



**CLIMATE
ARCHITECTURE
PHYSICS
ENERGY**

Projekthandbuch Bauphysik LPH

Datum	15.05.2026
Objekt	23018 Walter-Erbe-Schule BA1 Aufstockung und Sanierung
Bauherrschaft	Universitätsstadt Tübingen Fachabteilung Hochbau Brunnenstraße 3 72074 Tübingen
Architekt	Hähnig I Gemmeke Architekten und Stadtplaner Partnerschaft mbB Katharinenstraße 29 72072 Tübingen

C A P E
Binder Hillnhütter Deisinger
Architekt und Beratende Ingenieure PartGmbB

Büro Schwäbisch Hall
Obere Herrngasse 17, 74523 Schwäbisch Hall
T: +49 (0)791 20213400

Büro Esslingen am Neckar
Rathausplatz 7, 73728 Esslingen
T: +49 (0)711 23430280

Büro Kirchheim am Neckar
Friedhofstraße 44, 74366 Kirchheim a.N.
T: +49 (0)7143 3309460

www.cape-ingenieure.de
mail@cape-ingenieure.de

PR720434
Amtsgericht Stuttgart

Geschäftsführung:
Prof. Dipl.-Ing. Markus Binder
Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Hillnhütter
B.Eng. Bauphysik Florian Deisinger

UST-ID: DE 292230931

GLS Bank
IBAN: DE55 4306 0967 7031 6924 00
BIC: GENODEM1GLS

Inhalt

Einleitung	3
Themenbereiche	4
Projektbeschreibung	5
Konzept Haustechnik	6
Wärmeschutz	7
Thermische Behaglichkeit	11
Feuchteschutz und Wasserdichtigkeit	15
Lüftung	20
Schutz vor Außenlärm	21
Schutz vor Innenlärm	24
Schutz vor Geräuschen aus haustechnischen Anlagen	36
Raumakustik	43
Vom Gebäude ausgehende Lärmemission	49

Anlagen

01 23018_Wärmeschutz_Bauteilkatalog_20260506
02 23018_Wärmeschutz_Bauteilzuweisung_20260430
03a 23018_PHPP Nachweis Aufstockung_20260506
03b 23018_PHPP Nachweis Sanierung_20260506
04 23018_Wärmebrücken_20260506
05 23018_Sommerl Wärmeschutz_Berechnung_20260506
06 23018_Bauakustik_Anforderungen_20231005
07 23018_Schallschutznachweis_20241001
08 23018_Raumakustik_Anforderungen_20231005
09 23018_Raumakustik_Berechnung_20260326

Einleitung

Das Projekthandbuch dient zur Information über die im vorliegenden Projekt bauphysikalisch relevanten Aufgabenbereiche, welche im Rahmen der Leistungsphase I bis VII von CAPE bearbeitet werden.

Ziele der Planung sind das Wohlbefinden des Nutzers sowie eine bauphysikalisch korrekte Ausführung des Gebäudes im Hinblick auf Schadensfreiheit, Ökologie und Wirtschaftlichkeit. Hierzu gelten die Anforderungen der maßgeblichen Normen und Gesetze sowie die Vorgaben der Bauherrschaft.

Im Projekthandbuch sind die entsprechenden Anforderungen aufgeführt und die für ihre Erfüllung erforderlichen Ausführungsarten und Bauteilqualitäten definiert. Die aufgeführten Angaben sind als Wegleitung und Übersicht für Architekt, Bauherrschaft und beteiligte Fachplaner zu verstehen und werden durch die jeweiligen Fachberichte (siehe aufgeführte Anlagen Seite 2) komplettiert. Die in diesem Dokument gemachten Angaben sind nicht für die direkte Übernahme einzelner Abschnitte in die Ausschreibungsunterlagen angefertigt.

Bei divergierenden Anforderungen in den Unterlagen von CAPE ist jeweils die höhere Qualitätsstufe anzuwenden.

Das Projekthandbuch wird parallel zum Voranschreiten der Planung aktualisiert. Gültig ist jeweils die neueste Fassung. Bei Teilberichten, welche nach der letzten Aktualisierung des Projekthandbuches entstanden sind, haben die darin enthaltenen Angaben Vorrang.

Version	Änderungen / Ergänzungen
15.05.2026	Erstfassung LPH 5

Themenbereiche

Folgende Themenbereiche werden von CAPE bearbeitet und sind in diesem Projekthandbuch erläutert:

Wärmeschutz

- Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen zum Mindestwärmeschutz (DIN 4108) und zum energiesparenden Bauen (GEG)
- Empfehlungen zur thermischen Behaglichkeit
- Erfüllung über die gesetzlichen Anforderungen hinausgehender energetischer Standards: Passivhausstandard nach Energieleitlinie der Stadt Tübingen (Nachweisführung PHPP)

Feuchteschutz

- Überprüfung der Bauteile im Hinblick auf Tauwasserausfall an der Oberfläche oder im Bauteil
- Empfehlungen zum luftdichten Bauen

Schallschutz

- Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen (DIN 4109)
- Erfüllung über die gesetzlichen Anforderungen hinausgehender erhöhten Anforderungen: erhöhter Schallschutz nach DIN 4109 Beiblatt 2

Raumakustik

- Vorgaben für raumakustische Maßnahmen ausgewählter Raumzonen (DIN 18041)

Folgende Themenbereiche werden von CAPE bei diesem Projekt nicht bearbeitet und sind dementsprechend nicht im Projekthandbuch berücksichtigt:

Feuchteschutz

- Planung von Abdichtungsmaßnahmen

Brandschutz

Tageslicht

Projektbeschreibung

Allgemein	Beim vorliegenden Objekt handelt es sich um die Sanierung und Aufstockung der Walter-Erbe-Schule in Tübingen im 1.Bauabschnitt.
Räumliche Aufteilung	EG: Bestand mit Lehrküche, Technik-Klassenräumen und flexible Klassenräumen 1.OG: Technikräume (Lüftung, etc.) 2.OG: Fachklassenräume und Vorbereitungsräume
Bauweise	Bestand: Stahlbeton-Massivbau; Erweiterung: Holzbau (Holzrahmenwände und Holzmassivdach)
Wärmeschutz / Energetischer Standard	Nichtwohngebäude nach Energieleitlinie Stadt Tübingen Die thermische Hülle umfasst das gesamte Gebäude. Es liegen keine unbeheizten Räume außerhalb des Dämmperimeters vor.
Schallschutz	Es gibt keinen relevanten Außenlärm. Es liegen mehrere Nutzungseinheiten vor. Raumakustische Auslegung der Klassenräume und Flure. Lärm von haustechnischen Anlagen.
Haustechnik	Manuelle Fensterlüftung und mechanische Zu- und Abluft Lüftungsanlage für Klassenzimmer mit 80% WRG Abluftanlage für Digestorium und Giftschränk Wärmeerzeugung: Fernwärme Brauchwasser: Dezentrale Warmwasserbereitung für EG und OG mit Durchlauferhitzer (kein Einfluss für GEG-Nachweis) Heizwärmeübergabe: - Bestand: besteh. Heizkörper und teilw. neue Heizkörper - Erweiterung: Fußbodenheizung Erneuerbare Energiequellen: Photovoltaikanlage

Konzept Haustechnik

Allgemein

Die haustechnischen Anlagen haben maßgeblichen Einfluss auf den Primärenergiebedarf des Gebäudes und sind deshalb eine wesentliche Eingangsgröße für den durch uns erstellten PHPP- und GEG-Nachweis. Maßgebliche Änderungen bzw. Abweichungen der nachfolgend beschriebenen Haus- und Anlagentechnik müssen CAPE deshalb unverzüglich mitgeteilt werden.

Die nachfolgenden Grundlagen Haustechnik wurden von Ingenieurbüro Weingärtner am 13.10.2023 bestätigt und sind im Zuge der LPH 5 erneut abgeglichen worden.

Lüftung

Kombination aus manueller Fensteröffnung und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung in den Klassenzimmern
 Zu- und Abluftanlage: Eta-WRG = 80 %; Max. 25 m³/h/Person
 Lüftungsanlage auch für 2-facher Nachtluftwechsel einsetzbar (erforderlich für Nachtlüftung zur Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes)
 zusätzlich manuelle Fensterlüftung durch Nutzer möglich

Wärmeerzeugung

Heizung: Fernwärme mit Primärenergiefaktor $f_p = 0,42$
Brauchwasser: Dezentrale Warmwasserbereitung für EG und OG mit Durchlauferhitzer (kein Einfluss für GEG-Nachweis).

Heizwärmeübergabe

Erweiterung (2.OG): Fußbodenheizung (40/32°C) Einzelraumregelung mit witterungsabhängiger Vorlauftemperaturregelung und Zeitschaltung
 Bestand (EG): Heizkörper (60/40°C), wo bestehend Einzelraumregelung, alle neuen Heizkörper bekommen thermostatische Regulierventile mit Feststellvorrichtung

Kühlung

Alle Räume ohne aktive Kühlung

Kälteverteilung

keine

Erneuerbare Energiequellen

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen
 Stromangebot aus Photovoltaikanlage ≥ 64 kWp (Angabe Herr Riederer, Stand 30.03.2026), vorrangig im Gebäude genutzt. Strombedarf für Luftförderung, Wärmepumpe, Beleuchtung und Hilfsenergie

Wärmeschutz

Grundlagen Nichtwohngebäude

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) legt fest, wieviel Energie ein Gebäude für seinen Betrieb verbrauchen darf und welche Qualität seine wärmedämmende Hülle aufweisen muss. Der rechnerische Nachweis dafür erfolgt nach den Vorgaben von DIN V 18599. Zur Einhaltung des GEG sind vier Hauptkriterien zu erfüllen:

- die Qualität der thermischen Gebäudehülle
- der maximale Primärenergiebedarf
- der Sommerliche Wärmeschutz
- sowie ein Mindestanteil an erneuerbaren Energien.

Qualität der thermischen Gebäudehülle – kompletter Neubau

Bei Nichtwohngebäuden ist eine Betrachtung aller opaken Hüllbauteile vorzunehmen und getrennt davon eine Betrachtung der transparenten Hüllbauteile. Für beide Bauteilgruppen sind maximal zulässige mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) festgelegt, die nicht überschritten werden dürfen.

Gemäß GEG, Anlage 3, dürfen die Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche eines zu errichtenden Nichtwohngebäudes bei Zonen mit einer Soll-Raumtemperatur (Heizfall) von $\geq 19^\circ\text{C}$ die folgenden Werte im Mittel der jeweiligen Bauteile nicht überschreiten:

opake Außenbauteile	$U_{\text{max}} = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
transparente Außenbauteile	$U_{\text{max}} = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Vorhangfassade	$U_{\text{max}} = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppel	$U_{\text{max}} = 2,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Erweiterung

Gemäß GEG §51, Absatz 1, dürfen die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche von neu hinzukommenden beheizten Räumen, bei Erweiterung oder Ausbau eines bestehenden Gebäudes, das 1,25-fache der Höchstwerte gemäß der Anlage 3 nicht überschreiten. Dies trifft nur bei einer hinzukommenden zusammenhängenden Nutzfläche von $<100\%$ zu. Wenn die hinzukommende zusammenhängende Nutzfläche $>100\%$ beträgt sind die Anforderungen an einen Neubau gemäß Anlage 3 einzuhalten.

Bestand

Wenn an einem bestehenden Gebäude Außenbauteile wie Dach, Fassade oder Fenster erneuert oder ersetzt werden, müssen diese die in Anlage 7 festgelegten Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) einhalten – außer es betrifft weniger als 10 % der jeweiligen Bauteilfläche.

Maximaler Primärenergiebedarf

Der maximal zulässige Primärenergiebedarf des Gebäudes wird durch das sogenannte Referenzgebäudeverfahren ermittelt. Dabei wird dem geplanten Gebäude ein fiktives Gebäude gleicher Geometrie, Orientierung und Nutzung mit in der GEG vorgegebenen Ausführungsqualitäten der Gebäudehülle und Haustechnik gegenübergestellt. Es ist nachzuweisen, dass der Primärenergiebedarf des geplanten Gebäudes maximal 65 % (aktueller Stand April 2024, novelliertes Gebäudeenergiegesetz GEG 2024, Inkrafttreten ab 1. Januar 2024) gegenüber dem des Referenzgebäudes beträgt.

Nachweis der Nutzung erneuerbare Energien zur Wärme und Kälteerzeugung

Das GEG 2024 verpflichtet in § 10 Absatz 2 Nummer 3, bzw. § 71 Absatz 1, den Wärmeenergiebedarf für neu zu errichtende Gebäude mit mindestens 65 % erneuerbaren Energien zu decken.

Sommerlicher Wärmeschutz

Entsprechend GEG § 14 ist ein Nachweis zur Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes für Aufenthaltsräume entsprechend DIN 4108-2:2013-02 zu führen.

Anforderungen

Der Bauantrag wurde am 24.09.2024 eingereicht. Damit gelten für das Objekt hinsichtlich des Wärmeschutzes und der Energieeinsparung die folgenden öffentlich-rechtlichen Anforderungen:

Gebäudeenergiegesetz (GEG) 2024 für Neubauten, Nichtwohngebäude

Qualität der thermischen Gebäudehülle

Die in Anlage 1 aufgeführten Hüllbauteile erfüllen die Anforderungen an die thermische Gebäudehülle.

Maximaler Primärenergiebedarf

Das Gebäude erfüllt im Zusammenspiel von Gebäudehülle (Anlage 1) und haustechnischem Konzept (Seite 6) die Anforderung an den maximalen Jahres-Primärenergiebedarf gemäß dem Gebäudeenergiegesetz (GEG).

Der Anlage 2 sind die jeweiligen Flächenzuweisungen und die angesetzte Zonierung zu entnehmen.

Nachweis der Nutzung erneuerbare Energien (Heizungsanlage)

Die Anforderung an die Nutzung erneuerbaren Energien wird über den Anschluss an das Fernwärmenetz erfüllt. Nach § 71b GEG liegt die Verantwortung für die Einhaltung der Anforderungen an den Anteil erneuerbarer Energien bei einem Wärmenetzanschluss beim Wärmenetzbetreiber, der dem Gebäudeeigentümer die Erfüllung schriftlich zu bestätigen hat. Die Zuständigkeit für Planung und Ausführung liegt beim Ingenieurbüro Weingärtner.

Sommerlicher Wärmeschutz

Siehe Kapitel Thermische Behaglichkeit -> Sommerlicher Wärmeschutz.

Photovoltaikpflicht Baden-Württemberg

Seit dem 1. Januar 2022 besteht bei Neubauten im Nichtwohnbereich und für neue offene Parkplätze mit mehr als 35 Stellplätzen die Pflicht, eine Photovoltaikanlage zu installieren. Die Photovoltaikpflicht ist in den Paragraphen 8a bis 8c des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg (KSG BW) geregelt. Diese grundsätzlichen Bestimmungen des baden-württembergischen Klimaschutzgesetzes werden durch die Photovoltaik-Pflicht-Verordnung (PVPf-VO) des Umweltministeriums konkretisiert und ergänzt. Die Auslegung und Nachweisführung liegt im Verantwortungsbereich des Architekten und des Fachplaners für Elektrotechnik.

Über das GEG hinausgehende energetische Anforderungen

Anforderung Energieleitlinien der Stadt Tübingen

Für das vorliegende Bauvorhaben gelten über das GEG hinausgehende energetische Anforderungen welche durch die Energieleitlinien der Stadt Tübingen definiert sind. Demnach haben die Planung und Ausführung auf Berücksichtigung des Passivhaus-Standards zu erfolgen. Der Nachweis erfolgt durch Vorlage des Passivhaus Projektierungs-Paket (PHPP – Ermittlung Heizwärmebedarf)

des Passivhaus-Instituts in Darmstadt (keine PHI-Zertifizierungsverpflichtung).

Die Einhaltung der Anforderungswerte können mit der aktuellen Planung nicht erfüllt werden. Dies wurde im Zuge der LPH 2 und 3 zwischen Herr Vormschlag (Hochbauamt Stadt Tübingen), Herr Härtner (Energiemanager Stadt Tübingen), HG-Architekten und CAPE abgestimmt. Eine entsprechende Weiterführung und Detailierung soll in der LPH 5 und nach Fertigstellung des Gebäudes erfolgen.

Randbedingungen der
Berechnungen

Gebäudehülle

Siehe Anlage 1 und 2.

Wärmebrückenzuschlag

Im Nachweis wurde ein Wärmebrückenzuschlag von $\Delta U_{WB} = 0.026$ W/m²K angesetzt. Dieser Wärmebrückenzuschlag ist der resultierende Wert über alle Wärmebrücken der Erweiterung. Die Details sind in Anlage 4 dokumentiert.

*Luftwechsel /
Luftdichtigkeit*

Es wurde ein Luftwechsel nach Kategorie I, mit Dichtheitsprüfung angesetzt ($n_{50} = 1 \text{ h}^{-1}$) gemäß DIN 18599-Bilanzierung angesetzt.

Darüber hinausgehend, ist bei der PHPP-Bilanzierung (Energieleitlinie) ein $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ berücksichtigt.

Eine messtechnische Überprüfung (Blower-Door-Messung) des Grenzwertes der Luftdichtigkeit ist erforderlich.

Thermische Behaglichkeit

Grundlagen

Im Interesse einer hohen Nutzerzufriedenheit soll das Gebäude thermische Bedingungen gewährleisten, die sinnvoll auf die zu erwartenden Aktivitäten und die Art der Bekleidung abgestimmt sind und von einer Mehrzahl der Nutzer als angenehm wahrgenommen werden. Neben den Raumluft- und Oberflächentemperaturen sind hierbei v.a. Luftbewegungen zu berücksichtigen.

Sommerlicher Wärmeschutz

Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz sind in DIN 4108-2:2013-02 formuliert. Die Norm definiert ein zulässiges Maß, um das in Aufenthaltsräumen eine vom Standort innerhalb Deutschlands vorgegebene Bezugstemperatur überschritten werden darf. Der Nachweis kann durch eine thermische Simulation oder das Sonneneintragskennwert-Verfahren geführt werden. Während das Sonneneintragskennwert-Verfahren von stationären Randbedingungen mit entsprechenden Sicherheitszuschlägen ausgeht, kann die thermische Simulation das Nutzverhalten und die bauliche Situation individuell abbilden. Der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes und eine Beurteilung der thermischen Behaglichkeit ist somit auch bei Raumtypen möglich, welche sich nicht oder nur schwer mit dem Sonneneintragskennwert-Verfahren nachweisen lassen.

Für vorliegenden Neubau wurde das Sonneneintragskennwert-Verfahren zur Nachweisführung gewählt.

In Abhängigkeit vom Glasanteil, von der Fassadenorientierung, von der Bauweise (Wärmekapazität), von der Möglichkeit einer Nachtlüftung und/oder passiven Kühlung und von der möglichen Verwendung eines Sonnenschutzglases werden über das Sonneneintragskennwert-Verfahren Anforderungen an den resultierenden Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) der Verglasungen gestellt.

Der Standort Tübingen liegt in der Klimaregion A; die Bezugstemperatur damit bei 25°C.

Für folgende, exemplarisch untersuchten Räume, wurde der Nachweis mit dem Sonneneintragskennwert-Verfahren geführt:

- Sammlung Biologie/Chemie, 2.OG
- Fachklassenraum NWT, 2.OG
- Zusatzklassenraum, EG

Die Anforderungen nach DIN 4108-2 werden bei den untersuchten Räumen eingehalten. Es müssen dafür die folgenden Maßnahmen umgesetzt werden:

- erhöhte Nachtlüftung (2 l/h) mittels Lüftungsanlage; siehe Lüftungskonzept
- 2.OG:
Wärmeschutzverglasung mit $g \leq 0,52$
- 1.OG:
Wärmeschutzverglasung mit $g \leq 0,52$
- Zusatzklasse im EG:
Sonnenschutzverglasung mit $g \leq 0,36$
- restliche Fenster im EG:
Wärmeschutzverglasung mit $g \leq 0,52$
- 2.OG: außenliegender Sonnenschutz -> Raffstor mit $F_c \leq 0,15$
- 1.OG: -> ohne außenliegenden Sonnenschutz
- Zusatzklasse im EG: -> Raffstor, ohne F_c -Anforderung
- EG: außenliegender Sonnenschutz -> Raffstor mit $F_c \leq 0,20$

Die angesetzten Maßnahmen gelten für alle Aufenthaltsräume des Gebäudes.

Die Anforderungen der DIN 4108-2:2013-02 gelten für Aufenthaltsräume. Darüberhinausgehend kann eine Optimierung der Maßnahmen zum Schutz einer Überhitzung für „nicht-aufenthalts“ Zonen sinnvoll sein. Dies betrifft aufgrund der großen Verglasungsflächen z.B. das Treppenhaus und den Flur im 2.OG. Es wird die Ausführung von Sonnenschutzglas (g -Wert $\leq 36\%$) in Kombination mit großen offenbaren Verglasungen zum Querlüften im Treppenhaus empfohlen. Für den Flurbereich wird eine Ausführung der Flachdachfenster mit Sonnenschutzglas (g -Wert $\leq 34\%$) empfohlen.

Trotzdessen wird es vermutlich zeitweise zu erhöhten Temperaturen kommen. Für eine detaillierte Prüfung der Temperaturen kann eine thermische Simulation durchgeführt werden.

Weitere Angaben zu den Eingangsdaten, Raumgeometrie usw. sind in der Anlage 05 zu diesem Projekthandbuch dargestellt.

Thermische Behaglichkeit im Winter

Alle opaken Bauteile halten den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 ein und orientieren sich in ihren Wärmedurchgangskoeffizienten am Referenzgebäude des GEGs. Ihre raumseitigen Oberflächentemperaturen liegen damit auch bei kalten Außentemperaturen nur geringfügig unter der Raumtemperatur, was eine gleichmäßige, als angenehm empfundene Temperaturwahrnehmung gewährleistet.

Hinsichtlich der Luftdichtheit der Gebäudehülle sind die Vorgaben von DIN 4108-7:2011 zu beachten. Auf diese Weise können unbehagliche Zugerscheinungen durch eindringende Außenluft verhindert werden.

Folgende Bereiche sind gesondert zu beachten und mit geeigneten Maßnahmen zu lösen.

Raumhohe Verglasungen:

Großflächige und v.a. sehr hohe Glasfassaden können im Winter zu unbehaglichen Situationen führen, da sie kältere Oberflächentemperaturen aufweisen als gut gedämmte Außenwände. Dadurch kühlt sich die mit ihnen in Kontakt stehende Raumluft ab, wird schwerer und sinkt zu Boden, wo sie ins Rauminnere weiterfließt. Je nachdem wie schnell die Luft dabei wird, kann das - insbesondere im Nahbereich der Fassade - als unangenehme Zugerscheinung wahrgenommen werden.

Während in fassadennahen Bereichen, die auch für längerfristigen Aufenthalt vorgesehen sind, hohe Qualitätsanforderungen an die Behaglichkeit zu stellen sind, können bei reinen Erschießungszonen Abstriche in Kauf genommen werden.

Zur Vermeidung eines störenden Kaltluftabfalls werden folgende Maßnahmen empfohlen:

- U-Wert der Verglasung: $U_g \leq 0.60 \text{ W/m}^2\text{K}$ (in



Abhängigkeit von der Verglasungshöhe)

- oder Anordnung von örtlichen Heizkörpern, bzw. Bodenkonvektoren.

Bei vorliegendem BV sind die raumhohen Verglasungen mit einem U-Wert der Verglasung $U_g \leq 0.60 \text{ W/m}^2\text{K}$ auszuführen.

Feuchteschutz und Wasserdichtigkeit

Wasserdichtigkeit Die Definition der Maßnahmen zur Wasserdichtigkeit der Außenbauteile gegenüber eindringender Feuchte durch drückendes oder nicht drückendes Wasser, liegt im Verantwortungsbereich des Tragwerkplaners oder, sofern vorhanden, des zuständigen Fachplaners.

Schlagregendichtigkeit Alle Fassadenkonstruktionen müssen schlagregendicht ausgeführt werden. Die Verantwortung für die entsprechende Ausführung inkl. Fenster- und Dachrandanschlüsse liegt im Verantwortungsbereich des Fassadenplaners bzw. Unternehmers.

Oberflächenkondensat in beheizten Räumen Der geplante Wärmeschutz der Außenbauteile muss den Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2: 2013-02 entsprechen, um bei den zu erwartenden Raumklimata Schadensfreiheit in Bezug auf Oberflächenkondensat zu gewährleisten (Anforderungen Aufstockung).
Zur Einhaltung der Schadensfreiheit sind CAPE konstruktive Wärmebrücken zur Kontrolle vorzulegen, sowie eine dauerhaft luftdichte Gebäudehülle mit Dichtheitsschicht auf der warmen Seite der Wärmedämmung zu garantieren. Um einen Feuchteintrag in die Konstruktion zu vermeiden, sind dauerhaft dichte An- und Abschlüsse erforderlich. Sämtliche Durchdringungen von warm (innen) nach kalt (außen oder unbeheizt) müssen nach Vorgaben der DIN 4108-7:2011-01 luftdicht ausgeführt werden.
Es sind die Detail gemäß Anlage 05 zu berücksichtigen und bei Abweichungen CAPE zu informieren.

Aufstockung / Neubau:

Die Anschlussdetails von Wohnräumen und Räumen mit wohnähnlicher Nutzung müssen hinsichtlich möglicher Wärmebrücken so ausgelegt werden, dass der Bemessungs-Temperaturfaktor für die raumseitige Oberfläche ($f_{Rsi,min}$) ≥ 0.70 ist (Vermeidung von Schimmelpilzbildung, DIN 4108-3:2018). Entscheidend für die Einordnung der Raumnutzung in eine wohnähnliche Nutzung ist eine relevante Feuchteproduktion innerhalb des Raumes, z.B. durch:

- längeren Aufenthalt von Personen
- Duschen / Kochen
- Wäsche aufhängen
- Gefäße u. Behälter mit maßgeblichen Verdunstungsmengen

(z.B. Pflanzentöpfe, Aquarien)

Resultierend liegt die absolute Feuchte der Raumluft langfristig über der absoluten Feuchte der Außenluft (bestehendes Risiko für Oberflächenkondensat / Schimmelpilzbildung).

Bestand:

Im Bestand können die zuvor angesetzten Randbedingungen und Vorgaben der DIN 4108-3:2018 nicht eingehalten werden. In Abstimmung mit dem Denkmalamt und der Objektplanung wurden Details zur Verbesserung der aktuellen Situation entwickelt und auf eine zu erwartende Raumluftfeuchte bezogen durch CAPE beurteilt.

Die Nachfolgenden Randbedingungen wurden für die Beurteilung angesetzt:

Exemplarischer Raum: Zusatzklasse, EG, Bestand

Nutzer: 31 Personen

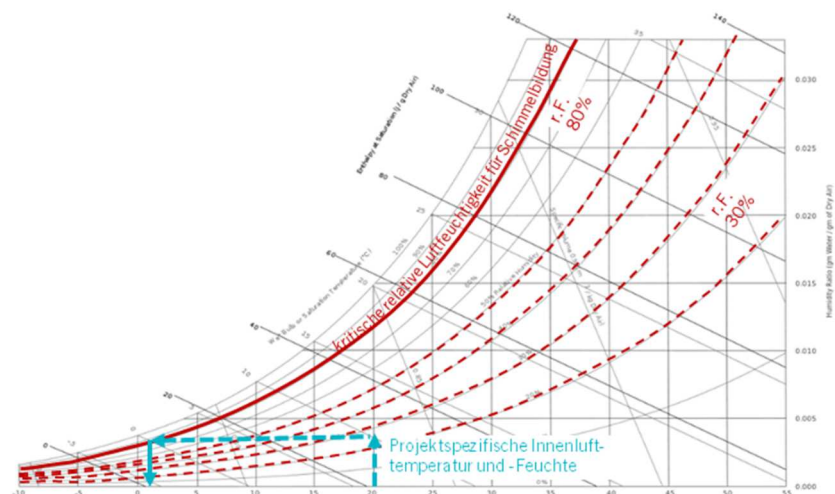
Belegung: 10 Std./Tag

Feuchtelasten: 419 g/h (30 g/Std./Pers

+ 31 g/Std. aus Experimente)

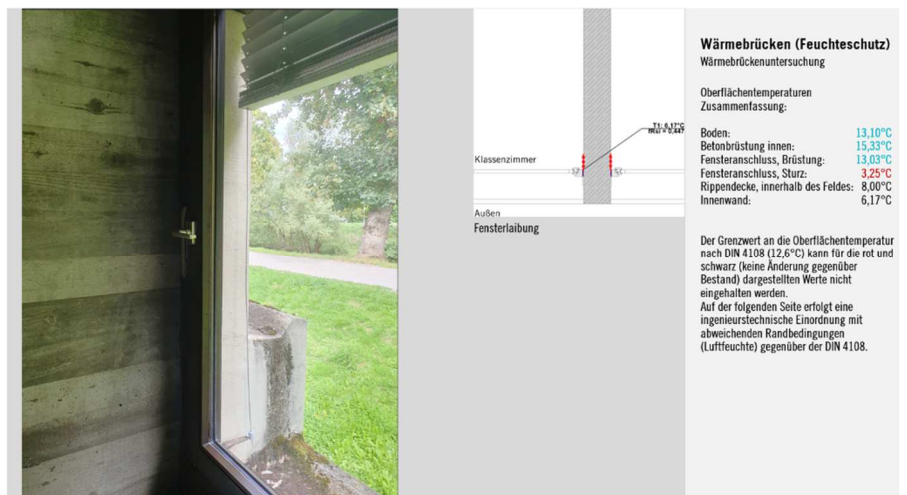
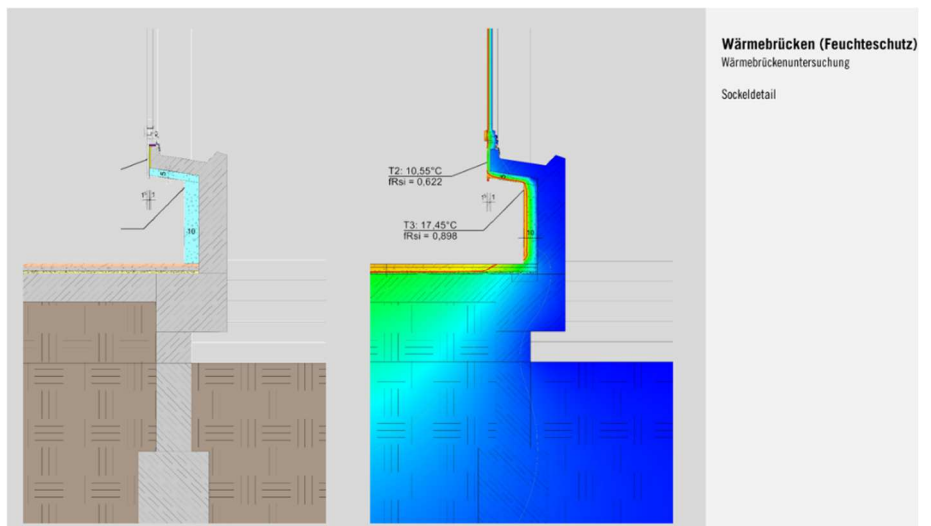
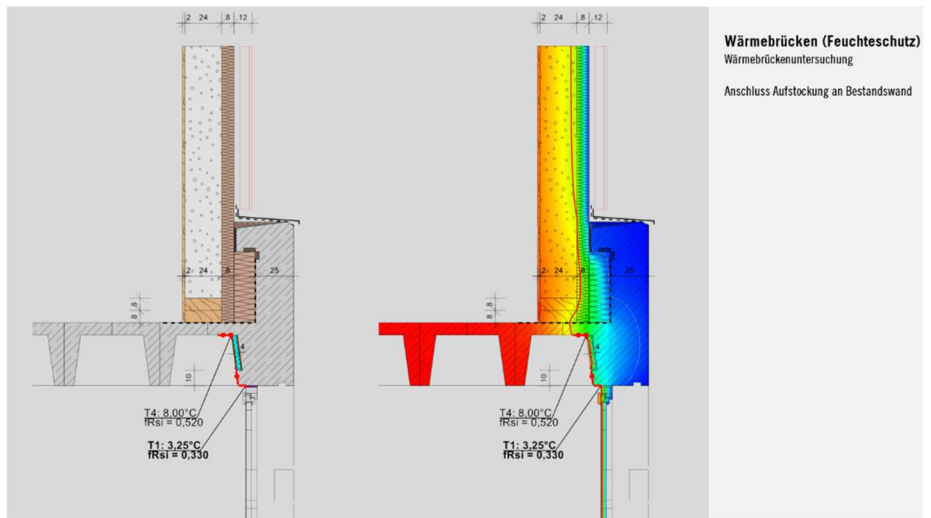
Luftwechsel: 2,61 1/Std. (nach Auslegung der RLT)

Die Feuchtebilanz ergibt bei einer Innentemperatur von 20°C eine relative Feuchtigkeit von 23,3%.



Unter dieser Annahme entspricht die kritische Oberflächentemperatur für Schimmelpilzbildung ca. 0,6°C.

Auf dieser Basis wurden die Details optimiert und entsprechende Sanierungsvarianten definiert.



Im Bereich der Stahlbeton-Innenwände, welche auf die Fassade laufen, wird es aus konstruktiven Gründen keine Anpassung / Flankendämmung geben.

Sonderzonen

Bei belüfteten und beheizten oder indirekt beheizten Räumen ohne relevante Feuchteproduktion besteht ein Kondensatrisiko nur kurzzeitig bei raschen klimatischen Änderungen (z.B. Witterschwung auf feuchtwarm). Die Anforderungen von DIN 4108-3:2018 (Wohnnutzung) an den Temperaturfaktor müssen dort deshalb nicht zwingend eingehalten werden. Bezogen auf das konkrete Projekt betrifft das insbesondere die folgenden Räume:

- Technikräume im 1. Obergeschoss

Bauteilanschlüsse sind in diesen Räumen dementsprechend thermisch einfacher ausgeführt als in regulär konditionierten Bereichen, was im Hinblick auf den Feuchteschutz ausreichend ist, solange die geplante Nutzung beibehalten wird, ggf. aber erhöhte Wärmeverluste zur Folge hat.

Luftdichtheit

Zur Vermeidung von unbehaglichen Zugerscheinungen, unnötigen Wärmeverlusten und Feuchteschäden innerhalb der Bauteile ist eine dauerhaft luftdichte Gebäudehülle zu gewährleisten. Die luftdichte Ebene wird in der Erweiterung wie folgt erreicht:

- OSB-/Holzwerkstoff-Platte mit verklebten Stößen und Abklebungen zu den angrenzenden Bauteilen (Decke, Dach, Fenster etc.)

Die luftdichte Ebene wird im Bestand wie folgt erreicht:

- Stahlbeton mit Abklebungen / Multifunktionsband (Achtung, Verwendung geeignetes Dichtband verwenden -> Einbau nach RAL) zu angrenzenden Bauteilen

Prinzipiell ist zu beachten:

- Materialstöße, Durchdringungen und Anschlüsse an benachbarte Bauteile gem. Ausführungsvorschläge DIN 4108-7:2011
- Bei raumseitigen Vorsatzschalen / Installationswänden muss die Luftdichtheit hinter der Installationsebene gewährleistet sein, z.B. durch Verputzen des Mauerwerks / Abkleben im Holzbau. Entsprechende Arbeitsschritte sind vor Einstellung der Installationswand auszuführen.



Baufeuchte / Baukontrolle Der beim Bau entstehenden Baufeuchte ist genügend Trocknungszeit zu gewährleisten. Bei der Bauausführung ist auf eine fachgerechte Ausführung der geplanten Luftdichtheitsmaßnahmen seitens der Bauleitung zu achten.

Lüftung**Grundlage**

Die Lüftung des Gebäudes dient der Abfuhr von CO₂, Schad- und Geruchsstoffen und Feuchtigkeit sowie der Versorgung mit Sauerstoff. Sie kann natürlich, durch das Öffnen von Fenstern, oder mechanisch mithilfe von Lüftungsanlagen erfolgen.

Zur Vermeidung unnötiger Wärmeverluste sollte die Lüftung im Winter auf das hygienisch notwendige Mindestmaß reduziert werden. Im Sommer kann eine erhöhte Lüftung zur Kühlung genutzt werden, wenn die Außentemperatur unter der Raumlufttemperatur liegt. Insbesondere bei massiven Gebäuden bietet eine Durchspülung der Räume mit kühler Nachtluft die Möglichkeit, die Speichermassen des Gebäudes thermisch zu entladen, so dass diese tagsüber wieder Wärme aufnehmen können und so dazu beitragen, eine Überhitzung des Gebäudes zu verhindern (siehe „sommerlicher Wärmeschutz“).

Konzept

Die Bauherrschaft hat sich für eine Kombination aus manueller Fensteröffnung und Unterstützung durch mechanischer Zu- und Abluft in den Klassenräumen entschieden.

Die Sanitärräume werden ebenfalls mit Zu- und Abluft aus der Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung versorgt.

Die Erstellung eines Lüftungskonzepts und entsprechender Planung der erforderlichen Maßnahmen liegt bei Fachplaner für Gebäudetechnik.

Nachtlüftung

Im Hinblick auf den sommerlichen Wärmeschutz müssen die Räume mit der Möglichkeit zur Nachtlüftung ($n = 2\text{h}^{-1}$) ausgestattet werden (siehe sommerlicher Wärmeschutz).

Im Hinblick auf den sommerlichen Wärmeschutz sollten verschiedene Räume mit der Möglichkeit zur natürlichen Nachtlüftung ausgestattet werden. In den folgenden Räumen muss ein nächtlicher Luftwechsel von mindestens $n = 2\text{h}^{-1}$ über die Lüftungsanlage realisiert werden können:

- Alle Räume im 2. Obergeschoss (außer Flur, Treppenhaus und Putzraum)
- Zusatzklasse 6, Erdgeschoss

Schutz vor Außenlärm

Grundlagen

Um die Belästigungen durch Außenlärm auf ein vertretbares Maß zu reduzieren, stellt die DIN 4109-1:2018-01 Anforderungen an die Luftschalldämmung der Außenbauteile. Die Anforderungen hängen im Wesentlichen von dem maßgeblichen Außenlärmpegel, der Raumart, sowie dem Verhältnis von Fassadenfläche zur Grundfläche des Raumes ab.

Die Anforderung an das gesamt bewertete Bau-Schalldämm-Maß der Außenbauteile von schutzbedürftigen Räumen ergibt sich unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Raumarten aus folgender Gleichung (DIN 4109-1:2018-01, Gleichung 6):

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

L_a der maßgebliche Außenlärmpegel nach
DIN 4109-2:2018-01, 4.5.5

$K_{Raumart} = 30 \text{ dB}$ für Unterrichtsräume und
Ähnliches

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

Mindestens einzuhalten sind:

$R'_{w,ges} = 30 \text{ dB}$ für Unterrichtsräume,
Büroräume und Ähnliches

Liegen lediglich Lärmpegelbereiche vor, so kann der maßgebliche Außenlärmpegel gemäß DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 7 ermittelt werden:

Spalte	1	2
Zeile	Lärmpegelbereich	Maßgeblicher Außenlärmpegel L_a in dB
1	I	55
2	II	60
3	III	65
4	IV	70
5	V	75
6	VI	80
7	VII	> 80*

* Die Anforderungen sind aufgrund der örtlichen Gegebenheiten festzulegen.

Auszug aus DIN 4109-1, Tabelle 7

Der Nachweis über den Schutz vor Außenlärm erfolgt anhand der Berechnungsgrundlagen gemäß DIN 4109.

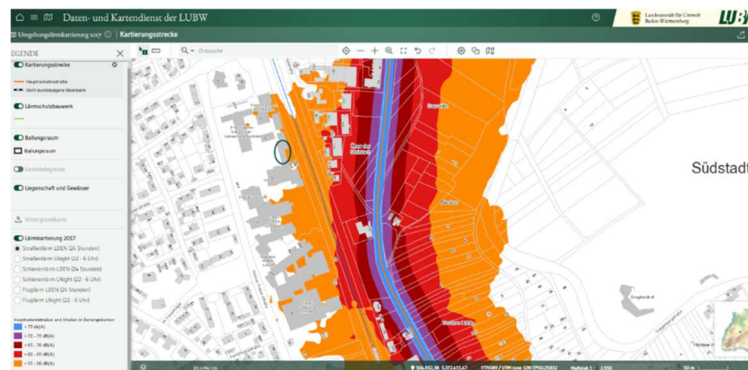
Bei der schalltechnischen Dimensionierung von Außenbauteilen liegt der Schwerpunkt auf der Auslegung des schlechtesten Bauteils hinsichtlich der Schalldämmung. Häufig sind dies die Fenster inkl. der Einbauten (Rollladenkasten, Lüftungselemente) oder bei Holzkonstruktionen auch das Dach, bzw. die Außenwände.

Anforderungen

Für die Auslegung der Gebäudehülle ist vorliegend der Straßenlärm relevant. Das Bauvorhaben wird hauptsächlich aus dem Osten von der Bundesstraße 27 beeinflusst.

Entsprechend der Umgebungslärmkartierung des LUBW ist jedoch davon auszugehen, dass kein relevanter Außenlärm vorliegt.

An den relevanten Immissionsorten liegt der $L_{DEN}(24h)$ gemäß Lärmkartierung zwischen 55 und 60 dB(A)¹.



Bauteilaufbauten

Mit den in Anlage 01 definierten Bauteilen (Wärmeschutz Gebäudehülle) kann bereits ein angemessener Grundsichallschutz vor Außenlärm erzielt werden. Es sind keine gesonderten Anforderungen zu berücksichtigen.

Lüftungselemente

Es sind keine Lüftungselemente (akustische Schwächung der Fassade/Fenster vorgesehen, da eine Zu- und Abluftanlage vorhanden ist.

Verschattung

Aktuell ist sind die Verschattungselemente mit Vorsatzkästen ohne schalltechnische Schwächung der massiven Wandkonstruktion in der Berechnung berücksichtigt.

¹ Quelle: Umweltbundesamt (2024): Lärmkartierung nach der EU-Umgebungslärmrichtlinie, Stand der Lärmdaten: 12/2023, gis.uba.de/maps/resources/apps/laermkartierung
SEITE 22 | 49

Allgemeine Hinweise

Tieffrequenter Lärmanteil

Die oben aufgeführten Bauschalldämm-Maße der Außenbauteile sind ohne Spektrums-Anpassungswerte C und C_v aufgeführt. Die Korrekturfaktoren haben aktuell in Deutschland keine baurechtliche Bedeutung, finden aber in den deutschsprachigen Nachbarländern und der europäischen Normung Anwendung.

Schutz vor Innenlärm

Grundlagen

fremde Nutzungsbereiche

Die DIN 4109-1: 2018-01 (Schallschutz im Hochbau) regelt den Luft- und Trittschallschutz zwischen fremden Nutzungseinheiten innerhalb des Gebäudes.

Für den Trittschallschutz muss der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ kleiner oder gleich dem Anforderungswert sein. Für den Luftschallschutz muss das bewertete Schalldämm-Maß R'_w gleich oder größer dem Anforderungswert sein. Bei der Luftschalldämmung wird unterschieden in:

- Bauteile (Wände und Decken) mit Berücksichtigung der Schallübertragung über flankierende Bauteile und Nebenwege: erf. R'_w
- Bauteile (Türen und Fenster) mit Berücksichtigung der Schallübertragung lediglich über das Bauteil ohne Flankenübertragung: erf. R_w

Gemäß DIN 4109-1: 2018-01 (Mindestanforderungen) und DIN 4109-5:2020-08 (erhöhte Anforderungen) gelten für den internen Schallschutz in Abhängigkeit der jeweiligen Nutzungsart die folgenden in den Tabellen zusammengefassten Anforderungswerte.

	Bauteile	Mindestanforderungen		Vorschläge für erhöhten Schallschutz	
		Luftschall	Trittschall	Luftschall	Trittschall
		erf. R'_w in dB	erf. $L'_{n,w}$ in dB	erf. R'_w in dB	erf. $L'_{n,w}$ in dB
	Schulen und vergleichbaren Einrichtungen (z.B. öffentliche Kindertagesstätten)				
Decken	Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen (auch Räume mit erhöhtem Ruhebedürfnis) / Decken unter Fluren	≥ 55	≤ 53	-	-
	Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und „lauten“ Räumen (z.B. Speiseräume, Cafeterien, Musikräume, Spielräume, Technikzentralen)	≥ 55	≤ 46	-	-
	Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen (auch Räume mit erhöhtem Ruhebedürfnis) und z.B. Sporthallen, Werkräumen	≥ 60	≤ 46	-	-

Wände	Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen (auch Räume mit erhöhtem Ruhebedürfnis) untereinander und zu Fluren	≥ 47	-	-	-
	Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen (auch Räume mit erhöhtem Ruhebedürfnis) und Treppenhäusern	≥ 52	-	-	-
	Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen (auch Räume mit erhöhtem Ruhebedürfnis) und „lauten“ Räumen (z.B. Speiseräume, Cafeterien, Musikräume, Spielräume, Technikzentralen)	≥ 55	-	-	-
	Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen (auch Räume mit erhöhtem Ruhebedürfnis) und z.B. Sporthallen, Werkräumen	≥ 60	-	-	-
Türen	Türen zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Fluren	≥ 32 1)	-	-	-
	Türen zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen untereinander	≥ 37 1)	-	-	-
	1) Gemäß DIN 4109-1, Tabelle 1 gilt für Türen erf. Rw (erf. Schalldämm-Maß im eingebauten Zustand am Bau). Nach DIN 4109-2 muss ein Sicherheitsbeiwert von 5 dB berücksichtigt werden.				

Grundlagen
besonders laute Räume

Die DIN 4109-1: 2018-01 führt in Tabelle 8 Anforderungen für den Schutz zwischen „besonders lauten“ und schutzbedürftigen Räumen auf.

„Besonders laute“ Räume sind:

- Räume, in denen der Schalldruckpegel des Luftschalls $L_{AF,max}$ häufig mehr als 75 dB,

Beispiele:

- Technikräume,
- Gemeinschaftsräume
- Musik- und Werkräume,

Die Anforderungswerte sind wie folgt zu erfüllen:

Art der Räume / Bauteile	Bewertetes Schalldämm-Maß erf. R'_w in dB		Bewerteter Norm-Trittschallpegel
	Schalldruckpegel $L_{AF} = 75$ bis 80 dB	Schalldruckpegel $L_{AF} = 81$ bis 85 dB	erf. $L'_{n,w}$ ^{1), 2)} in dB
Räume mit "besonders lauten" gebäudetechnischen Anlagen oder Anlagenteilen			
Decken, Wände Fußböden	57 -	62 -	- 43 ³⁾
¹⁾ Jeweils in Richtung der Schallausbreitung ²⁾ Die für Maschinen erforderliche Körperschalldämmung ist mit diesem Wert nicht erfasst; hierfür sind ggf. 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. ³⁾ Nicht erforderlich, wenn geräuscherzeugende Anlagen ausreichend körperschalldämmend aufgestellt werden; evtl. Anforderungen nach DIN 4109-1, Tabellen 2 bis 6 bleiben hiervon unberührt.			

Anforderungen

Im vorliegenden Objekt werden die einzelnen Klassenzimmer als eigene Nutzungseinheit gesehen. Demnach gelten die Anforderungen gemäß DIN 4109 für den internen Schallschutz zwischen fremden Nutzungsbereichen. Keine Schallschutzanforderungen bestehen zwischen:

Aufstockung:

- Sammlungs-/Vorbereitungsräume zu jeweils angrenzendem Fachraum

Bestand:

Gemäß Abstimmung mit der Bauherrschaft vom 06.10.2023 werden keine Anforderungen an die akustische Trennung der Bestandsräume definiert. Die Technikräume inkl. Maschinenraum sowie die Lehrküchen werden als eine zusammenhängende Zone betrachtet. Es sollen keine akustischen Verbesserungen im Bestand vorgenommen werden. Bei Tausch der Glas- und Türelemente ist auf eine mind. gleichwertige Ausführung zu achten.

Es wird davon ausgegangen, dass keine „besonders lauten“ Räume im Neubau vorhanden sind.

Bauteilaufbauten

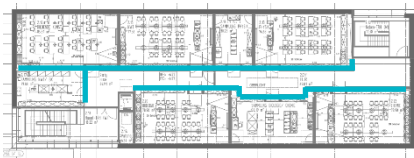
Nachfolgend werden die relevanten Bauteilaufbauten für den internen Schallschutz aufgeführt. Die Angaben sind als Empfehlung zu verstehen und können von den angegebenen Konstruktionsaufbauten abweichen, müssen allerdings den angegebenen Schallschutz erfüllen. Sie gelten immer in Abhängigkeit der angenommenen flankierenden Bauteile und ohne Schwächung der Konstruktion z.B. durch Durchdringungen oder durch Einlagen (z.B. Lüftung etc.). In Anlage 06 sind die definierten Anforderungswerte im Grundriss (Neubau) zugewiesen.

Aufgrund der vorliegenden Bauweise (Holzbau) können nicht alle Trennkonstruktionen und Details dB-genau rechnerisch ermittelt werden (Einfluss statische Verbindungsmittel, Flankenübertragung etc.). Den Berechnungen liegen Prüfzeugnisse aus einschlägiger Literatur zugrunde, welche unter Berücksichtigung der Flankenübertragung für vorliegendes BV bestmöglich angepasst wurden. Da die Konstruktionsaufbauten und Verbindungsmittel von Hersteller zu Hersteller jedoch stark abweichen können, sind die Konstruktionen und Detaillösungen mit dem Holzbauer vor Ausführung abzustimmen und ggf. anzupassen. Nach Fertigstellung des Gebäudes kann es aufgrund der Prognoseunsicherheit im Holzbau zu geringen Luft- und Trittschallschutz-Abweichungen gegenüber der rechnerischen Auslegung und den Anforderungen nach DIN 4109 kommen.

Bauteile	Konstruktionsaufbau	Anforderung	
		Luft-schall	Tritt-schall
		R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB
Bodenplatte	Im Bestand sind aufgrund der teilweise neuen Fundamentierung neue Bodenaufbauten erforderlich. Die Aufbauten ist wie nachfolgend definiert auszuführen: Aufgeständerte Bodenplatte: Lino 40 mm Zementestrich F8 Trennlage mind. 40mm Trittschall- und Wärmedämmung, EPS 035 und mit $s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$ Abdichtung 5-15 mm Spachtelung (erforderlich?) 200 mm Hohlbetondecke (Bestand) Erdberührte Bodenplatte: Lino 40 mm Zementestrich F8 Trennlage mind. 60mm Trittschall- und Wärmedämmung, EPS 035 und mit $s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$ (alternativ PUR/PIR Wärmedämmung mit verbesserter Wärmeleitfähigkeit, da für verschlechterter Trittschalldämmung) Abdichtung 5-15 mm Spachtelung (erforderlich?) 200 mm Hohlbetondecke (Bestand)		
Trenndecke zwischen EG und 1.OG	Trennkonstruktion: ≥ 65 mm Nassestrich ($m' \geq 130 \text{ kg/m}^2$) Trennschicht, PE-Folie 25 mm Trittschalldämmung, dynam. Steifigkeit $s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$ Ausgleichsdämmung 220 mm Stahlbeton 80 mm Stahlbeton -> Bestandsrippendecke Flankenwege: <u>Außenwand:</u> EG Stahlbetonwand; OG Holzständerwand durch Stahlbetondecke getrennt <u>Innenwand:</u> Anschluss an Stahlbetonwand Anmerkung: Es wird davon ausgegangen, dass keine haustechnischen Anlagen mit einem Schallleistungspegel > 74 dB aufgestellt werden. Sollten Anlagen mit einer starken Körperschallanregung aufgestellt werden (wovon aktuell nicht ausgegangen wird), so sind diese entkoppelt zu lagern -> Auslegung durch Hersteller oder alternativ Auslegung durch Fachplaner für Schwingungsschutz	≥ 55	-

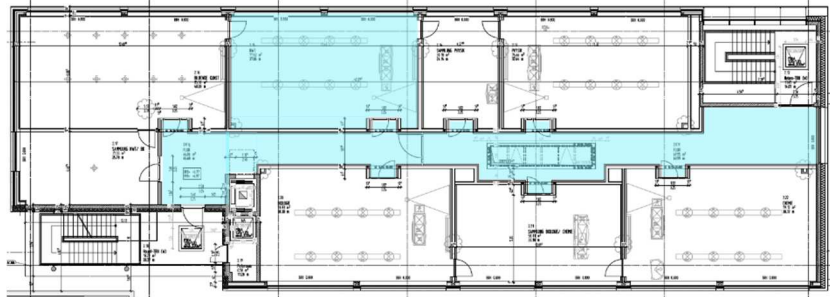
Trenndecke zwischen 1.OG und 2.OG	Trennkonstruktion:		≥ 55	-
	≥ 65 mm	Bodenbelag Lino Nassestrich mit FBH ($m' \geq 130 \text{ kg/m}^2$) Trennschicht, PE-Folie		
	25 mm	Trittschalldämmung, dynam. Steifigkeit $s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$ Ausgleichsdämmung (je nach Vorgaben TGA-/Elektro-Kabelverteilungen)		
	≥ 220 mm	Stahlbeton		
	Anmerkung: Je nach Fachklassennutzung / Flächen- und Punktlast ist entsprechend die Zusammendrückbarkeit der Trittschalldämmung zu prüfen. Bei Abweichungen ist CAPE zu informieren.			
	Flankenwege: <u>Außenwand:</u> Holzständerwand durch Stahlbetondecke getrennt <u>Innenwand:</u> Anschluss an Holzständerwand und Stahlbetonwand			

OG	Trennkonstruktion:		≥ 47	-
Trennwand	12,5 mm	GK-Platte ($\delta = 680 \text{ kg/m}^3$)		
	12,5 mm	GK-Platte ($\delta = 680 \text{ kg/m}^3$)		
zwischen	50 mm	CW-Profil freistehend, darin		
Unterrichts- räumen		40 mm MW/Holzfaser als Hohlraumbe- dämpfung ($r = 5 - 50 \text{ kPa s/m}^2$)		
	5 mm	Luftfuge		
	18 mm	Holzwerkstoffplatte		
Holzständer- wand	≥ 120 mm	Holzständer, $e = 62,5 \text{ mm}$, mit MW/Holzfaser/Zellulose ausge- dämmt ($r = 5 - 50 \text{ kPa s/m}^2$)		
mit 2-seiti- ger Vorsatz- Schale (auf- grund Elekt- roinstalla- tion)	12,5 mm	GK-Platte ($\delta = 680 \text{ kg/m}^3$)		
	12,5 mm	GK-Platte ($\delta = 680 \text{ kg/m}^3$)		
	5 mm	Luftfuge		
	50 mm	CW-Profil freistehend, darin 60 mm MW/Holzfaser als Hohlraumbe- dämpfung ($r = 5 - 50 \text{ kPa s/m}^2$)		
	12,5 mm	GK-Platte ($\delta = 680 \text{ kg/m}^3$)		
	12,5 mm	GK-Platte ($\delta = 680 \text{ kg/m}^3$)		
Flankenwege:				
<u>Dach:</u> siehe nachfolgend aufgeführtes Bauteil «Dach»; Luftdichter und dauerelastischer Anschluss an Rohde- cke				
<u>Boden:</u> Trennwand auf Rohdecke				
<u>Außenwand:</u> Trennwand bis auf OSB Lage führen, Trennung der Installationsebene				
<u>Innenwand:</u> Beplankungslagen der Innenwände müssen im Bereich der Trennwand unterbrochen werden				
<u>Lüftungsleitung:</u> Die Planung des Lüftungsnetzes liegt im Verantwortungsbereich des TGA-Fachplaners. Akus- tisch wird ein $D_{n,e,w} \geq 53 \text{ dB}$ benötigt.				
Zuweisung:				
				

OG	Trennkonstruktion:	≥ 47	-
Trennwand	12,5 mm GK-Platte ($\delta = 680 \text{ kg/m}^3$)		
(+ Zusatz-	18 mm Holzwerkstoffplatte		
klasse 6 EG)	≥ 120 mm Holzständer, $e = 62,5 \text{ mm}$, mit		
zwischen	MW/Holzfasern/Zellulose ausge-		
Unterrichts-	dämmt ($r = 5 - 50 \text{ kPa s/m}^2$)		
räumen und	12,5 mm GK-Platte ($\delta = 680 \text{ kg/m}^3$)		
Unterrichts-	5 mm Luftfuge		
räumen zu	50 mm CW-Profil freistehend, darin		
Fluren	40 mm MW/Holzfasern als Hohlraumbe-		
	dämpfung ($r = 5 - 50 \text{ kPa s/m}^2$)		
	12,5 mm GKF-Platte ($\delta = 800 \text{ kg/m}^3$)		
	12,5 mm GKF-Platte ($\delta = 800 \text{ kg/m}^3$)		
Holzständer-	Flankenwege:		
wand	<u>Decke EG:</u> luftdichter Anschluss an Stahlbetondecke		
mit 1-seiti-	<u>Dach:</u> siehe nachfolgend aufgeführtes Bauteil «Dach»;		
ger Vorsatz-	Luftdichter und dauerelastischer Anschluss an Rohde-		
Schale	cke		
	<u>Boden:</u> Trennwand auf Rohdecke		
	<u>Außenwand:</u> Trennwand bis auf OSB Lage führen,		
	Trennung der Installationsebene		
	<u>Innenwand:</u> Beplankungslagen der Innenwände müssen		
	im Bereich der Trennwand unterbrochen werden		
	<u>Lüftungsleitung:</u> Die Planung des Lüftungsnetzes liegt		
	im Verantwortungsbereich des TGA-Fachplaners. Akus-		
	tisch wird ein $D_{n,e,w} \geq 53 \text{ dB}$ benötigt.		
	Zuweisung:		
			
Trennwand	Trennkonstruktion:	≥ 52	-
Unterrichts-	250 mm Stahlbetonwand		
raum zu	Flankenwege:		
Treppenhaus	<u>Dach/Decke:</u> luftdichter Anschluss an Massivholzdecke		
/ Putzraum	bzw. Anschluss an Stahlbetondecke		
Stahlbeton	<u>Boden:</u> Stahlbetondecke mit schwimmendem Estrich		
	<u>Außenwand:</u> luftdichter Anschluss an Holzständerwand		
	<u>Innenwand:</u> luftdichter Anschluss an Holzständerwand		
	bzw. Anschluss an Stahlbetonwand		
Trennwand	Trennkonstruktion:	≥ 57	-
Unterrichts-	250 mm Stahlbetonwand		
raum zu	Flankenwege:		
Aufzug	<u>Dach/Decke:</u> luftdichter Anschluss an Massivholzdecke		
Stahlbeton	bzw. Anschluss an Stahlbetondecke		
	<u>Boden:</u> Stahlbetondecke mit schwimmendem Estrich		
	<u>Außenwand:</u> luftdichter Anschluss an Holzständerwand		
	<u>Innenwand:</u> luftdichter Anschluss an Holzständerwand		
	bzw. Anschluss an Stahlbetonwand		

Verglasung Oberlicht Unterrichtsraum zu Flur	Lichtbänder schwächen das Schalldämm-Maß der Wandkonstruktion. Das Oberlicht muss im betriebsfertigen Zustand ein bewertetes Schalldämm-Maß von $R_w \geq 37$ dB (im Labor gemessen) aufweisen. -> vergl. zur Türkonstruktion. Nachweis des Herstellers über Prüfzeugnis.	≥ 32	-
Türe $R_w = 37$ dB Unterrichtsraum zu Unterrichtsraum	Die Konstruktion (Türblatt + Zarge + Festverglasung) muss im betriebsfertigen Zustand ein bewertetes Schalldämm-Maß von $R_w \geq 42$ dB (im Labor gemessen) aufweisen. Nachweis des Herstellers über Prüfzeugnis.	≥ 37	-
Türe $R_w = 32$ dB Unterrichtsraum zu Flur	Die Konstruktion (Türblatt + Zarge + Festverglasung) muss im betriebsfertigen Zustand ein bewertetes Schalldämm-Maß von $R_w \geq 37$ dB (im Labor gemessen) aufweisen. Nachweis des Herstellers über Prüfzeugnis.	≥ 32	-
Treppenpodest	Trennkonstruktion: ≥ 50 mm Nassestrich ($m' \geq 130$ kg/m ²) Trennschicht, PE-Folie 25 mm Trittschalldämmung, dynam. Steifigkeit $s' \leq 30$ MN/m ³ Ausgleichsdämmung 220 mm Stahlbeton (fest verbunden mit Treppenraumwand $m' \geq 380$ kg/m ²)	-	-
Treppenlauf	≥ 120 mm Stahlbeton Treppenlauf von der Treppenraumwand mit durchlaufender Trennfuge abgesetzt (altern. Elastische Trennung z.B. Schöck Tronsole Typ L o.glw.). Elastische Lagerung im Bereich der Auflager (Podest/Geschossdecke). Entsprechende Lager-/Entkopplungselemente von Fa. Schöck (Typ F, B, T) o.glw.	-	-
Flankenbauteil Dach	Zur Reduzierung der Schalllängsleitung ist im Flur und im Unterrichtsraum NWT eine geschlossene Abhangdecke (GK auf Holzlattung) erforderlich* Der Dachaufbau ist aus akustischen Gesichtspunkten wie folgt auszuführen: PV, extens. Begrünung Abdichtung Wärmedämmung (gem. Angaben BTK Wärmeschutz) Dampfbremse ($sd \geq 100$ m) 220 mm BSH / BSP 40 mm Holzlattung, dazw. 30mm MW/Holzfaserausgedämmt ($r = 5 - 50$ kPa s/m ²) 12,5 mm GK-Platte (geschlossene Abhangdecke in nachfolgend blau markierten Bereichen) ca. 85 mm Raumakustik Absorberdecke (Typ und Abhanghöhe siehe Auslegung Raumakustik)		

^{*)} In folgenden Teilbereichen (blau markiert) im 2.OG ist, wie oben bei der Flankenübertragung über das Dach beschrieben, eine geschlossene Abhangdecke auszuführen:



Allgemeine Hinweise

Folgend sind allgemeine Hinweise zur Schallübertragung im Gebäude für die Planungs- und Ausführungsphase aufgeführt.

Estrich / Bodenbelag

Um die schalldämmende Wirkung eines schwimmenden Estrichs zu erhalten, ist eine schallbrückenfreie Bodenfuge erforderlich. Der Estrich sowie der Bodenbelag dürfen keinerlei starre Verbindung zu der Wand aufweisen. Bereits kleine Mörtelbatzen oder Fliesenkleber im Bereich der Bodenfuge können die schalldämmende Wirkung deutlich verschlechtern. Aus diesem Grund darf der Überstand des Randdämmstreifens erst nach Ausführung des Bodenbelages abgeschnitten werden.

Trittschalldämmung

Um ihren Verwendungszweck erfüllen zu können, muss die Trittschalldämmung ungestört, d.h. ohne Unterbrechung und Stärkeminderung ausgeführt werden. Installationen auf der Rohdecke sind nur zulässig, wenn die Trittschalldämmung ungestört auf der gesamten Fläche ausgelegt werden kann (z.B. Lösung über eine Ausgleichsdämmung unter der Trittschalldämmung).

Flankierende Bauteile

Die Schalldämmung einer Trennwand oder einer Trenndecke ist nicht nur von dem trennenden Bauteil, sondern auch von den flankierenden Bauteilen abhängig. Um die Schallübertragung über Nebenwege entsprechend den Anforderungen dimensionieren zu können, sind folgende Anschlüsse in der Planung und Auszuführung zu berücksichtigen.

Wandanschluss auf Boden

Je nach Schalldämmanforderungen ist der Estrich im Bereich von Türen und Wänden zur Minimierung der Tritt- und Körperschallübertragung durch einen Schnitt zu trennen oder die Wand komplett auf die Rohbetondecke zu stellen. Fliesen und Innenputz sind im Übergangsbereich von Boden zu Wand oder Wand zu Decke mit dauerelastischer Kittfuge oder Schwedenschnitt (im Leichtbau) zu trennen.

Durch CAPE erfolgt eine Beurteilung der verschiedenen Wandanschlüsse in Abhängigkeit der Raumnutzungsarten. Soweit in der zuvor aufgeführten Tabelle der Bauteilaufbauten nicht anders vermerkt, werden folgende Ausführungen empfohlen.

Anforderung der Trennwand	Ausführung Boden zu Wand
$R'_w \leq 37 \text{ dB}$	durchlaufender Estrich
$37 < R'_w \leq 45 \text{ dB}$	Estrich mit Trennschnitt im Bereich von Wänden und Türen
$R'_w > 45 \text{ dB}$	Wand auf Rohdecke, Trennschnitt im Bereich von Türen

Wandanschluss an Decke

Eine luftdichte Ausführung des Wandanschlusses an die Decke ist erforderlich. In der Regel erfolgt der Anschluss kraftschlüssig mit der Rohdecke. Bei nichttragenden Wänden in Form von z.B. Gipskarton-Ständerwänden kann ein gleitender Deckenanschluss ausgeführt werden. Hierbei ist die Ausführung (dauerelastische Abdichtung) gemäß den Herstellerangaben (z.B. Fa. Knauf, Fermacell, Rigips) zu beachten um eine akustische Schwächung der Konstruktion zu vermeiden. Bei Ausführung von gleitenden Deckenanschlüssen ist CAPE zu informieren und die Beplankungslagen ggf. anzupassen.

Ist eine abgehängte Decke vorgesehen, so ist im Detail die entsprechende Lösung des Trennwandanschlusses mit oder ohne Schott oder Anschluss direkt an die Rohbetondecke durch CAPE vorzunehmen.

Wandanschluss an Innenwand / Fassade

Bei Reduzierung des Wandquerschnittes und der hierdurch einhergehenden Schwächung der Schalldämmung z.B. infolge eines Fassadenanschlusses, ist auf eine ausreichende Schalldämmung des Fassadenschwertes, bzw. der Wandverjüngung aus akustischer

Sicht zu achten. Eine Beurteilung durch CAPE ist erforderlich.

Leichtbauwände werden in der Regel kraftschlüssig mit massiven flankierenden Wänden verbunden. Bei Anschluss an eine flankierende Leichtbauwand müssen Beplankung und Ständerkonstruktion der flankierenden Wand je nach Schalldämmanforderung unterbrochen werden. Es sind die Herstellerangaben (z.B. Fa. Knauf, Fermacell, Rigips) zu beachten.

Steckdosen

Steckdosen und Wandschlitzte sind in akustisch relevanten Trennwänden möglichst zu vermeiden, bzw. so anzubringen, dass der Schallschutz nicht beeinträchtigt wird. Z.B. keine gegenüberliegenden und nicht mehr als 3 zusammenhängende Steckdosen. Bei Steckdosen und Wandschlitzten in Trennwänden mit akustischen Anforderungen ist mit CAPE Rücksprache zu halten.

Türe

Gemäß den zuvor aufgeführten Anforderungen für Türen gilt folgender Zusammenhang:

Laborwert der Konstruktion = Sollwert (Konstruktion im eingebauten Zustand) + 5 dB. Um den geforderten Wert am Bau einhalten zu können und Ungenauigkeiten der Türkonstruktion, sowie der Einbausituation am Bau kompensieren zu können, wird ein Zuschlag von 7 bis 8 dB statt der gebräuchlichen 5 dB empfohlen.

Schutz vor Geräuschen aus haustechnischen Anlagen

Grundlagen

Mindestschallschutz

Die DIN 4109: 2018-01, Tabelle 9 führt Werte für die zulässigen Schalldruckpegel in Schutzbedürftigen Räumen von Geräuschen aus haustechnischen Anlagen (Heizungsanlagen, Wasserinstalltionen) und Gewerbebetrieben auf.

Geräuschquelle	Art der schutzbedürftigen Räume
	Unterrichts- und Arbeitsräume
	Maximal zulässiger A-bewerteter Schalldruckpegel dB
Sanitärtechnik/Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam)	$L_{AF,max,n}$ ≤ 35 ^{1) 2) 3)}
Sonstige hausinterne, fest installierte technische Schallquellen der technischen Ausrüstung, Ver- und Entsorgung sowie Garagenanlagen	$L_{AF,max,n}$ ≤ 35 ³⁾
¹⁾ Einzelne kurzzeitige Spitzen, die beim Betätigen der Armaturen und Geräte nach Tabelle 11 (Öffnen, Schließen, Umstellen, Unterbrechen) entstehen, sind derzeit nicht zu berücksichtigen. ²⁾ Voraussetzung 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. ³⁾ Abweichend von DIN EN ISO 10052:2010-10, 6.3.3, wird auf Messung in der lautesten Raumecke verzichtet (siehe auch DIN 4109-4).	

Aufzugsanlagen

Der erreichbare Schallschutz gegenüber Geräuschen des Aufzugs wird maßgeblich durch drei Planungselemente beeinflusst:

- Grundrissgestaltung,
- schalltechnische Qualität der Aufzugstechnik und
- Schachtkonstruktion.

Sowohl bei der Schachtkonstruktion als auch bei der Aufzugstechnik ergeben sich technische und/oder wirtschaftliche Grenzen.

Deshalb sollte der Grundrissgestaltung ein entsprechend hoher Stellenwert eingeräumt werden.

Für Aufzugsanlagen verweist die DIN 4109 zur detaillierteren Planung auf die DIN 8989.

Die DIN 8989 greift auf die drei Schallschutzstufen (SSt) für Wohngebäude aus der VDI 4100 zurück. Dabei kann die SSt I dem „Mindestschallschutz“ entsprechend DIN 4109 und die

SSt II dem erhöhtem Schallschutz nach DIN 4109-5 zugeordnet werden. Die DIN 8989 macht allerdings keine Angaben für Räume, in denen Schalldruckpegel ≤ 35 dB(A) zulässig sind, wie vorliegend für Unterrichtsräume. Diese müssen ingenieurmäßig eingeschätzt werden und können nur bedingt aus den Tabellen der DIN 8989 abgeleitet werden.

Nachfolgende Tabelle führt die schalltechnische Qualität der Aufzugstechnik sowie die erforderlichen flächenbezogene Massen für Aufzugsschachtwände und flankierende Bauteile auf und stellt eine Zusammenfassung der relevanten Inhalte der Tabellen 3 und Tabelle 4 der DIN 8989 dar.

Die schalltechnische Qualität der Aufzugstechnik ist vom Aufzugshersteller mit Prüfzeugnissen nachzuweisen.

^a Gilt auch für Schachtdecke, sofern diese Befestigungen trägt.

^b innere Wände / äußere Wände. Zweischalig mit Schalenabstand ≥ 30 mm, im Fugenhohlraum Ausfüllung mit Mineralwoll-dämmplatten nach DIN EN 13162, Anwendungskurzzeichen WTH nach DIN 4108-10.

^c Empfehlung ≥ 400 kg/m² nach K. Focke und V. Schmidt "Der Schallschutz bei Aufzugsanlagen ist neu geregelt | Es geht aufwärts - noch ruckelt es leicht" DIB 5-2020

^d Alternative in Trockenbauweise möglich.

^e Alternativ ist die flächenbezogene Masse der vorherigen SSt in Verbindung mit einer raumseitigen schalldämmenden Vorsatzkonstruktion nach DIN 4109-34 mit einer Resonanzfrequenz $f_0 \leq 50$ Hz heranzuziehen.

^f beim Öffnen und Schließen der Schachttüren sowie bei Vorbeifahrt des Fahrkorbes mit Nenngeschwindigkeit

Anforderung

In den Unterrichtsräumen und sonstigen Aufenthaltsräumen ist ein maximaler Schalldruckpegel von haustechnischen Anlagen von $L_{A,F,max,n} = 35 \text{ dB(A)}$ einzuhalten.

Aufzugsanlagen

Baurechtlich sind keine Anforderungswerte einzuhalten. Um einen angemessenen Schallschutz zu erzielen, wird die Einhaltung der SSt I nach DIN 8989 empfohlen. Dies wird mit einer 25cm Stahlbetonwand eingehalten.

Für die Aufzugsschachtwände wird die bauliche Situation gemäß aufgeführter Tabelle nach VDI 4100 SSt I empfohlen.

Das vorliegende Projekt ist mit einem Aufzug ohne Triebwerksraum ausgestattet. Die zuvor aufgeführten Konstruktionen erfüllen die Anforderungen.

Bei der Planung und Ausführung von Aufzugsanlagen sind die Hinweise der DIN 8989 zu beachten. Die Einhaltung der in DIN 8989, Tabelle 3 aufgeführten Anforderungswerte (entsprechend zuvor aufgeführter Schallschutzstufe) ist durch den Hersteller/Unternehmer nachzuweisen.

Nach DIN 4109-36 sollten Führungsschienen nicht an Trennwänden zu einem schutzbedürftigen Raum montiert werden.

Es ist darauf hinzuweisen, dass eine durch den Aufzug anlagenbedingte akustische Störung von arbeitenden Personen / Schülern auch bei Erfüllung der Anforderungen gemäß DIN 4109 (haustechnische Anlagen, „besonders laute“ zu schutzbedürftige Räume), bzw. DIN 8989 nicht ausgeschlossen werden kann.

Hinweise

Zur Qualitätssicherung des Schallschutzes von haustechnischen Anlagen ist während der Planungsphase eine regelmäßige Absprache aller beteiligten Fachplaner und Architekten notwendig. Bei der Ausführung ist auf eine fachgerechte Umsetzung der folgend aufgeführten Punkte zu achten und Baustellenkontrollen durchzuführen.

Haustechnische Anlagen - Allgemein

Haustechnische Geräusche werden zumeist als Körperschall übertragen und als Luftschall in den Raum abgestrahlt. Aus diesem Grund ist auf eine optimale Körperschallentkoppelung der Anlagen und der Anlagenteile zu achten. Bei der Wahl der Anlagen und Armaturen sind die jeweiligen Prüfzeugnisse der Hersteller zu berücksichtigen und zu prüfen. Bei der Planung und Ausführung gelten die jeweiligen Angaben der Hersteller sowie die Richtlinien des Zentralverbandes Sanitär Heizung Klima (SHK).

Die Verantwortung der Planung und Ausschreibung von haustechnischen Anlagen liegt beim Haustechnikplaner.

Zur Einhaltung der Anforderungen, wird die Ausführung von Entwässerungssystemen wie z.B. Geberit Silent-dB20, Silent-Pro oder gleichwertig empfohlen.

Anlagen mit starken körperschalleinleitenden Elementen

Anlagen mit starken körperschalleinleitenden Elementen (schwingend / rotierend / stampfend), sind hinsichtlich Körperschall zu beurteilen. Gegebenenfalls sind ein separates Fundament und eine auf die Resonanzfrequenz abgestimmte elastische Lagerung nötig. Zusätzlich können schallabsorbierende Maßnahmen zur Raumbedämpfung erforderlich werden. Die Verantwortung und Überprüfung liegt beim entsprechenden Fachplaner.

Installationen auf der Rohdecke

Installationen auf der Rohdecke sind nur zulässig, wenn die Trittschalldämmung ungestört auf der gesamten Fläche ausgelegt werden kann! Zur Umsetzung kann z.B. eine Ausgleichsdämmung unter der Trittschalldämmung verlegt werden.

Leitungsführung

Leitungen sind generell konsequent körperschalldämmend vom Baukörper durch körperschalldämmende Rohrschellen zu trennen. Für sämtliche Durchdringungen (z.B. Boden- oder

Wanddurchführung) sind Maßnahmen zur Körperschalldämmung, z.B. in Form von Dämmschläuchen / Mineralfaserschotts welche luftdicht ausgeführt werden erforderlich. Bei Durchdringung einer Trenndecke, dürfen die Rohre nicht an dieser befestigt werden, sondern müssen körperschallentkoppelt an den Wänden montiert werden.

Es wird empfohlen, wasserführende Leitungen mit einer schalldämmenden Rohrumhüllung zur Optimierung der Schallabstrahlung und Reduzierung der Körperschallübertragung auszuführen. Entwässerungsleitungen, welche von einem vertikal in einen horizontalen Verlauf übergehen, müssen mit zwei 45° Bögen ausgeführt werden (nicht mit einem 90° Bogen). Etagierungen und Einlagen sind möglichst zu vermeiden.

Alle einbetonierten oder eingemauerten Wasserleitungen sind mit einer körperschalldämmenden Ummantelung auszuführen. In die Decke einbetonierte Horizontalleitungen benötigen mindestens 4 cm Betonüberdeckung. Bei Verlegung von Abwasserleitungen in Wandschlitz, muss die flächenbezogene Masse der restlichen Wanddicke noch eine flächenbezogene Masse von $m' \geq 220 \text{ kg/m}^2$ aufweisen.

Bei Durchführung von Heizkörperanschlussleitungen durch den Estrich, sind die Leitungen mit 5 mm Armaflex-Schläuchen o.ä. zu dämmen.

Werden Lüftungsleitungen zwischen Nutzungseinheiten im Bereich von schutzbedürftigen Räumen verzogen, so ist auf ein ausreichend dimensionierter Telefonieschalldämpfer und Lüftungskanäle (Wandstärke etc.) zu achten. Die Auslegung und Dimensionierung liegt beim TGA-Fachplaner.

Installationsschacht

Die Ausführung von Schachtwänden zu angrenzenden Räumen sollte in Trockenbau ausgeführt werden. Da die Schachtwände zu meist nur einseitig beplankt werden können, wird eine doppelte Beplankung mit Gipsfaserplatten und einer Hohlraumbedämpfung an zwei innenliegenden Schachtwänden mit mindestens 3 cm Mineralwolle empfohlen (Beachtung Musterinstallationswand nach DIN 4109 oder entsprechend Herstellerangaben, z.B. Knauf / Giberit -> Prüfzeugnisse für Systeme beachten).

Vorwandinstallationen - Allgemein

Vorwandinstallationen sind gemäß den Angaben der Systemhersteller (z.B. Geberit -> Prüfzeugnisse für System beachten) auszuführen. Die Konstruktionen sind auf die Rohbetondecke zu montieren und durch Trennstreifen vom Baukörper zu trennen. Rohrdurchführungen durch die Beplankung sind mit einer elastischen Bandage oder einer dauerelastischen Kittfuge auszuführen.

Raumakustik

Grundlagen

Die Raumakustik beschäftigt sich mit der Schallausbreitung im Raum und deren Beeinflussung durch schallabsorbierende und schallreflektierende Flächen.

Ziel ist eine optimale, bzw. der Raumnutzung angepasste Sprachverständlichkeit, eine angepasste Hörsamkeit, sowie die Reduzierung des Lärmpegels.

Das zentrale Regelwerk der Raumakustik ist die DIN 18041:2016-3, Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung. Sie ist nicht baurechtlich verbindlich eingeführt, vertritt allerdings im Bereich der Raumakustik die allgemeinen anerkannten Regeln der Technik.

Die DIN 18041:2016-3 unterscheidet zwischen Räumen der Gruppe A (Tabelle 1) und Räumen der Gruppe B (Tabelle 2).

Die Räume der Gruppe A (Anforderung für Hörsamkeit in Räumen über geringe, mittlere und größere Entfernungen) sind in folgende Raumgruppen unterteilt:

Nutzungsart	Kurzbezeichnung und Beschreibung	Subjektive Wahrnehmung	Beispiele
A1	„Musik“ vorwiegend musikalische Darbietungen	Gute Hörsamkeit für unverstärkte Musik. Sprachliche Darbietungen sind nur mit gewissen Einschränkungen der Sprachverständlichkeit möglich.	Musikunterrichtsraum mit aktivem Musizieren und Gesang
A2	"Sprache/Vortrag" Sprachl. Darbietungen stehen im Vordergrund, in der Regel von einer (frontalen) Person. Gleichzeitige Kommunikation zwischen mehreren Personen an verschiedenen Stellen im Raum wird selten durchgeführt	Sprachliche Darbietungen einzelner Sprecher erzielen eine hohe Sprachverständlichkeit. Musikalische Darbietungen werden in der Regel als zu transparent und klar empfunden, jedoch günstig für musikalische Probearbeit.	Gerichts- und Ratssaal Gemeindesaal Hörsaal Versammlungsraum Schulaula
A3	"Sprache/Vortrag inklusiv" Räume der Nutzungsart A2 für Personen, die in besonderer Weise auf gutes Sprachverstehen angewiesen sind Erforderliche für inklusive Nutzung ¹	Sprachliche Darbietungen einzelner Sprecher erzielen eine hohe Sprachverständlichkeit, auch für Personen mit Hörschränkungen oder bei z.B. fremdsprachlicher Nutzung.	Gerichts- und Ratssaal Gemeindesaal Hörsaal Versammlungsraum Schulaula
	"Unterricht/Kommunikation"	Sprachliche Kommunikation ist mit mehreren	Unterrichtsraum Differenzierungsraum

	Kommunikationsintensive Nutzungen mit mehreren gleichzeitigen Sprechern verteilt im Raum.	(teilweise gleichzeitigen) Sprechern möglich.	Tagungsraum Besprechungs-, Konferenz- und Seminarraum Gruppenraum in Kindertageseinrichtungen, Pflegeeinrichtungen und Seniorenheimen
A4	"Unterricht / Kommunikation inklusiv" Kommunikationsintensive Nutzungen mit mehreren gleichzeitigen Sprechern verteilt im Raum entsprechend Nutzungsart A3, jedoch für Personen, die in besonderer Weise auf gutes Sprachverstehen angewiesen sind. Für Räume > 500m³ und für musikalische Nutzung ist diese Nutzungsart nicht geeignet. Erforderliche für inklusive Nutzung ¹	Sprachliche Kommunikation ist mit mehreren (teilweise gleichzeitigen) Sprechern möglich, auch für Personen mit Hörschranken oder bei z.B. fremdsprachlicher Nutzung.	Unterrichtsraum Differenzierungsraum Tagungsraum Besprechungs-, Konferenz- und Seminarraum Gruppenraum in Kindertageseinrichtungen, Pflegeeinrichtungen und Seniorenheimen Video-Konferenzraum
A5	"Sport" In Sport- und Schwimmhallen kommunizieren mehrere Gruppen (auch gleichzeitig) mit unterschiedlichen Inhalten.	Sprachliche Kommunikation über kurze Entfernungen ist im Allgemeinen gut möglich.	Sport- und Schwimmhallen für nahezu ausschließliche Nutzung als Sportstätte
¹ 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.			

Tabelle 1, DIN 18041:2016-03

Räume der Gruppe B (Anforderung für Hörsamkeit in Räumen über geringere Entfernungen) sind einer der folgenden Nutzungsarten zuzuordnen:

Nutzungsart	Beschreibung	Beispiele
B1	Räume ohne Aufenthaltsqualität	Eingangshallen, Flure, Treppenhäuser u.Ä. als reine Verkehrsfläche (ausgenommen Verkehrsflächen in Schulen, Kindertageseinrichtungen, Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen)
B2	Räume zum kurzfristigen Verweilen	Eingangshallen, Flure, Treppenhäuser u.ä. Verkehrsflächen mit Aufenthaltsqualität (Empfangsbereich mit Wartezonen etc.), Ausstellungsräum, Schalterhallen, Umkleiden in Sporthallen

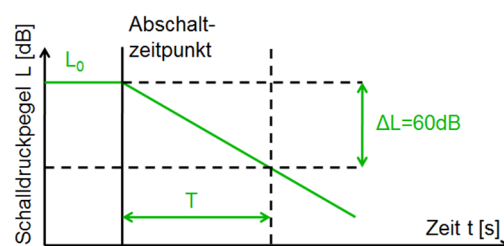
B3	Räume zum längerfristigen Verweilen	Ausstellungsräume mit Interaktivität oder erhöhtem Geräuschaufkommen (Multimedia, Klang-/ Videokunst etc.), Verkehrsflächen in Schulen und Kindertageseinrichtungen (Kindergarten, Kinderrippen, Hort etc.), Verkehrsflächen mit Aufenthaltsqualität in Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen (z.B. offene Wartezonen), Patientenwarteräume, Pausenräume, Bettenzimmer, Ruheräume, Operationssäle, Behandlungsräume, Untersuchungsräume, Sprechzimmer, Speiseräume, Kantinen, Labore, Bibliotheken, Verkaufsräume
B4	Räume mit Bedarf an Lärminderung und Raumkomfort	Rezeption / Schalterbereich mit ständigem Arbeitsplatz, Labore mit ständigem Arbeitsplatz, Ausleihbereiche von Bibliotheken, Ausgabebereiche in Kantinen, Bewohnerzimmer in Pflegeeinrichtungen, Bürgerbüro, Büroräume ^{1,2}
B5	Räume mit besonderem Bedarf an Lärminderung und Raumkomfort	Speiseräume und Kantinen in Schulen, Kindertageseinrichtungen (Kindergarten, Kinderrippe, Hort etc.), Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen, Arbeitsräume mit besonders hohem Geräuschaufkommen (z.B. Werkstätten, Werkräume, Großküchen, Spülküchen), Callcenter ¹ , Leitstellen, Sicherheitszentralen, Intensivpflegebereiche, Wachstationen, Bewegungsräume in Kindertageseinrichtungen, Spielfläche und Umkleiden in Schulen und Kindertageseinrichtungen (Kindergarten, Kinderrippe, Hort etc.)
¹ Empfehlungen für Büroräume sowie Callcenter werden ausführlich in der Richtlinie VDI 2569 behandelt. ² Einzelbüros können unter Nutzungsart B3 eingeordnet werden.		

Tabelle 2, DIN 18041:2016-03

In der DIN 18041:2016-03, Tabelle 1 und 2 sind die jeweiligen Raumgruppen und Nutzungsarten detailliert mit Beispielen aufgeführt.

Für die Wahrnehmung einer Fremdsprache sowie für Personen mit Sprach- oder Sprachverarbeitungsstörung, Schwerhörigkeit, Konzentrations- bzw. Aufmerksamkeitsstörung oder Leistungsschwäche ist es umso günstiger, je kürzer die Nachhallzeit ist. Es gelten die entsprechenden Raumgruppen mit inklusiver Nutzungsart.

Um eine angepasste Kommunikation, bzw. konzentriertes Arbeiten zu ermöglichen ist auf störenden Nachhall, späte Reflexionen sowie Störgeräusche zu achten. Neben Deutlichkeitsgrad, Klarheitsmaß, Pegelabnahme, zählt die Nachhallzeit zu den gebräuchlichsten raumakustischen Beurteilungskriterien. Die Nachhallzeit gibt an, in welcher Zeit ein erzeugtes Geräusch um 60 dB abklingt. Je länger die Nachhallzeit, desto halliger klingt ein Raum. Gleichzeitig nehmen die Sprachverständlichkeit ab und der Geräuschpegel im Raum zu.



Ziel ist ein gleichmäßiger Verlauf der Nachhallzeit über das gesamte Frequenzspektrum (tiefe „bassige“ Frequenzen bis hohe „helle“ Frequenzen). Je gleichmäßiger der Verlauf der Nachhallzeit, desto natürlicher klingt der Raum. Der optimale Sollwert der Nachhallzeit ist abhängig vom Volumen und von der Nutzung des betrachteten Raumes.

Die Nachhallzeit gilt für die Räume der Gruppe A als Beurteilungskriterium.

Für die Räume der Gruppe B wird als Orientierungswert gemäß DIN 18041:2016-03 das Verhältnis von äquivalenter Absorptionsfläche zu Raumvolumen (A/V Verhältnis) angegeben. Die äquivalente Schallabsorptionsfläche A ist definiert durch das Produkt (math.) aus Schallabsorptionsgrad α eines Bauteils und dessen Fläche S [m^2].

Anforderungen

Bei der Walter-Erbe-Schule liegt ein besonderer Schwerpunkt auf der raumakustischen Auslegung der folgenden Räume:

Räume der Gruppe A gemäß DIN 18041:2015-02

- Unterrichtsräume

Räume der Gruppen B gemäß DIN 18041:2004-05

- Flurbereich in Schulen
- Treppenhaus

Für die genannten Räume erfolgt die Auslegung der raumakustischen Maßnahmen durch Berechnung.

Raumakustische Maßnahmen

Die folgenden Oberflächen der einzelnen Räume sind akustisch wirksam und der raumakustischen Auslegung zugrunde gelegt. Bei der Auswahl von Produkten und Materialien ist darauf zu achten, dass diese der Berechnung zugrunde gelegten Eigenschaften (vor allem Absorptionsgrade) aufweisen. Im Zweifelsfall ist Rücksprache mit CAPE zu halten.

Unterrichtsräume 2.0G und Zusatzklasse 6 im EG

Nutzungsart A3:

Durch CAPE wurde die Bauherrschaft über die Unterschiede zwischen A3 und A4 (inklusive Nutzung) informiert. Durch die Bauherrschaft wurde die Vorgabe definiert, eine Auslegung nach A3 vorzunehmen und ggf. zu einem späteren Zeitpunkt mit Wandabsorbieren eine inklusive Nutzung (Raumgruppe A4) zu generieren. Je nach Möblierung und Belegung lässt sich bereits mit den nachfolgenden Absorberelementen A4 erreichen.

- Decke: vollflächige Absorberdecke (25mm Absorberplatte Heradesign superfine, Abhanghöhe 85 mm, Hinterfüllung mit 50 mm MW)
- Wände: Holzständerwände mit Vorsatzschalen und GK-Beplankung
- Boden: schallhart

Unterrichtsräume EG

Nutzungsart A3:

Durch CAPE wurde die Bauherrschaft über die Unterschiede zwischen A3 und A4 (inklusive Nutzung) informiert. Durch die Bauherrschaft wurde die Vorgabe definiert, eine Auslegung nach A3 vorzunehmen und ggf. zu einem späteren Zeitpunkt mit Wandabsorbieren eine inklusive Nutzung (Raumgruppe A4) zu generieren.

- Decke: Absorberdecke zwischen den Betonrippen (25mm Absorberplatte Heradesign superfine, Abhanghöhe 300 mm, Hinterfüllung mit 50 mm MW)
- Wände: schallhart
- Boden: schallhart

Anmerkung:

Auslegung der Unterrichtsräume nach DIN 18041 A3 unter Ausweisung zusätzlicher Wand-Absorberfläche für A4 (Ausführung zusätzlicher Flächen ggf. erst nach messtechnischer Prüfung in möbliertem Zustand). -> ca. 10m² zusätzlicher Wandabsorber erforderlich (exemplarisch Lehrküche 2).

Maschinenraum -> Zur Pegelbedämpfung sollte die maximal mögliche Fläche mit Absorber ausgeführt werden. Ergänzend sind sekundäre Maßnahmen (Gehörschutz etc.) erforderlich.

Flurbereich 2.0G

Nutzungsart B3:

- Decke: 50 % der Deckenfläche als Absorberdecke (25mm Absorberplatte Heradesign superfine, Abhanghöhe 85 mm, Hinterfüllung mit 50 mm MW)
- Wände: Holzständerwände mit GK-Beplankung
- Boden: schallhart

Flurbereich EG

Nutzungsart B3:

- Decke: 60 % der Deckenfläche als Absorberdecke, Absorber zwischen den Rippen (25mm Absorberplatte Heradesign superfine, Abhanghöhe 300 mm, Hinterfüllung mit 50 mm MW)
- Wände: schallhart
- Boden: schallhart

Treppenhaus EG bis 2.0G

Nutzungsart B2:

- Deckenuntersicht der Treppenpodeste:
vollflächige Absorberdecke (25mm Absorberplatte Heradesign superfine, Abhanghöhe 85 mm, Hinterfüllung mit 50 mm MW)
- Wände: schallhart
- Boden: schallhart
-

Die Empfehlungen nach DIN 18041 werden bei 250Hz knapp nicht eingehalten. Dies wird als vertretbar erachtet. Zur Einhaltung über alle Frequenzen ist eine zusätzliche Fläche von 2m² erforderlich.

Vom Gebäude ausgehende Lärmemission

Grundlagen

Die vom Gebäude ausgehenden Lärmemissionen, wie z.B. durch haustechnische Anlagen, Parkplätze und Tiefgaragen, lärmintensive Raumnutzung und Aufenthalt von Personen im Außenbereich müssen so begrenzt werden, dass in benachbarten Gebieten keine unzulässigen Störungen (Geräuschimmission) auftreten. Die TA-Lärm („Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm“) gibt die maximal zulässigen Geräuschimmissionen in Abhängigkeit der jeweiligen Gebiete vor.

Beurteilt wird jeweils der Lärmpegel am maßgeblichen Immissionsort. Dies entspricht bei bebauten Flächen 0,5 m außerhalb vor der Mitte des geöffneten Fensters des am stärksten betroffenen schutzbedürftigen Raumes und bei unbebauten Flächen oder bebauten Flächen, die kein Gebäude mit schutzbedürftigen Räumen enthalten, an dem am stärksten betroffenen Rand der Fläche, bei welchem nach dem Bau- und Planungsrecht Gebäude mit schutzbedürftigen Räumen erstellt werden dürfen.

Die Immissionsrichtwerte für den Beurteilungspegel für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

(TA-Lärm, Nummer 6.1): Maßgeblicher Immissionsort

Gebietsausweisung	Immissionsrichtwerte für den Beurteilungspegel in dB(A)	
	Tag	Nacht
Industriegebiet (GI)	70	70
Gewerbegebiet (GE)	65	50
Urbanes Gebiet (MU)	63	45
Kerngebiet, Dorf- und Mischgebiet (MK, MD, MI)	60	45
allg. Wohngebiet (WA), Kleinsiedlungsg. (WS)	55	40
reines Wohngebiet (WR)	50	35
Kurgebiet, Krankenhäuser und Pflegeanstalten (SO)	45	35
Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte am Tag um nicht mehr als 30 dB(A) und in der Nacht um nicht mehr als 20 dB(A) überschreiten.		

Die Geräuschimmissionen der Anlage müssen die Immissionsrichtwerte nach Nummer 6.1 (TA-Lärm) um mindestens 6 dB (A) unterschreiten. Ist dies nicht der Fall, so ist eine detailliertere Betrachtung erforderlich.

Anforderungen

Die Wahl geeigneter haustechnischen Anlagen und Komponenten liegt im Verantwortungsbereich des Fachplaners für Gebäudetechnik.

Im Zweifelsfall ist mit CAPE Rücksprache zu halten.