FOS – Erweiterung der städtischen Wirtschaftsschule zur Integration der staatlichen Fachoberschule in Schwabach

Bericht zur Bauphysik

Bau- und Raumakustik, GEG

LPh 3

BAUVORHABEN:	FOS - Erweiterung der städtischen Wirtschaftsschule Südliche Ringstr. 9a │ 91126 Schwabach
BAUHERR:	Stadt Schwabach Albrecht-Achilles-Str. 6-8 │ 91126 Schwabach
ARCHITEKT:	
BAUPHYSIK:	

PROJEKT-NR.:	P24 015
Gesamtumfang (inkl. Titelseite):	39 Seiten
Stand:	17.12.2024

Das vorliegende Dokument stellt einen Folgebericht dar. Die sich gegenüber dem Bericht vom 11.07.2024 (P24 015_Bericht zur Bauphysik_LPh3_VA) geänderten Angaben werden im vorliegenden Bericht in blauer Farbe markiert, um die Änderungen leichter nachvollziehbar zu machen.

Inhaltsverzeichnis

1 Projektbeschreibung / Planungsgrundlagen 3

2 Bauakustik (Schallschutz) 4
2.1 Schallschutz gegen Außenlärm 4
2.1.1 Anforderungen an die Außenbauteile 6
2.2 Außenlärm infolge Schallimmissionen 7
2.3 Schallschutz bei haustechnischen Anlagen 7
2.3.1 Zulässige Schalldruckpegel innerhalb schutzbedürftiger Räume 7
2.3.2 Zulässige Schalldruckpegel innerhalb von Technikzentralen 9
2.3.3 Körperschallentkopplung 9
2.3.4 Rohrnetz und Kanäle 9
2.3.5 Sanitäranlagen 10
2.3.6 Schachtwände 11
2.3.7 Aufzugsanlagen 11
2.4 Bauteilanforderungen zu schutzbedürftigen Räumen 12
2.4.1 Schallschutzanforderungen 12
2.4.2 Schallschutz innerhalb eigener Nutzungseinheiten (z.B. Büros) 13
2.5 Bauteilnachweise 14
2.5.1 Kenngrößen der Bauakustik 15
2.5.2 Allgemeine Konstruktionshinweise 16
2.5.3 Übersicht der Schallschutzanforderungen 20

3 Raumakustik 24
3.1 Kenngrößen der Raumakustik 24
3.2 Übersicht der raumakustischen Anforderungen 25
3.3 Raumgruppen A 28
3.3.1 A3 bis A4: Klassenzimmer 28
3.3.2 A2 bis A3: Besprechungsräume / Aula 30
3.4 Raumgruppen B 31
3.4.1 B3: Verkehrsflächen / Büroräume 31

4 Thermische Bauphysik 32
4.1 Bauteilübersicht 32
4.2 Luftdichtheitskonzept 33
4.3 Sommerlicher Wärmeschutz 37

5 Gebäudeenergiegesetz (GEG) 39
Vorläufige Ergebnisse GEG 39

1 Projektbeschreibung / Planungsgrundlagen

Die städtische Wirtschaftsschule in Schwabach soll zur Integration der staatlichen Fachoberschule erweitert werden. Nach Abbruch des erdgeschossigen Vorbaus werden auf dem Grundstück Unterrichts- und Verwaltungsräume der FOS entstehen.
Der Bericht bezieht sich lediglich auf die Erweiterung und nicht auf den Bestand.

Im vorliegenden Bericht werden die wesentlichen Anforderungen des aktuellen Planungsstandes zur Bau- und Raumakustik, der thermischen Bauphysik sowie des Wärmeschutzes nach GEG (energetische Bilanzierung nach DIN V 18599:2018-09) nach den Angaben des Architektur- bzw. TGA-Planungsbüros dargestellt.

Planungsgrundlage
Folgende Dokumente und Planunterlagen sind Grundlage des vorliegenden Berichts:

- Pläne LPh2
  Grundrisse, Schnitte, Ansichten und Lageplan als pdf- und dwg-Dateien vom 30.10.2024

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 des jeweiligen Fachgebietes umzusetzen.

2 Bauakustik (Schallschutz)

Normative Grundlage des baulichen Schallschutzes bildet in Bayern seit Oktober 2018 die novellierte DIN 4109-1 vom Juli 2016, welche die bisherige Normenfassung „Schallschutz im Hochbau“ von 1989 ablöst. Es werden dort für den Schutz gegen Schallübertragung aus einem fremden Wohn- und Arbeitsbereich und zum Schutz von Aufenthaltsräumen gegen Geräusche aus haustechnischen Anlagen sowie zum Schutz gegen Außenlärm Mindestanforderungen definiert, die verbindlich einzuhalten sind.

Die normativen Mindestanforderungen dienen dem Gesundheitsschutz und schützen lediglich vor unzumutbaren Belästigungen unter Voraussetzung der gegenseitigen Rücksichtnahme.

Der Schallschutznachweis wird gemäß DIN 4109-2 in Verbindung mit DIN 4109 Teil 31 bis 36 durchgeführt.

Der Schallschutz innerhalb eigener Nutzungseinheiten, z.B. zwischen Büroräumen oder zu Besprechungsräumen, ist nicht Bestandteil der DIN 4109-1. Der Schallschutz innerhalb eigener Nutzungseinheiten ist beispielsweise im Beiblatt 2 zur DIN 4109:1989-11 durch Vorschläge für einen „normalen“ und einen „erhöhten“ Schallschutz formuliert. Diese Vorschläge haben empfehlenden Charakter und sind als Orientierung zu verstehen, über die mit dem Bauherrn bzw. Nutzer eine Vereinbarung zu treffen ist.

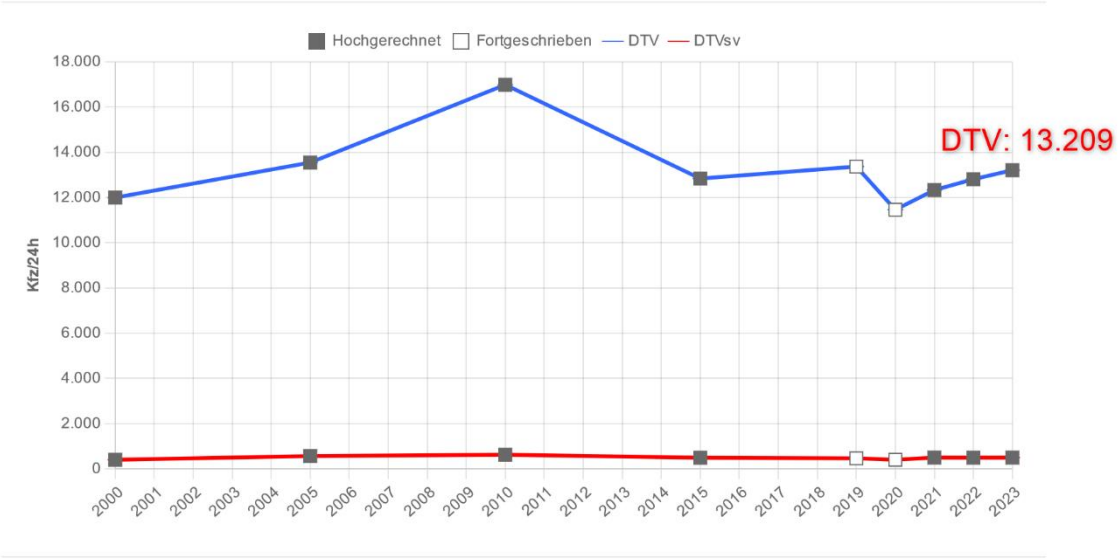
2.1 Schallschutz gegen Außenlärm

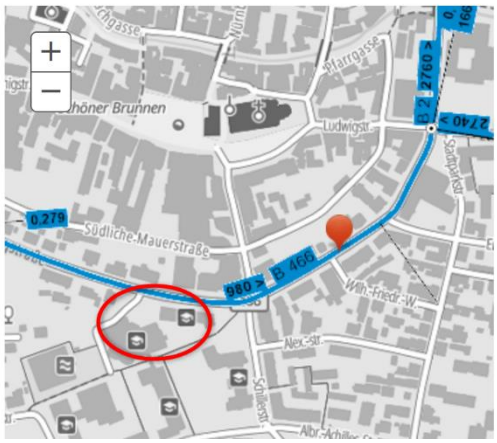
Für die Festlegung der erforderlichen Luftschalldämmung von Bauteilen gegenüber Außenlärm werden in der DIN 4109-1 verschiedene Lärmpegelbereiche zugrunde gelegt, denen die ermittelten „maßgeblichen Außenlärmpegel“ vor den jeweiligen Fassaden von schützenswerten Aufenthaltsräumen zuzuordnen sind.

Für die verkehrliche Beurteilung des Vorhabens liegt eine Verkehrsanalyse vor. Die Erhebung erfolgte als Knotenstromzählung (Knotenpunkt 23 – St 2239 / Rathausgasse / Schillerstraße in Schwabach) und wurde an einem repräsentativen Werktag, am Dienstag, den 14.05.2013, im Zeitraum von 0.00 bis 24.00 Uhr durchgeführt.

Der Erweiterungsbau grenzt nördlich (ca. 13 m Abstand) an die Bundesstraße 466 (B 466). Gem. von der Stadt Schwabach zur Verfügung gestellten Verkehrsdaten (Stand der Verkehrszählungen von 2013) ist ein durchschnittliches tägliches Verkehrsaufkommen (DTV) von 12.579 Kfz/d zu erwarten.

Es wird auf der sicheren Seite liegend von einer Verkehrszunahme von 10 % ausgegangen. Demnach ergibt sich eine durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke entlang der Südl. Ringstraße (St 2239) von 13.837 Kfz/d.
Auch die Zählstelle 66329164 (Abruf unter www.baysis.bayern.de) zeigt einen Anstieg in 2023 der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV).





Die Berechnung des maßgeblichen Außenlärmpegels erfolgt mittels des Nomogramm-Verfahrens gem. DIN 18005-1:2002-07, A.2. Auf der sicheren Seite liegend wird die Berechnung mit der Verkehrszunahme von 10 % angesetzt. Die nächstgelegene Ampelanlage ist etwas mehr als 100 m vom Gebäude entfernt. Die umliegende Bebauung ist zum Teil niedriger bzw. gleich hoch. Es handelt sich jedoch um eine recht offene Bebauung, sodass keine relevante Pegelerhöhung (+ 2 dB) infolge Reflexionen zwischen Gebäudefassaden zu erwarten ist. Zwischen 7 und 17 Uhr ist die zul. Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h beschränkt (- 2,5 dB). Die Angaben gelten für Gussasphalt als Straßenbelag.

Unter Berücksichtigung des Sicherheitszuschlags von 3 dB(A) ergeben sich nach DIN 4109-1 nachfolgende Lärmpegelbereiche:

Schallschutz im Städtebau, Ermittlung der Schallimmissionen nach DIN 18005-1:2002

Vereinfachte Ermittlung der Beurteilungspegel $L_{r,i}$ mit Nomogrammen nach Anhang A

Schallquelle	Entfernung		Korrektur	$L_{r,Tag}$	$L_{r,Nacht}$
01 Bundesstraße	13 m	13.837 KfZ/d	-2,5	72,3	65,3 dB
				72,3	65,3 dB

01: -2.5 dB Korrektur für zul. Höchstgeschwindigkeit auf Stadtstraßen 30 km/h.

$L_{r,ges,Tag}$ = 10*lg Σ $10^{*0.1*Lr,i,Tag}$ + 3 = 75,3 dB[A], Lärmpegelbereich VI
$L_{r,ges,Nacht}$ = 10*lg Σ $10^{*0.1*Lr,i,Nacht}$ + 3 + 10 = 78,3 dB[A], Lärmpegelbereich VI

Der Beurteilungspegel $L_{r,ges}$ wird nach DIN 4109-2:2018 Abs. 4.4.5 erhöht.

Maßgeblich ist die Lärmbelastung derjenigen Tageszeit, die die höhere Anforderung ergibt. In der Nacht entstehen bei einer Nutzung als Bildungsstätte für gewöhnlich keine Betroffenheiten, weshalb der Tagzeitraum die Anforderungen ergibt.
Für die von der maßgeblichen Lärmquelle abgewandten Gebäudeseiten darf der maßgebliche Außenlärmpegel ohne besonderen Nachweis bei offener Bebauung um 5 dB(A) und bei geschlossener Bebauung bzw. bei Innenhöfen um 10 dB(A) gemindert werden.

Nach DIN 4109-1 Tab. 7 ergeben sich daraus folgende Anforderungen an das resultierende Luftschalldämm-Maß der Fassade (im betriebsfertigen eingebauten Zustand):

Unterrichtsräume und Ähnliches	**erf. $R'_{w,res}$ ≥ 45,3 dB**
Büroräume und Ähnliches	**erf. $R'_{w,res}$ ≥ 40,3 dB**

Beachte: Entspricht die Fläche des gesamten Außenbauteils (z.B. aus Außenwand + ggf. Dach + ggf. Decke nach unten gegen Außenluft etc.) zur Grundfläche mehr als 80 %, dann wird das erforderliche gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß ***erf. $R'_{w,ges}$*** mit dem Korrekturwert Außenlärm K_{AL} nach oben korrigiert (d.h. die Anforderungen werden erhöht).

Die angegebenen einzuhaltenden Schalldämm-Maße beziehen sich auf das gesamte Bauteil, d.h. transparente und opake Bauteile sowie Einbauten (z.B. Fensterfalzlüfter etc.), im eingebauten Zustand.

Im Dachgeschoss befinden sich keine schützenswerten Räume im Sinne der DIN 4109, daher werden keine Schallschutzanforderungen gestellt.

2.1.1 Anforderungen an die Außenbauteile

Als Fassade wird die Gesamtheit aller Außenbauteile eines Raumes bezeichnet. Eine Fassade kann aus verschiedenen Bauteilen (z. B. Wand, Dach, Fenster, Türen) und Elementen (z. B. Außenwandluftdurchlässe, Rollladenkästen etc.) bestehen. Die Schalldämmung von Bauteilen wird

durch das bewertete Schalldämm-Maß R_w und von Elementen üblicherweise durch die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$ beschrieben. Die resultierende Schallübertragung über die Fassade wird durch die Schallübertragung jedes einzelnen Bauteils und Elements bestimmt.

Das Gebäude wird in Holzbauweise errichtet. Während im Massivbau der Schallschutz gegen Außenlärm durch die Fenster/Fenstertüren, Dachflächenfenster und Einbauten, wie Lüftungsgeräte/-durchlässe/-klappen, Rollläden o.ä. dominiert wird, können bei leichteren Holzbauteilen je nach Anforderung auch die Wand-/Dachkonstruktionen den Schallschutz maßgeblich beeinflussen.

Bauteil	**Bew. Schalldämm-Maß des im Prüfstand eingebauten Bauteils R_w**
Fenster & Fenstertüren (auch opake Elemente)	≥ 45 dB (SSK 5) *)
Außenwände (Holzrahmen/Holztafel, hinterlüftet, mit Installationsebene) **)	≥ 58 dB
Flachdächer (Holzmassivbau, nicht hinterlüftet)	≥ 50 dB
*) Der Anforderungswert gilt analog für Aufsatzrollladenkästen, Lüftungselemente etc. **) Die Holzunterzüge sowie die Holzstützen (gem. Planstand vom 12.07.24) müssen nicht zusätzlich raumseitig beplankt werden.	

Tabelle 2-1: Übersicht der erforderlichen Schalldämm-Maße der Hüllflächenbauteile und Einbauten (z.B. Lüftungsklappen o.ä.)

2.2 Außenlärm infolge Schallimmissionen

Ein Nachweis hinsichtlich des Schallimmissionsschutzes (Einhaltung der Immissionsrichtwerte nach TA Lärm bzw. Einhaltung des festgesetzten Schallimmissions-Kontingents gemäß dem Bebauungsplan), falls verlangt, erfolgt grundsätzlich erst im Rahmen der Genehmigungsplanung bzw. auf Anforderung der zuständigen Umweltbehörde.
Eine Schallausbreitungsberechnung durch das IB Seidel ist derzeit nicht beauftragt.

2.3 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.

2.3.1 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 4109-1:2016-07). Die Schalldruckpegel sind jeweils bei normalem Lastfall und bei gleichzeitigem Betrieb aller haustechnischen Anlagen einzuhalten.

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

[a] Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Betätigen der Armaturen und Geräte nach Tab.11 der DIN 4109 (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).

Tabelle 2-2: Maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel in fremden schutzbedürftigen Räumen, erzeugt von gebäudetechnischen Anlagen und baulich mit dem Gebäude verbundenen Betrieben (Auszug aus der DIN 4109-1:2016-07 Tab. 9)

Schalldruckpegel infolge Lüftungsanlagen und Klimageräten

Folgende Auslegungsschallpegel sind in Anlehnung an prEN 16798-1:2015-07, Tab. B.5-1 von Lüftungsanlagen 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	≤ 35
Unterrichtsräume	≤ 38
Aula	≤ 35
Wirtschaftsräume, Flure	≤ 40
Toiletten	≤ 45

Tabelle 2-3: Zulässige Schalldruckpegel infolge Lüftungsanlagen und Klimageräten

2.3.2 Zulässige Schalldruckpegel innerhalb von Technikzentralen

In den Technikzentralen sind folgende mittlere Schalldruckpegel bei üblichem Betrieb aller haustechnischen Anlagen nicht zu überschreiten:

$$\mathbf{L_{AFm} \leq 75\ dB(A)}$$

Die Einhaltung des Pegels ist grundsätzlich durch Auswahl geeigneter bzw. gekapselter Geräte zu gewährleisten. Alternativ ist bei einer erwarteten Überschreitung der o.g. Schalldruckpegel eine absorbierende Auskleidung des Raumes (Pegelminderung durch Absorption) oder der Einbau einer abgehängten GK-Schallschutzdecke möglich.

2.3.3 Körperschallentkopplung

Allgemein gilt: Befestigungen von Haustechnikkomponenten an der Tragkonstruktion müssen schallentkoppelt ausgeführt werden, wenn diese selbst Schall emittieren oder weiterleiten.

Für die schwingungs- und körperschallisolierte Aufstellung der haustechnischen Anlagen (z.B. Lüftungsgeräte etc.) 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. vorzusehen. Die Auslegung der Lagerelemente erfolgt durch den Hersteller.

Folgende Isolierwirkungsgrade sind bei Nenndrehzahl zu erreichen:

TGA-Anlagen in Untergeschossen:	$\eta > 86\ \%$
TGA-Anlagen in Obergeschossen / auf Dachflächen:	$\eta > 95\ \%$

2.3.4 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, Schlitzen 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 kg/m³) 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.

2.3.5 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/m^2 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 von Inwandinstallationssystemen vorzulegen.
Beim Einbau in Metallständerwände oder in Vorsatzschalen sind Körperschallbrücken von Rohrleitungen zu Trennwänden oder Bekleidungen nicht zulässig.

Inwandinstallationen nur für Waschbecken in Unterrichtsräumen (nicht für Sanitärbereiche oder Küche; dort mit Vorwandinstallation gem. Herstellerangaben):
Beim Führen von Installationsschächten in leichten Trennwänden zu Aufenthaltsräumen, sind diese so auszuführen, dass eine Beeinträchtigung von schutzbedürftigen Räumen durch Installationsgeräusche, z.B. Fließgeräusche, vermieden wird. Die Wandbreite ist so zu bemessen, dass der Raum zwischen den Ständer genug Platz für den größten Rohrdurchmesser bietet (kein Anstehen von Rohren an der Beplankung). Es ist stets eine körperschallisolierte Befestigung der Rohrleitungen (z.B. körperschallisolierte Schellen mit Dämmstoffeinlage) vorzusehen. Die Befestigung der Rohrleitungen soll möglichst nicht an durchlaufenden Ständern, an denen die raumseitige Beplankung befestigt ist, sondern auf der Rückseite oder an gesonderten Vorrichtungen (separate Ständer, Boden, Decke) befestigt werden. **Wände, in denen Leitungen verlegt werden, sind vollständig mit Hohlraumdämmung zu versehen. Der Dämmstoff ist jedoch nicht zu sehr zu pressen.** Bei hohen Anforderungen sind ggf. schallgedämmte Rohre zu verwenden (z.B. Druckentwässerung durch schutzbedürftige Schlafräume o.ä.).

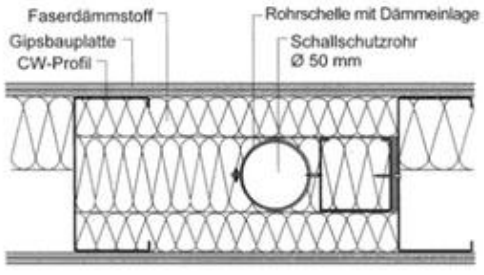


Abbildung 2-1: Prinzipskizze Inwandinstallation

Es sind grundsätzlich körperschallentkoppelte und geräuscharme Armaturen (Auslaufarmaturen, Geräteanschlüsse, Druckspüler, Spülkästen, Durchgangs- und Drosselarmaturen etc.) der Armaturengruppe I nach DIN 4109 einzusetzen. Hierbei sind die geringsten Fließ- und Durchflussgeräusche zu verzeichnen. 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).
Durch schutzbedürftige Räume verlaufende Entwässerungsleitungen sind mindestens mit einer schalldämmenden, dampfdichten Manschette zu verkleiden. Ist eine Druckentwässerung vorgesehen, ist aufgrund der verringerten Querschnitte in der Regel mit höherer Geräuschbelastung zu rechnen. In diesem Fall sind innenliegende Entwässerungsleitungen in schutzbedürftigen Räumen mit einem Trockenbaukoffer zu versehen.

2.3.6 Schachtwände

Sofern Schächte im Bereich von schutzbedürftigen Räumen 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 2.3.1). 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 erforderlich sowie der Einsatz von min. 60 mm Hohlraumdämmung zur Bedämpfung des Schachthohlraums. Aus Brandschutzgründen kann darüber hinaus der Einsatz speziell zugelassener Platten erforderlich sein.
Eine Schottung in Deckenebene ist aus Schallschutzgründen grundsätzlich durchlaufenden Schächten vorzuziehen.

2.3.7 Aufzugsanlagen

Aufzugsanlagen verursachen beim Türöffnen und -schließen, beim Fahrbetrieb, beim Anfahren und Bremsen Geräusche, die in schutzbedürftige Aufenthaltsräume übertragen werden und dort zu Störungen und Belästigungen führen können, wenn die Aufzugsanlage nicht fachgerecht geplant und/oder ausgeführt wurde.

Für die bauakustische Auslegung von Aufzugsanlagen ist kein Rechenverfahren verfügbar. Es können nur konstruktive Angaben zur baulichen Ausbildung gemacht werden.
Für massive Gebäude steht mit der DIN 8989:2019-08 ein umfassendes Werkzeug für die Planung des Aufzugs zur Verfügung.

Der bauliche Schallschutz kann mit schweren Schachtkonstruktionen erreicht werden:

einschalige Schachtwände und Schachtdecke	m' ≥ 490 kg/m² (≥ 22 cm Stahlbeton)
Wände Triebwerksraum	m' ≥ 490 kg/m² (≥ 22 cm Stahlbeton)
Unmittelbar verbundene Decken	m' ≥ 300 kg/m² (≥ 13 cm Stahlbeton)
Unmittelbar verbundene flankierende Wände	m' ≥ 220 kg/m² (≥ 10 cm Stahlbeton) oder alter-

	nativ in Trockenbauweise möglich

Die Köperschalldämmung der Aufzugsanlage ist der maßgeblich größere Einflussfaktor auf die Gesamtakustik als die umliegende Baukonstruktion. Es hängt von der Körperschallemission des jeweiligen Erregers und dem baulichen Körperschallschutz ab, welche körperschalldämmenden Elemente zu verwenden sind. Die Mindestanforderung ist eine einfach elastische Lagerung (EL1) des Triebwerks, der Schienen und aller mit dem Schacht verbundenen Einbauteile. Körperschalldämmung ist für alle Triebwerke, Rollengerüste und Schaltgeräte erforderlich. Festpunkte der Tragmittel sind körperschallentkoppelt auszuführen. Seile und Seilschlösser dürfen sich nicht berühren.
Die einzuhaltenden Schallemissionskennwerte von Aufzügen sind gem. DIN 8989:2019-08 Tab. 3 einzuhalten und frühzeitig durch den Hersteller auszulegen und nachzuweisen.

2.4 Bauteilanforderungen zu schutzbedürftigen Räumen

DIN 4109-1:2018-01 definiert in Tabelle 6 (für Schulen und vergleichbare Einrichtungen, wie z.B. Kindergärten) Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung zum Schutz gegen Schallübertragung aus einem fremden Arbeitsbereich.

Die in DIN 4109-1:2018-01 genannten Anforderungen sind als Mindestschallschutzanforderungen zu verstehen, die lediglich vor „unzumutbaren Belästigungen durch Schallübertragung“ schützen und eine „gegenseitige Rücksichtnahme durch Vermeidung unnötigen Lärms“ voraussetzen.
Diese Mindestanforderungen sind in jedem Fall verbindlich einzuhalten.

2.4.1 Schallschutzanforderungen

	Bauteile	Anforderungen		Bemerkungen
		R'_w	$L'_{n,w}$	
Decken	Decken zw. Unterrichtsräumen o.ä. Räumen / Decken unter Fluren	≥ 55 dB	≤ 53 dB	Die Anforderungen an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in Aufenthaltsräumen in alle Schallausbreitungsrichtungen. Zu ähnlichen Räumen gehören auch solche Räume mit erhöhtem Ruhebedürfnis.
	Decken zw. Unterrichtsräumen o.ä. Räumen und „lauten“ Räumen (z.B. Speiseräume, Musikräume, Technikzentralen)	≥ 55 dB	≤ 46 dB	Wegen der verstärkten Übertragung tiefer Frequenzen können zusätzlich Maßnahmen zur Körperschalldämmung erforderlich werden.
	Decken zw. Unterrichtsräumen o.ä. Räumen und z.B. Sporthallen, Werkräumen	≥ 60 dB	≤ 46 dB	
Wände	Wände zw. Unterrichtsräumen o.ä. Räumen untereinander und zu Fluren	≥ 47 dB	-	Zu ähnlichen Räumen gehören auch solche Räume mit erhöhtem Ruhebedürfnis, z.B. Schlafräume.
	Wände zw. Unterrichtsräumen o.ä. Räumen und Treppenhäusern	≥ 52 dB	-	
	Wände zw. Unterrichtsräumen o.ä. Räumen und „lauten“ Räumen (z.B. Speiseräume, Musikräume, Technikzentralen)	≥ 55 dB	-	

	Wände zw. Unterrichtsräumen o.ä. Räumen z.B. Sporthallen, Werkräume	≥ 60 dB	-	
Türen	Türen zw. Unterrichtsräumen o.ä. Räumen und Fluren	≥ 32 dB	-	Bei Türen gilt Rw nach Tab. 1 – siehe auch Tab. 1 Fußnote c.
	Türen zw. Unterrichtsräumen o.ä. Räumen untereinander	≥ 37 dB	-	

Tabelle 2-4: Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung, Schalldämmung in Schulen und vergleichbaren Einrichtungen (Auszug aus der DIN 4109-1:2016-07 Tab. 6)

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

An die trennenden Bauteile innerhalb eigener Nutzungseinheiten werden nach DIN 4109-1:2018-01 keine Mindestanforderungen an den Schallschutz gestellt. Zur Vermeidung von Störgeräuschen aus benachbarten Arbeitsbereichen oder zur Behandlung vertraulicher Angelegenheiten 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 4109:1989-11 entnommen und stellen einen üblichen bis hochwertigen Bürostandard dar.

TRENNWÄNDE					
Raumtypen (Beispiele)	**Qualitative Bewertung**	**Empfohlene Schalldämm-Maße** *Bei Wänden: Schalldämm-Maß der Gesamtwand inkl. Tür und sonstigen Einbauten und Flankenübertragung*			
		Büro-trennwand R'_w	**Flur-trenn-wand R'_w**	**Türen erf. $R_{w,R}$** *im eingebauten Zustand*	
				zwischen Büros	**zum Flur**
Büros **Mindest-schallschutz**	Keine Anforderung an Vertraulichkeit, Standardschalldämmung zu benachbarten, gleich genutzten Räumen	≥ 42 dB *)	≥ 37 dB *)	≥ 32 dB ($R_{w,P}$ ≥ 37 dB)	≥ 27 dB ($R_{w,P}$ ≥ 32 dB)
Büros & Besprechungs-räume **Erhöhter Schallschutz** bei normaler Gesprächs-lautstärke	Üblicher, hochwertiger Bürostandard bei Anforderungen an die Vertraulichkeit bei normaler Gesprächslautstärke (Gespräche sind im Nachbarraum wahrnehmbar, aber i.d.R. nicht verständlich)	≥ 45 dB *)	≥ 40 dB *)	≥ 37 dB ($R_{w,P}$ ≥ 42 dB)	≥ 32 dB ($R_{w,P}$ ≥ 37 dB)

TRENNDECKEN	
Empfehlungen für Decken, Treppen, Decken von Fluren und Treppenraumwänden:	
Luftschalldämm-Maß:	erf. $R'_w \geq 55$ dB
Norm-Trittschallpegel:	erf. $L'_{n,w} \leq 46$ dB
Diese Werte entsprechen den empfohlenen, erhöhten Anforderungen an den Schallschutz innerhalb von Büro- und Verwaltungsgebäuden nach Beiblatt 2 zu DIN 4109:1989-11 Tab. 3.	
TREPPEN	
Empfehlungen für Treppenläufe und –podeste:	
Norm-Trittschallpegel:	erf. $L'_{n,w} \leq 53$ dB
Dieser Wert entspricht den Mindestanforderungen an den Schallschutz nach DIN 4109-01:2018-01 Tab. 2.	

Tabelle 2-5: Empfehlungen für normale und erhöhte Schallschutzanforderungen zu eigenen Büroräumen in Anlehnung Beiblatt 2 zu DIN 4109:1989-11

*) Allgemeiner Hinweis zu Trennwänden mit Türen (bzw. sonst. Einbauten):
In Anlehnung an die DIN 4109-1 werden in Tabelle 2-7 für Trennwände und sich darin befindliche Türen separate Mindestanforderungen gefordert. Der Nachweis der Trennwand erfolgt daher ohne Berücksichtigung der Tür.
Es sei darauf hingewiesen, dass bei Einbau der angegeben Schalldämm-Maße der Verbindungs- oder Flurtüren sowie ggf. weiterer Einbauten (z.B. Überströmelemente etc.) i.d.R. für das Gesamtschalldämm-Maß der Trennwand nicht die mit *) gekennzeichneten Schalldämm-Maße erfüllt werden können. Die Schalldämm-Maße der Einbauten sind dann zu erhöhen.

2.5 Bauteilnachweise

Voraussetzung für einen guten Schallschutz in einem Gebäude sind leistungsfähige Trennbauteile mit guter Direktschalldämmung. Bei hochschalldämmenden Trennbauteilen wird der Schall maßgeblich über die flankierenden Bauteile übertragen. Für die Optimierung der Schalldämmung von Bauteilen ist eine möglichst geringe Nebenwegübertragung anzustreben. Dabei sind insbesondere zu beachten: **Bauteilanschlüsse und Dichtheit.** Dabei ist die Dichtheit sowohl in der Fläche wie im Anschlussbereich an flankierende Bauteile gefordert.

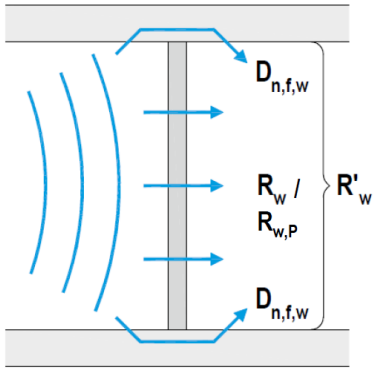
Bei der schalltechnischen Bemessung ist unbedingt zu beachten, dass die geforderte Schalldämmung nicht nur von dem trennenden Bauteil alleine zu erbringen ist, sondern einen resultierenden Wert darstellt, der die Schallübertragung über Nebenwege mit einbezieht.

2.5.1 Kenngrößen der Bauakustik

Luftschalldämm-Maß R
- frequenzabhängige Größe
- Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen nach DIN EN ISO 10140-2

Bewertetes Luftschalldämm-Maß R_w / Prüfstandswert des bewerteten Luftschalldämm-Maßes $R_{w,P}$
- Index „w" weist darauf hin, dass es sich um eine frequenzunabhängige, bewertete Größe handelt, die als Einzahlangabe angegeben wird
- Bestimmung des Einzahlwerts nach DIN EN ISO 717-1 aus dem frequenzabhängigen Schalldämm-Maß R durch Verschiebung einer Bezugskurve
- Schalldämm-Maß des betrachteten Bauteils alleine (z.B. Trennwand, Tür etc.), ohne Schallübertragungen über flankierende Bauteile
- $R_{w,P}$ entspricht R_w und wird zur Prognose des zu erreichenden Schalldämm-Maßes im eingebauten Zustand nach DIN 4109-2:2018 benötigt
  → **diese Werte sind in der Ausschreibung anzugeben!**

Bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$
- Beschreibt die Schallübertragung über flankierende Bauteile im Trocken-, Leicht- und Holzbau sowie bei durchlaufenden Vorsatzschalen (z.B. Systemböden etc.) und Unterdecken vor Massivbauteilen
  → **diese Werte sind in der Ausschreibung anzugeben!**



Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß R'_w
- Anforderungswert nach DIN 4109-1:2018
- Der Strich über dem R (gesprochen: R-Strich w) bedeutet, dass es sich bei dieser Größe um das Schalldämm-Maß des betrachteten Bauteils im eingebauten Zustand handelt → d.h., die flankierenden Bauteile sowie Nebenwegsübertragungen über Einbauten, Durchdringungen etc. werden mit berücksichtigt!
- bei Messungen am Bau findet die Berücksichtigung über die Anregung sämtlicher an der Schallübertragung beteiligten Bauteile und Einbauten statt
- bei Prognosen des zu erwartenden Luftschalldämm-Maßes im eingebauten Zustand werden die flankierenden Bauteile in Abhängigkeit der Bauart (Massivbau, Trockenbau, Mischbau) mittels der bewerteten Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ bzw. flächenbezogenen Masse sowie ggf. über Nebenwege / Einbauten und deren Sicherheitsbeiwerte berücksichtigt: z.B.
  - bei Fenstern: -2 dB (gem. DIN 4109 bzw. Herstellerangaben)
  - bei Türen: -5 dB (gem. DIN 4109 bzw. Herstellerangaben)
  - bei Systemtrennwänden: bis zu -5 dB (gem. Herstellerangaben)
  - bei mobile Trennwänden: bis zu -12 dB (gem. Herstellerangaben)

Rechenwert des bewerteten Luftschalldämm-Maßes $R_{w,R}$
- Diese Größe wird zur Prognose des zu erreichenden Schalldämm-Maßes im eingebauten Zustand unter Berücksichtigung der Flankenübertragung **nach der „alten" DIN 4109:1989** verwendet

Bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ / Prüfstandswert des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L_{n,w,P}$
- Index „w" weist darauf hin, dass es sich um eine frequenzunabhängige, bewertete Größe handelt, die als Einzahlangabe angegeben wird
- Bestimmung des Einzahlwerts nach DIN EN ISO 717-2 aus dem frequenzabhängigen Norm-Trittschallpegel L durch Verschiebung einer Bezugskurve
- Trittschalldämmung des betrachteten Bauteils alleine, ohne Schallübertragungen über flankierende Bauteile
- Im Gegensatz zur Luftschalldämmung wird bei der Trittschalldämmung keine Schallpegeldifferenz zwischen Senderaum und Empfangsraum als Kenngröße festgelegt, sondern ein Schalldruckpegel im Empfangsraum, der durch eine genormte Anregequelle (Norm-Hammerwerk) entsteht
- $L_{n,w,P}$ entspricht $L_{n,w}$ und wird zur Prognose des zu erreichenden Norm-Trittschallpegels im eingebauten Zustand nach DIN 4109-2:2018 benötigt
  → **diese Werte sind, z.B. bei Geschossdecken in Leichtbauweise (z.B. Holz), in der Ausschreibung anzugeben!**

Äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel von Massivdecken $L_{n,w,eq}$
- Diese Größe beschreibt den Norm-Trittschallpegel von Massivdecken ohne Flankenübertragung und ohne Deckenauflage oder Unterdecke
- Der äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel dient als Eingangswert für die Prognose des Norm-Trittschallpegels von Massivdecken mit Deckenauflagen und/oder Unterdecken $L_{n,w}$ und im Weiteren als Eingangsgröße zur Prognose des bewerteten Norm-Trittschallpegels im Bau $L'_{n,w}$ unter Berücksichtigung der Flankenübertragung

Bewertete Trittschallminderung ΔL_w
- Die bewertete Trittschallminderung ist eine Einzahlangabe zur Beschreibung der Verbesserung des äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegels durch Deckenauflagen und/oder Unterdecken
- Durch eine Addition des äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegels mit der bewerteten Trittschallminderung erhält man den bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ der Decke alleine ohne Nebenwegübertragung über flankierende Bauteile: $L_{n,w} = L_{n,w,eq} + \Delta L_w$ in dB
- Bei der Ermittlung der Verbesserung durch Unterdecken ist ΔL_w von gemessenen Systemen erforderlich (da bisher kein Berechnungsverfahren nach Norm vorhanden ist)
- Bei der Ermittlung der Verbesserung durch Deckenauflagen ΔL_w sind folgende Parameter erforderlich:
  s' = dynamische Steifigkeit der Trittschalldämmung in MN/m³
  m' = flächenbezogene Masse des schwimmenden Estrichs in kg/m²
  → **diese Werte sind in der Ausschreibung anzugeben!**

Bewerteter Norm-Trittschallpegel am Bau $L'_{n,w}$
- Anforderungswert nach DIN 4109-1:2018
- Der „Strich" über dem L weist dabei deutlich darauf hin, dass es sich um den bewerteten Norm-Trittschallpegel im Bau (d.h. im eingebauten Zustand) unter Berücksichtigung der Schallübertragung über die flankierenden Bauteile handelt
- bei Messungen am Bau findet die Berücksichtigung über die Anregung sämtlicher an der Schallübertragung beteiligten Bauteile und Einbauten statt

Rechenwert des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L_{n,w,R}$
- Diese Größe wird zur Prognose des zu erreichenden Trittschalls im eingebauten Zustand unter Berücksichtigung der Flankenübertragung **nach der „alten" DIN 4109:1989** verwendet

2.5.2 Allgemeine Konstruktionshinweise

Die nachfolgend genannten Hinweise sind zwingend zu beachten und umzusetzen, um den nach DIN 4109-1 geforderten Schallschutz im eingebauten Zustand zu erreichen.

Flankenbauteil horizontal: Boden

Im Bereich von schwimmenden Fußbodenaufbauten sind die Trennwände gemäß Herstellerangaben am Rohboden (Stb-Bodenplatte bzw. Hohlkörperdecke) anzuschließen. Der schwimmende Estrich ist an allen aufgehenden Bauteilen mittels Randdämmstreifen vollständig körperschallentkoppelt anzuschließen. Im Türdurchgang (inkl. Bodenbelag) ist eine schalltechnisch entkoppelte Fuge auszuführen. Die Fuge ist dauerelastisch zu versiegeln, harte Fugenmassen oder -füllungen sind unzulässig.
Das flankierende Flächenelement ist im Bereich der Trennwand nach Möglichkeit zu trennen!
Ein durchlaufendes Flächenelement mit Spannrichtung quer zur Trennwand ist aus schalltechnischer Sicht nicht möglich!

Die Trennwände im 2. bis 3. OG können an die flankierende Hohlköperdecken wie folgt angeschlossen werden:

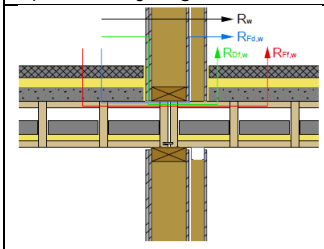
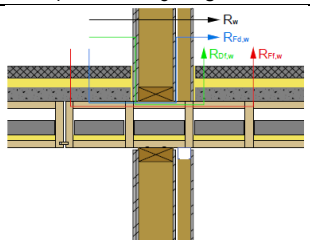
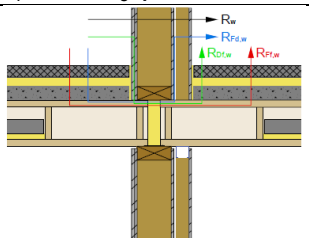
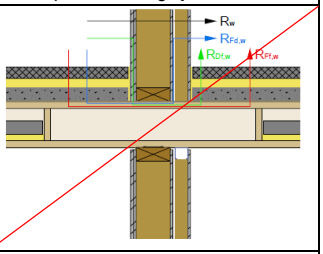
Flankenausbildung besser…	➔	Flankenausbildung schlechter…	➔ Nicht zulässig!
Flächenelement **getrennt** und Spannrichtung **längs** zur TW	Flächenelement **durchlaufend** und Spannrichtung **längs** zur TW	Flächenelement **getrennt** und Spannrichtung **quer** zur TW	Flächenelement **durchlaufend** und Spannrichtung **quer** zur TW
			
Achse 9	Achse H		Achse D

Tabelle 2-6: Flankenausbildung – TW an Boden

Flankenbauteil horizontal: Decke / Dach

Die Trennwände im EG und 3.OG sind gemäß den Herstellerangaben an der Rohdecke anzuschließen. Zusätzlich werden flächige abgehängte Akustikdecken vorgesehen, die ebenfalls zur Verbesserung des Flankenschalldämm-Maßes beitragen.
Das flankierende Flächenelement ist im Bereich der Trennwand nach Möglichkeit zu trennen!
Das Dachelement ist zusätzlich zu beschweren (siehe nachfolgende Tabelle).
Ein durchlaufendes Flächenelement mit Spannrichtung quer zur Trennwand ist aus schalltechnischer Sicht nicht möglich!

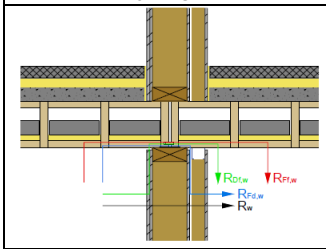
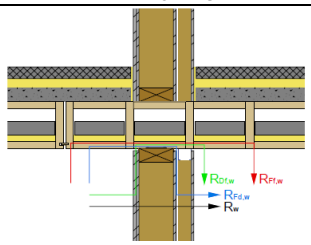
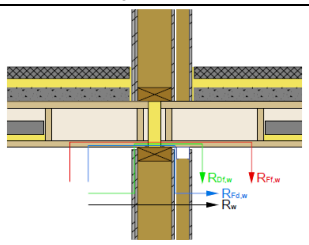
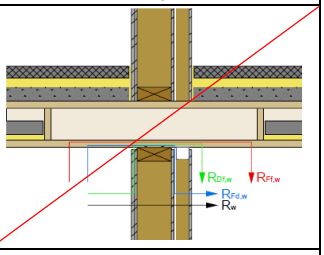
Die Trennwände im 1. und 2. OG an die **Decke** können an die flankierende Hohlköperdecken wie folgt angeschlossen werden:			
Flankenausbildung besser…	➔	Flankenausbildung schlechter…	➔ Nicht zulässig!
Flächenelement **getrennt** und Spannrichtung **längs** zur TW	Flächenelement **durchlaufend** und Spannrichtung **längs** zur TW	Flächenelement **getrennt** und Spannrichtung **quer** zur TW	Flächenelement **durchlaufend** und Spannrichtung **quer** zur TW
			
Achse 9	Achse H	Achse D	-

Tabelle 2-7: Flankenausbildung – TW an Decke

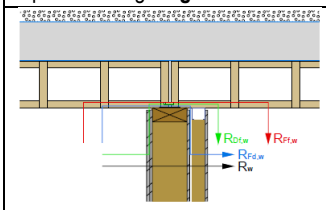
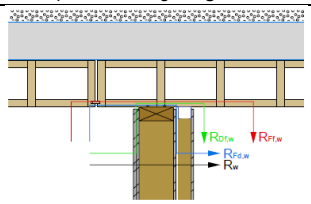
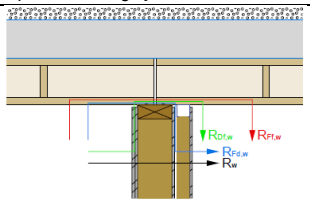
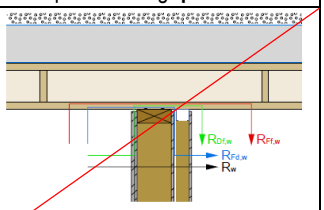
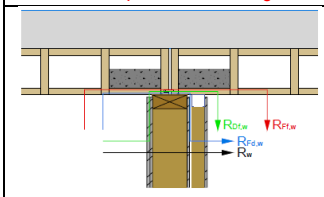
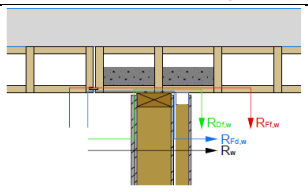
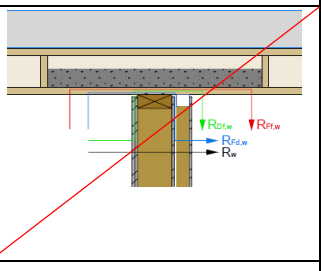
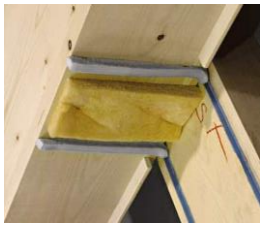
Die Trennwände im 3. OG an das Dach können an die flankierende Hohlköperdecken wie folgt angeschlossen werden:			
Flankenausbildung besser…	➔	Flankenausbildung schlechter…	➔ Nicht zulässig!
Flächenelement **getrennt** und Spannrichtung **längs** zur TW	Flächenelement **durchlaufend** und Spannrichtung **längs** zur TW	Flächenelement **getrennt** und Spannrichtung **quer** zur TW	Flächenelement **durchlaufend** und Spannrichtung **quer** zur TW
 Zusätzl. Splitt/Kies ≥ 50 kg/m²	 Zusätzl. Splitt/Kies ≥ 50 kg/m²	 Zusätzl. Splitt/Kies ≥ 50 kg/m²	
 Zusätzl. Hohlkammer über TW mit Splitt gefüllt ≥ 100 kg/m²	 Zusätzl. Hohlkammer über TW mit Splitt gefüllt ≥ 100 kg/m²		
Achse 9	Achse H	Achse D	-

Tabelle 2-8: Flankenausbildung – TW an Dach

Luftdichtungsbänder bei den Auflagerdetails (zwischen Holzständer und flankierendem Flächenelement) sind ggf. erforderlich. Eine korrekte Ausführung der Anschlussdetails ist nur dann möglich, wenn diese bereits in der Planung gemeinsam mit dem Hersteller definiert worden ist.



Flankenbauteil horizontal: Trennwand
Der Anschluss der Trennwand erfolgt an die durchlaufende Beplankung der flankierenden Wand ohne Fuge.

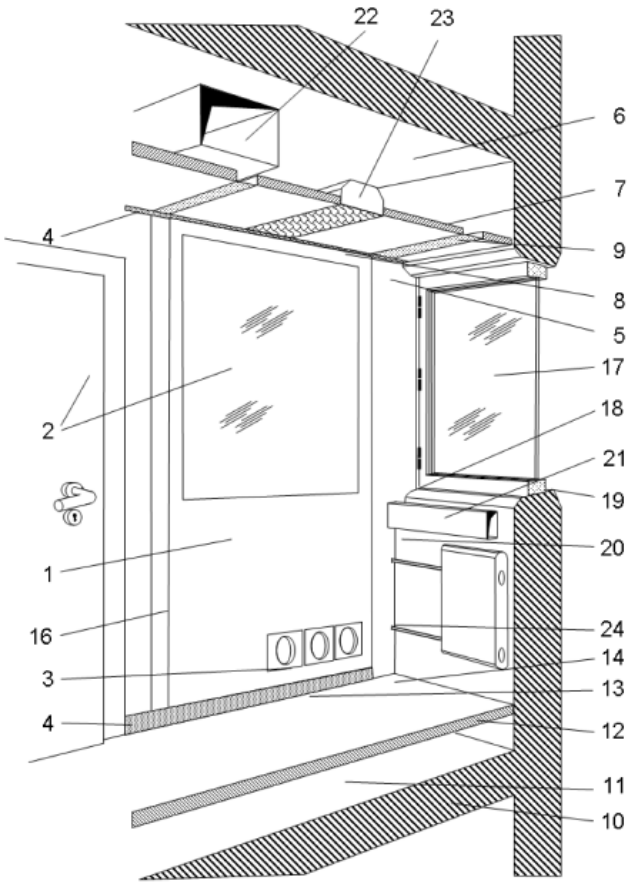
Flankenbauteil horizontal: Außenwand
Der Deckenanschluss an die Außenwand erfolgt eingestellt oder mit Vorsatzschale.
Weiterhin sind die Stützen in Achse U und Achse 17 aufgrund des Trennwandanschluss zu bekleiden (Schallschutz zwischen Räumen). Alternativ kann die Trennwand so breit erstellt werden, dass die Beplankung über die Stütze bis ans Fenster läuft.

Flankenbauteil vertikal: Außenwand
Der Deckenanschluss an die Außenwand erfolgt eingestellt oder mit Vorsatzschale.

Gleitende Anschlüsse
Gleitende Anschlüsse werden berücksichtigt. Je nach Schalldämm-Maß der Grundwand haben gleitende Anschlüsse unterschiedlich hohe Einflüsse auf das resultierende Schalldämm-Maß (z.B. ca. -1 bis -4 dB).
Unabhängig von dem Schalldämm-Maß der Grundwand ist bei der Ausführung von gleitenden Anschlüssen immer auf eine fachgerechte Ausführung zu achten. Undichtigkeiten zwischen den Plattenstreifen und der Rohdecke, an den Stößen zwischen den Plattenstreifen sowie der Beplankungslagen und dem Plattenstreifen mindern das zu erreichende Schalldämm-Maß erheblich.

Einbauten und Durchdringungen
Durchdringungen (Elektrotrassen, Lüftungskanäle etc.) und Einbauten (Mediensäulen etc.) dürfen das Schalldämm-Maß der Trennwand nicht maßgeblich beeinträchtigen (die Herstellerangaben des Wandsystems, z.B. zur möglichen Anordnung von Steckdosen, sind zwingend zu beachten). Luftein- und -auslässe und Kanäle 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, sie können z.B. mittels Weichschott (samt Ablationsbeschichtung) in Wandebene akustisch geschlossen werden (die Einbaubedingungen des Schottsystems sind zu beachten). Einbauten und Durchdringungen sind mit dem IB Seidel frühzeitig abzustimmen.



Legende

1	**Übertragung durch die gemeinsame Trennwand**
2	**Übertragung durch die in der Trennwand eingebauten Türen und Verglasungen**
3	**Schalldurchgänge durch freie Öffnungen oder Undichtigkeiten in der Fläche, z. B. bei Elementen, Steckdosen oder Sanitärinstallationen**
	Schalldurchgänge durch Schwächungen im Wandaufbau,
4	• bei Schattenfugen oder verdeckten Fußleisten
5	• bei verjüngten Fassadenanschlusselementen
	Übertragung im Deckenbereich/Fußbodenbereich
6	• durch Deckenhohlraum
7	• entlang einer durchlaufenden abgehängten Unterdecke
8	• durch die Fuge im Deckenanschluss
9	• durch die Fuge zwischen der Beplankung und dem gleitenden Deckenanschluss
10	• über den Rohfußboden
11	• durch den Fußbodenhohlraum
12	• entlang eines durchlaufenden schwimmenden Estrichs, Hohlraum- oder Doppelbodens
13	• durch die Fuge im Fußbodenanschluss
14	• durch den durchlaufenden Teppichbelag
16	• durch die Wandanschlussfuge
	Übertragung entlang der flankierenden Fassade
17	• im Fensterbereich
18	• im Fensterbankbereich
19	• im Hohlraum unter der durchlaufenden Fensterbank
20	• durch die Fassadenanschlussfuge
21	**Übertragung entlang durchlaufender Kabelkanäle**
22	**Übertragung durch Lüftungskanäle (Telefonie)**
23	**Übertragung durch Abluftschlitze oder Leuchten**
24	**Übertragung entlang Heizungsrohren**

Abbildung 2-2: Schallübertragung über Flanken- und Nebenwege

Abbildung 2-3: Darstellung eines Weichschotts bei Durchdringungen

2.5.3 Übersicht der Schallschutzanforderungen

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Anforderungen an die Schalldämmung schützenswerter Räume dargestellt.

Allgemeiner Hinweis zu Wänden mit Einbauten:

In der Praxis tritt häufig der Fall auf, dass diverse Bauteile aus Flächenanteilen unterschiedlicher Schalldämmung zusammengesetzt sind, wie beispielsweise Wände mit Türen, Sichtverbindungen, Überströmelemente, Einbau-Mediensäulen etc. Bei bekannten Schalldämm-Maßen Ri der einzelnen Wandteile ist das resultierende Schalldämm-Maß R_{res} der Gesamtwand von Interesse.
In diesem Falle wird das resultierende Schalldämm-Maß praktisch ausschließlich vom Schalldämm-Maß des Bauteiles mit der niedrigeren Schalldämmung und von dessen Flächenanteil Si bestimmt!

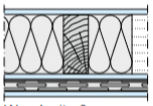
Die DIN 4109-1 fordert für Trennwände und sich darin befindliche Türen separate Mindestanforderungen. Der Nachweis der Trennwand erfolgt daher ohne Berücksichtigung der Tür. Es sei darauf hingewiesen, dass bei Einbau einer Verbindungstür in der Regel für das Gesamtschalldämm-Maß der Trennwand (inkl. Tür) keine R'w ≥ 47 dB erfüllt werden können. Das am Bau messbare Gesamtschalldämm-Maß liegt bei Verbindungstüren mit $R_{w,P}$ = 42 dB üblicherweise im Bereich von R'w ≈ 43-45 dB. Ebenso liegt das am Bau messbare Gesamtschalldämm-Maß bei Flurtüren mit $R_{w,P}$ = 37 dB üblicherweise im Bereich von R'w ≈ 38-40 dB.

LEGENDE:

SCHALLSCHUTZANFORDERUNG AN WÄNDE ZWISCHEN UNTERRICHTSRÄUMEN ODER ÄHNLICHEN RÄUMEN ZU TREPPENHÄUSERN: **erf. R´w ≥ 52 dB**	
	Stahlbetonwand: Gem. Planstand d = 25,0 cm (flächenbezogene Masse m' ≥ 370 kg/m² → d > 16,0 cm Stb)

SCHALLSCHUTZEMPFEHLUNGEN AN WÄNDE ZWISCHEN BÜRORÄUMEN UNTEREINANDER: **erf. R´w ≥ 45 dB** AN WÄNDE ZWISCHEN BÜRORÄUMEN ZU FLUREN: **erf. R´w ≥ 40 dB**	
	Einfach-Metallständerwände: R_w ≥ 55 dB z.B. Knauf W112.de Einfach-Metallständerwand, d = 12,5 cm, CW 70, 60 mm MiWo, doppellagig beplankt mit 2x 12,5 mm Bauplatte (je ≥ 8,5 kg/m²) o.glw.
	Flurtüren (Türelemente ggf. mit Oberlicht): R_w ≥ 37 dB (32 dB in eingebautem Zustand)

SCHALLSCHUTZANFORDERUNG AN WÄNDE ZWISCHEN UNTERRICHTSRÄUMEN ODER ÄHNLICHEN RÄUMEN UNTEREINANDER UND ZU FLUREN: **erf. R´*w* ≥ 47 dB**	
—	**Anforderungswert / Prüfwert: R_w ≥ 58 dB** Holztafelbau-Innenwände mit Installationsebene auf Federschiene (**zw. Klasse x.030 & x.040 sowie x.020 und x.070/x.080**): R_w = 60 dB, z.B. Knauf W555.de **Holztafelbau-Innenwand mit Installationsebene – tragend, raumabschließend**

Knauf System	Feuerwiderstandsklasse	Beplankung Wandseite 1			Beplankung Wandseite 2		Holzständer		Dämmschicht Brandschutztechnisch erforderlich zwischen den Holzständern		Schallschutz Schalldämm-Maß Mit Installationsebene	
		Diamant X / SX	Silentboard	Mind.-Dicke mm	Diamant X / SX	Mind.-Dicke mm	Mind.-Quer-schnitt b x h mm	Spannung zul. $\sigma_{c,0,d}$ N/mm²	Mind.-Dicke mm	Mind.-Rohdichte kg/m³	Diamant X / SX 12,5 mm R_w dB	Silentboard 12,5 mm R_w dB
W555.de Holztafelbau-Innenwand mit Installationsebene auf Federschiene											Ständerachsabstand ≤ 625 mm	
Wandseite 1  Wandseite 2	F30	•		2x 12,5	•	12,5	60 x 100 [1]	≤ 2,0	Mineralwolle G 80	–	60,6	–
		•	•	12,5 + 12,5	•	12,5					–	64,1

Einfach-Metallständerwände (**zw. Klasse x.040 & x.050 sowie x.070 und x.050**):
R_w = 58 dB, z.B. Knauf W112.de Einfach-Metallständerwand, d = 150 mm, CW 100, 80 mm MiWo, doppellagig beplankt mit 2x 12,5 mm Bauplatte (je ≥ 8,5 kg/m²) o.glw.

Doppel-Metallständerwände (**zw. Klasse x.020 & x.030**):
R_w = 67 dB, z.B. Knauf W115.de Doppel-Metallständerwand, d = 255 mm, CW 2x 100, 2x 80 mm MiWo, doppellagig beplankt mit 2x 12,5 mm Bauplatte (je ≥ 8,5 kg/m²) o.glw.

• • •	Mobile Trennwände R_w ≥ 57 dB
	Sichtverbindungen, falls vorhanden: R_w ≥ 42 dB (40 dB in eingebautem Zustand)
	Verbindungstüren (Türelemente ggf. mit Oberlicht): R_w ≥ 42 dB (37 dB in eingebautem Zustand)
	Flurtüren (Türelemente ggf. mit Oberlicht): R_w ≥ 37 dB (32 dB in eingebautem Zustand)

SCHALLSCHUTZANFORDERUNG AN DECKEN ZWISCHEN UNTERRICHTSRÄUMEN ODER ÄHNLICHEN RÄUMEN UNTEREINANDER UND ZU FLUREN: **erf. R´*w* ≥ 55 dB & erf. L'*n,w* ≤ 53 dB**
Hohlkörperdecke mit integrierter Akustikdecke (R_w ≥ 71 dB & $L_{n,w}$ ≤ 43 dB) mit → elastisch geb. Schüttung d ≥ 60 mm mit ϱ ≥ 1.500 kg/m³ (**m' ≥ 90 kg/m²**) → dynamische Steifigkeit ***s'* ≤ 7 MN/m³** der Trittschalldämmung DES → Bei Heizestrichen darf die Zusammendrückbarkeit C der Dämmschicht in Abhängigkeit von der Nutzlast (bei 5 kN/m²) meist nicht mehr als 3 mm betragen. Dadurch ergibt sich eine Abweichung vom Referenzaufbau: dynamische Steifigkeit **s' ≤ 15 MN/m³,** z.B. Knauf TPT03 mit d = 20 mm. → Estrichart und –nenndicke: Zementestrich d ≥ 75 mm
Stahlbetondecke (auch Bodenplatte gegen Erdreich) mit → dynamische Steifigkeit ***s'* ≤ 30 MN/m³** der Trittschalldämmung DES → Estrichart und –nenndicke: Zementestrich d ≥ 75 mm

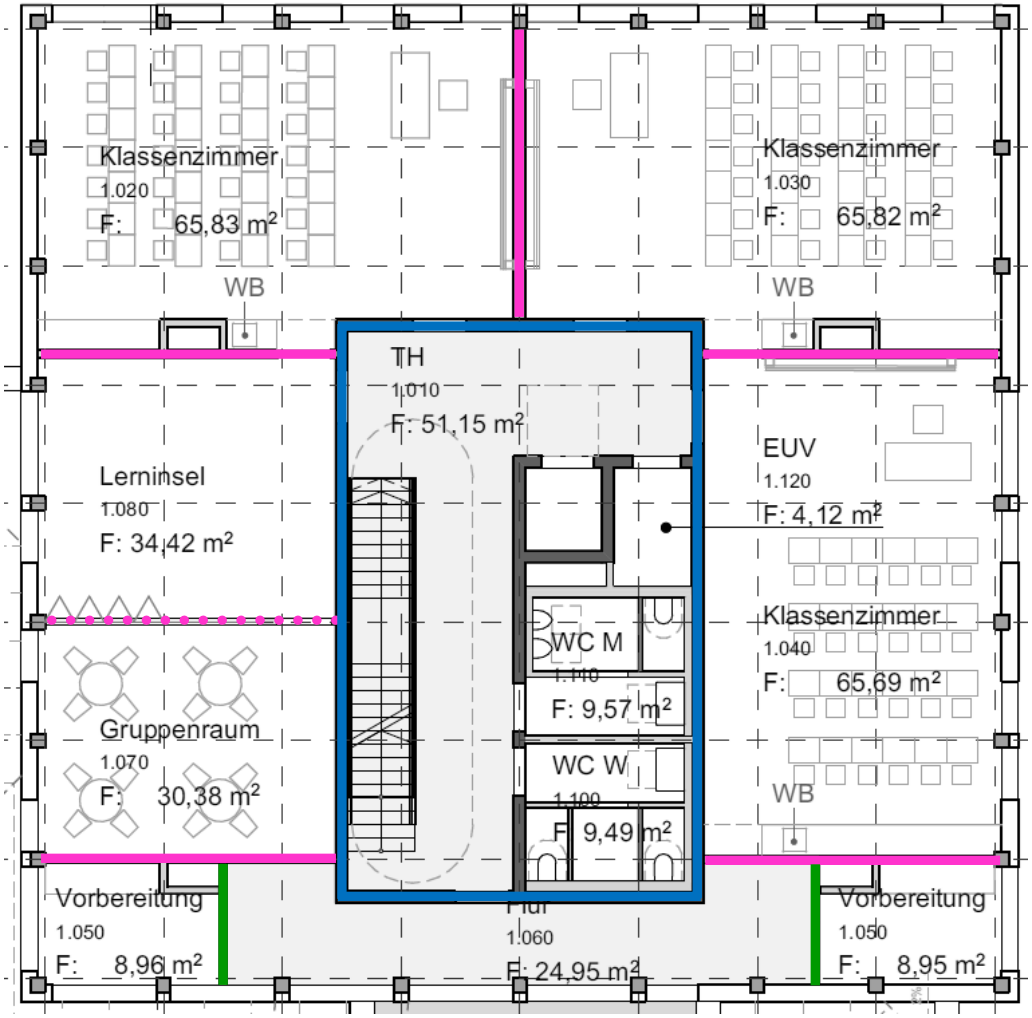


Abbildung 2-4: Anforderungen und Empfehlungen an die Bauakustik, Darstellung 1.-3.OG

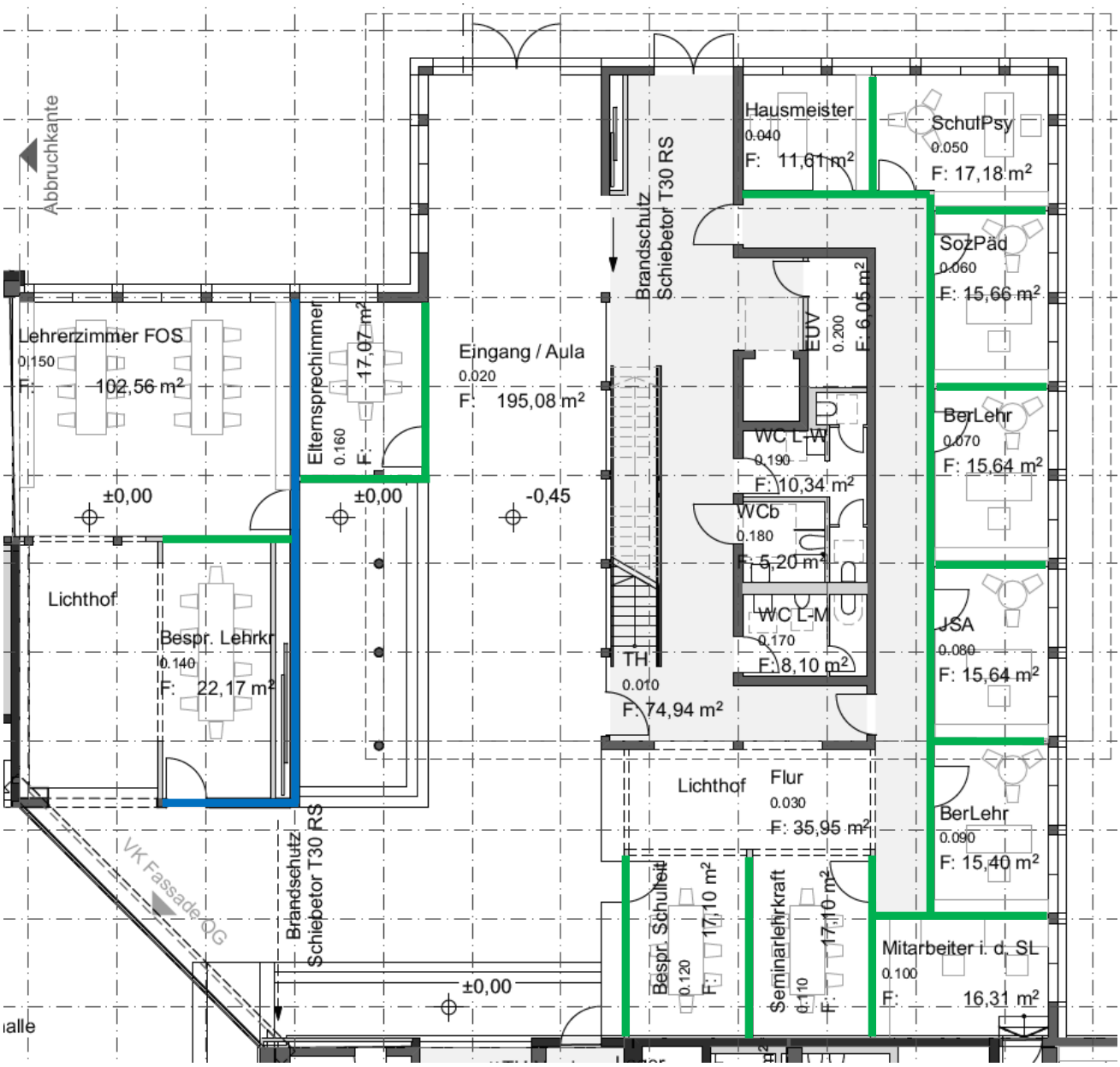


Abbildung 2-5: Anforderungen und Empfehlungen an die Bauakustik, Darstellung EG

3 Raumakustik

Die DIN 18041 unterscheidet bezüglich der Anforderungen je nach Nutzung Räume der Raumgruppe A und der Raumgruppe B. Für Räume der Raumgruppe A werden in Abhängigkeit des Raumvolumens Sollwerte der Nachhallzeit definiert. Im Mittelpunkt steht hierbei die optimale Sprachkommunikation über mittlere und größere Entfernungen. Für Räume der Raumgruppe B sind raumakustische Maßnahmen zu empfehlen, um die Grundbedämpfung sicherzustellen, bzw. eine Begrenzung der Halligkeit der Räume zu erreichen.

3.1 Kenngrößen der Raumakustik

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 ≤ 0,10) und Schnittpunkt bei 500 Hz nach DIN EN ISO 11654 (kein gemittelter Wert über die Frequenzbänder!)
schallharte Materialien → α_w ist nahezu 0
schallabsorbierende Materialien → α_w ist nahezu 1

Einteilung von Schallabsorberklassen in Abhängigkeit des bewerteten Schallabsorptionsgrades

α_w - Werte	**Schallabsorberklassen**	**Bewertung**
≥ 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
≤ 0,10	nicht klassifiziert	Reflektierend

Beachte: Schallabsorberklassen 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. Auch die Angabe von α_w ist daher in den meisten Fällen unzureichend. **Für hochwertige Raumakustik muss der Frequenzverlauf der Absorptionsleistung betrachtet und auf die Anforderungen des Raumes abgestimmt werden.**

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) in Abhängigkeit des Lochbilds, der Konstruktionstiefe und Dämmstoffauflage auszuschreiben.

Die Prüfberichte der gewählten Produkte sind dem Ingenieurbüro 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 Übersicht der raumakustischen Anforderungen

In den folgenden Abbildungen sind schematische Übersichten der Räume dargestellt, in denen ausreichende Absorptionsflächen vorzusehen sind oder empfohlen werden (i.d.R. mind. absorbierende Ausbildung der Decke).

LEGENDE:

Raumgruppe	*Subjektive Wahrnehmung / Beispiele*
RG A4	A4 „Unterricht/Kommunikation inklusiv": Sprachliche Kommunikation ist mit mehreren (teilweise gleichzeitigen) Sprechern möglich, auch für Personen mit Höreinschränkungen oder bei z. B. fremdsprachlicher Nutzung. ➔ **Unterrichtsräume**
RG A3	A3 „Sprache/Vortrag inklusiv": Sprachliche Darbietungen einzelner Sprecher erzielen eine hohe Sprachverständlichkeit, auch für Personen mit Höreinschränkungen oder bei z. B. fremdsprachlicher Nutzung. A3 „Unterricht/Kommunikation": Sprachliche Kommunikation ist mit mehreren (teilweise gleichzeitigen) Sprechern möglich. ➔ **Schulaula** ➔ **Besprechungsräume**
RG B3	Räume zum längerfristigen Verweilen ➔ **Verkehrsflächen in Schulen** ➔ **Büroräume**

Hinweis zur Raumgruppe A4:
Von Personen mit Hörschäden wird die raumakustische Situation für Sprachkommunikation umso günstiger empfunden, je kürzer die Nachhallzeit ist. Dasselbe gilt auch für die Kommunikation mit Personen in einer Sprache, die nicht als Muttersprache gelernt wurde und bei der Kommunikation mit Personen, die auf andere Weise einen Bedarf nach erhöhter Sprachverständlichkeit haben, z. B. Personen mit Sprach- oder Sprachverarbeitungsstörungen, Konzentrations- bzw. Aufmerksamkeitsstörungen, Leistungsbeeinträchtigungen. Im Zweifelsfall sollten in Räumen zur Sprach-Information und -Kommunikation eher kürzere als längere Nachhallzeiten realisiert werden.
Aus dem Behindertengleichstellungsgesetz, vergleichbaren Landesregelungen und der UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderungen ergibt sich, dass der Öffentlichkeit

zugängliche Neubauten inklusiv zu errichten sind, soweit dies nicht nur mit einem unverhältnismäßigen Mehraufwand erfüllt werden kann. Näheres ist den jeweiligen Landesgesetzen zu entnehmen.

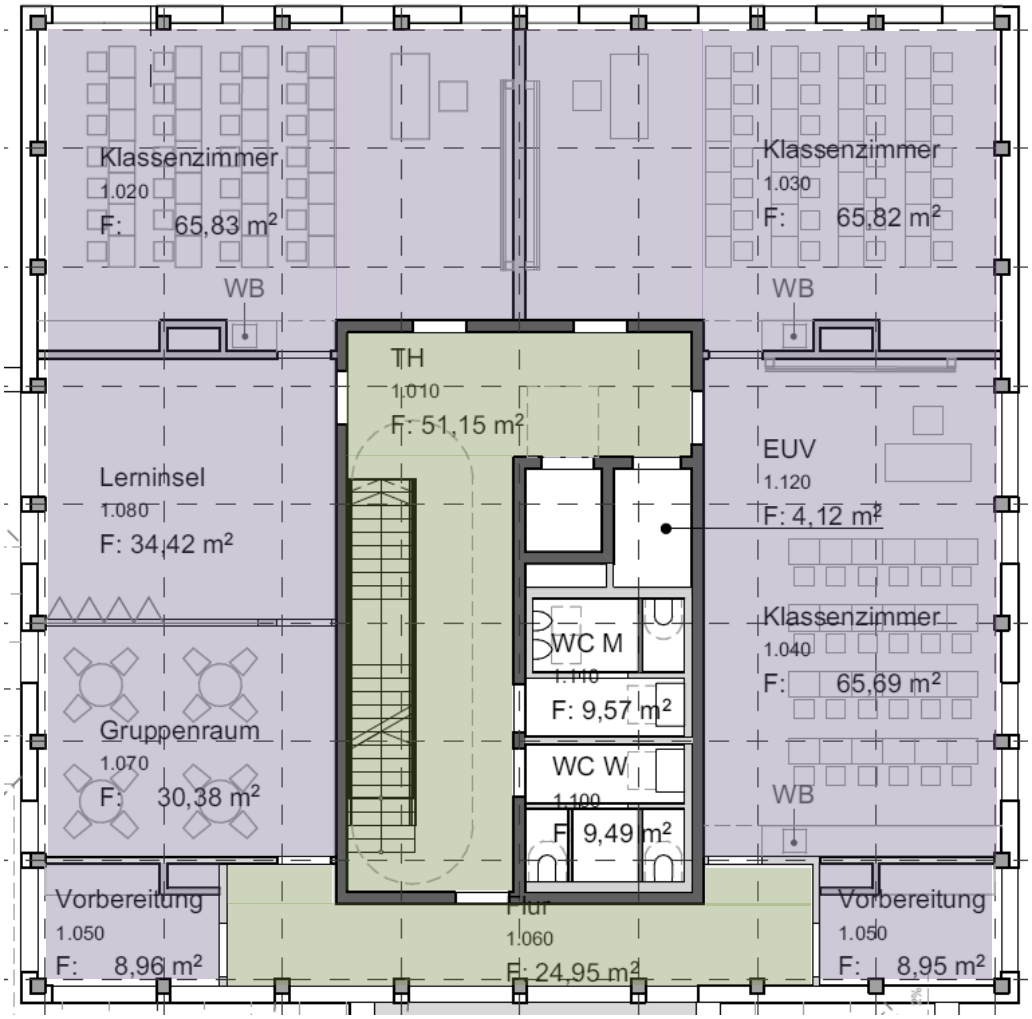


Abbildung 3-1: Anforderungen und Empfehlungen an die Raumakustik, Darstellung 1.-3.OG

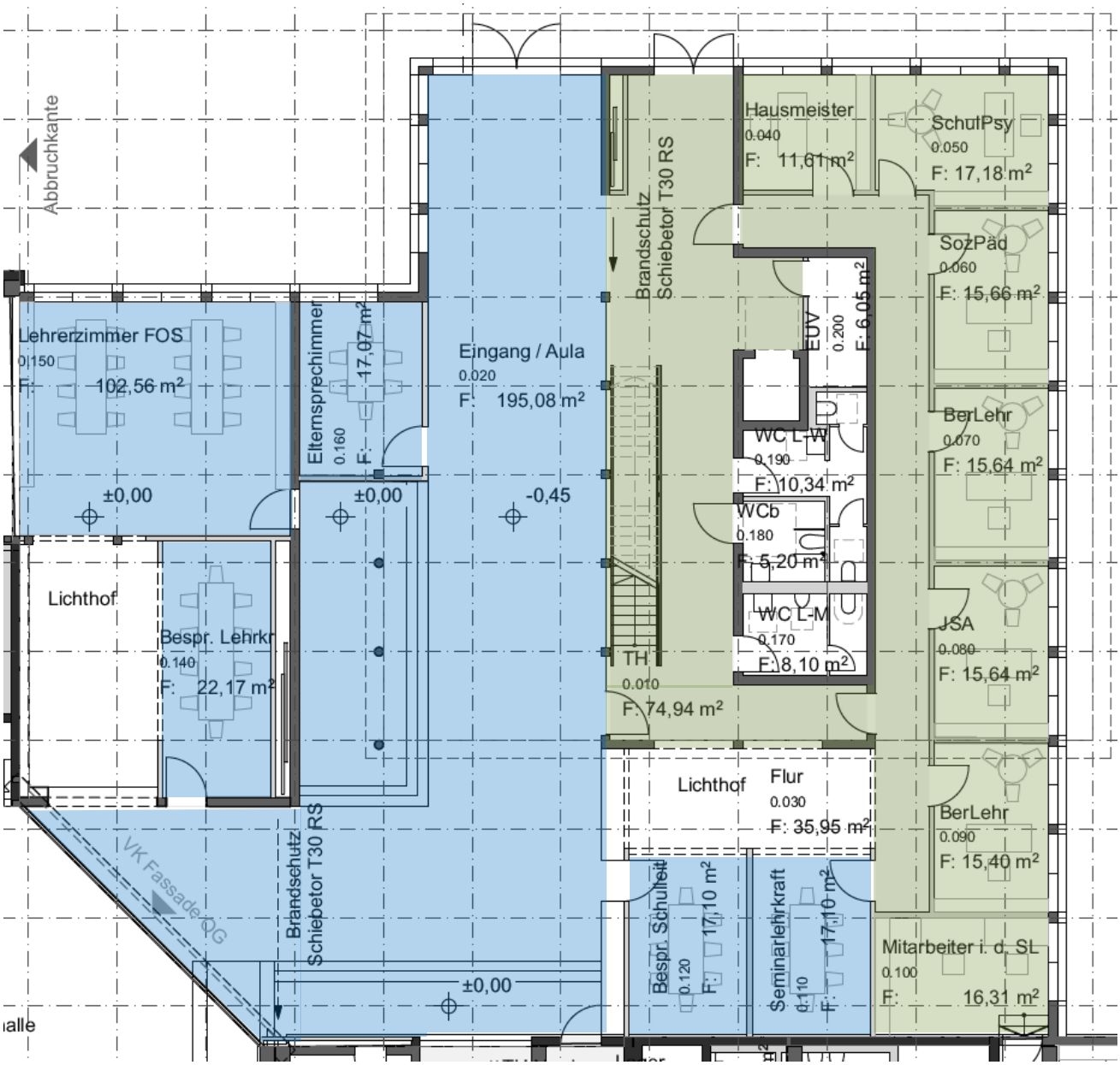


Abbildung 3-2: Anforderungen und Empfehlungen an die Raumakustik, Darstellung EG

3.3 Raumgruppen A

Unterrichtsräume fallen unter die Nutzungsart RG A der DIN 18041. An Räume der Gruppe *A* werden Anforderungen an die Nachhallzeit T_{soll} im Toleranzbereich gestellt. Die geforderten Nachhallzeiten gelten für die relevanten Nutzungsszenarien des Raumes unter Berücksichtigung der Schallabsorption der Möblierung und von Personen.

3.3.1 A3 bis A4: Klassenzimmer

Die DIN 18041:2016 fordert alle öffentlichen Neubauten inklusiv zu errichten, also nach Nutzungsart A4. Um dies zu erlangen, müssen niedrigere Nachhallzeiten eingehalten werden, was eine höhere äquivalente Absorptionsfläche bedeutet.

In den Unterrichtsräumen o.ä. soll die Grundbedämpfung über die Hohlkastendecke mit integrierter Akustikdecke erfolgen.

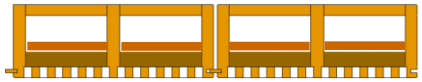
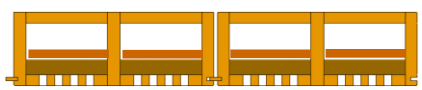
Raumakustisch wirksame Oberflächen:

Boden: schallharter Boden
Umfassungswände: Umfassungswände (schallhart)
Fenster, Türen

Decke/Absorber: LIGNATUR, Akustik Typ 3 oder 3.1 mit silence12 o. glw.

Es sollten nach Abzug von schallharten Einbauten, Randfriesen etc. **≥ 80 %** der Deckenfläche effektiv absorbierend ausgebildet werden.

Es sind mindestens folgende Absorptionsgrade erforderlich:

Absorber / Decke	**Mindestens erforderliche Schallabsorptionsgrade α_p bei der angegebenen Absorberfläche**					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
Lignatur-Akustik Typ 3 	≥ 0,25	≥ 0,65	≥ 0,95	≥ 0,90	≥ 0,80	≥ 0,95
Lignatur-Akustik Typ 3.1 	≥ 0,40	≥ 0,65	≥ 0,75	≥ 0,75	≥ 0,60	≥ 0,40

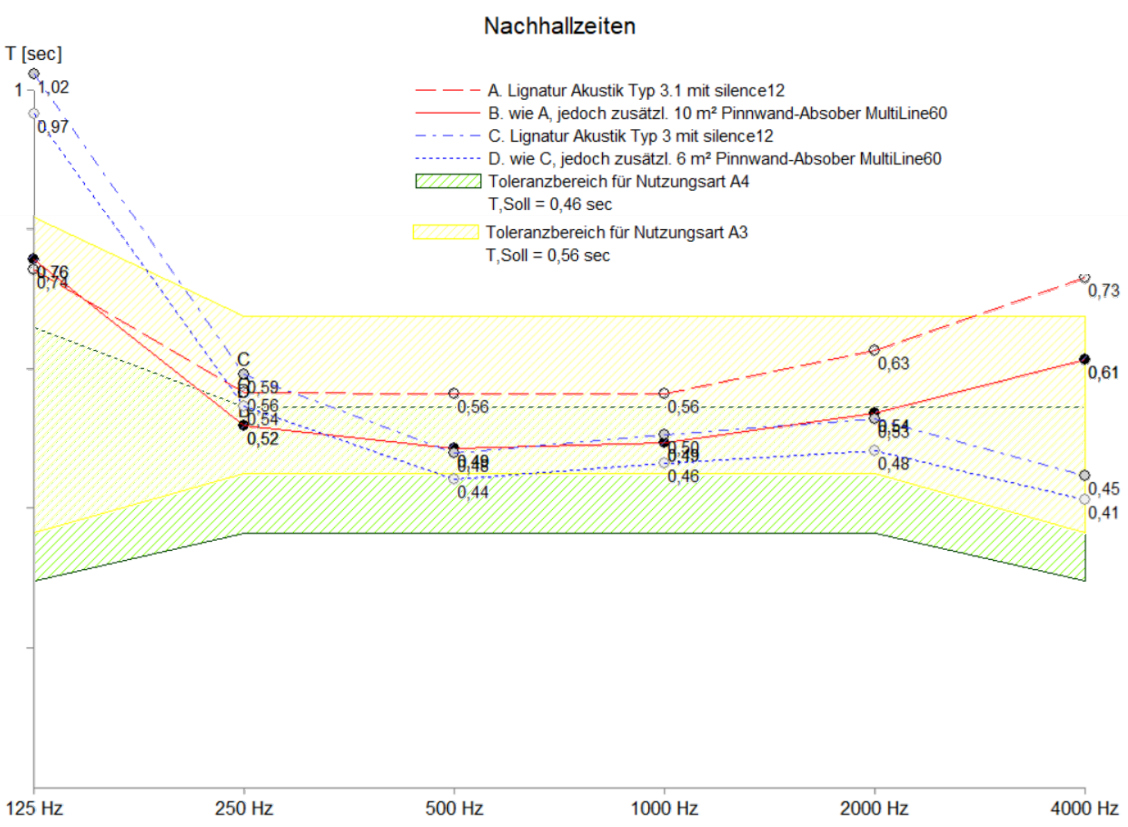
Die Nachhallzeit im Unterrichtsraum wird für den besetzten Zustand prognostiziert. Ausstattungsgegenstände wie beispielsweise Vorhänge, Regale o.ä. tragen ebenfalls zur Schallabsorption und

Schallstreuung bei, werden auf der sicheren Seite liegend in der Prognoseberechnung nicht berücksichtigt.

Mit Ansatz der vorher genannten vollflächig absorbierenden Decke (ohne weitere Absorberflächen) wird die Nachhallzeit für den Toleranzbereich nach A3 (siehe Varianten A und C) eingehalten.
Für die Raumgruppe A4 sind zusätzliche Wandabsorber, z.B. Pinnwandabsorber, erforderlich:

Absorber / Decke	**Mindestens erforderliche Schallabsorptionsgrade α_p bei der angegebenen Absorberfläche**					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
Akustik-Pinnwand von Silentrooms MultiLine 60	≥ 0,30	≥ 0,75	≥ 0,95	≥ 0,90	≥ 0,95	≥ 0,95
➔ **mind. 6 m²** Pinnwandabsorber bei Lignatur-Akustik Typ 3 ➔ **mind. 10 m²** Pinnwandabsorber bei Lignatur-Akustik Typ 3.1						

BEACHTE: Bei geringeren Schallabsorptionsgraden α_p der Akustikdecke oder bei reduzierter Fläche sind zusätzliche Absorber erforderlich (z.B. absorbierende Wandelemente oder absorbierende Möbelfronten etc.)!



Hörsamkeit in Räumen (DIN 18041)

Raumnutzung "Unterrichtsraum " **(A3)**
Sollwert der Nachhallzeit, T_{Soll} = 0,56sec (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	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
A: Lignatur Akustik Typ 3.1 mit	T	[sec]	0,74	0,56	0,56	0,56	0,63	0,73
B: wie A, jedoch zusätzl. 10 m²	T	[sec]	0,76	0,52	0,49	0,49	0,54	0,61
C: Lignatur Akustik Typ 3 mit s	T	[sec]	1,02	0,59	0,48	0,50	0,53	0,45
D: wie C, jedoch zusätzl. 6 m²	T	[sec]	0,97	0,54	0,44	0,46	0,48	0,41

Hörsamkeit in Räumen (DIN 18041)

Raumnutzung "Unterrichtsraum" **(A4)**
Sollwert der Nachhallzeit, T_{Soll} = 0,46sec (DIN 18041:2016, Bild 1)

frequenzabhängiger Toleranzbereich (Bild 2)

		[Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
$T_{Soll,min}$		[sec]	0,30	0,36	0,36	0,36	0,36	0,30
$T_{Soll,max}$		[sec]	0,66	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
A: Lignatur Akustik Typ 3.1 mit	T	[sec]	0,74	0,56	0,56	0,56	0,63	0,73
B: wie A, jedoch zusätzl. 10 m²	T	[sec]	0,76	0,52	0,49	0,49	0,54	0,61
C: Lignatur Akustik Typ 3 mit s	T	[sec]	1,02	0,59	0,48	0,50	0,53	0,45
D: wie C, jedoch zusätzl. 6 m²	T	[sec]	0,97	0,54	0,44	0,46	0,48	0,41

3.3.2 A2 bis A3: Besprechungsräume / Aula

In den Besprechungsräumen sowie der Aula o.ä. soll die Grundbedämpfung über eine abgehängte Akustikdecke erfolgen.

Es sind mindestens folgende Absorptionsgrade der Akustikdecke erforderlich:

Absorber	**Mindestens erforderliche Schallabsorptionsgrade α_p bei vollflächiger Belegung der Decke**					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
Absorbierende Decke	≥ 0,55	≥ 0,65	≥ 0,70	≥ 0,75	≥ 0,65	≥ 0,65
*z.B. Knauf Cleaneo, 12/25 R (Lochanteil mind. 18 %) mit Akustikvlies **mit 20 mm zusätzl. Akustikauflage**; totale Konstruktionshöhe = 400 mm o.glw.*						

Es sollten nach Abzug von schallharten Einbauten, Randfriesen etc. **≥ 80 %** der Deckenfläche effektiv absorbierend ausgebildet werden.

Die Nachhallzeit in den Besprechungsräumen wird für den besetzten Zustand prognostiziert. Ausstattungsgegenstände wie beispielsweise Vorhänge, Regale o.ä. tragen ebenfalls zur Schallabsorption und Schallstreuung bei, werden auf der sicheren Seite liegend in der Prognoseberechnung nicht berücksichtigt.

BEACHTE: Bei geringeren Schallabsorptionsgraden α_p der Akustikdecke oder bei reduzierter Fläche sind zusätzliche Absorber erforderlich (z.B. absorbierende Wandelemente oder absorbierende Möbelfronten etc.)!

3.4 Raumgruppen B

An Räume der Gruppe *B* werden Empfehlungen für das Verhältnis von der äquivalenten Absorptionsfläche A des Raumes zum Raumvolumen V im Frequenzbereich von 250 Hz bis 2.000 Hz gestellt. Die Berechnung erfolgt ohne Ansatz von Personen.

3.4.1 B3: Verkehrsflächen / Büroräume

In den Aufenthaltsräumen sind raumakustische Maßnahmen vorzusehen, um unnötig lange Nachhallzeiten zu vermeiden, den Lärmpegel soweit wie möglich zu reduzieren und um die Sprachverständlichkeit zu erhöhen.
Es wird empfohlen, auch in den Fluren und Treppenräumen Absorptionsflächen vorzusehen, um eine unangenehm „hallige“ Atmosphäre sowie Störungen in angrenzenden schutzbedürftigen Bereichen zu vermeiden.

In den Fluren und Treppenhäusern sowie den Verwaltungsräumen o.ä. soll die Grundbedämpfung über eine abgehängte Akustikdecke erfolgen.

Es sind mindestens folgende Absorptionsgrade der Akustikdecke erforderlich:

Absorber	**Mindestens erforderliche Schallabsorptionsgrade α_p bei vollflächiger Belegung der Decke**					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
Absorbierende Decke	≥ 0,55	≥ 0,70	≥ 0,65	≥ 0,65	≥ 0,60	≥ 0,70
z.B. Knauf Cleaneo, 12/25 R (Lochanteil mind. 18 %) mit Akustikvlies (ohne zusätzl. Akustikauflage); totale Konstruktionshöhe = 400 mm o.glw.						

Es sollten nach Abzug von schallharten Einbauten, Randfriesen etc. **≥ 80 %** der Deckenfläche effektiv absorbierend ausgebildet werden.

4 Thermische Bauphysik

Das gesamte Gebäude liegt innerhalb der thermischen Hülle.
Auf eine Darstellung der Grundrisse wird an dieser Stelle verzichtet.

4.1 Bauteilübersicht

Bei Verwendung von Dämmstoffen mit geringerer Wärmeleitfähigkeit können die Dämmstärken (nach Abstimmung mit dem IB Seidel) ggf. verringert werden. Entsprechend sind die Dämmstärken bei Dämmung mit höherer Wärmeleitfähigkeit zu vergrößern. Im Planungsverlauf können sich – in der Regel geringfügige – Änderungen der Dämmstärken ergeben.

Bauteil	**Dämmstoffdicke in cm | Wärmeleitgruppe**	**U-Wert in W/(m²K)**
WA01 – Außenwand gg Außenluft *(Holzrahmen/-tafel, hinterlüftet)*	20 WH | 038 Rahmenanteil ≤ 12,8 %	**≤ 0,22**
WA02 – Außenwand gg Außenluft *(Stahlbeton, hinterlüftet)*	20 WAB | 035	**≤ 0,21**
FB01 – Bodenplatte	2 DES | 040 10 PB | 040	**≤ 0,30**
DE01 – Decke nach unten gegen Außenluft	2 DES | 040 14 DI | 035	**≤ 0,23**
DA01 – Flachdach über DG	17 i.M. DAA | 035	**≤ 0,22**
DA02 – Flachdach über 3.OG	17 i.M. DAA | 035	**≤ 0,22**
DA03 – Dachterrasse über EG	17 i.M. DAA | 035	**≤ 0,22**
Lichtkuppel / Lichtband / Oberlicht	Dreischeibenverglasung	**≤ 1,5**
Fenster / Fenstertüren	Dreischeibenverglasung	**≤ 1,0**
Außentüren		**≤ 1,5**

Tabelle 4-1: Bauteilübersicht der thermischen Hüllfläche

Es wird der pauschale Wärmebrückenzuschlag von ΔU_{WB} von 0,10 W/m²K angesetzt (keine detaillierte Wärmebrückenberechnung erforderlich). Gänzlich sind Wärmebrücken nicht zu vermeiden und auch nicht grundlegend kritisch. Sollte es Anschlussdetails / Wärmebrücken geben, die ggf. die raumseitige Oberflächentemperatur beeinträchtigen, dann werden diese gesondert berechnet bzw. nachgewiesen.

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

4.2 Luftdichtheitskonzept

Das GEG sowie die Normen zum Wärmeschutz nach DIN 4108-2 und zum Feuchteschutz nach DIN 4108-3 fordern eine dauerhaft luftdicht ausgeführte Gebäudehülle. Damit sollen unzulässig hohe Tauwasserausfälle infolge Konvektion, unkontrollierte Lüftungswärmeverluste und Störungen der Behaglichkeit vermieden werden.

Nachweis der Luftdichtheit

Die Luftdichtheit muss nach GEG nicht grundsätzlich überprüft werden. Ein Luftdichtheitstest ist bei Nichtwohngebäuden nur dann verpflichtend durchzuführen, wenn im Nachweis für das Effizienzgebäude eine Luftdichtheitsmessung /Kategorie I nach DIN V 18599-2: 2018-099 angesetzt wird. Dabei muss der Luftdichtheitstest gemäß § 26 Absatz 4 GEG jeweils für die Zonen des Gebäudes getrennt durchgeführt werden, für die bei der Bilanzierung der Nachweis der Luftdichtheit berücksichtigt wurde. Alternativ ist die Prüfung des Gesamtgebäudes möglich.
Anders als bei Wohngebäuden, kann bei Nichtwohngebäuden die Wärmerückgewinnung einer raumlufttechnischen Anlage auch dann in der Bilanzierung berücksichtigt werden, wenn kein Luftdichtheitstest durchgeführt wird.

Sollte auf Wunsch des Bauherrn dennoch eine Messung erfolgen, sind automatisch verschließbare Entrauchungs-/Belüftungsöffnungen in Aufzugsschächten, sogenannte „EnEV-Klappen“ erforderlich, siehe nachfolgenden Hinweis.

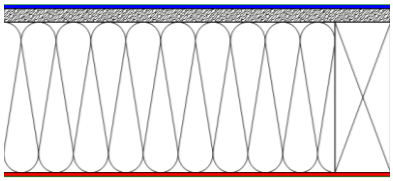
BEACHTE – Nachweisführung Luftdichtheit und Änderungen durch das GEG:
Das bisher nach EnEV herangezogene Verfahren B der technischen Regel DIN EN 13829 zur Luftdichtheitsmessung ließ es zu, dass technisch notwendige Öffnungen wie die Öffnungen zur Rauchableitung im Aufzugsschacht für die Nachweisführung temporär verschlossen werden durften.
Mit dem neuen Gebäudeenergiegesetz (GEG), wird das im nationalen Anhang NA der DIN EN ISO 9972: 2018-12 beschriebene Verfahren 3 für die Nachweisführung durch einen Blower-Door-Test verbindlich. Das Verfahren 3 der DIN EN ISO 9972: 2018-12 Anhang NA sieht u.a. vor, dass: „Fahrschachtbelüftungen von Aufzügen, Rauch- und Wärmeabzug (RWA)“ für die Nachweisführung zu schließen sind, wenn entsprechende Einrichtungen existieren. Fehlen diese Einrichtungen, bleiben die Öffnungen für die Nachweisführung geöffnet, was bei der Nachweisführung der Luftdichtheit der Gebäudehülle ein Problem darstellt, da die Zielwerte dann nicht eingehalten werden können.

Planung und Ausführung der luftdichten Ebene

Bei der Planung ist für jedes Bauteil der Hüllfläche die Art und Lage der Luftdichtheitsschicht festzulegen. Die Anzahl der Durchdringungen der Luftdichtheitsebene ist gering zu halten. Die Länge von Fugen und Anschlüssen ist auf das notwendige Maß zu minimieren.

Das Prinzip der Luftdichtheit:

winddichte Ebene - außenseitig

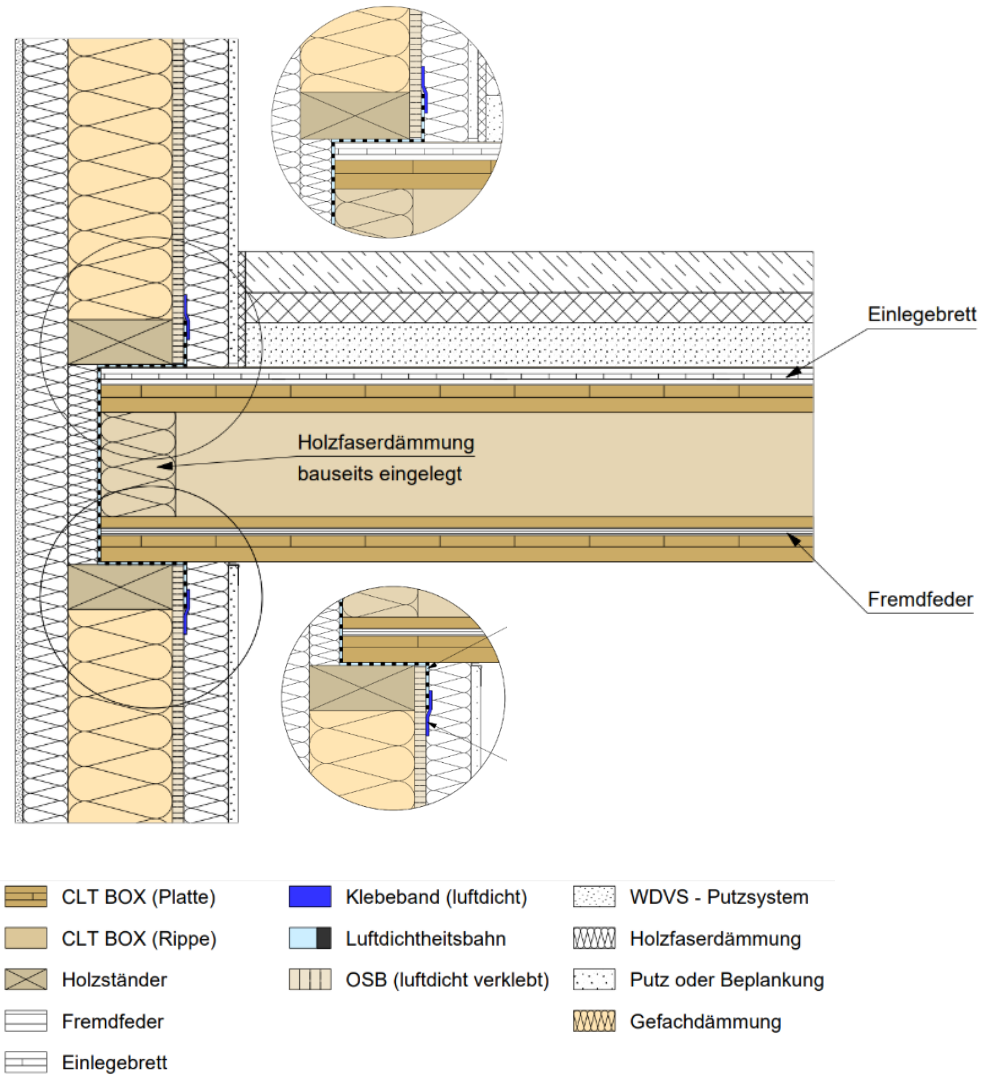


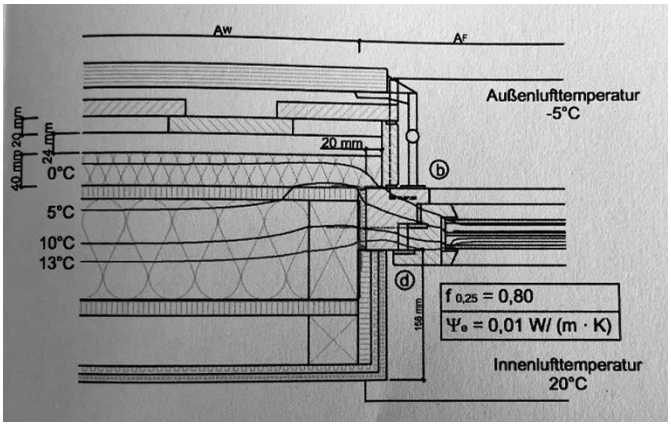
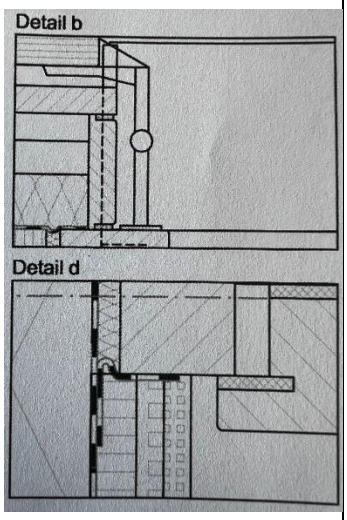
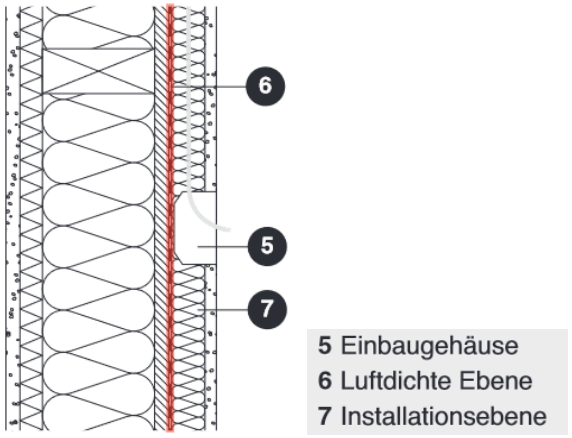
luftdichte Ebene - raumseitig

In der Regel ist die Luftdichtheitsebene (rot) raumseitig der Dämmebene anzuordnen. Hierdurch wird ein Einströmen von (feucht-warmer) Raumluft in die Konstruktion verhindert. Sie darf nicht verwechselt werden mit der Winddichtheitsebene (blau). Diese befindet sich immer auf der Außenseite des Bauteils und dient als Schutz gegen Witterungseinflüsse von außen und Durchströmung mit kalter Luft im Winter. Die Winddichtheit ist nicht Gegenstand der DIN 4108-7. Die außenseitigen Abdichtungen sind nicht Gegenstand dieses Konzeptes und müssen deshalb jeweils nach den geltenden Verordnungen, Normen sowie den anerkannten Regeln der Technik ausgebildet werden.

Die luftdichte Gebäudehülle umfasst alle beheizten (auch indirekt beheizten) Räume des Gebäudes. Sie ist in vertikaler Richtung durch die Außenwände (OSB-Platte oder Dampfbremse) und in horizontaler Richtung durch die Decken und Dächer (Bodenplatte, auskragende Geschossdecke, Flachdächer) definiert. Im Sinne der DIN 4108-7 gelten Stahlbetonbauteile als luftdicht. Der Einbau der Fenster erfolgt nach den anerkannten Regeln der Technik (Abdichtung innenseitig: diffusionsdicht/luftdicht; Abdichtung außenseitig: diffusionsoffen/winddicht).

Um den Anforderungen des GEG und der DIN 4108-7 gerecht zu werden, ist die Luftdichtheit bzw. der lückenlose Verlauf der luftdichten Ebene sorgfältig zu planen, auszuschreiben und auszuführen.

Prinzipskizzen	
Einbindende Geschossdecke (Quelle: schneider-holz.com) BEACHTE: Die luftdichte Ebene ist noch im Bereich der Holzstützen zu detaillieren bzw. definieren!	

Fensteranschlüsse – Fensterlaibung, Fensterbrüstung und -sturz (Quelle: RAL Leitfaden zur Montage von März 2020)	  Die Einhaltung der Grundregel "innen dichter als außen" (bezogen auf die wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke sd) ist stets zu beachten. Dabei haben sich die sogenannten "diffusionsoffenen" Bauweisen besonders bewährt, da sie auch ein Rücktrocknungspotential nach innen zur Verfügung stellen. Die Regel "so diffusionsdicht wie nötig, aber so diffusionsoffen wie möglich" führt bezogen auf die Wasserdampfdiffusion zu dauerhaft trockenen Holzbauteilen mit hohem Trocknungsvermögen (**Richtwert: sd-Wert von > 6$_{innen}$ / 1$_{außen}$**), beispielsweise zur Abführung von Baufeuchte oder geringen Wassermengen aus anderen Quellen.
Elektroinstallationen in Außenwänden (Quelle: luftdicht.info)	

4.3 Sommerlicher Wärmeschutz

Für den Neubau von Gebäuden ist gemäß § 14 GEG für kritische Räume oder Raumgruppen der Nachweis zu führen, dass die Mindestanforderung des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2:2013-02 Abschnitt 8 erfüllt wird.
Der Nachweis zur Einhaltung der Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz ist mindestens für den Raum zu führen, der im Rahmen des Anwendungsbereichs zu den höchsten Anforderungen des sommerlichen Wärmeschutzes führt.

Beim Nachweis nach DIN 4108-2:2013-02 Abs. 8.3 handelt es sich um ein vereinfachtes Nachweisverfahren mit standardisierten Randbedingungen. Es ist nachzuweisen, dass für kritische Räume oder Raumgruppen der maximal zulässige Sonneneintragskennwert S_{zul} nicht überschritten wird. Alternativ kann das Verfahren nach Abs. 8.4 der Norm durch thermische Gebäudesimulation (unter festgesetzten Randbedingungen) und den Nachweis der Einhaltung des zulässigen Anforderungswertes nach Tab. 9 der Norm (Übertemperaturgradstunden) zur Anwendung kommen.

Hinweis:
Der vereinfachte Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2:2013-02 Abs. 8.3 wird wegen der scharfen Anforderungen, die überdies nicht anhand von Messdaten oder Simulationen validiert wurden und daher in der Fachwelt kritisch gesehen werden, oftmals nicht oder nur unter Ansatz einer erhöhten oder hohen Nachtlüftung erfüllt. Aussagen zu den erwarteten Raumtemperaturen sind mit diesem Nachweisverfahren nicht möglich.
Da die Gebäudesimulation nach DIN 4108-2:203-02 Abs. 8.4 nur unter vorgegebenen einheitlichen Berechnungsrandbedingungen geführt werden kann, ist diese ebenso nicht aussagekräftig.
Hinweis: Die Einhaltung der Anforderungen nach DIN 4108-2:2013-02 Abs. 8.3 gewährleistet nicht, dass es zu keinen Raumtemperaturen von mehr als 26 °C kommt.

Der sommerliche Wärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 zielt auf die Begrenzung der Solareinträge und damit der Aufheizung des Gebäudes unter sommerlichen Bedingungen ab. Transparente Außenbauteile ohne Sonnenschutzmaßnahmen können im Sommer eine Überhitzung der Räume bzw. des Gebäudes zur Folge haben!
Daher ist vor **allen transparenten Bauteilen** (Fenstern, Fenstertüren etc.) von Aufenthaltsräumen in Ost-, Süd- und Westausrichtung ist ein **außenliegendes Sonnenschutzsystem** (Fc ≤ 0,30) in Verbindung mit einem Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung von **g ≤ 0,40** vorzusehen.
Das Sonnenschutzsystem ist **automatisch fassadenweise in Abhängigkeit der Solarstrahlung** zu steuern.
Zur Erfüllung der Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 Abs. 8.4 ist keine Nachtlüftung der Aufenthaltsräume erforderlich. Dennoch kann bei Bedarf eine Nachtentwärmung über die geplante Lüftungsanlage erfolgen.

Auch bei den Fluren in den Obergeschossen (Süd-Ost-Ausrichtung) sowie im Eingangsbereich/Aula (Süd-West- und Nord-West-Ausrichtung) kann es bei fehlenden Sonnenschutzsystemen im Sommer zu Überhitzungserscheinungen kommen. Da es sich bei Verkehrsflächen nicht um einen dauerhaften Aufenthaltsbereich handelt, werden keine normativen Anforderungen an den sommerlichen

Wärmeschutz gestellt. Zur Verbesserung der thermischen Behaglichkeit in Fluren empfehlen wir mindestens eine Sonnenschutzverglasung mit einem g-Wert < 0,30. Bei der Auswahl der Verglasung ist auf einen hohen Lichttransmissionsgrad λ ≥ 0,55 zu achten. Aus thermischer Sicht ist jedoch der außenliegende Sonnenschutz stets einer Sonnenschutzverglasung vorzuziehen! Zudem wird empfohlen, auch an den Verkehrsflächen (Flure, Treppenräume) und Aula ausreichende Öffnungsmöglichkeiten vorzusehen, um im Falle einer sommerlichen Überhitzung eine Möglichkeit zur natürlichen Nachtlüftung sicherzustellen.
Horizontale Verglasungen (Lichtbänder, Lichtkuppeln etc.), falls vorhanden, sind mindestens mit einer Sonnenschutzverglasung g-Wert ≤ 0,25 auszustatten.

Vorhandener Sonneneintragskennwert						
Raumgeometrie	Raumlänge:	6,13	m	Klasse 2.040		
	Raumbreite:	10,50	m			
	Nettogrundfläche A_G =	**64,37**	**m²**			
Fensterflächen						
		m²	**g-Wert**	**Fc-Wert**	g_{tot}	
	Fensterfläche vertikal A_W:	16,50	0,40	0,30	0,120	
	Fensterfläche geneigt (0 - 60°) $A_{W,neig}$:				0,000	
	Fensterfläche Nord/verschattet $A_{W,Nord}$:				0,000	
	gesamte Fensterfläche $A_{w,gesamt}$ =	**16,50**				
					S_{vorh} =	**0,031**
Zulässiger Sonneneintragskennwert						
S_1 - Nachtlüftung und Bauart						
	Nutzung:	Nichtwohngebäude				
	Klimaregion:	B				
	Nachtlüftung:	ohne				
	Bauart:	mittel			***S_1 =***	**0,013**
S_2 - Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil					f_{WG} =	0,256
					S_2 =	**0,001**
S_3 - Sonnenschutzglas (g ≤ 0,40)				Anteil Sonnenschutzglas:		1,000
					S_3 =	**0,030**
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°)					***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.)						
					∑ S_{zul} =	**0,044**
Nachweis						
	S_{vorh}		**S_{zul}**			
	0,031	**≤**	**0,044**		**Nachweis erfüllt**	

5 Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Das GEG enthält Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden, die Erstellung und die Verwendung von Energieausweisen sowie an den Einsatz erneuerbarer Energien in Gebäuden. Die frühere EnEV, das EnEG und das EEWärmeG wurden mit dem GEG 2020 zusammengeführt.
Eine weitere Änderung des GEG haben Bundestag und Bundesrat im September 2023 beschlossen. Es wurde am 19. Oktober 2023 im Bundesgesetzblatt verkündet und trat am 1. Januar 2024 in Kraft.

Gem. § 51 darf bei der Erweiterung und dem Ausbau eines Nichtwohngebäuden die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche der Außenbauteile der neu hinzukommenden beheizten oder gekühlten Räume das auf eine Nachkommastelle gerundete 1,25fache der Höchstwerte gemäß der Anlage 3 nicht überschreiten (Bauteilnachweis). Abweichend hiervon sind in Fällen, bei denen die hinzukommende zusammenhängende Nutzfläche mehr als 100 % der Nutzfläche des bisherigen Gebäudes beträgt, die Anforderungen nach den §§ 18 und 19 einzuhalten (Gebäudebilanz).

	Nettogrundfläche A_{NGF}
Bestand	5.122 m²
Erweiterung	1.868 m²
	6.990 m²

Laut Aussage des Bauherrn soll kein erhöhter Energiestandard, z.B. Effizienzgebäude 40 (EG40) gem. KfW, erreicht werden.

Es wird daher von § 51 GEG Gebrauch gemacht. Jedoch werden die U-Werte gem. den Referenzbauteilen für einen Neubaustandard ausgelegt (nach Anlage 3).

Vorläufige Ergebnisse GEG

Die Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes 2024 sind erfüllt.

Mittlere U-Werte [W/(m²K)]	Ist-Wert	Soll-Wert	% vom Soll-Wert
Opake Außenbauteile (>= 19 °C)	0,22	0,28	78,6 %
Transparente Außenbauteile (>= 19 °C)	1,0	1,5	66,7 %
Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln (>= 19 °C)	1,5	2,5	60,0 %