufstellung auf der Dachfläche

Bei fehlenden Angaben der Anlagentechnik wurden für die Bilanzierung die Standardrandbedingungen nach DIN V 18599 angenommen. Diese können von tatsächlichen anlagentechnischen Kennwerten abweichen, sodass in erster Linie immer die Angaben des TGA-Planungsbüros bzw. der Elektro-Fachplanung zu beachten sind.

Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Überblick über die thermische Konditionierung der Zonen:

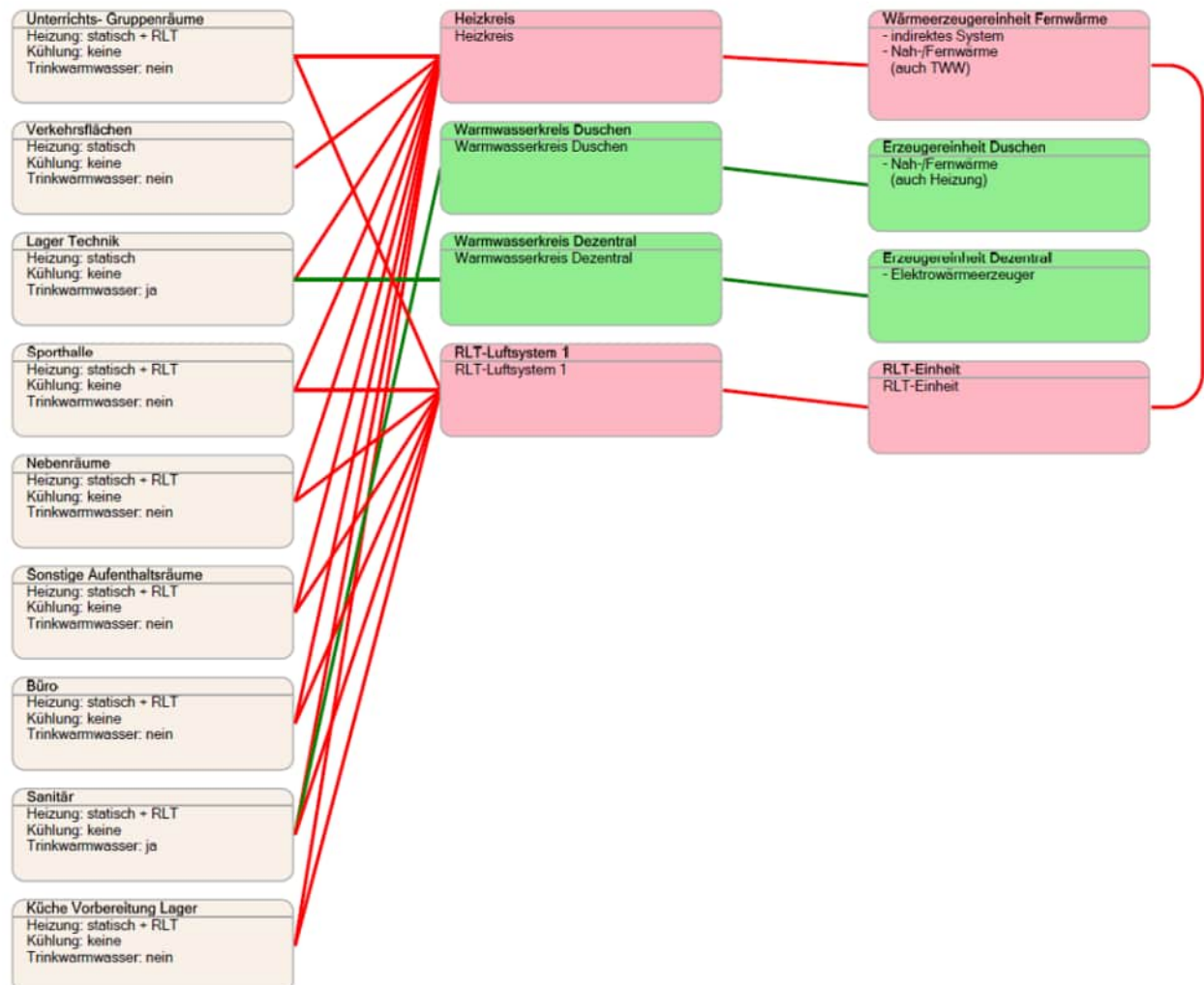


Abbildung 5-2: Übersicht der thermischen Konditionierung der Zonen

5.1.5 Vorläufiger Energieausweis GEG

Gemäß derzeitigem Planungsstand werden die Anforderungen des aktuell gültigen Gebäudeenergiegesetzes (GEG) an Neubauten erfüllt bzw. deutlich unterschritten.

Primärenergiebedarf

Treibhausgasemissionen 9,3 kg CO₂-Äquivalent /(m²·a)

Primärenergiebedarf dieses Gebäudes
31,82 kWh/(m²·a)

↑ Anforderungswert GEG
Neubau (Vergleichswert)

Anforderungen gemäß GEG²
Primärenergiebedarf

Ist-Wert 31,82 kWh/(m²·a)

Mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten ☒ eingehalten

Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau) ☒ eingehalten

↑ Anforderungswert GEG
modernisierter Altbau (Vergleichswert)

Anforderungswert 68,26 kWh/(m²·a)

Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren

☒ Verfahren nach § 21 GEG

☐ Verfahren nach § 32 GEG („Ein-Zonen-Modell“)

☐ Vereinfachungen nach § 50 Absatz 4 GEG

☐ Vereinfachungen nach § 21 Absatz 2 Satz 2 GEG

Endenergiebedarf

Energieträger	Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m ² ·a) für					Gebäude insgesamt
	Heizung	Warmwasser	Eingebaute Beleuchtung	Lüftung ³	Kühlung einschl. Befeuchtung	
Nah-/Fernwärme aus KWK, erneuerbarer Brennstoff bzw. Energieträger	58,27	2,67	0	0	0	60,95
Strom netzbezogen	0,14	2,06	4,99	6,59	0	13,77

☐ weitere Einträge in Anlage

Endenergiebedarf Wärme [Pflichtangabe in Immobilienanzeigen]

63 kWh/(m²·a)

Endenergiebedarf Strom [Pflichtangabe in Immobilienanzeigen]

12 kWh/(m²·a)

Hinweis: Während der Planungs- und Bauphase kann immer nur ein vorläufiger Energieausweis erstellt werden, der die Ergebnisse zum aktuellen Planungsstand widerspiegelt. Der endgültige Energieausweis kann erst mit Baufertigstellung ausgestellt werden.

Weiterhin ist zu beachten, dass sich aufgrund von Planungsänderungen, genaueren Kenntnissen der TGA, der künstlichen Beleuchtung etc. sowohl der Anforderungswert des Referenzgebäudes als auch der Ergebniswert im weiteren Verlauf der Planung (z. T. deutlich) verändern können.

5.1.6 Vorläufige Nachweisergebnisse

Berechnung: Nichtwohngebäude nach GEG 2020, Verfahren nach DIN V 18599:2018, Neubau

Die Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes 2020 sind erfüllt.

GEG-Werte	Ist-Wert	Soll-Wert	% vom Soll-Wert
spez. Primärenergiebedarf [kWh/(m²a)]	31,82	68,26	46,6 % (zulässig)

Mittlere U-Werte [W/(m²K)]	Ist-Wert	Soll-Wert	% vom Soll-Wert
Opake Außenbauteile ($\geq 19\text{ °C}$)	0,19	0,28	67,9 %
Transparente Außenbauteile ($\geq 19\text{ °C}$)	1,0	1,5	66,7 %
Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln ($\geq 19\text{ °C}$)	1,4	2,5	56,0 %
Opake Außenbauteile (12-19 °C)	0,18	0,50	36,0 %
Transparente Außenbauteile (12-19 °C)	1,0	2,8	35,7 %

Die Anforderungen zur Nutzung von erneuerbaren Energien für Wärme-/Kälteerzeugung werden eingehalten.

Die Anforderungen sind zu 214,3% erfüllt.

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 ist erfüllt.

Wesentliche Angaben für Anzeigen nach GEG §87

1. Art des Energieausweises	Energiebedarfsausweis
2a. Endenergiebedarf Wärme (heizwertbezogen)	63,0 kWh/(m²a)
2b. Endenergiebedarf Strom	11,7 kWh/(m²a)
3. Wesentliche Energieträger	Fernwärme N-ERGIE Nürnberg

5.1.7 Jährlicher Nutz-, End- und Primärenergiebedarf (informativ)

Jährlicher Nutzenergiebedarf	spezifisch [kWh/(m²a)]	absolut [kWh/a]
Heizung	48,21	443.309,31
Trinkwarmwasser	3,45	31.758,39
Beleuchtung	3,40	31.305,88
Belüftung	0,00	0,00
Kühlung	0,00	0,00
Gesamt	55,06	506.373,56

Jährlicher Endenergiebedarf (brennwertbezogen)	spezifisch [kWh/(m²a)]	absolut [kWh/a]
Heizung	58,41	537.171,13
Trinkwarmwasser	4,73	43.487,89
Beleuchtung	4,99	45.870,08
Belüftung	6,59	60.579,67
Kühlung	0,00	0,00
Gesamt	74,72	687.108,81

Endenergiebedarf nach Energieträgern (brennwertbezogen)	spezifisch [kWh/(m²a)]	absolut [kWh/a]
Nah-/Fernwärme für Nah-/Fernwärme	60,95	560.473,4
Strom-Mix	13,77	126.635,4
Gesamt	74,72	687.108,8

Jährlicher Primärenergiebedarf (heizwertbezogen)	spezifisch [kWh/(m²a)]	absolut [kWh/a]
Heizung	17,73	163.044,81
Trinkwarmwasser	4,51	41.431,31
Beleuchtung	8,98	82.566,13
Belüftung	11,86	109.043,40
Kühlung	0,00	0,00
Korrektur für erneuerbaren Strom nach GEG § 23	-11,25	-103.494,75
Gesamt	31,82	292.590,87

EnEV-Werte	Ist-Wert	Soll-Wert	% vom Soll-Wert
spez. Primärenergiebedarf [kWh/(m²a)]	31,82	68,26	46,6 % (zulässig)

5.2 Nutzung von erneuerbaren Energien für Wärme-/Kälteerzeugung

Maßnahme	Erzeuger	Abschnitt GEG	Anforderung gemäß GEG	durch Maßnahme gedeckter Anteil	Anteil GEG
Maßnahmen zur Einsparung von Energie		§ 45	15,0 %	32,1 %	214,3 %
Gesamt		§ 10 Abs. 2 Nr. 3			214,3 %

Die Anforderungen des GEG zur Nutzung von erneuerbaren Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung sind erfüllt

Detaillierte Berechnung

Berechnung des Wärmeenergiebedarfs des Gebäudes:

für Heizung ($Q_{h,outg} + Q_{h^*,outg} + Q_{rv,outg}$)	534.590,6 kWh/a
für Trinkwarmwasser ($Q_{w,outg}$)	43.397,3 kWh/a
gesamter Wärmeenergiebedarf $Q_{outg, GEG}$	577.987,9 kWh/a

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

Mittlere U-Werte [W/(m²K)]	Ist-Wert	Soll-Wert	Unterschreitung	Anforderung	Erfüllungsgrad
Opake Außenbauteile ($\geq 19\text{ °C}$)	0,19	0,28	32,1 %	15,0 %	214,0 %
Transparente Außenbauteile ($\geq 19\text{ °C}$)	1,0	1,5	33,3 %	15,0 %	222,0 %
Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln ($\geq 19\text{ °C}$)	1,4	2,5	44,0 %	15,0 %	293,3 %
Opake Außenbauteile (12-19 °C)	0,18	0,50	64,0 %	15,0 %	426,7 %
Transparente Außenbauteile (12-19 °C)	1,0	2,8	64,3 %	15,0 %	428,7 %

Unterschreitung der GEG-Anforderungen	32,1 %
Anforderung zur Erfüllung	15,0 %
Erfüllung der Nutzung erneuerbarer Wärmeenergie	214,3 %

Voraussetzungen:

- Maßnahmen zur Einsparung von Energie

Anhang – Bauteilnachweise Bauakustik (Schallschutz)

Trennwände Unterrichtsräume sowie Büros mit erhöhten Schallschutzanforderungen

Wandbauteil "GK-Wand Unterricht"

Wandbauteil in Gebäuden in Holz- oder Skelettbauart
zum Schutz gegen Schallübertragung aus fremden Wohn-/Arbeitsbereichen

Bau-Schalldämm-Maße nach DIN 4109:2018

Schalldämm-Maß für das trennende Bauteil

Leichtbauweise DIN 4109-33:2016

Ausführung wie Metallständerwand, erf. Rw gemäß Prüfbericht des Herstellers

vorh R_w (C, C_{tr}) = 55 (-, -) dB

Raumanordnung

	Breite	Höhe	Tiefe	Versatz [m]
Senderraum	8,20	4,00	8,10	
Empfangsraum	8,20	4,00	8,10	0,00

Fläche des trennenden Bauteils (D) $S_s = 4,00 \cdot 8,20 = 32,80 \text{ m}^2$

Flankierende Bauteile in Massivbauweise

im Senderraum	$R_{i,w}$ dB	m_j kg/m ²	im Empfangsraum	$R_{j,w}$ dB	m_j kg/m ²
S1 Flanke Boden	66,0	720	E1 Flanke Boden	66,0	720
S2 Flanke Decke	66,1	720	E2 Flanke Decke	66,1	720
S3 Flanke Flur-TW	60,1	460	E3 Flanke Flur-TW	60,1	460

$R_{i,w}$ = Schalldämm-Maße der flankierenden Bauteile mit m_j = Bauteilgewicht (ohne Vorsatzschalen)

$\Delta R_{i,w}$ = Verbesserung der Schalldämm-Maße durch raumseitige Vorsatzschalen

Vorsatzkonstruktionen auf flankierenden Übertragungswegen

Vorsatzschale	m' kg/m ²	Typ	Flanken- bauteile	f_0 Hz	$\Delta R_{i,w}$ dB	f_0 Hz	$\Delta R_{i,w}$ dB
Zementestrich gem. A	140	1	50 MN/m ³ S1 E1	0	11,9	0	11,9

m' = flächenbezogene Masse der Vorsatzkonstruktion (Estrich, Vorsatzschale)

Typ: 1 = Vorsatzkonstruktion mit weichfedernder Trennschicht mit s_{dyn} in MN/m³, 2 = freistehende Vorsatzkonstruktion mit Hohlraumdämmung mit Schalenabstand d in [m]

Flankenbauteile mit der beschriebenen Vorsatzkonstruktion, ggf. mehrere

f_0 = Resonanzfrequenz des Schwingungssystems Flankenbauteil + Vorsatzkonstruktion

$\Delta R_{i,w}$ = Verbesserungsmass der Schalldämmung des Flankenbauteils durch die Vorsatzkonstruktion

Flankenschalldämm-Maße für Massivbauteile

Übertragungsweg	l_f m	$R_{i,w}$ dB	$R_{j,w}$ dB	$\Delta R_{ij,w}$ dB	K_{ij} dB	$R_{ij,w}$ dB
Weg Ff						
Ff1 (S1 - E1)	8,20	66,0	66,0	17,9	3,2	T-Stoß 93,0
Ff2 (S2 - E2)	8,20	66,1	66,1	0,0	3,2	T-Stoß 75,3
Ff3 (S3 - E3)	4,00	60,1	60,1	0,0	5,7	T-Stoß 74,9
Weg Df						
Df1 (D - E1)	8,20	55,0	66,0	11,9	4,9	T-Stoß 83,3
Df2 (D - E2)	8,20	55,0	66,1	0,0	4,9	T-Stoß 71,5
Df3 (D - E3)	4,00	55,0	60,1	0,0	4,7	T-Stoß 71,4
Weg Fd						
Fd1 (S1 - d)	8,20	66,0	55,0	11,9	4,9	T-Stoß 83,3
Fd2 (S2 - d)	8,20	66,1	55,0	0,0	4,9	T-Stoß 71,5
Fd3 (S3 - d)	4,00	60,1	55,0	0,0	4,7	T-Stoß 71,4

Ff = Übertragungsweg flankierendes Bauteil im Senderaum $\Rightarrow$ flankierendes Bauteil im Empfangsraum

Df = Übertragungsweg trennendes Bauteil im Senderaum $\Rightarrow$ flankierendes Bauteil im Empfangsraum

Fd = Übertragungsweg flankierendes Bauteil im Senderaum $\Rightarrow$ trennendes Bauteil im Empfangsraum

l_f = gemeinsame Kantenlängen und K_{ij} = Stoßstellendämm-Maße zum Übertragungsweg

$R_{i,w} / R_{j,w}$ = Schalldämm-Maße der flankierenden Bauteile im Sende- und Empfangsraum

$\Delta R_{ij,w}$ = bewertete Verbesserung der Schalldämm-Maße durch raumseitige Vorsatzschalen nach T2 Abs.4.2.2.1

K_{ij} = Stoßstellendämm-Maße nach T32, Gl.24 ff, Mindestwert nach T2 Gl.17

$R_{ij,w} = R_{i,w} / 2 + R_{j,w} / 2 + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \cdot \log(S_s / (l_0 \cdot l_f))$ = bewertete Flankenschalldämm-Maße (T2 Gl.10)

Flankierende Bauteile in Leichtbauweise

flankierende Bauteile	l_f m	$D_{n,f,w}$ dB	$R_{Ff,w}$ dB
06 flankierendes Fensterband 07	2,50	55,0	60,7

06 $D_{n,f,w}$ horizontal über Fensterband, T35/A1 Tab.14 Zl.6

l_f = gemeinsame Kantenlänge zwischen flankierendem und trennendem Bauteil

l_{ab} = Bezugskantenlänge = 2,8 m für Längswände, 4,5 m für Decken

S_s = Fläche des trennenden Bauteils [m²]

$D_{n,f,w}$ = bewertete Norm-Schallpegeldifferenz des flankierenden Bauteils (tabelliert)

$R_{Ff,w}$ = Bewertetes Flankendämm-Maß Ff nach T2, Gl.23 = $D_{n,f,w} + 10 \cdot \log(l_{ab} / l_f) + 10 \cdot \log(S_s / l_0)$

Die Schallnebenwege Fd und Df werden nicht beachtet (Leichtbauweisen)

bewertetes Bau-Schalldämm-Maß

$$R'_w = -10 \cdot \log(10^{-RD_{d,w}/10} + \sum_{1,n} 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{1,n} 10^{-RD_{f,w}/10} + \sum_{1,n} 10^{-R_{Fd,w}/10}) = 53,6 \text{ dB (T2 Gl.1)}$$

Rechenwert Bau-Schalldämm-Maß (DIN 4109:2018)

vorh $R'_{w,R} = R'_w - 2 \text{ dB} = 51,6 \text{ dB}$ (T2 Gl.45) für den Nachweis

Standard-Schallpegeldifferenz zwischen Sende- und Empfangsraum

$$D_{nT,w} = 53,58 + 10 \cdot \log(0,32 \cdot 41,6 / 32,8) = 49,7 \text{ dB (T2, Gl.B.1)}$$

Anforderungen an die Luftschalldämmung

aus DIN 4109-1:2018, Schallschutz im Hochbau
Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen

erf. $R'_{w} \geq 47$ dB

Nachweis

vorh. $R'_{w,R} = 51,6$ dB ≥ 47 dB = erf. R'_{w} **Konstruktion erfüllt DIN 4109.**

Trennwand Standard-Büro

Wandbauteil "GK-Wand Standard-Büro"

Wandbauteil in Gebäuden in Holz- oder Skelettbauart
zum Schutz gegen Schallübertragung aus fremden Wohn-/Arbeitsbereichen

Bau-Schalldämm-Maße nach DIN 4109:2018

Schalldämm-Maß für das trennende Bauteil

Leichtbauweise DIN 4109-33:2016

Ausführung wie Metallständerwand, erf. R_w gemäß Prüfbericht des Herstellers

vorh $R_w (C, C_{tr}) = 55$ (-, -) dB

Raumanordnung

	Breite	Höhe	Tiefe	Versatz [m]
Senderraum	8,20	4,00	2,50	
Empfangsraum	8,20	4,00	2,50	0,00

Fläche des trennenden Bauteils (D) $S_s = 4,00 \cdot 8,20 = 32,80$ m²

Flankierende Bauteile in Massivbauweise

im Senderraum	$R_{i,w}$ dB	m_i kg/m ²	im Empfangsraum	$R_{j,w}$ dB	m_j kg/m ²
S1 Flanke Boden	66,0	720	E1 Flanke Boden	66,0	720
S2 Flanke Decke	66,1	720	E2 Flanke Decke	66,1	720
S3 Flanke Flur-TW	60,1	460	E3 Flanke Flur-TW	60,1	460
S4	0,0	0	E4	0,0	0

$R_{i,w}$ = Schalldämm-Maße der flankierenden Bauteile mit m_i = Bauteilgewicht (ohne Vorsatzschalen)

$\Delta R_{i,w}$ = Verbesserung der Schalldämm-Maße durch raumseitige Vorsatzschalen

Vorsatzkonstruktionen auf flankierenden Übertragungswegen

Vorsatzschale	m' kg/m ²	Typ	Flanken- bauteile	f_0 $\Delta R_{i,w}$ Hz dB	f_0 $\Delta R_{i,w}$ Hz dB
Zementestrich gem. A	140	1	50 MN/m ³	S1 E1	0 11,9

m' = flächenbezogene Masse der Vorsatzkonstruktion (Estrich, Vorsatzschale)

Typ: 1 = Vorsatzkonstruktion mit weichfedernder Trennschicht mit s_{dyn} in MN/m³, 2 = freistehende Vorsatzkonstruktion mit Hohlraumdämmung mit Schalend Abstand d in [m]

Flankenbauteile mit der beschriebenen Vorsatzkonstruktion, ggf. mehrere

f_0 = Resonanzfrequenz des Schwingungssystems Flankenbauteil + Vorsatzkonstruktion

$\Delta R_{i,w}$ = Verbesserungsmass der Schalldämmung des Flankenbauteils durch die Vorsatzkonstruktion

Flankenschalldämm-Maße für Massivbauteile

Übertragungsweg	l_f m	$R_{i,w}$ dB	$R_{j,w}$ dB	$\Delta R_{ij,w}$ dB	K_{ij} dB	$R_{ij,w}$ dB
Weg Ff						
Ff1 (S1 - E1)	8,20	66,0	66,0	17,9	3,2	93,0
Ff2 (S2 - E2)	8,20	66,1	66,1	0,0	3,2	75,3
Ff3 (S3 - E3)	4,00	60,1	60,1	0,0	5,7	74,9
Weg Df						
Df1 (D - E1)	8,20	55,0	66,0	11,9	4,9	83,3
Df2 (D - E2)	8,20	55,0	66,1	0,0	4,9	71,5
Df3 (D - E3)	4,00	55,0	60,1	0,0	4,7	71,4
Weg Fd						
Fd1 (S1 - d)	8,20	66,0	55,0	11,9	4,9	83,3
Fd2 (S2 - d)	8,20	66,1	55,0	0,0	4,9	71,5
Fd3 (S3 - d)	4,00	60,1	55,0	0,0	4,7	71,4

Ff = Übertragungsweg flankierendes Bauteil im Senderaum $\Rightarrow$ flankierendes Bauteil im Empfangsraum

Df = Übertragungsweg trennendes Bauteil im Senderaum $\Rightarrow$ flankierendes Bauteil im Empfangsraum

Fd = Übertragungsweg flankierendes Bauteil im Senderaum $\Rightarrow$ trennendes Bauteil im Empfangsraum

l_f = gemeinsame Kantenlängen und K_{ij} = Stoßstellendämm-Maße zum Übertragungsweg

$R_{i,w} / R_{j,w}$ = Schalldämm-Maße der flankierenden Bauteile im Sende- und Empfangsraum

$\Delta R_{ij,w}$ = bewertete Verbesserung der Schalldämm-Maße durch raumseitige Vorsatzschalen nach T2 Abs.4.2.2.1

K_{ij} = Stoßstellendämm-Maße nach T32, Gl.24 ff, Mindestwert nach T2 Gl.17

$R_{ij,w} = R_{i,w} / 2 + R_{j,w} / 2 + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \cdot \text{LOG}(S_s / (l_0 \cdot l_f))$ = bewertete Flankenschalldämm-Maße (T2 Gl.10)

Flankierende Bauteile in Leichtbauweise

flankierende Bauteile	l_f m	$D_{n,f,w}$ dB	$R_{ff,w}$ dB
06 Fensterband, Fassade (Anforderung)	2,50	45,0	50,7
07			

06 $D_{n,f,w}$ horizontal über Fensterband

l_f = gemeinsame Kantenlänge zwischen flankierendem und trennendem Bauteil

l_{ab} = Bezugskantenlänge = 2,8 m für Längswände, 4,5 m für Decken

S_s = Fläche des trennenden Bauteils [m²]

$D_{n,f,w}$ = bewertete Norm-Schallpegeldifferenz des flankierenden Bauteils (tabelliert)

$R_{ff,w}$ = Bewertetes Flankendämm-Maß Ff nach T2, Gl.23 = $D_{n,f,w} + 10 \cdot \text{LOG}(l_{ab} / l_f) + 10 \cdot \text{LOG}(S_s / 10)$

Die Schallnebenwege Fd und Df werden nicht beachtet (Leichtbauweisen)

bewertetes Bau-Schalldämm-Maß

$$R'_w = -10 \cdot \log(10^{-RD_{d,w}/10} + \sum_{1,n} 10^{-RF_{f,w}/10} + \sum_{1,n} 10^{-RD_{f,w}/10} + \sum_{1,n} 10^{-RF_{d,w}/10}) = 49,2 \text{ dB (T2 Gl.1)}$$

Rechenwert Bau-Schalldämm-Maß (DIN 4109:2018)

$$\text{vorh } R'_{w,R} = R'_w - 2 \text{ dB} = \mathbf{47,2 \text{ dB}} \text{ (T2 Gl.45) für den Nachweis}$$

Standard-Schallpegeldifferenz zwischen Sende- und Empfangsraum

$$D_{nT,w} = 49,16 + 10 \cdot \log(0,32 \cdot 41,6/32,8) = 45,2 \text{ dB (T2, Gl.B.1)}$$

Anforderungen an die Luftschalldämmung

aus DIN 4109 Bbl.2, Empfehlungen für normalen (erhöhten) Schallschutz im eigenen Arbeitsbereich DIN 4109 Bbl.2
Wände zwischen Räumen üblicher Büronutzung in Büro- und Verwaltungsgebäuden

$$\text{erf. } R'_w \geq 37 \text{ (42) dB}$$

Nachweis

$$\text{vorh. } R'_{w,R} = 47,2 \text{ dB} \geq 37 \text{ dB} = \text{erf. } R'_w \text{ **Konstruktion erfüllt DIN 4109.**}$$

Decke Regelgeschosse

Deckenbauteil "Trenndecke Regelgeschosse"

Deckenbauteil in Gebäuden in Massivbauart
zum Schutz gegen Schallübertragung aus fremden Wohn-/Arbeitsbereichen

Bau-Schalldämm-Maße nach DIN 4109:2018

Zusammenstellung der flächenbezogenen Masse (DIN 4109:2018)

von innen	s [cm]	ρ [kg/m³]	Rechenwert [kg/m²]	angesetzt [kg/m²]
Zementestrich gem. Ang. Architekt. (min. 120 kg/m²)				
Trittschalldämmung				
3 Stahlbeton-Decke	30,0	2300	2400	720,0
flächenbezogene Masse m'_{ges}				720,0

Schalldämm-Maß für das trennende Bauteil

$$\text{vorh } R_w = 30,9 \cdot \log(720,0) - 22,2 = 66,1 \text{ dB (Bauteil aus Beton / Mauerwerk, T32 Gl.13)}$$

Vorsatzkonstruktionen nicht vorhanden (trennendes Bauteil)

Raumanordnung

	Breite	Höhe	Tiefe	Versatz [m]
Senderraum	8,20	4,00	8,10	
Empfangsraum	8,20	4,00	8,10	0,00

Fläche des trennenden Bauteils (D) $S_s = 8,20 \cdot 8,10 = 66,42 \text{ m}^2$

Flankierende Bauteile in Massivbauweise

im Senderraum	$R_{i,w}$ dB	m_i kg/m ²	im Empfangsraum	$R_{j,w}$ dB	m_j kg/m ²
S1 Flanke AW	60,1	460	E1 Flanke AW	60,1	460
S2 Flanke Flur-TW (StB	60,1	460	E2 Flanke Flur-TW (StB	60,1	460
S3	0,0	0	E3	0,0	0

$R_{i,w}$ = Schalldämm-Maße der flankierenden Bauteile mit m_i = Bauteilgewicht (ohne Vorsatzschalen)

$\Delta R_{i,w}$ = Verbesserung der Schalldämm-Maße durch raumseitige Vorsatzschalen

Vorsatzkonstruktionen auf flankierenden Übertragungswegen

Vorsatzschale	m' kg/m ²	Typ	Flanken- bauteile	f_0 Hz	$\Delta R_{i,w}$ dB	f_0 Hz	$\Delta R_{i,w}$ dB
---------------	---------------------------	-----	----------------------	-------------	------------------------	-------------	------------------------

m' = flächenbezogene Masse der Vorsatzkonstruktion (Estrich, Vorsatzschale)

Typ: 1 = Vorsatzkonstruktion mit weichefedernder Trennschicht mit $s, \text{dyn in MN/m}^3$, 2 = freistehende Vorsatzkonstruktion mit Hohlraumdämmung mit Schalenabstand d in [m]

Flankenbauteile mit der beschriebenen Vorsatzkonstruktion, ggf. mehrere

f_0 = Resonanzfrequenz des Schwingungssystems Flankenbauteil + Vorsatzkonstruktion

$\Delta R_{i,w}$ = Verbesserungsmass der Schalldämmung des Flankenbauteils durch die Vorsatzkonstruktion

Flankenschalldämm-Maße für Massivbauteile

Übertragungsweg	l_f m	$R_{i,w}$ dB	$R_{j,w}$ dB	$\Delta R_{ij,w}$ dB	K_{ij} dB	$R_{ij,w}$ dB
Weg Ff						
Ff1 (S1 - E1)	8,10	60,1	60,1	0,0	8,7	77,9
Ff2 (S2 - E2)	8,10	60,1	60,1	0,0	11,7	81,0
Weg Df						
Df1 (D - E1)	8,10	66,1	60,1	0,0	4,9	77,1
Df2 (D - E2)	8,10	66,1	60,1	0,0	6,3	78,5
Weg Fd						
Fd1 (S1 - d)	8,10	60,1	66,1	0,0	4,9	77,1
Fd2 (S2 - d)	8,10	60,1	66,1	0,0	6,3	78,5

Ff = Übertragungsweg flankierendes Bauteil im Senderraum $\Rightarrow$ flankierendes Bauteil im Empfangsraum

Df = Übertragungsweg trennendes Bauteil im Senderraum $\Rightarrow$ flankierendes Bauteil im Empfangsraum

Fd = Übertragungsweg flankierendes Bauteil im Senderraum $\Rightarrow$ trennendes Bauteil im Empfangsraum

l_f = gemeinsame Kantenlängen und K_{ij} = Stoßstellendämm-Maße zum Übertragungsweg

$R_{i,w} / R_{j,w}$ = Schalldämm-Maße der flankierenden Bauteile im Sende- und Empfangsraum

$\Delta R_{ij,w}$ = bewertete Verbesserung der Schalldämm-Maße durch raumseitige Vorsatzschalen nach T2 Abs.4.2.2.1

K_{ij} = Stoßstellendämm-Maße nach T32, Gl.24 ff, Mindestwert nach T2 Gl.17

$$R_{ij,w} = R_{i,w} / 2 + R_{j,w} / 2 + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \cdot \log(S_S / (l_0 \cdot l_f)) = \text{bewertete Flankenschalldämm-Maße (T2 Gl.10)}$$

Flankierende Bauteile in Leichtbauweise

flankierende Bauteile	l_f m	$D_{n,f,w}$ dB	$R_{ff,w}$ dB
06 flankierende Metallständerwand	16,30	76,0	78,6
07			

06 $D_{n,f,w}$ für vertikale Schallübertragung über Metallständerwand durch Massivdecke getrennt

l_f = gemeinsame Kantenlänge zwischen flankierendem und trennendem Bauteil

l_{ab} = Bezugskantenlänge = 2,8 m für Längswände, 4,5 m für Decken

S_S = Fläche des trennenden Bauteils [m²]

$D_{n,f,w}$ = bewertete Norm-Schallpegeldifferenz des flankierenden Bauteils (tabelliert)

$R_{ff,w}$ = Bewertetes Flankendämm-Maß F_f nach T2, Gl.23 = $D_{n,f,w} + 10 \cdot \log(l_{ab} / l_f) + 10 \cdot \log(S_S / 10)$

Die Schallnebenwege F_d und D_f werden nicht beachtet (Leichtbauweisen)

bewertetes Bau-Schalldämm-Maß

$$R'_w = -10 \cdot \log(10^{-RD_{d,w}/10} + \sum_{1,n} 10^{-R_{ff,w}/10} + \sum_{1,n} 10^{-RD_{f,w}/10} + \sum_{1,n} 10^{-R_{fd,w}/10}) = 64,6 \text{ dB (T2 Gl.1)}$$

Rechenwert Bau-Schalldämm-Maß (DIN 4109:2018)

vorh $R'_{w,R} = R'_w - 2 \text{ dB} = 62,6 \text{ dB}$ (T2 Gl.45) für den Nachweis

Standard-Schallpegeldifferenz zwischen Sende- und Empfangsraum

$$D_{nT,w} = 64,56 + 10 \cdot \log(0,32 \cdot 41,6 / 66,42) = 57,6 \text{ dB (T2, Gl.B.1)}$$

Bewerteter Norm-Trittschallpegel nach DIN 4109:2018

$$\text{vorh } L_{n,eq,0,w} = 164 - 35 \cdot \log(720,0) = 64,0 \text{ dB (T32, Gl.21, Rohdecke)}$$

$$\text{vorh } \Delta L_w = 24,6 \text{ dB, (Verbesserungsmaß Deckenauflagen)}$$

$$\text{vorh } K = 2,4 \text{ dB (Korrekturwert für Flankenübertragung)}$$

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K = 64,0 - 24,6 + 2,4 = 41,8 \text{ dB (T2 Gl.25) für den Nachweis}$$

$L'_{n,w}$ = bewerteter Norm-Trittschallpegel mit Schallnebenwegen

24,6 dB Verbesserungsmaß durch schwimmenden Estrich mineralisch 140,0 kg/m², $s' = 50,0 \text{ MN/m}^2$

K = Korrekturwert für Flankenübertragung mit $m'_{f,m} = 460,0 \text{ kg/m}^2$ und $m'_{s} = 960,0 \text{ kg/m}^2$ (T2, Gl.26)

$$\text{Standard-Trittschallpegel } L'_{nT,w} = 41,8 - 10 \cdot \log(0,032 \cdot 41,6) = 40,6 \text{ dB (T2, Gl.B.3)}$$

Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung

aus DIN 4109-1:2018, Schallschutz im Hochbau

Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Sporthallen / Werkräumen

erf. $R'_{w} \geq 60 \text{ dB}$ zul. $L'_{n,w} \leq 46 \text{ dB}$ **Nachweis**vorh. $R'_{w,R} = 62,6 \text{ dB} \geq 60 \text{ dB} = \text{erf. } R'_{w}$ **Konstruktion erfüllt DIN 4109.**vorh. $L'_{n,w,R} = 41,8 + 3 = 44,8 \text{ dB} \leq 46 = \text{zul. } L'_{n,w}$ **erfüllt DIN 4109.****Decke über Sporthallen****Deckenbauteil "Trenndecke Sporthallen"**

Deckenbauteil in Gebäuden in Massivbauart
zum Schutz gegen Schallübertragung aus fremden Wohn-/Arbeitsbereichen

Bau-Schalldämm-Maße nach DIN 4109:2018**Zusammenstellung der flächenbezogenen Masse (DIN 4109:2018)**

von innen	s [cm]	ρ [kg/m³]	Rechenwert [kg/m²]	angesetzt [kg/m²]
Zementestrich gem. Ang. Architekt	(min. 120 kg/m²)			
Trittschalldämmung				
3 Decke, Anforderung Masse	25,0	2300	2400	600,0
flächenbezogene Masse m'_{ges}				600,0

Schalldämm-Maß für das trennende Bauteilvorh $R_w = 30,9 \cdot \text{LOG}(600,0) - 22,2 = 63,6 \text{ dB}$ (Bauteil aus Beton / Mauerwerk, T32 Gl.13)

Vorsatzkonstruktionen nicht vorhanden (trennendes Bauteil)

Raumanordnung

	Breite	Höhe	Tiefe	Versatz [m]
Senderraum	27,30	8,00	15,00	
Empfangsraum	8,20	4,00	8,10	0,00

Fläche des trennenden Bauteils (D) $S_s = 8,20 \cdot 8,10 = 66,42 \text{ m}^2$ **Flankierende Bauteile in Massivbauweise**

im Senderraum	$R_{i,w}$ dB	m_i kg/m²	im Empfangsraum	$R_{j,w}$ dB	m_j kg/m²
S1 Flanke AW	60,1	460	E1 Flanke AW	60,1	460
S2 Flanke Flur-TW (StB	60,1	460	E2 Flanke Flur-TW (StB	60,1	460
S3	0,0	0	E3	0,0	0

$R_{i,w}$ = Schalldämm-Maße der flankierenden Bauteile mit m_j = Bauteilgewicht (ohne Vorsatzschalen)

$\Delta R_{i,w}$ = Verbesserung der Schalldämm-Maße durch raumseitige Vorsatzschalen

Vorsatzkonstruktionen auf flankierenden Übertragungswegen

Vorsatzschale	m' kg/m ²	Typ	Flanken- bauteile	f_0 Hz	$\Delta R_{i,w}$ dB	f_0 Hz	$\Delta R_{i,w}$ dB
---------------	---------------------------	-----	----------------------	-------------	------------------------	-------------	------------------------

m' = flächenbezogene Masse der Vorsatzkonstruktion (Estrich, Vorsatzschale)

Typ: 1 = Vorsatzkonstruktion mit weichfedernder Trennschicht mit s_{dyn} in MN/m³, 2 = freistehende Vorsatzkonstruktion mit Hohlraumdämmung mit Schalenabstand d in [m]

Flankenbauteile mit der beschriebenen Vorsatzkonstruktion, ggf. mehrere

f_0 = Resonanzfrequenz des Schwingungssystems Flankenbauteil + Vorsatzkonstruktion

$\Delta R_{i,w}$ = Verbesserungsmass der Schalldämmung des Flankenbauteils durch die Vorsatzkonstruktion

Flankenschalldämm-Maße für Massivbauteile

Übertragungsweg	l_f m	$R_{i,w}$ dB	$R_{j,w}$ dB	$\Delta R_{ij,w}$ dB	K_{ij} dB		$R_{ij,w}$ dB
Weg Ff							
Ff1 (S1 - E1)	8,10	60,1	60,1	0,0	8,7	T-Stoß	77,9
Ff2 (S2 - E2)	8,10	60,1	60,1	0,0	11,7	Kreuzstoß	81,0
Weg Df							
Df1 (D - E1)	8,10	63,6	60,1	0,0	4,9	T-Stoß	75,9
Df2 (D - E2)	8,10	63,6	60,1	0,0	6,3	Kreuzstoß	77,3
Weg Fd							
Fd1 (S1 - d)	8,10	60,1	63,6	0,0	4,9	T-Stoß	75,9
Fd2 (S2 - d)	8,10	60,1	63,6	0,0	6,3	Kreuzstoß	77,3

Ff = Übertragungsweg flankierendes Bauteil im Senderaum $\Rightarrow$ flankierendes Bauteil im Empfangsraum

Df = Übertragungsweg trennendes Bauteil im Senderaum $\Rightarrow$ flankierendes Bauteil im Empfangsraum

Fd = Übertragungsweg flankierendes Bauteil im Senderaum $\Rightarrow$ trennendes Bauteil im Empfangsraum

l_f = gemeinsame Kantenlängen und K_{ij} = Stoßstellendämm-Maße zum Übertragungsweg

$R_{i,w}$ / $R_{j,w}$ = Schalldämm-Maße der flankierenden Bauteile im Sende- und Empfangsraum

$\Delta R_{ij,w}$ = bewertete Verbesserung der Schalldämm-Maße durch raumseitige Vorsatzschalen nach T2 Abs.4.2.2.1

K_{ij} = Stoßstellendämm-Maße nach T32, Gl.24 ff, Mindestwert nach T2 Gl.17

$R_{ij,w} = R_{i,w} / 2 + R_{j,w} / 2 + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \cdot \text{LOG}(S_s / (l_0 \cdot l_f))$ = bewertete Flankenschalldämm-Maße (T2 Gl.10)

Flankierende Bauteile in Leichtbauweise

flankierende Bauteile	l_f m	$D_{n,f,w}$ dB	$R_{ff,w}$ dB
-----------------------	------------	-------------------	------------------

06

l_f = gemeinsame Kantenlänge zwischen flankierendem und trennendem Bauteil

l_{lab} = Bezugskantenlänge = 2,8 m für Längswände, 4,5 m für Decken

S_s = Fläche des trennenden Bauteils [m²]

$D_{n,f,w}$ = bewertete Norm-Schallpegeldifferenz des flankierenden Bauteils (tabelliert)

$R_{ff,w}$ = Bewertetes Flankendämm-Maß Ff nach T2, Gl.23 = $D_{n,f,w} + 10 \cdot \text{LOG}(l_{lab} / l_f) + 10 \cdot \text{LOG}(S_s / 10)$

Die Schallnebenwege Fd und Df werden nicht beachtet (Leichtbauweisen)

bewertetes Bau-Schalldämm-Maß

$$R'_{w} = -10 \cdot \log(10^{-RD_{d,w}/10} + \sum_{1,n} 10^{-RF_{f,w}/10} + \sum_{1,n} 10^{-RD_{f,w}/10} + \sum_{1,n} 10^{-RF_{d,w}/10}) = 62,6 \text{ dB (T2 Gl.1)}$$

Rechenwert Bau-Schalldämm-Maß (DIN 4109:2018)

$$\text{vorh } R'_{w,R} = R'_{w} - 2 \text{ dB} = \mathbf{60,6 \text{ dB (T2 Gl.45) für den Nachweis}}$$

Standard-Schallpegeldifferenz zwischen Sende- und Empfangsraum
 $D_{nT,w} = 62,6 + 10 \cdot \log(0,32 \cdot 41,6/66,42) = 55,6 \text{ dB (T2, Gl.B.1)}$

Bewerteter Norm-Trittschallpegel nach DIN 4109:2018

$$\text{vorh } L_{n,eq,0,w} = 164 - 35 \cdot \log(600,0) = 66,8 \text{ dB (T32, Gl.21, Rohdecke)}$$

$$\text{vorh } \Delta L_w = 24,6 \text{ dB, (Verbesserungsmaß Deckenauflagen)}$$

$$\text{vorh } K = 2,4 - 10,0 \text{ dB (Korrekturwert für Flankenübertragung und Anordnung)}$$

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K - KT = 66,8 - 24,6 + 2,4 - 10,0 = 34,6 \text{ dB (T2 Gl.25) für den Nachweis}$$

$L'_{n,w}$ = bewerteter Norm-Trittschallpegel mit Schallnebenwegen

24,6 dB Verbesserungsmaß durch schwimmenden Estrich mineralisch 140,0 kg/m², $s' = 50,0 \text{ MN/m}^3$

K = Korrekturwert für Flankenübertragung mit $m'_{f,m} = 460,0 \text{ kg/m}^2$ und $m'_{s} = 960,0 \text{ kg/m}^2$ (T2, Gl.26)

Korrekturwert KT für räumliche Anordnung, Schallquelle liegt unter dem Empfangsraum, Massivbau T2, Tab.2

$$\text{Standard-Trittschallpegel } L'_{nT,w} = 34,6 - 10 \cdot \log(0,032 \cdot 41,6) = 33,4 \text{ dB (T2, Gl.B.3)}$$

Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung

aus DIN 4109-1:2018, Schallschutz im Hochbau

Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Sporthallen / Werkräumen

$$\text{erf. } R'_{w} \geq 60 \text{ dB}$$

$$\text{zul. } L'_{n,w} \leq 46 \text{ dB}$$

Nachweis

$$\text{vorh. } R'_{w,R} = 60,6 \text{ dB} \geq 60 \text{ dB} = \text{erf. } R'_{w} \quad \mathbf{\text{Konstruktion erfüllt DIN 4109.}}$$

$$\text{vorh. } L'_{n,w,R} = 34,6 + 3 = 37,6 \text{ dB} \leq 46 = \text{zul. } L'_{n,w} \quad \mathbf{\text{erfüllt DIN 4109.}}$$