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

Bauteilkatalog (thermische Hülle)

Bautechnische Nachweise (Sommerlicher Wärmeschutz, Bau- und Raumakustik)

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):	28 Seiten
Stand:	17.12.2024

Das vorliegende Dokument stellt einen Folgebericht dar. Die sich gegenüber dem Dokument vom 11.07.2024 (P24 015_Bauteilübersicht+Nachweise_LPh3_VA) geänderten Angaben werden im vorliegenden Bericht in blauer Farbe markiert, um die Änderungen leichter nachvollziehbar zu machen.

Inhaltsverzeichnis

1 Bauteilkatalog (thermische Hülle) 3
1.1 DA01 (Flachdach über DG / Stb / extensiv begrünt) 3
1.2 DA02 (Flachdach über 3.OG / Hohlkörperdecke / extensiv begrünt) 5
1.3 DA03 (Dachterrasse über EG / Stb / extensiv begrünt) 7
1.4 DE01 (Decke nach unten gegen Außenluft / Boden 1.OG / Stb) 8
1.5 FB01 (Bodenplatte gegen Erdreich EG) 11
1.6 WA01 (Außenwand 1. - 3.OG / Holzrahmen/-tafel / hinterlüftet) 12
1.7 WA02 (Außenwand EG + DG / Stb / hinterlüftet) 15
1.8 Fenster, Fenstertüren 16
1.9 Außentüren 17
1.10 Lichtkuppel / Oberlicht 17
2 Sommerlicher Wärmeschutz 18
3 Raumakustik (Prognoseberechnungen der Nachhallzeit) 19
3.1 Klassenräume 19
4 Bauakustik (Schallschutznachweise) 21
4.1 Schallschutz gegen Außenlärm 21
4.2 Schallschutz innerhalb des Gebäudes 22
4.2.1 Trenndecken – Unterrichtsräume 22
4.2.2 Trennwände – Unterrichtsräume 24

1 Bauteilkatalog (thermische Hülle)

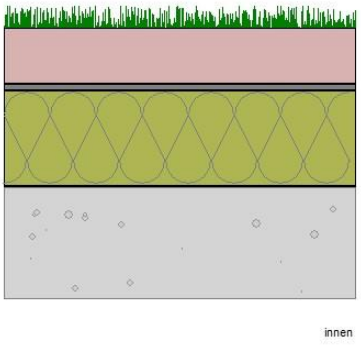
Im vorliegenden Bauteilkatalog sind nur bauphysikalisch relevante Bauteile der thermischen Hüllfläche aufgeführt. Bei Abweichungen von thermisch/hygrisch nicht relevanten Bauteilschichten (z.B. variierende Bodenbeläge, Dicke von Stahlbetonwänden etc.) gelten in erster Linie die Angaben des Architekturbüros.

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.

Gem. § 51 GEG wird für die Erweiterung der Bauteilnachweis geführt. Die nachfolgenden U-Werte sind als Mindestanforderungswerte zu sehen.

1.1 DA01 (Flachdach über DG / Stb / extensiv begrünt)

Keine Schallschutzanforderungen (da nur Verkehrsfläche und Technikräume)



DA01
U = 0,22 W/(m²K)

Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft" (1)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,10 und R_{se} = 0,04 m²K/W

Querschnitt

	von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
	R_{si}					0,100
01	Stahlbeton	20,00	2300	460,0	2,300	0,087
02	Dampfsperre	0,10	-	-	-	-
03	Dämmung DAA 040	17,00	-	-	0,035	4,857
04	Abdichtung nach DIN 18531	0,10	-	-	-	-
05	Schutz-, Drän-, Filtermatte	1,00	-	-	-	-
06	Vegetationssubstrat	10,00	-	-	-	-
	R_{se}					0,040
		d = 48,20		G = 460,0		R_T = 5,08

.....

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U_c = 0,197 + 0,020 = **0,216 W/(m²K)**

0,020 Sicherheit für Gefälleplanung; U-Wert Gesamtkorrektur = 10%

.....

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Decken beheizter Räume nach oben gegen Außenluft (DIN 4108-2:2013). Mindestanforderungen nach Tab.3.

R 4,94 ≥ 1,20 m²K/W erfüllt die Anforderungen

.....

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Bauteil Bild 8d, mit den Schichten: Beton 2400 ~ Dampfsperre >= 100m ~ Wärmedämmung ~ Dachabdichtung

.....

HINWEISE:

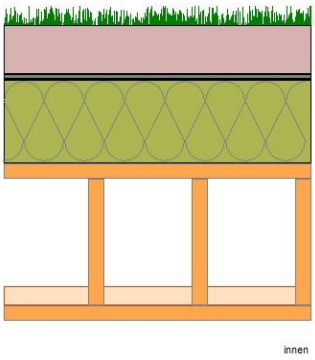
zu 03: Vereinfachend wird vor Bauausführung die mittlere Höhe für die keilförmige Dämmschicht zur näherungsweisen Ermittlung des U-Wertes angesetzt. Es ist dann darauf zu achten, dass bei Herstellung und Ausführung der Dämmschicht der U-Wert nach dem Normverfahren der DIN EN ISO 6946 eingehalten wird. Der Nachweis erfolgt durch die ausführende Firma.
Hinweis: Bei einer Gefälledämmung muss die Dämmschicht am niedrigsten Punkt mindestens die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 einhalten (mind. 60 mm bei WLG 035).

Zu 04: Abdichtung nach DIN 18531 gem. Angabe Architekt

Zu 05+06: Gründach/Kiesdach-Aufbau gem. Angabe Arch. (inkl. Schutz-/Speichervlies, Festkörperdrainage, Filtervlies etc.)

1.2 DA02 (Flachdach über 3.OG / Hohlkörperdecke / extensiv begrünt)

erf. Rw ≥ 50 dB → Rw (Ctr) = 55 (-8) dB gem. Referenzbauteil holzbau handbuch R3 T3 F1 Tab. 33 Z. 5



DA02
U = 0,17 W/(m²K)

Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft" (1)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,10 und R_{se} = 0,04 m²K/W

Querschnitt

	von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
	R_{si}					0,100
01	Nadelholz	3,10	-	-	0,130	0,238
02	Holzfaserdämmplatte	4,00	-	-	0,040	1,000
03	Luftschicht ruhend	21,80	1	0,0	-	0,160
04	Nadelholz	3,10	-	-	0,130	0,238
05	Dampfsperre	0,10	-	-	-	-
06	Dämmung DAA 040	17,00	-	-	0,035	4,857
07	Abdichtung nach DIN 18531	0,10	-	-	-	-
08	Schutz-, Drän-, Filtermatte	1,00	-	-	-	-
09	Vegetationssubstrat	10,00	-	-	-	-
	R_{se}					0,040
		d = 60,20		G = 0,0		R_T = 6,63

U_{Gefach} = 0,151 W/(m²K)

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand		zusammengesetztes Bauteil
3,1 cm	21,0 cm	14,8 %	0,0 kg/m²

	Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
	R_{si}					0,100
01	Nadelholz	3,10	-	-	0,130	0,238
02	Nadelholz	25,80	-	-	0,130	1,985
03	Nadelholz	3,10	-	-	0,130	0,238

04 Dampfsperre	0,10	-	-	-	-
05 Dämmung DAA 040	17,00	-	-	0,035	4,857
06 Abdichtung nach DIN 18531	0,10	-	-	-	-
07 Schutz-, Drän-, Filtermatte	1,00	-	-	-	-
08 Vegetationssubstrat	10,00	-	-	-	-
R_{se}					0,040
	60,20		-	R_T =	7,46

$U_{(R)}$ = 0,134 W/(m²K)

R'_T = 1 / (85,24% * 1/6,634 + 14,76% * 1/7,459) = 6,74 m²K/W
R''_T = 0,10 + 1/(0,852/0,238+0,148/0,238) + 1/(0,852/1,000+0,148/0,308) + 1/(0,852/0,160+0,148/1,677) + 1/(0,852/0,238+0,148/0,238) + 1/(0,852/4,857+0,148/4,857) + 0,04 = 6,41 m²K/W
R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 6,58 m²K/W (maximaler Fehler = R'_T - R''_T / 2 * R_T = 3 %)

U = 1 / R_T = 0,152 W/(m²K)

.....

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U_c = 0,152 + 0,015 = **0,167 W/(m²K)**

0,015 Sicherheit für Gefälleplanung; U-Wert Gesamtkorrektur = 10%

.....

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Decken beheizter Räume nach oben gegen Außenluft (DIN 4108-2:2013).
Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse < 100 kg/m².

$R_{(G)}$	6,49 ≥ 1,75	m²K/W	erfüllt die Anforderungen
R	6,44 ≥ 1,00	m²K/W	erfüllt die Anforderungen

.....

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Bauteil Bild 8a, mit den Schichten: Holzschalung ~ Dampfsperre >= 100m ~ Wärmedämmung ~ Dachabdichtung

.....

HINWEISE:

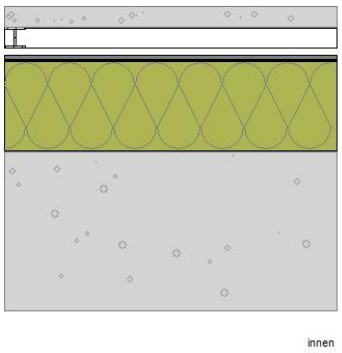
zu 06: Vereinfachend wird vor Bauausführung die mittlere Höhe für die keilförmige Dämmschicht zur näherungsweisen Ermittlung des U-Wertes angesetzt. Es ist dann darauf zu achten, dass bei Herstellung und Ausführung der Dämmschicht der U-Wert nach dem Normverfahren der DIN EN ISO 6946 eingehalten wird. Der Nachweis erfolgt durch die ausführende Firma.
Hinweis: Bei einer Gefälledämmung muss die Dämmschicht am niedrigsten Punkt mindestens die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 einhalten (mind. 60 mm bei WLG 035).

Zu 07: Abdichtung nach DIN 18531 gem. Angabe Architekt

Zu 08+09: Gründach/Kiesdach-Aufbau gem. Angabe Arch. (inkl. Schutz-/Speichervlies, Festkörperdrainage, Filtervlies etc.) **--> mind. erf. flächenbez. Masse m' >= 87 kg/m²**

1.3 DA03 (Dachterrasse über EG / Stb / extensiv begrünt)

erf. Rw ≥ 50 dB → Rw = 67 dB ergibt sich aus der Stb-Deckenstärke gem. DIN 4109



DA03
U = 0,21 W/(m²K)

Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft" (1)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,10 und R_{se} = 0,04 m²K/W

Querschnitt

	von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
	R_{si}					0,100
01	Stahlbeton	30,00	2300	690,0	2,300	0,130
02	Dampfsperre	0,10	-	-	-	-
03	Dämmung DAA 040	17,00	-	-	0,035	4,857
04	Abdichtung nach DIN 18531	0,10	-	-	-	-
05	Schutzschicht	1,00	-	-	-	-
06	Baulager	1,20	-	-	-	-
07	Stelzlager	4,00	-	-	-	-
08	Betonplatten	4,00	2000	80,0	-	-
	R_{se}					0,040
		d = 57,40		G = 770,0		R_T = 5,13

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U_c = 0,195 + 0,020 = **0,215 W/(m²K)**

0,020 Sicherheit für Gefälleplanung; U-Wert Gesamtkorrektur = 10%

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Decken beheizter Räume nach oben gegen Außenluft (DIN 4108-2:2013). Mindestanforderungen nach Tab.3.

R 4,99 ≥ 1,20 m²K/W erfüllt die Anforderungen

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Bauteil Bild 8d, mit den Schichten: Beton 2400 ~ Dampfsperre >= 100m ~ Wärmedämmung ~ Dachabdichtung

HINWEISE:

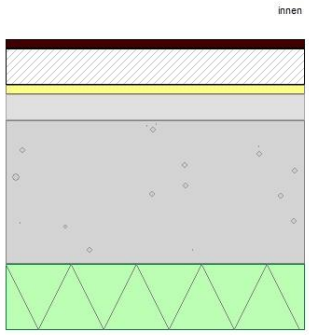
zu 03: Vereinfachend wird vor Bauausführung die mittlere Höhe für die keilförmige Dämmschicht zur näherungsweisen Ermittlung des U-Wertes angesetzt. Es ist dann darauf zu achten, dass bei Herstellung und Ausführung der Dämmschicht der U-Wert nach dem Normverfahren der DIN EN ISO 6946 eingehalten wird. Der Nachweis erfolgt durch die ausführende Firma.
Hinweis: Bei einer Gefälledämmung muss die Dämmschicht am niedrigsten Punkt mindestens die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 einhalten (mind. 60 mm bei WLG 035).

Zu 04: Abdichtung nach DIN 18531 gem. Angabe Architekt

Zu 06-08: Baulager als elastische Lagerung (z.B. Getzner Sylomer), vom Hersteller ausgelegt auf die angegebene Eigenfrequenz $f_0 \leq 70$ Hz

1.4 DE01 (Decke nach unten gegen Außenluft / Boden 1.OG / Stb)

erf. Rw ≥ 50 dB → Rw = 68 dB ergibt sich aus der Stb-Deckenstärke gem. DIN 4109



DE01
U = 0,22 W/(m²K)

Bauteiltyp "Decke nach unten gegen Außenluft" (10)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,17 und R_{se} = 0,17 m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,170
01 Bodenbelag	2,00	-	-	-	-
02 Zementestrich / Heizestrich	7,50	2000	150,0	1,400	0,054
03 doppellagige PE-Folie	-	-	-	-	-
04 Trittschalldämmung DES 040	2,00	-	-	0,040	0,500

05 Ausgleichsdämmung DEO	5,50	-	-	-	-
06 Stahlbeton	30,00	2300	690,0	2,300	0,130
07 Dämmung DI 035	14,00	-	-	0,035	4,000
R_{se}					0,040
	d = 61,00	G = 840,0		R_T = 4,89	

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U_c = 0,204 + 0,020 = **0,225 W/(m²K)**

0,020 Korrektur für mechan. Befestigungselement; U-Wert Gesamtkorrektur = 10%

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Decken gegen Außenluft, Garagen, Durchfahrten und belüftete Kriechkeller (DIN 4108-2:2013).
Mindestanforderungen nach Tab.3.

R 4,68 ≥ 1,75 m²K/W erfüllt die Anforderungen

HINWEISE:

zu 02: Estrich-Nenndicke in Abhängigkeit von der Nutzlast bzw. der lotrechten Einzellast sowie der Zusammendrückbarkeit der Dämmschicht (dyn. Steifigkeit der DES) gem. DIN 18560 nach Angabe Architekt

zu 04: Anforderung an die dyn. Steifigkeit ist gem. Schallschutz zu beachten: s‘ <= 30 MN/m³

zu 07: absorbierende Dämmung empfohlen, z.B. Tektalan o.ä.

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 wird durchgeführt.

Keine Tauwasserbildung im Bauteil. Diffusionsstromdichte = 0,009 g/m²h

Klimabedingungen

Regelklima DIN 4108-3:2018

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	φ = 80 %
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	φ = 50 %
Verdunstungsperiode	$p_{d,i}$ / $p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck
2160 Stunden	p_s	1700 Pa	Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m²K/W	
	R_{se}	0,04 m²K/W	

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

	von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
	Raumluft	20,0	2338	1169
1	Bodenbelag	18,7	2163	1169
2	Zementestrich / Heizestrich	18,7	2163	1163
3	doppellagige PE-Folie	18,5	2127	1148
4	Trittschalldämmung DES 040	18,5	2127	1148
5	Ausgleichsdämmung DEO	16,0	1815	1147
6	Stahlbeton	16,0	1815	1146
7	Dämmung DI 035	15,3	1740	811
		-4,8	409	322
	Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit R_{si} = 0,25, R_{se} = 0,04 und R_T = 4,97 m²K/W

Diffusionswiderstände

	Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	μ_{min}*s [m]	μ_{max}*s [m]		s_d [m]
1	Bodenbelag	20	40	0,40	0,80	->	0,40
2	Zementestrich / Heizestrich	15	35	1,13	2,63	->	1,13
3	doppellagige PE-Folie	100000	100000	-	-		-
4	Trittschalldämmung DES 040	1	1	0,02	0,02		0,02
5	Ausgleichsdämmung DEO	2	2	0,11	0,11		0,11
6	Stahlbeton	80	130	24,00	39,00	->	24,00
7	Dämmung DI 035	80	250	11,20	35,00	<-	35,00

					Σ μ*s =		60,66

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018

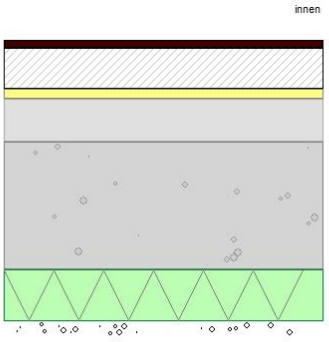
Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1)

Dampfteildruck der Raumluft $p_i = \phi_i * p_{sat}(\theta_i)$ = 0,50 * 2.337 = 1.168 Pa (Gl.3)
erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	$\phi_{si,cr}$	p_{sat} Pa	$\theta_{si}(p_{sat})$ °C	R m²K/W	ausrei-chend
vorhandene Werte	0,54	2.163	18,74	4,68	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	ja

mit $\phi_{si,cr}$ = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche
$p_{sat} = p_i / \phi_{si,cr}$ = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und $\theta_{si}(p_{sat})$ = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)
$R = R_{si} / (1 - f_{Rsi}) - R_{si} - R_{se}$ = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit R_{si} = 0,25 W/(m²K))
mit $f_{Rsi} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$ = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche

1.5 FB01 (Bodenplatte gegen Erdreich EG)



FB01
U = 0,30 W/(m²K)

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,17 und R_{se} = 0,00 m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,170
01 Bodenbelag	1,50	-	-	-	-
02 Zementestrich / Heizestrich	8,00	2000	160,0	1,400	0,057
03 doppellagige PE-Folie	-	-	-	-	-
04 Trittschalldämmung DES 040	2,00	-	-	0,040	0,500
05 Ausgleichsschüttung	8,50	-	-	-	-
06 Abdichtung nach DIN 18533	-	-	-	-	-
07 Stahlbeton	25,00	2300	575,0	2,300	0,109
08 Perimeterdämmung PB 040	10,00	-	-	0,040	2,500
R_{se}					0,000
	d = 55,00		G = 735,0		R_T = 3,34

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,300 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Sohlplatten, unmittelbar an das Erdreich grenzend bis zu einer Raumtiefe von 5 m (DIN 4108-2:2013 Tab.3.). Mindestanforderungen nach Tab.3.

R 3,17 ≥ 0,90 m²K/W erfüllt die Anforderungen

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt. Bodenplatten mit Perimeterdämmung und Abdichtung nach DIN 18195, R_{innen} <= 20% von $R_{ges.}$

HINWEISE:

zu 02: Estrich-Nenndicke in Abhängigkeit von der Nutzlast bzw. der lotrechten Einzellast sowie der Zusammendrückbarkeit der Dämmschicht (dyn. Steifigkeit der DES) gem. DIN 18560 nach Angabe Architekt

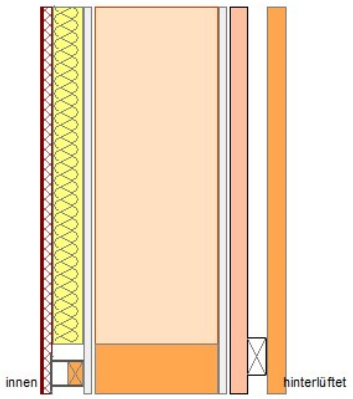
zu 04: Anforderung an die dyn. Steifigkeit ist gem. Schallschutz zu beachten: s' <= 30 MN/m³

zu 06: Abdichtung gemäß Bodengutachten nach Angabe Architekt

zu 08: erf. Druckbelastbarkeit gemäß Angaben Tragwerksplanung
der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit ergibt sich aus der Dicke der Perimeterdämmung und der Wasserbeanspruchung gem. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

1.6 WA01 (Außenwand 1. - 3.OG / Holzrahmen/-tafel / hinterlüftet)

erf. Rw ≥ 58 dB → Rw (C, Ctr) = 60 (-6, -13) dB gem. Referenzbauteil LignumData Bauteil D0278 (D.1.02.K15)



WA01
U = 0,22 W/(m²K)

0 kg CO2/(m²50a)

Bauteiltyp "Außenwand hinterlüftet" (4)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,13 m²K/W

Querschnitt

	von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
	R_{si}					0,130
01	Lehmputz	0,30	-	-	-	-
02	Lehmbauplatte schwer	1,60	1450	23,2	0,350	0,046
03	Faserdämmstoff	5,00	-	-	-	-
04	Gipsfaserplatte >= 1.000 kg/m³	1,50	1000	15,0	0,270	0,056
05	Dampfbremse sd >= 3 m	-	-	-	-	-
06	Dämmung WH 038	20,00	60	12,0	0,038	5,263
07	Gipsfaserplatte >= 1.000 kg/m³	1,50	1000	15,0	0,270	0,056
08	Windbremse sd <= 0,1 m	-	-	-	-	-

09 Traglattung / Hinterlüftung	3,00	-	-	-	-
10 Konterlattung	3,00	-	-	-	-
11 vert. offene Schalung	3,00	-	-	-	-
R_{se}					0,130
	d = 38,90		G = 65,2		R_T = 5,68

U_{Gefach} = 0,176 W/(m²K)

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand		zusammengesetztes Bauteil	
8,0 cm	62,5 cm	12,8 %	79,0 kg/m²	

Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 Lehmputz	0,30	-	-	-	-
02 Lehmbauplatte schwer	1,60	1450	23,2	0,350	0,046
03 Direktabhänger, gummigelagert	5,00	-	-	-	-
04 Gipsfaserplatte >= 1.000 kg/m³	1,50	1000	15,0	0,270	0,056
05 Dampfbremse sd >= 3 m	-	-	-	-	-
06 Holzständer	20,00	600	120,0	0,130	1,538
07 Gipsfaserplatte >= 1.000 kg/m³	1,50	1000	15,0	0,270	0,056
08 Windbremse sd <= 0,1 m	-	-	-	-	-
09 Traglattung / Hinterlüftung	3,00	-	-	-	-
10 Konterlattung	3,00	-	-	-	-
11 vert. offene Schalung	3,00	-	-	-	-
R_{se}					0,130
	38,90		173,2		R_T = 1,96

$U_{(R)}$ = 0,511 W/(m²K)

R'_T = 1 / (87,20% * 1/5,680 + 12,80% * 1/1,955) = 4,57 m²K/W
R''_T = 0,13 + 1/(0,872/0,046+0,128/0,046) + 1/(0,872/0,056+0,128/0,056) + 1/(0,872/5,263+0,128/1,538) + 1/(0,872/0,056+0,128/0,056) + 0,13 = 4,44 m²K/W
R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 4,50 m²K/W (maximaler Fehler = R'_T - R''_T / 2 * R_T = 1 %)

U = 1 / R_T = 0,222 W/(m²K)

.....

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,222 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

.....

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013).
Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse < 100 kg/m².

$R_{(G)}$	5,42 ≥ 1,75	m²K/W	erfüllt die Anforderungen
R	4,24 ≥ 1,00	m²K/W	erfüllt die Anforderungen

.....

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Außenwände in Holzbauart mit beidseitig bekleideten oder beplankten Wänden mit vorgehängten Außenwandbekleidungen. Raumseitige diffusionshemmende Schicht $s_{d,i}$ >= 2,0 m, außenseitige diffusionsoffene Schicht $s_{d,e}$ <= 0,3 m oder Holzfaserdämmplatte nach DIN EN 13171. Dies gilt auch für nicht belüftete Außenwandbekleidungen aus kleinformatigen Elementen, wenn auf der äußeren Beplankung eine zusätzliche wasserableitende Schicht mit $s_{d,e}$ <= 0,3 m aufgebracht ist.

.....

HINWEISE:

zu 01-03: Es ist aus schalltechnischer Sicht eine Vorsatzschale raumseitig anzuordnen.

zu 04+07: schwere Platten aus schalltechnischer Sicht erforderlich

zu 05: dampfdiffusionsdichte/luftdichte Ebene herstellen --> sd-Wert >= 3,0 m

zu 06: Dämmung für Holzrahme-/Holztafelbauwänden, z.B. Mineralwolle, Zellulosefaser oder Holzfaser.
Die Einbaufeuchte der Hölzer darf nicht höher als 20% liegen.

Hinweis: Es wird von einem Achsabstand der Holzständer von 62,5 cm und einer Rahmenbreite von ≤ 8 cm ausgegangen.

zu 08: dampfdiffusionsoffene/winddichte Ebene herstellen --> sd-Wert <= 0,1 m

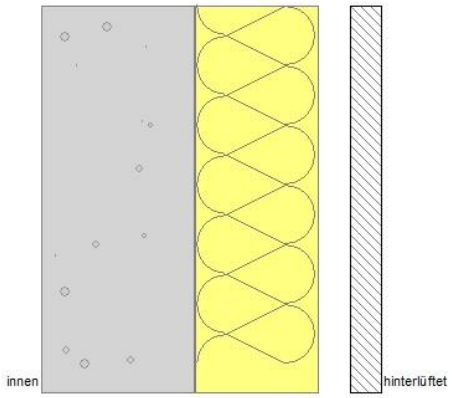
zu 09-11: Es sind die Hinweise zur DIN 18516-1:2010-06 zu beachten: Der freie vertikale Hinterlüftungsquerschnitt zwischen Bekleidung und Wärmedämmung muss mind. 200 cm²/m betragen. Zu- und Abluftöffnungen müssen einen Querschnitt von mind. 50 cm²/m aufweisen. Querschnittsverminderungen durch Vogelschutzgitter u A sind mit zu berücksichtigen.

Es sind die vorbeugenden baulichen Maßnahmen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von Bauteilen aus Holz oder Holzwerkstoffen gem. DIN 68800-2:2012-02 zu beachten. Bei einer nicht ordnungsgemäßen Schichtfolge kann es dabei zu Tauwasser im Bereich des Querschnittes von Außenbauteilen kommen. 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.

Holzbauelemente müssen über längere Bauphasen hinweg vor Nässe geschützt werden!

1.7 WA02 (Außenwand EG + DG / Stb / hinterlüftet)

erf. Rw ≥ 58 dB → Rw = 63 dB ergibt sich aus der Stb-Wandstärke gem. DIN 4109



WA02
U = 0,21 W/(m²K)

Bauteiltyp "Außenwand hinterlüftet" (4)
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,13 und R_{se} = 0,13 m²K/W

.....

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,130
01 Stahlbeton	25,00	2300	575,0	2,300	0,109
02 Wärmedämmung WAB 035	20,00	-	-	0,035	5,714
03 Luftraum / Unterkonstruktion	5,00	-	-	-	-
04 Alukassetten	5,00	-	-	-	-
R_{se}					0,130
	d = 55,00		G = 575,0		R_T = 6,08

.....

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U_c = 0,164 + 0,041 = **0,205 W/(m²K)**

0,041 Korrektur für mechan. Befestigungselemente; U-Wert Gesamtkorrektur = 25%

.....

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013).
Mindestanforderungen nach Tab.3.

R 5,82 ≥ 1,20 m²K/W erfüllt die Anforderungen

.....

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Ein- und zweischaliges Mauerwerk mit Innenputz und hinterlüfteter Außenwandbekleidung nach DIN 18516 mit oder ohne Wärmedämmung.

.....

HINWEISE:

zu 02: Dämmung mit Zulassung für den Einsatz in hinterlüftete Fassaden (2. wasserführende Ebene) mit Vlieskaschierung/Hydrophobierung sowie gegebenenfalls je nach Fugenbreite und Fugenanteil der vorgehängten Fassade eine zusätzl. Fassadenbahn/Folie (diffusionsoffen (sd-Wert = 0,05 m), schlagregendicht, UV-beständig für offene oder geschlossene Fassaden --> Fugenanteil beachten!), z.B. Pro Clima Solitex Fronta Quattro oder DuPont Tyvek o.glw.

zu 03: Fassadenanker oder sonstige Unterkonstruktionen, die die Dämmebene durchdringen, sind thermisch zu entkoppeln. Alu-Konsolen sind nicht zulässig. Wärmebrücken durch Verankerungen sind zu berücksichtigen (U-Wert ergibt sich aus der Korrektur für mechan. Befestigungselemente) Der Nachweis des U-Wertes erfolgt durch ausführende Firma.
Zudem sind die bauphysikalischen Anforderungen gem. DIN 18516-1:2010-06 zu beachten.

1.8 Fenster, Fenstertüren

.....

Wärmedurchgangskoeffizient

U_W ≤ 1,00 W/(m²K)
+
Gesamtenergiedurchlassgrad g ≤ 0,40
Lichttransmissionsgrad ≥ 0,60
außenliegender Sonnenschutz
(bei Lager-/Technikräume kann auf einen außenliegenden Sonnenschutz verzichtet werden)
erf. Schalldämm-Maß Rw ≥ 45 dB (auch für opake Paneele)

Richtwert: U_g ≤ 0,6 W/(m²K) (Dreischeibenverglasung)
Richtwert: U_p ≤ 0,5 W/(m²K) (opake Paneele mit d ≥ 80 mm und WLG ≤ 035)

Der o.g. Uw-Wert ist der Anforderungswert für das Gesamtelement Fenster/Fassade (Verglasung inkl. Rahmen). Die Verfahren zur Bestimmung von U_W für Fenster sind in der Produktnorm DIN EN 14351-1 festgelegt. Danach ist U_W nach DIN EN ISO 10077-1 zu ermitteln oder nach DIN EN ISO 12567 zu messen. Fensterelemente mit opaker Füllung (Paneel) können nach DIN EN ISO 10077-1 Gleichung 2 berechnet werden. Aus der dokumentierten Ermittlung müssen die zugrunde gelegte Fenstergröße und die bei der Ermittlung angesetzten Eingangsgrößen (z.B Uf, Ug) eindeutig hervorgehen. Der Nachweis erfolgt durch den Hersteller. Der Einbau erfolgt nach RAL-Richtlinie.

1.9 Außentüren

.....

Wärmedurchgangskoeffizient

U_D ≤ 1,50 W/(m²K)

Der U_D-Wert einer Tür wird ähnlich wie der U_W-Wert für Fenster bestimmt. Gemäß DIN V 4108-4 darf der vom Hersteller nach DIN EN 14351-1 für eine Tür mit Standardgröße (1,23 m x 2,8 bzw. für Größen > 3,6 m² 2,00 m x 2,18 m) und mit gleicher Bauart deklarierte U_D-Wert verwendet werden. In der Produktnorm DIN EN 14351-1 sind die Verfahren zur Bestimmung von U_D für Türen festgelegt. Danach ist U_D nach DIN EN ISO 10077-1 zu ermitteln oder nach DIN EN ISO 12567 zu messen. Auch bei einer Ermittlung nach DIN EN ISO 10077-1 ist gemäß DIN V 4108-4 ausreichend, wenn U_D für die in DIN EN 14351-1 festgelegten Standardgrößen ermittelt wird. Grundsätzlich darf der U_D-Wert anhand der tatsächlichen Türgröße ermittelt werden. Der Nachweis erfolgt durch den Hersteller. Der Einbau erfolgt nach RAL-Richtlinie.

1.10 Lichtkuppel / Oberlicht

Bauteiltyp "Lichtkuppel"
mit den Wärmeübergangswiderständen R_{si} = 0,10 und R_{se} = 0,04 m²K/W

.....

Wärmedurchgangskoeffizient

U_{rc} ≤ 1,5 W/(m²K)
+
Gesamtenergiedurchlassgrad g < 0,25
Lichttransmissionsgrad > 0,55
ohne Sonnenschutzeinrichtung

Der Nennwert des Wärmedurchgangskoeffizienten U für Lichtkuppeln ist der vom Hersteller deklarierte Wärmedurchgangskoeffizient nach DIN EN 1873. In diesem Wert müssen die Verglasung, der Rahmen, Aufsetzkränze (und der Wärmebrückeneinfluss im eingebauten Zustand) enthalten sein. Der U-Wert kann nach den o.g. Normen entweder berechnet oder nach DIN EN ISO 12567-2 gemessen werden. Der Nachweis erfolgt durch den Hersteller. Der Einbau erfolgt nach RAL.
Der Nachweis erfolgt durch den Hersteller.
Der Einbau erfolgt nach RAL-Richtlinie.

2 Sommerlicher Wärmeschutz

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**	

3 Raumakustik (Prognoseberechnungen der Nachhallzeit)

Nachfolgend sind die Prognoseberechnungen der maßgebenden Räume / Raumtypen nach DIN 18041 aufgeführt. Die zusätzlichen Hinweise und Erläuterungen sowie dazugehörige Übersichtspläne im Bericht zur Bauphysik sind zu beachten.

3.1 Klassenräume

Exemplarisch für Klassenzimmer 2.040

.....

Schallabsorption in Räumen nach DIN EN 12354-6

Raumnutzung "Unterrichtsraum" (A4)
Sollwert der Nachhallzeit T_{Soll} = 0,46 sec (DIN 18041:2016)
für erhöhte Sprachverständlichkeit, Inklusion von Hörschädigungen und fremdsprachige Kommunikation.

Berechnungsmodell für Räume mit verteilter Absorption und diffusem Schallfeld
Raumvolumen V = 6,13*10,50*3,02 = 194 m³

				Oktavbandmittenfrequenzen in [Hz] 125	250	500	1000	2000	4000
Raumbegrenzungsfläche	Typ	Ort	S [m²]	äquivalente Absorptionsfläche [m²]					
Pinnwand-Absorber	F999	z1	10,0	3,0	7,5	9,5	9,0	9,5	9,5
Akustik-Decke 3.0	F998	z1							
Akustik-Decke 3.1	F997	z1	51,5	20,6	33,4	38,6	38,6	30,9	20,6
Decke	F269	z1	12,9	0,5	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8
Boden	F268	z0	64,3	1,3	1,3	1,9	1,9	2,6	2,6
Wände massiv	F004	x0	31,7	0,6	0,6	1,0	1,3	1,6	1,6
Wände leicht	F120	y0	37,2	9,3	6,3	1,5	3,0	3,0	3,3
Fenster	F093	y1	16,5	4,6	3,3	1,7	1,0	0,5	0,3
Volumen	L243	m	194,4 m³	0,1	0,2	0,5	0,8	1,5	4,5
Schüler	O218	m	20,0 St	1,0	6,6	8,6	6,4	7,6	7,4
Summen			224,0	41,0	59,8	63,8	62,7	57,8	50,6
Oberflächen / Objekte				Absorptionsgrade α					
F999 manuell				0,30	0,75	0,95	0,90	0,95	0,95
F998 manuell				0,25	0,65	0,95	0,90	0,80	0,95
F997 manuell				0,40	0,65	0,75	0,75	0,60	0,40
F269 Holz- oder Spanplatte				0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06
F268 Linoleum auf Beton				0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
F004 Beton, unverputzt				0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
F120 Gk-Platten, d = 60 auf Lattenrost				0,25	0,17	0,04	0,08	0,08	0,09
F093 Fenster				0,28	0,20	0,10	0,06	0,03	0,02
L243 Luftabsorption 20°C 50%				0,10	0,30	0,60	1,00	1,90	5,80
O218 Schüler an Holztischen 3 m²/P				0,05	0,33	0,43	0,32	0,38	0,37
Nachhallzeit		T	[sec]	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6

$T_m = T_{ist} = (T_{500} + T_{1000}) / 2$ = 0,49 sec

äquivalente Absorptionsfläche $A = \Sigma\, \alpha_S * S_F + \Sigma\, A_{obj} + \Sigma\, \alpha_S * S_P + A_{Luft}$ (EN 12354-6, Gl.1)
aus Oberflächen F, Objekten O (obj), Objektanordnungen P und Luftabsorption L

mit den Verteilungen Fußboden z0, Decke z1, links x0, rechts x1, vorne y0, hinten y1 und Mitte m
Nachhallzeit T = 0.16 * V * (1-ψ) / A
mit Objektanteil $\psi = (\Sigma V_{obj,j} + \Sigma VS_{obj,k}) / V = (1) / V = 0{,}004$ (Gl.5)

.....

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

4 Bauakustik (Schallschutznachweise)

Nachfolgend sind die Bauteilnachweise nach DIN 4109 für alle maßgebenden Bauteile bzw. Bauteiltypen aufgeführt. Die erläuternden Konstruktionshinweise und Angaben zu den flankierenden Bauteilen sowie die Übersichtspläne zum Schallschutz im zugehörigen Bericht zur Bauphysik sind zu beachten.

Ein genormtes Rechenverfahren zur Berechnung der Luft- und Trittschalldämmung von Trennwänden und –decken in Holzbauweise gibt es bislang nicht. Durch Literaturrecherche und mit Hilfe von Referenzdaten ist es möglich, schallschutztechnische Eigenschaften von analogen (oder ähnlichen) Decken- und Wandkonstruktionen in der Baupraxis einzuschätzen. Änderungen der Gesamtkonstruktion und/oder Änderungen der flächenbez. Masse sind nur in Abstimmung mit dem IB Seidel möglich.

Die Berechnungsmodelle dienen in der Planungsphase des Bauvorhabens zur Prognose der zu erwartende Schalldämmung und stellen keinen Nachweis dar. Die DIN 4109 empfiehlt den Nachweis durch eine Güteprüfung am Bau zu erbringen.

4.1 Schallschutz gegen Außenlärm

Dieser wird mit den aktuellen Fenstergrößen im Eckraum 3.OG nicht erfüllt.
Mögliche Maßnahmen zur Verbesserung habe ich in nachfolgender Tabelle angegeben:

basierend auf folgenden Planständen: GR + SN vom 12.07.24 Fensterflächen vom 22.05.24 sichtbare Holzstützen/-unterzüge: Besprechung vom 30.09.24

		∑ Außenbauteil		Außenwand			Dach			Fenster			Holzstützen			Holzunterzug			IST	SOLL	Schallschutz gg Außenlärm
3.OG	Eck-Klassenzimmer	129,82 m²	100%	60 dB	34,43 m²	26,5%	55 dB	66,89 m²	51,5%	45 dB	16,50 m²	12,7%	47 dB	6,68 m²	5,1%	47 dB	5,33 m²	4,1%	49,1 dB ≥	49,1 dB	(sehr knapp) erfüllt
3.OG	Klassenzimmer	102,33 m²	100%	60 dB	10,48 m²	10,2%	55 dB	63,71 m²	62,3%	45 dB	19,80 m²	19,3%	47 dB	5,01 m²	4,9%	47 dB	3,33 m²	3,3%	48,1 dB ≥	44,7 dB	erfüllt
1./2.OG	Eck-Klassenzimmer	50,95 m²	100%	60 dB	23,61 m²	46,3%				45 dB	16,50 m²	32,4%	47 dB	5,51 m²	10,8%	47 dB	5,33 m²	10,5%	46,3 dB ≥	45,1 dB	erfüllt
1./2.OG	Klassenzimmer	31,85 m²	100%	60 dB	4,59 m²	14,4%				45 dB	19,80 m²	62,2%	47 dB	4,13 m²	13,0%	47 dB	3,33 m²	10,5%	44,1 dB ≥	39,7 dB	erfüllt

basierend auf folgenden Planständen: GR + SN + Fensterflächen vom 30.10.24

		∑ Außenbauteil		Außenwand			Dach			Fenster			Holzstützen			Holzunterzug			IST	SOLL	Schallschutz gg Außenlärm
3.OG	Eck-Klassenzimmer	119,21 m²	100%	60 dB	18,55 m²	15,6%	55 dB	67,86 m²	56,9%	45 dB	21,92 m²	18,4%	47 dB	5,51 m²	4,6%	47 dB	5,37 m²	4,5%	48,2 dB ≥	48,7 dB	nicht erfüllt
3.OG	Klassenzimmer	96,34 m²	100%	60 dB	7,21 m²	7,5%	55 dB	64,61 m²	67,1%	45 dB	17,54 m²	18,2%	47 dB	3,67 m²	3,8%	47 dB	3,32 m²	3,4%	48,3 dB ≥	44,4 dB	erfüllt
1./2.OG	Eck-Klassenzimmer	51,35 m²	100%	60 dB	18,55 m²	36,1%				45 dB	21,92 m²	42,7%	47 dB	5,51 m²	10,7%	47 dB	5,37 m²	10,5%	45,4 dB ≥	45,1 dB	(sehr knapp) erfüllt
1./2.OG	Klassenzimmer	31,73 m²	100%	60 dB	7,21 m²	22,7%				45 dB	17,54 m²	55,3%	47 dB	3,67 m²	11,6%	47 dB	3,32 m²	10,5%	44,6 dB ≥	39,6 dB	erfüllt

▼ Fensterfläche reduzieren: 4 Stück statt 5 Stück

Verbesserungsmaßnahmen:

		∑ Außenbauteil		Außenwand			Dach			Fenster			Holzstützen			Holzunterzug			IST	SOLL	Schallschutz gg Außenlärm
3.OG	Eck-Klassenzimmer	119,21 m²	100%	60 dB	22,93 m²	19,2%	55 dB	67,86 m²	56,9%	45 dB	17,54 m²	14,7%	47 dB	5,51 m²	4,6%	47 dB	5,37 m²	4,5%	48,7 dB ≥	48,7 dB	(sehr knapp) erfüllt

▼ ▼ ▼ raumseitig mind. einlagig mit GKF (mind. 1x 12,5 mm x 1000 kg/m³)

alternative Verbesserungsmaßnahmen: Fensterfläche reduzieren: 5 Stück aber Fensterhöhe 2,34 m (statt 2,74 m)

		∑ Außenbauteil		Außenwand			Dach			Fenster			Holzstützen			Holzunterzug			IST	SOLL	Schallschutz gg Außenlärm
3.OG	Eck-Klassenzimmer	119,21 m²	100%	60 dB	21,75 m²	18,2%	55 dB	67,86 m²	56,9%	45 dB	18,72 m²	15,7%	49 dB	5,51 m²	4,6%	49 dB	5,37 m²	4,5%	48,9 dB ≥	48,7 dB	(sehr knapp) erfüllt

Weitere Abstimmungen erfolgen im weiteren Planungsverlauf.

4.2 Schallschutz innerhalb des Gebäudes

4.2.1 Trenndecken – Unterrichtsräume

Schallschutzprognose

Bauteil: SSN-TD-Lignatur0

TD 2.OG zu 1.OG --> Klasse 2.040 zu Klasse 1.040
Rw (C, Ctr) = 71 dB (-1, -6) & Ln,w (CI) = 43 dB (0)
Referenz: LIGNATUR 3.1_4146
-
Flanke 04 Stb-Wand gem. DIN 4109-2

.....

Deckenbauteil "SSN-TD-Lignatur0"

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

.....

Bau-Schalldämm-Maße nach DIN 4109:2018

Schalldämm-Maß für das trennende Bauteil

Leichtbauweise DIN 4109-33:2016; Ausführung wie LIGNATUR 3.1_4146

vorh R_w (C, C_{tr}) = 71 (-1, -6) dB

Raumanordnung

	Breite	Höhe	Tiefe	Versatz [m]
Senderaum	10,50	3,02	6,13	
Empfangsraum	10,50	3,02	6,13	0,00

Fläche des trennenden Bauteils (D) S_s = 10,50*3,02 = 31,71 m²

Flankierende Bauteile in Massivbauweise

im Senderaum	$R_{i,w}$ dB	m_i kg/m²	im Empfangsraum	$R_{j,w}$ dB	m_j kg/m²
S1 SSN-TW-Holzständer-	71,0	1	E1 SSN-TW-Holzständer-	71,0	1
S2 WA01 (Außenwand geg	60,0	1	E2 WA01 (Außenwand geg	60,0	1
S3 SSN-TW-Holzständer-	54,0	1	E3 SSN-TW-Holzständer-	54,0	1
S4 SSN-TW-Stb	63,1	575	E4 SSN-TW-Stb	63,1	575

$R_{i,W}$ = Schalldämm-Maße der flankierenden Bauteile mit m_i = Bauteilgewicht (ohne Vorsatzschalen)
$\Delta R_{i,W}$ = Verbesserung der Schalldämm-Maße durch raumseitige Vorsatzschalen

Vorsatzkonstruktionen auf flankierenden Übertragungswegen

Vorsatzschale	m´ kg/m²	Typ	Flanken-bauteile	f_0 Hz	$\Delta R_{i,w}$ dB	f_0 Hz	$\Delta R_{i,w}$ dB

m´ = flächenbezogene Masse der Vorsatzkonstruktion (Estrich, Vorsatzschale)
Typ: 1 = Vorsatzkonstruktion mit weichfedernder Trennschicht mit s,dyn in MN/m³), 2 = freistehende Vorsatzkonstruktion mit Hohlraumdämmung mit Schalenabstand d in [m]
Flankenbauteile mit der beschriebenen Vorsatzkonstruktion, ggf. mehrere, * = trennendes Bauteil
f0 = Resonanzfrequenz des Schwingungssystems Flankenbauteil + Vorsatzkonstruktion
$\Delta R_{i,w}$ = Verbesserungsmass der Schalldämmung des Flankenbauteils durch die Vorsatzkonstruktion

Flankenschalldämm-Maße für Massivbauteile

Übertragungsweg	l_f m	$R_{i,w}$ dB	$R_{j,w}$ dB	$\Delta R_{ij,w}$ dB	K_{ij} dB		$R_{ij,w}$ dB
Weg Ff							
Ff1 (S1 - E1)	6,13	71,0	71,0	0,0	1,6	Kij manuell	79,7
Ff2 (S2 - E2)	10,50	60,0	60,0	0,0	12,6	Kij manuell	77,4
Ff3 (S3 - E3)	6,13	54,0	54,0	0,0	18,6	Kij manuell	79,7
Ff4 (S4 - E4)	10,50	63,1	63,1	0,0	5,7	T-Stoß	73,6

Ff = Übertragungsweg flankierendes Bauteil im Senderaum $\Rightarrow$ flankierendes Bauteil im Empfangsraum
keine Flankenübertragung Df und Fd bei trennenden Bauteilen in Leichtbauweise
l_f = gemeinsame Kantenlängen und K_{ij} = Stoßstellendämm-Maße zum Übertragungsweg
$R_{i,w}$ / $R_{j,w}$ = Schalldämm-Maße der flankierenden Bauteile im Sende- und Empfangsraum
$\Delta R_{ij,w}$ = bewertete Verbesserung der Schalldämm-Maße durch raumseitige Vorsatzschalen nach T2 Abs.4.2.2.1
K_{ij} = Stoßstellendämm-Maße nach T32, Gl.24 ff, Mindestwert nach T2 Gl.17
$R_{ij,w} = R_{i,w} / 2 + R_{j,w} / 2 + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10*LOG(S_S / (l_0 * l_f))$ = bewertete Flankenschalldämm-Maße (T2 Gl.10)

bewertetes Bau-Schalldämm-Maß

$R'_w = -10*LOG(10^{-RDd,w/10} + \Sigma_{1,n}\, 10^{-RFf,w/10} + \Sigma_{1,n}\, 10^{-RDf,w/10} + \Sigma_{1,n}\, 10^{-RFd,w/10})$ = 67,9 dB (T2 Gl.1)

relevante Übertragungswege: *RDd=49%* RFf1=7% RFf2=11% RFf3=7% *RFf4=27%*

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

vorh $R'_{w,R} = R'_w$ - 2,0 dB = **65,9 dB** (T2 Gl.45) für den Nachweis

Standard-Schallpegeldifferenz zwischen Sende- und Empfangsraum
$D_{nT,w}$ = 67,88+10*LOG(0.32*194,4/31,71) = 70,8 dB (T2, Gl.B.1)

Bewerteter Norm-Trittschallpegel nach DIN 4109:2018

Ausführung wie LIGNATUR 3.1_4146

vorh $L_{n,w,eq}$ = 43,0 dB (T33, Leichtbauweise)

vorh K = 1,0 + 1,0 dB (Flankenübertragung)

$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} + K_1 + K_2$ = 43,0 + 1,0 + 1,0 = 45,0 dB (T2 Gl.31) für den Nachweis

$L'_{n,w}$ = bewerteter Norm-Trittschallpegel mit Schallnebenwegen
Korrektursummand K1 nach LIGNATUR Tab.10, Zeile 2
Korrektursummand K2 nach LIGNATUR Tab.11, Zeile 2b

Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ = 45,0 - 10*LOG(0,032 * 194,4) = 37,1 dB (T2, Gl.B.3)

.....

Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung

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

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

.....

Nachweis

vorh. $R'_{w,R}$ = 65,9 dB ≥ 55 dB = erf. R'_w **Konstruktion erfüllt DIN 4109**.

vorh. $L'_{n,w,R}$ = 45,0 +3 = 48,0 dB ≤ 53 = zul. $L'_{n,w}$ **erfüllt DIN 4109**.

3 dB Vorhaltemaß für $L'_{n,w,R}$ nach DIN 4109-2:2018, 5.3.3

4.2.2 Trennwände – Unterrichtsräume

Schallschutzprognose / Anschluss an Dach

Bauteil: SSN-TW-getrennt+quer

3.OG --> TW zwischen Klasse 2.020 und Klasse 2.030
Wand Nr. 13
Boden und Decke: getrennt und Spannrichtung quer zur TW

.....

Wandbauteil "SSN-TW-getrennt+quer"

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

.....

Bau-Schalldämm-Maße nach DIN 4109:2018

Schalldämm-Maß für das trennende Bauteil

Leichtbauweise DIN 4109-33:2016; Ausführung wie 58 dB Wand abzügl. 2 dB für gl. DA

vorh R_w (C, C_{tr}) = 56 (-, -) dB

Raumanordnung

	Breite	Höhe	Tiefe	Versatz [m]
Senderaum	6,13	3,78	6,77	
Empfangsraum	6,13	3,78	10,50	0,00

Fläche des trennenden Bauteils (D) S_s = 3,78*6,13 = 23,17 m²

Flankierende Bauteile in Massivbauweise

im Senderaum	$R_{i,w}$ dB	m_i kg/m²	im Empfangsraum	$R_{j,w}$ dB	m_j kg/m²
S1 SSN-TW-Stb	63,1	575	E1 SSN-TW-Stb	63,1	575
S2 SSN-TD-Lignatur	71,0	575	E2 SSN-TD-Lignatur	71,0	575
S3 SSN-TD-Lignatur	71,0	575	E3 SSN-TD-Lignatur	71,0	575

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

Vorsatzkonstruktionen auf flankierenden Übertragungswegen

Vorsatzschale	m´ kg/m²	Typ	Flanken-bauteile	f_0 Hz	$\Delta R_{i,w}$ dB	f_0 Hz	$\Delta R_{i,w}$ dB

m´ = flächenbezogene Masse der Vorsatzkonstruktion (Estrich, Vorsatzschale)
Typ: 1 = Vorsatzkonstruktion mit weichfedernder Trennschicht mit s,dyn in MN/m³), 2 = freistehende Vorsatzkonstruktion mit Hohlraumdämmung mit Schalenabstand d in [m]
Flankenbauteile mit der beschriebenen Vorsatzkonstruktion, ggf. mehrere, * = trennendes Bauteil
f0 = Resonanzfrequenz des Schwingungssystems Flankenbauteil + Vorsatzkonstruktion
$\Delta R_{i,w}$ = Verbesserungsmass der Schalldämmung des Flankenbauteils durch die Vorsatzkonstruktion

Flankenschalldämm-Maße für Massivbauteile

Übertragungsweg	l_f m	$R_{i,w}$ dB	$R_{j,w}$ dB	$\Delta R_{ij,w}$ dB	K_{ij} dB		$R_{ij,w}$ dB
Weg Ff							
Ff1 (S1 - E1)	3,78	63,1	63,1	0,0	-6,1	Mindestwert	64,8
Ff2 (S2 - E2)	6,13	71,0	71,0	0,0	-25,5	Kij manuell	51,3
Ff3 (S3 - E3)	6,13	71,0	71,0	0,0	7,5	Kij manuell	84,3

Ff = Übertragungsweg flankierendes Bauteil im Senderaum $\Rightarrow$ flankierendes Bauteil im Empfangsraum
keine Flankenübertragung Df und Fd bei trennenden Bauteilen in Leichtbauweise
l_f = gemeinsame Kantenlängen und K_{ij} = Stoßstellendämm-Maße zum Übertragungsweg
$R_{i,w}$ / $R_{j,w}$ = Schalldämm-Maße der flankierenden Bauteile im Sende- und Empfangsraum
$\Delta R_{ij,w}$ = bewertete Verbesserung der Schalldämm-Maße durch raumseitige Vorsatzschalen nach T2 Abs.4.2.2.1
K_{ij} = Stoßstellendämm-Maße nach T32, Gl.24 ff, Mindestwert nach T2 Gl.17
$R_{ij,w} = R_{i,w} / 2 + R_{j,w} / 2 + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10*LOG(S_S / (l_0 * l_f))$ = bewertete Flankenschalldämm-Maße (T2 Gl.10)

Flankierende Bauteile in Leichtbauweise

flankierende Bauteile	l_f m	$D_{n,f,w}$ dB	$R_{Ff,w}$ dB
04 flankierende Holzständerwand	3,78	68,0	70,3

04 Dn,f,w horizontal über flankierende Holzständerwand mit Vorsatzschale durch Trennwand getrennt, T33 Tab.28-1

l_f = gemeinsame Kantenlänge zwischen flankierendem und trennendem Bauteil
l_{lab} = Bezugskantenlänge = 2,8 m für Längswände, 4,5 m für Decken
S_S = Fläche des trennenden Bauteils [m²]
$D_{n,f,w}$ = bewertete Norm-Schallpegeldifferenz des flankierenden Bauteils (tabelliert)

$R_{Ff,W}$ = Bewertetes Flankendämm-Maß Ff nach T2, Gl.23 = $D_{n,f,W}$ + 10*LOG(l_{lab} /l_f) + 10*LOG(S_S /10)
Die Schallnebenwege Fd und Df werden nicht beachtet (Leichtbauweisen)

bewertetes Bau-Schalldämm-Maß

$R'_w = -10*LOG(10^{-RDd,w/10} + \Sigma_{1,n}\ 10^{-RFf,w/10} + \Sigma_{1,n}\ 10^{-RDf,w/10} + \Sigma_{1,n}\ 10^{-RFd,w/10}) = 49,8$ dB (T2 Gl.1)

relevante Übertragungswege: *RDd=24%* RFf1=3% *RFf2=72%*

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

vorh $R'_{w,R} = R'_w - 2,0$ dB = **47,8 dB** (T2 Gl.45) für den Nachweis

Standard-Schallpegeldifferenz zwischen Sende- und Empfangsraum
$D_{nT,w}$ = 49,83+10*LOG(0.32*243,3/23,17) = 55,1 dB (T2, Gl.B.1)

.....
Anforderungen an die Luftschalldämmung

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

erf. $R'_w \geq 47$ dB

.....
Nachweis

vorh. $R'_{w,R} = 47,8$ dB ≥ 47 dB = erf. R'_w **Konstruktion erfüllt DIN 4109**.

Schallschutzprognose / Anschluss an Decke

Bauteil: SSN-TW-getrennt+quer

2.OG --> TW zwischen Klasse 2.020 und Klasse 2.030
Wand Nr. 13
Boden und Decke: getrennt und Spannrichtung quer zur TW

.....
Wandbauteil "SSN-TW-getrennt+quer"

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

.....
Bau-Schalldämm-Maße nach DIN 4109:2018

Schalldämm-Maß für das trennende Bauteil

Leichtbauweise DIN 4109-33:2016; Ausführung wie 58 dB Wand abzügl. 2 dB für gl. DA

vorh R_w (C, C_{tr}) = 56 (-, -) dB

Raumanordnung

	Breite	Höhe	Tiefe	Versatz [m]
Senderaum	6,13	3,02	9,88	
Empfangsraum	6,13	3,02	9,88	0,00

Fläche des trennenden Bauteils (D) S_s = 3,02*6,13 = 18,51 m²

Flankierende Bauteile in Massivbauweise

im Senderaum	$R_{i,w}$ dB	m_i kg/m²	im Empfangsraum	$R_{j,w}$ dB	m_j kg/m²
S1 SSN-TW-Stb	63,1	575	E1 SSN-TW-Stb	63,1	575
S2 SSN-TD-Lignatur	71,0	575	E2 SSN-TD-Lignatur	71,0	575
S3 SSN-TD-Lignatur	71,0	575	E3 SSN-TD-Lignatur	71,0	575

$R_{i,W}$ = Schalldämm-Maße der flankierenden Bauteile mit m_i = Bauteilgewicht (ohne Vorsatzschalen)
$\Delta R_{i,W}$ = Verbesserung der Schalldämm-Maße durch raumseitige Vorsatzschalen

Vorsatzkonstruktionen auf flankierenden Übertragungswegen

Vorsatzschale	m´ kg/m²	Typ	Flanken-bauteile	f_0 Hz	$\Delta R_{i,w}$ dB	f_0 Hz	$\Delta R_{i,w}$ dB

m´ = flächenbezogene Masse der Vorsatzkonstruktion (Estrich, Vorsatzschale)
Typ: 1 = Vorsatzkonstruktion mit weichfedernder Trennschicht mit s,dyn in MN/m³), 2 = freistehende Vorsatzkonstruktion mit Hohlraumdämmung mit Schalenabstand d in [m]
Flankenbauteile mit der beschriebenen Vorsatzkonstruktion, ggf. mehrere, * = trennendes Bauteil
f0 = Resonanzfrequenz des Schwingungssystems Flankenbauteil + Vorsatzkonstruktion
$\Delta R_{i,W}$ = Verbesserungsmass der Schalldämmung des Flankenbauteils durch die Vorsatzkonstruktion

Flankenschalldämm-Maße für Massivbauteile

Übertragungsweg	l_f m	$R_{i,w}$ dB	$R_{j,w}$ dB	$\Delta R_{ij,w}$ dB	K_{ij} dB		$R_{ij,w}$ dB
Weg Ff							
Ff1 (S1 - E1)	3,02	63,1	63,1	0,0	-6,9	Mindestwert	64,0
Ff2 (S2 - E2)	6,13	71,0	71,0	0,0	-21,5	Kij manuell	54,3
Ff3 (S3 - E3)	6,13	71,0	71,0	0,0	7,5	Kij manuell	83,3

Ff = Übertragungsweg flankierendes Bauteil im Senderaum $\Rightarrow$ flankierendes Bauteil im Empfangsraum
keine Flankenübertragung Df und Fd bei trennenden Bauteilen in Leichtbauweise
l_f = gemeinsame Kantenlängen und K_{ij} = Stoßstellendämm-Maße zum Übertragungsweg
$R_{i,W}$ / $R_{j,W}$ = Schalldämm-Maße der flankierenden Bauteile im Sende- und Empfangsraum
$\Delta R_{ij,W}$ = bewertete Verbesserung der Schalldämm-Maße durch raumseitige Vorsatzschalen nach T2 Abs.4.2.2.1
K_{ij} = Stoßstellendämm-Maße nach T32, Gl.24 ff, Mindestwert nach T2 Gl.17
$R_{ij,W} = R_{i,W} / 2 + R_{j,W} / 2 + \Delta R_{ij,W} + K_{ij} + 10*LOG(S_S / (l_0 * l_f))$ = bewertete Flankenschalldämm-Maße (T2 Gl.10)

Flankierende Bauteile in Leichtbauweise

flankierende Bauteile	l_f m	$D_{n,f,w}$ dB	$R_{Ff,w}$ dB
04 flankierende Holzständerwand	3,02	68,0	70,3

04 Dn,f,w horizontal über flankierende Holzständerwand mit Vorsatzschale durch Trennwand getrennt, T33 Tab.28-1

l_f = gemeinsame Kantenlänge zwischen flankierendem und trennendem Bauteil
l_{lab} = Bezugskantenlänge = 2,8 m für Längswände, 4,5 m für Decken
S_S = Fläche des trennenden Bauteils [m²]
$D_{n,f,W}$ = bewertete Norm-Schallpegeldifferenz des flankierenden Bauteils (tabelliert)
$R_{Ff,W}$ = Bewertetes Flankendämm-Maß Ff nach T2, Gl.23 = $D_{n,f,W}$ + 10*LOG(l_{lab} /l_f) + 10*LOG(S_S /10)
Die Schallnebenwege Fd und Df werden nicht beachtet (Leichtbauweisen)

bewertetes Bau-Schalldämm-Maß

$R'_w = -10*LOG(10^{-RDd,w/10} + \Sigma_{1,n}\, 10^{-RFf,w/10} + \Sigma_{1,n}\, 10^{-RDf,w/10} + \Sigma_{1,n}\, 10^{-RFd,w/10}) = 51,7$ dB (T2 Gl.1)

relevante Übertragungswege: *RDd=37%* RFf1=6% *RFf2=55%*

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

vorh $R'_{w,R} = R'_w - 2,0$ dB = **49,7 dB** (T2 Gl.45) für den Nachweis

Standard-Schallpegeldifferenz zwischen Sende- und Empfangsraum
$D_{nT,w}$ = 51,72+10*LOG(0.32*182,9/18,51) = 56,7 dB (T2, Gl.B.1)

.....

Anforderungen an die Luftschalldämmung

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

erf. $R'_w \geq 47$ dB

.....

Nachweis

vorh. $R'_{w,R} = 49,7$ dB ≥ 47 dB = erf. R'_w **Konstruktion erfüllt DIN 4109**.