

MEURER INGENIEURE

INGENIEURKAMMER - BAU NRW

WÄRMESCHUTZNACHWEIS

Bauherr:	SBO Servicebetriebe Oberhausen Bahnhofstrasse 66 46145 Oberhausen
Bauvorhaben:	Erweiterung & Sanierung der Melanchthonschule Erzbergerstrasse 18 46145 Oberhausen
Entwurf:	BST Architekten Kirchstrasse 10 46117 Oberhausen
Grundlagen:	alle gültigen DIN-Vorschriften und einschlägigen Regelwerke

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkungen.....	Seite: 3
1 Gebäudebilanzierung	
1.1 Ü1..... Zonenübersicht (unmaßstäblich) - Obergeschoss	Seite: 5
1.2 Ü2..... Zonenübersicht (unmaßstäblich) - Erdgeschoss	Seite: 6
1.3 Ü3..... Zonenübersicht (unmaßstäblich) - Untergeschoss	Seite: 7
1.4 GBI..... Flächenberechnung.....	Seite: 8
1.5 GBII..... Energetische Gebäudebilanzierung.....	Seite: 21
2 Bauteilnachweise	
2.1 Wände.....	
2.1.1 AW1..... Außenwand (gedämmtes KS-Mauerwerk, Vorsatzschale)	Seite: 43
2.1.2 AW2..... Außenwand (gedämmte Stb.-Wand, Vorsatzschale)	Seite: 45
2.1.3 AW3..... Kelleraußenwand (gedämmt, erdberührt)	Seite: 47
2.2 Fenster & Türen	
2.2.1 F1 / FT1..... Fenster (dreifach verglast) / Fenstertüren (in Anlehnung)	Seite: 49
2.3 Decken & Sohle	
2.3.1 FD1..... Flachdach (oberseitig gedämmt, extensiv begrünt)	Seite: 51
2.3.2 FD1 (Variante).. Flachdach (oberseitig gedämmt, Retensionsdach 175kg/m ² , gesättigt)	Seite: 53
2.3.3 BP1..... Bodenplatte (unterseitig gedämmt, erdberührt)	Seite: 55
2.3.4 BP2..... Bodenplatte (unterseitig gedämmt, erdberührt)	Seite: 57
3 Wärmebrückennachweise	
3.1 WB..... Anmerkungen zu den Wärmebrückennachweisen	Seite: 59
4 Sommerlicher Wärmeschutz	
4.1 Ü4..... Übersichtsplan (sommerlicher Wärmeschutz)	Seite: 60
4.2 Raum 0.23..... Mehrzweckraum.....	Seite: 61
4.3 Raum 1.11..... Klassenraum.....	Seite: 63
Schlussseiten.....	Seite: 65

Allgemeines

Auf den nachfolgenden Seiten erfolgt die energetische Bilanzierung und wärmetechnische Nachweisführung für den Neubau bzw. die Erweiterung der Melanchthonschule an der Erzbergerstraße 18 in 46145 Oberhausen auf Grundlage der normativen Anforderungen der DIN 4108 (Mindestanforderungen), der DIN 18599 (Energetische Bewertung von Gebäuden) sowie des Gebäudeenergiegesetzes (GEG).

Unterlagen

BST Architekten: Ausführungsplanung (Stand: 16.06.2025)

Objektbeschreibung

Bei dem geplanten Neubau handelt es sich um einen Erweiterungsbau einer Grundschule (Nichtwohngebäude). Das Objekt soll an der Erzbergerstraße 18 in 46145 Oberhausen errichtet werden.

Das zu bilanzierende Gebäude wird über ein Ober- sowie ein Erdgeschoss verfügen und ist teilunterkellert (Verbindung zu bestehendem Gebädetrakt). Alle tragenden Innen- und Außenwände werden in massiver; alle nichttragenden Innenwände (ggf. ausgenommen schallbeaufschlagte Trennwände) in leichter Bauweise erstellt. Hochbelastete Wandabschnitte sowie die Deckenplatten und Gründungsbauteile werden in Stahlbeton ausgeführt.

Die oberirdischen, sichtbaren Fassadenflächen werden außenseitig gedämmt und mit einer Vorsatzschale aus Klinkermauerwerk ausgestattet. Das Flachdach des neuen Gebäudes wird größtenteils extensiv begrünt. Große Fensterflächen werden zum Schutz gegen unzumutbare Temperaturen im Innenbereich mit strahlungsgesteuerten Raffstores ausgestattet (genaue Angaben der Planung beachten).

Beheizt wird das Gebäude über eine Wärmepumpenanlage und eine bereichsweise raumlufthechnische Anlage mit Heizwirkung und Wärmerückgewinnung (vgl. Zonenzuweisung). Die Wärmeübergabe der Wärmepumpenanlage ist raumabhängig und erfolgt über eine Fußbodenheizung oder freie Heizflächen (Heizkörper). Eine Versorgung mit Warmwasser ist im gesamten Neubau nicht erforderlich (Schulbetrieb).

Bedingt durch eine differenzierte Nutzung der Räumlichkeiten sowie unterschiedliche Lüftungs- und Heizsysteme werden die Grundrisse zonierte und einzelnen Zonen im Sinne der DIN 18599 zugewiesen.

Berechnungsgrundlagen

- DIN 4108 – 2:2013-02: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- DIN 4108 – 3:2018-10: Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung
- DIN 4108 – 4:2011-11: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte
- DIN 4108 – 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs
- DIN 4108 – 7:2011-01: Luftdichtheit von Gebäuden – Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele
- DIN 4108 – 10:2021-11: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe
- DIN 4108 – 11:2018-11: Mindestanforderungen an die Dauerhaftigkeit von Klebeverbindungen und Klebmassen zur Herstellung von luftdichten Schichten
- DIN 4108 – Beiblatt 2: Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele

- DIN 4701 – 10: Energetische Bewertung heiz- und raumlufthechnischer Anlagen
- DIN 4701 – 12: Energetische Bewertung heiz- und raumlufthechnischer Anlagen im Bestand

- DIN EN 832:2003, Berechnung des Heizenergiebedarfs, Wohngebäude

- DIN EN ISO 6946:2008: Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient
- DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient
- DIN EN ISO 13370:2018, Wärmeübertragung über das Erdreich
- DIN EN ISO 10077-1:2007, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüsse
- DIN V 18599:2018, Energetische Bewertung von Gebäuden (WG/NWG)

- Gebäudeenergiegesetz (GEG): Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden – Stand: 20.07.2022
- Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM) – Stand: 20.05.2021

- Schneider Bautabellen für Ingenieure – Auflage 26

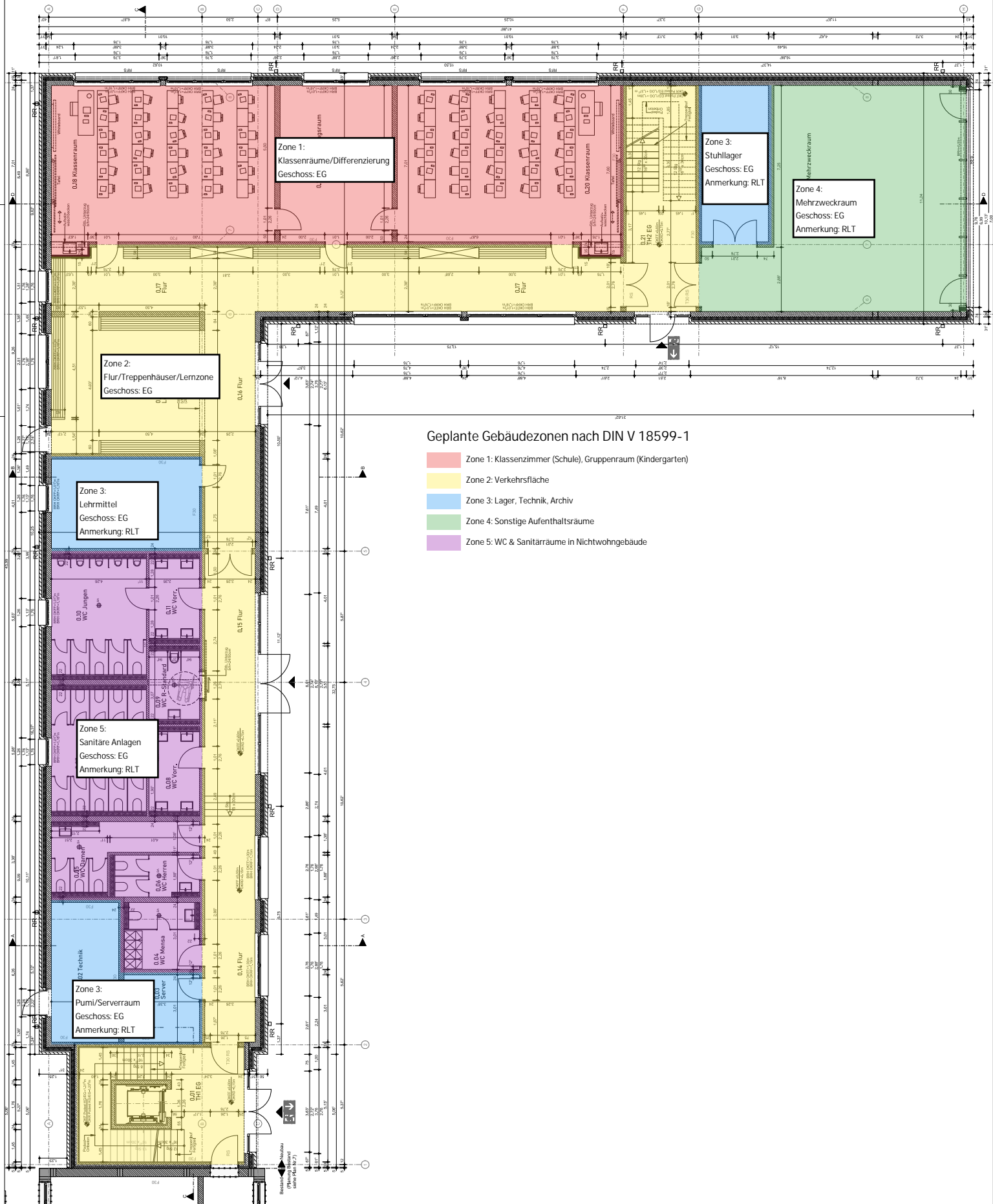
Anmerkungen

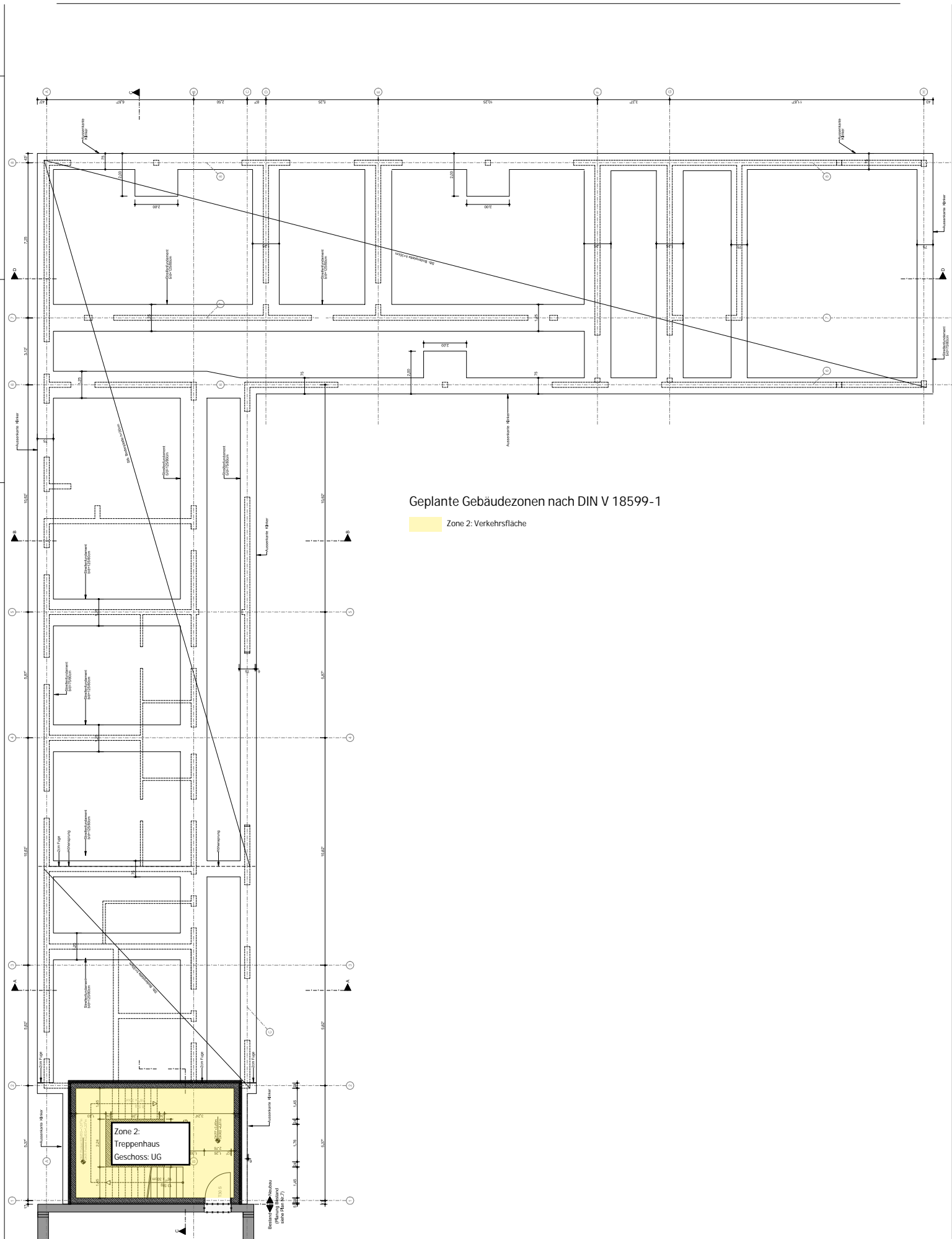
Im Rahmen der nachfolgenden Ausführungen werden Wärmebrückeneinflüsse pauschal mit $\Delta U_{WB}=0,10\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ berücksichtigt.

Eine detaillierte Wärmebrückenberechnung bzw. ein Gleichwertigkeitsnachweis im Sinne der DIN 4108 Bbl. 2 ist somit nicht erforderlich.

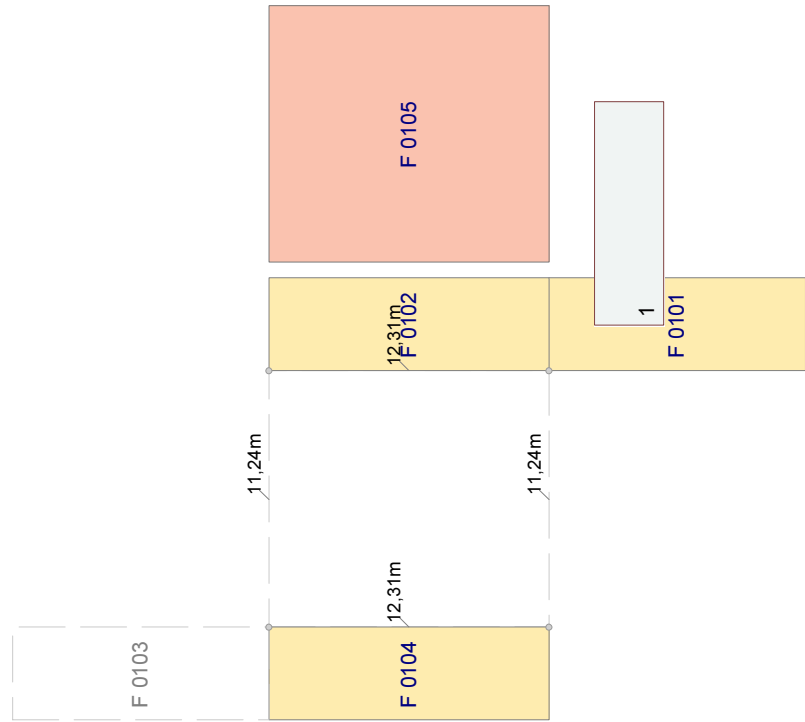
Zur Minimierung von Wärmebrückeneinflüssen und dem daraus resultierenden ungewollten Wärmeverlust empfehlen wir dennoch auf eine wärmebrückenreduzierte Ausführung zu achten und sich dabei an den Ausführungsdetails des Beiblatts 2 der DIN 4108 zu orientieren.

Wärmeeinträge aus opaken Flächen werden im Rahmen der Berechnungen unter Berücksichtigung des Planungsstands nicht berücksichtigt.





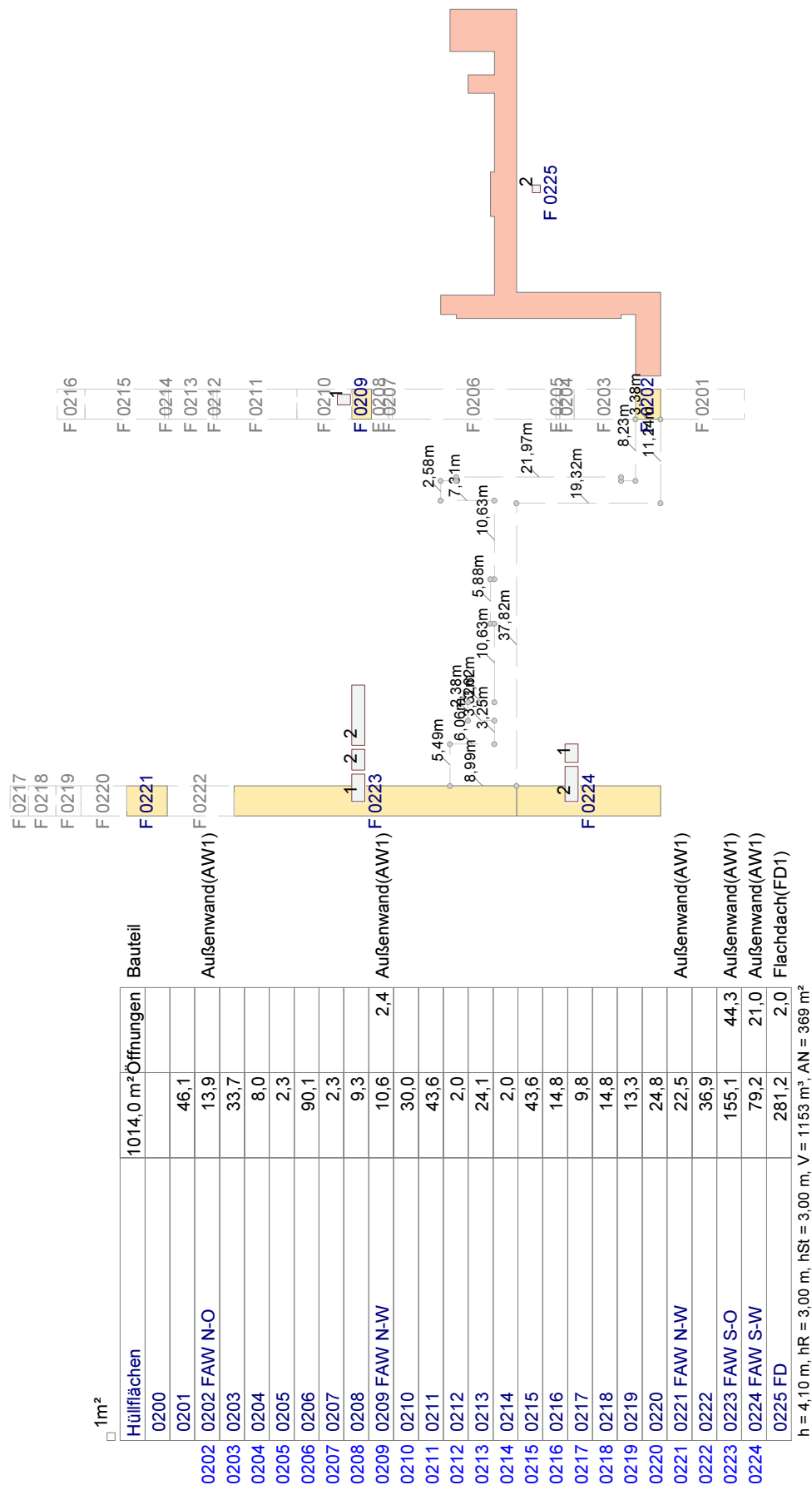
1. OG - Mehrzweckraum
Grundriss, Zone <4>Mehrzweckraum



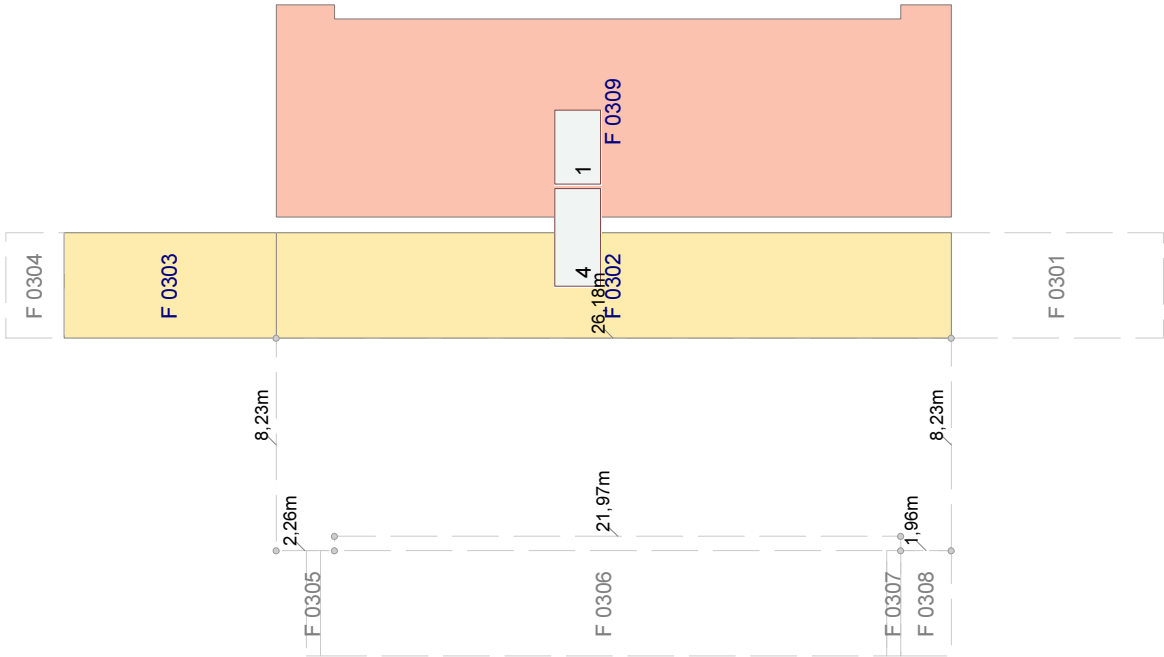
1m²		331.5 m² Öffnungen	Bauteil
Hüllflächen			
0100			
0102	0101 FAW S-O	46,1	Außenwand(AW1)
	0102 FAW N-O	50,5	Außenwand(AW1)
0103		46,1	
0104	0104 FAW S-W	50,5	Außenwand(AW1)
	0105 FD	138,4	Flachdach(FD1)

h = 4,10 m, hR = 3,00 m, hSt = 3,00 m, V = 567 m³, AN = 182 m²

2. OG - Flur/Treppenhäuser
Grundriss, Zone <2>Flur/Treppenhäuser/Lernzone



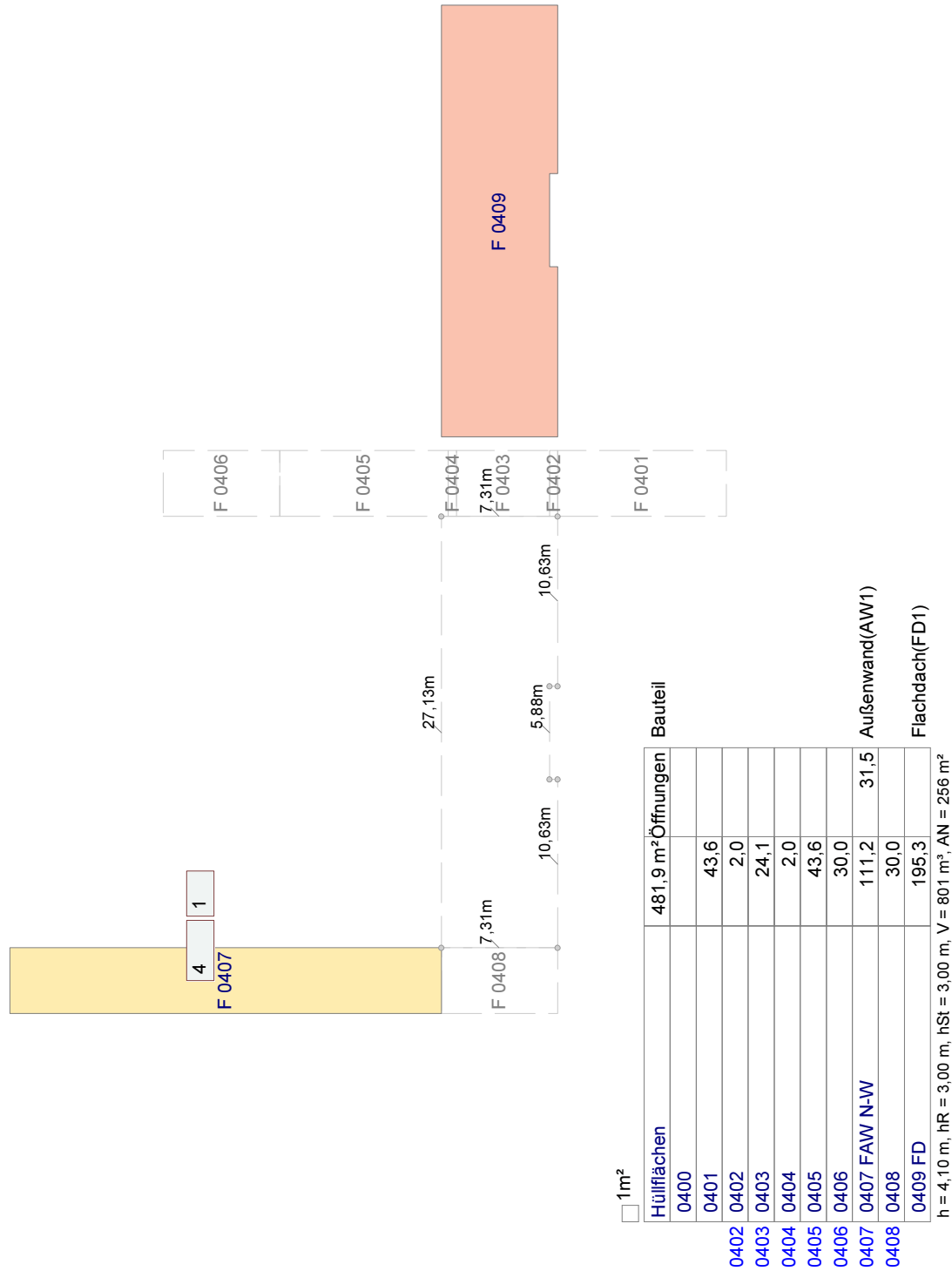
3. OG - Klassenräume/Differenzierung I/II
Grundriss, Zone <1>Klassenraum/Differenzierung



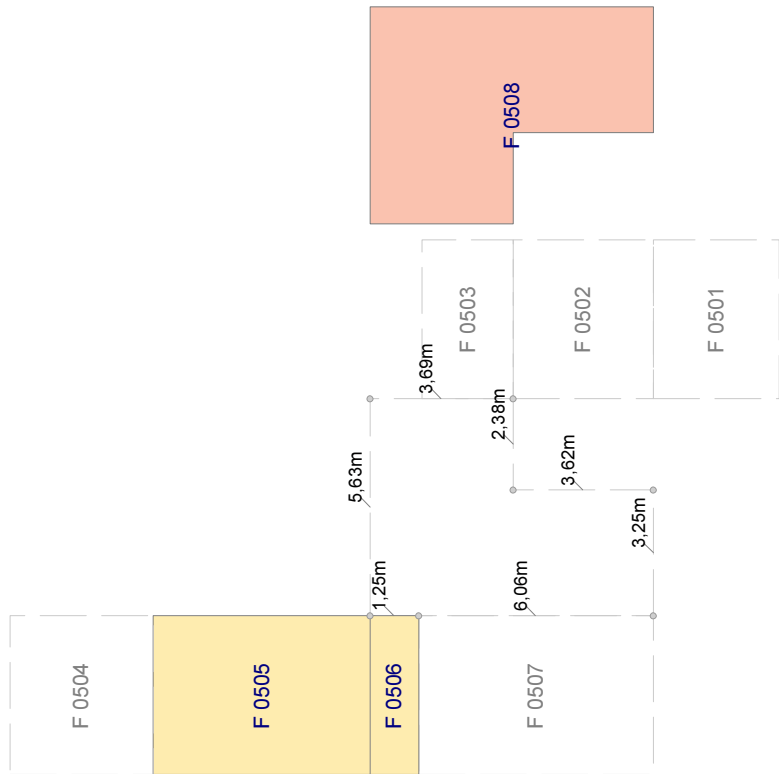
1m²		490,2 m² Öffnungen		Bauteil
Hüllflächen				
0300				
0301		33,7		
0302	0302 FAW N-O	107,3	31,5	Außenwand(AW1)
0303	0303 FAW N-W	33,7		Außenwand(AW1)
0304		9,3		
0305		2,3		
0306		90,1		
0307		2,3		
0308		8,0		
0309	FD	203,5		Flachdach(FD1)

h = 4,10 m, hR = 3,00 m, hSt = 3,00 m, V = 834 m³, AN = 267 m²

4. OG - Klassenräume/Differenzierung II/II
Grundriss, Zone <1>Klassenraum/Differenzierung



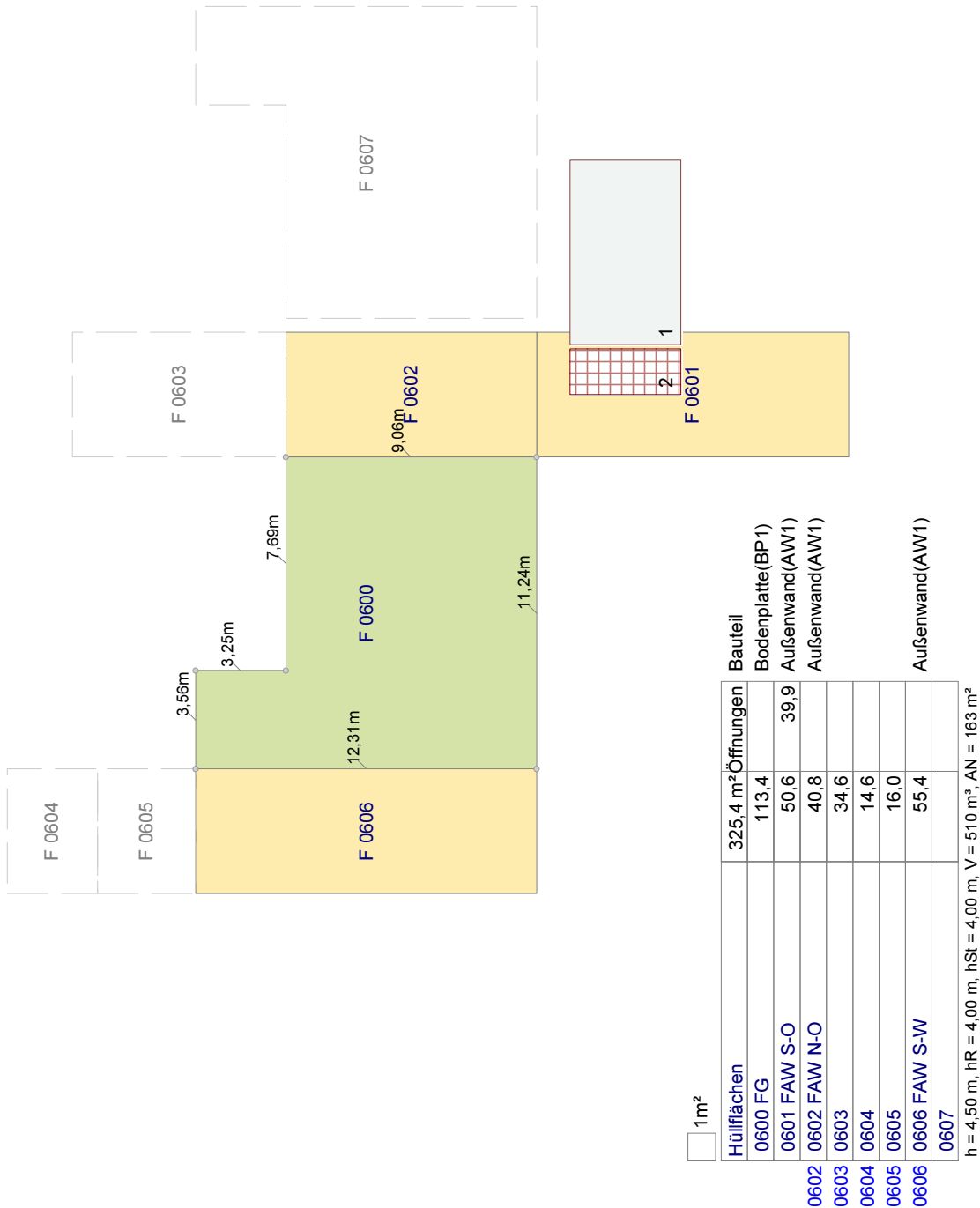
5. OG - Pumi/Serverraum
Grundriss, Zone <3>Server/Pumi/Stuhllager



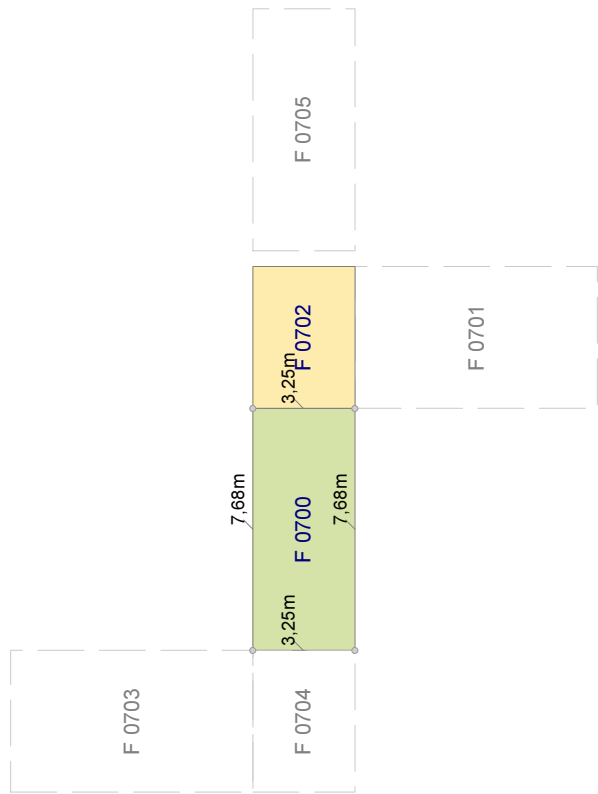
1m²		Bauteil	
Hüllflächen	138,6 m²	Öffnungen	
0500			
0501	13,3		
0502	14,8		
0503	9,8		
0504	15,1		
0505	23,1	Außenwand(AW1)	
0506	5,1	Außenwand(AW1)	
0507	24,8		
0508 FD	32,5	Flachdach(FD1)	

h = 4,10 m, hR = 3,00 m, hSt = 3,00 m, V = 133 m³, AN = 43 m²

6. EG - Mehrzweckraum
Grundriss, Zone <4>Mehrzweckraum

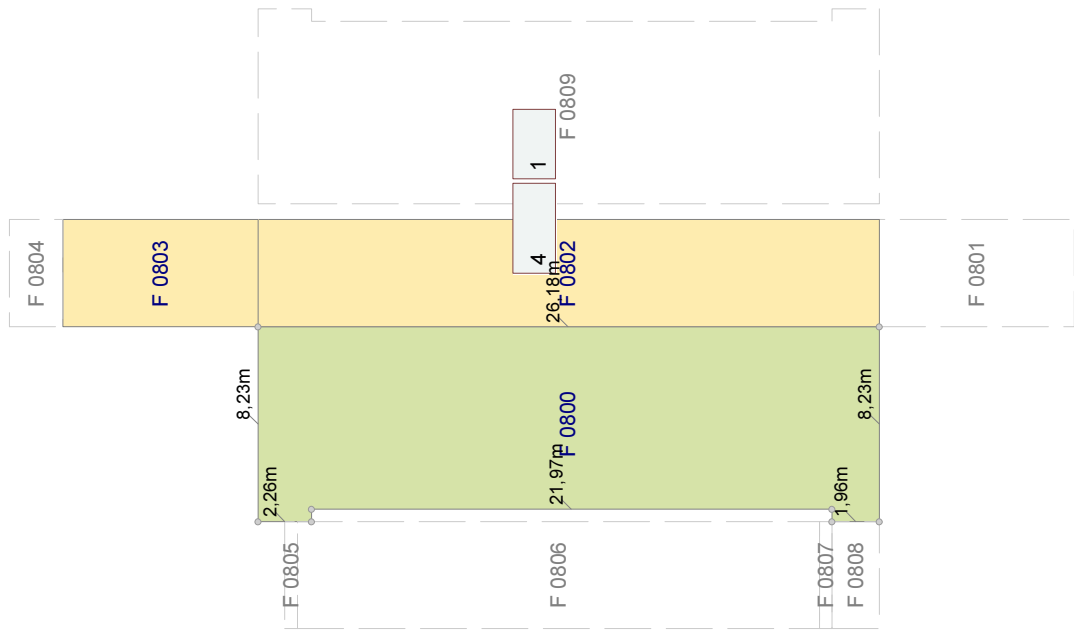


7. EG - Stuhllager
Grundriss, Zone <3>Server/Pumi/Stuhllager



<div>1m²</div>		
Hüllflächen	123,4 m²	Öffnungen
0700 FG	25,0	
0701	34,6	
0702 FAW N-O	14,6	
0703	34,6	
0704	14,6	
0705		
h = 4,50 m, hR = 3,00 m, hSt = 3,02 m, V = 112 m³, AN = 36 m²		

8. EG - Klassenräume/Differenzierung I/I
Grundriss, Zone <1>Klassenraum/Differenzierung



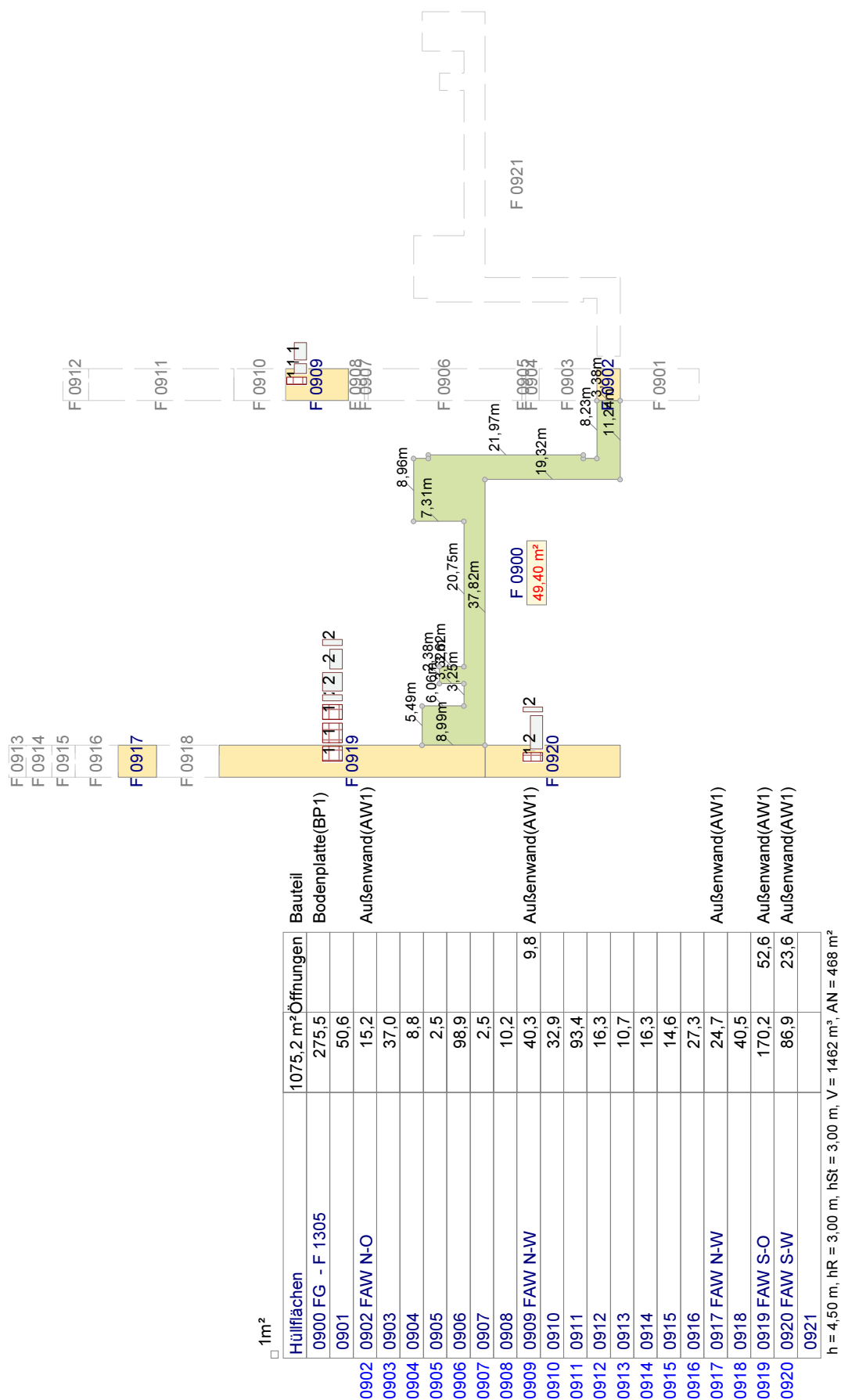
Hüllflächen		518,2 m²	Öffnungen
0800	FG	203,5	
0801		37,0	
0802	0802 FAW N-O	117,8	31,5
0803	0803 FAW N-W	37,0	
0804		10,2	
0805		2,5	
0806		98,9	
0807		2,5	
0808		8,8	
0809			

h = 4,50 m, hR = 3,00 m, hSt = 3,00 m, V = 916 m³, AN = 293 m²

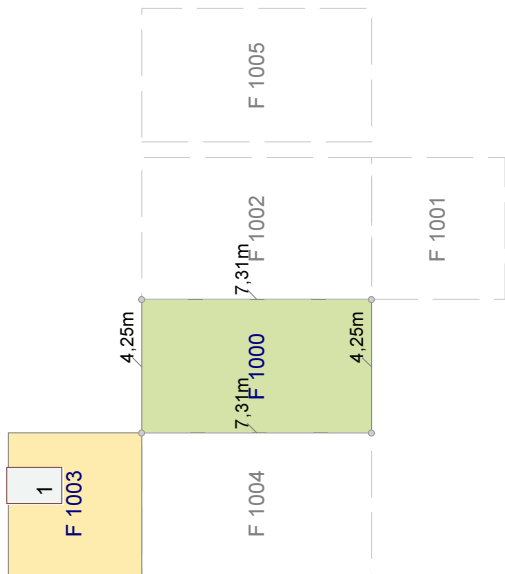
Bauteil
Bodenplatte(BP1)
Außenwand(AW1)
Außenwand(AW1)

9. EG - Flur/Treppenhäuser

Grundriss, Zone <2>Flur/Treppenhaus/Lernzone



10. EG - Lehmmittel
Grundriss, Zone <3>Server/Pumi/Stuhllager



1m²		
Hüllflächen	135,1 m² Öffnungen	Bauteil
1000 FG	31,1	Bodenplatte (BP1)
1001	19,1	
1002	32,9	
1003 FAW N-W	19,1	Außenwand (AW1)
1004	32,9	
1005		

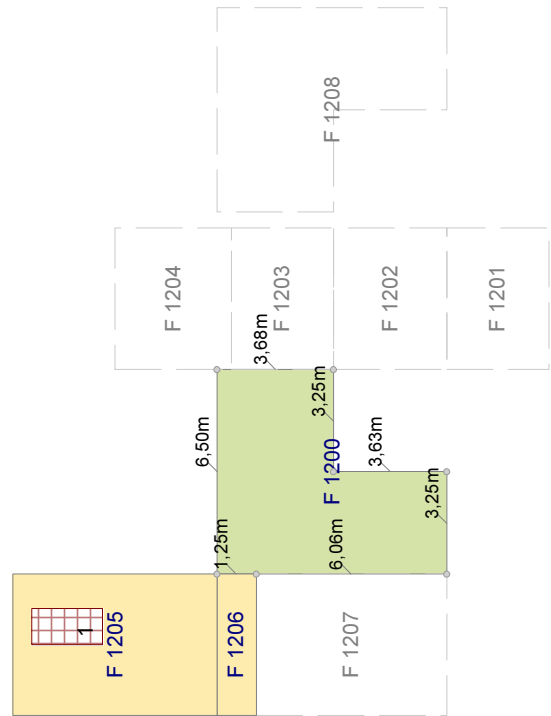
h = 4,50 m, hR = 3,00 m, hSt = 3,00 m, V = 140 m³, AN = 45 m²

11. EG - Sanitäre Anlagen
Grundriss, Zone <5>Sanitäre Anlagen



1m²		361,7 m² Öffnungen		Bauteil	
Hüllflächen		1100 FG		Bodenplatte(BP1)	
1101		126,0		85,0	
1102		32,9			
1103	1103 FAW N-W	70,3	4,0		
1104		16,6			
1105		14,6			
1106		16,3			
1107					
h = 4,50 m, hR = 3,00 m, hSt = 3,00 m, V = 567 m³, AN = 181 m²					

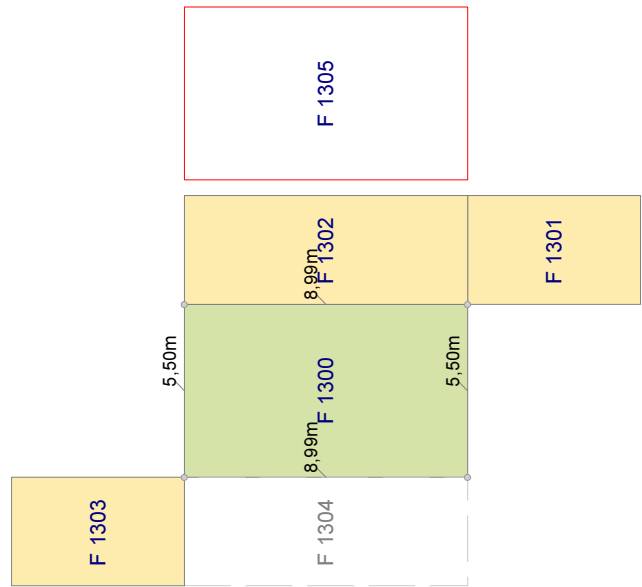
12. EG - Pumi/Serverraum
Grundriss, Zone <2>Flur/Treppenhaus/Lernzone



1m²		Bauteil	
Hüllflächen	160,0 m² Öffnungen	Bodenplatte(BP1)	
1200 FG	35,7		
1201	14,6		
1202	16,3		
1203	14,6		
1204	16,6		
1205 FAW Nord	29,3	Außenwand(AW1)	
1206 FAW West	5,6	Außenwand(AW1)	
1207	27,3		
1208			

h = 4,50 m, hSt = 3,00 m, V = 161 m³, AN = 51 m²

13. UG - Treppenhaus
Grundriss, Zone <1>Klassenraum/Differenzierung



Hüllflächen		198,8 m² Öffnungen	Bauteil
1300 FG		49,4	Bodenplatte (BP2)
1301 FAW S-O		19,0	Außenwand (AW3)
1302 FAW N-O		31,0	Außenwand (AW3)
1303 FAW N-W		19,0	Außenwand (AW3)
1304		31,0	
1305 Abzug von F 0900		49,4	

h = 3,45 m, hR = 2,85 m, hSt = 2,85 m, V = 170 m³, AN = 55 m²

Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: 4902 - Melanchthonschule

Maßgebende Normen und Verordnungen:

GEG 2020

DIN V 18599:2018 - Energetische Bewertung von Gebäuden (WG / NWG)

DIN V 4108-2:2013, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN EN ISO 6946:2008, Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

DIN EN ISO 10077-1:2007, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

Gebäudeberechnung "Neubau trakt Melanchthonschule (DIN 18599)"

(Ref-No 5.0)

Nachweisverfahren

(Ref-No 5.0.2)

Regelverfahren für Nichtwohngebäude nach GEG 2020, §§ 18 und 19 und Anlage 2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und der mittleren, bauteilbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2024 (BGBl vom 16. Oktober 2023) mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2023 (BGBl vom 28. Juli 2022)

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Referenzberechnung: Neubau trakt Melanchthonschule (DIN 18599)-Referenz2020.dwe

Klimadaten für den Gebäudestandort "4 Potsdam (Deutschland)" aus TRY-Datensätzen

1.0 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.1.0)

Betrachtungsmonat Januar, $\vartheta_e = 1,0 \text{ °C}$

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	A_{NGF} m ²	V_i m ³
<1> Klassenraum/Differenzie	208 Klassenzimme	200	19,5	17,3	591	1768
<2> Flur/Treppenhaus/Lernzo	219 Verkehrsfläc	250	20,0	17,3	566	1733
<3> Server/Pumi/Stuhllager	220 Lager, Techn	250	16,3	14,1	81	242
<4> Mehrzweckraum	217 Sonstige Auf	250	19,9	17,2	214	738
<5> Sanitäre Anlagen	216 WC und Sanit	250	19,9	17,5	117	352
1.570						4.833

Gebäude, $A_{NGF} = 1569,8 \text{ m}^2$ (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

t_{nutz} = Nutzungstage / Jahr \Rightarrow Nutzungsanteile für den Regel- und Wochenendbetrieb

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

ϑ_i = mittlere Innentemperatur für Januar, ggf. bei eingeschränktem Heizbetrieb

$\vartheta_{i,WE}$ = mittlere Innentemperatur im Wochenendbetrieb

$\vartheta_i = \vartheta_{i,h}$ unter Berücksichtigung einer Nachtabsenkung

ϑ_i Bilanz-Innentemperaturen für den Heizwärmebedarf nach DIN V 18599-2, Abs.6.1.2

Hüllfläche	Zone	A m²	U W/(m²K)	Fx	Anmerkungen	HT W/K
OG - Mehrzweckraum						
1 F 0105 FD	4:0	138,4	0,169	1,00 FD	50	23,4
2 F 0101 FAW S-O	4:0	16,6	0,221	1,00 FAW	50	3,7
3 F 0102 FAW N-O	4:0	50,5	0,221	1,00 FAW	50	11,2
4 F 0104 FAW S-W	4:0	50,5	0,221	1,00 FAW	50	11,2
5 A 0101 FF S-O	4:0	29,5	1,100	1,00 FF	50 02	32,4
OG - Flur/Treppenhäuser						
6 F 0225 FD	2:0	279,2	0,169	1,00 FD	50	47,2
7 A 0225 DFF 0°	2:0	2,0	1,100	1,00 FF	50 02 70	2,2
8 F 0202 FAW N-O	2:0	13,9	0,221	1,00 FAW	50	3,1
9 F 0209 FAW N-W	2:0	8,1	0,221	1,00 FAW	50	1,8
10 F 0221 FAW N-W	2:0	22,5	0,221	1,00 FAW	50	5,0
11 F 0223 FAW S-O	2:0	110,8	0,221	1,00 FAW	50	24,5
12 F 0224 FAW S-W	2:0	58,3	0,221	1,00 FAW	50	12,9
13 A 0209 FF N-W	2:0	2,4	1,100	1,00 FF	50 02	2,7
14 A 0223 FF S-O	2:0	44,3	1,100	1,00 FF	50 02	48,7
15 A 0224 FF S-W	2:0	20,9	1,100	1,00 FF	50 02	23,0
OG - Klassenräume/Differ						
16 F 0309 FD	1:0	203,5	0,169	1,00 FD	50	34,4
17 F 0302 FAW N-O	1:0	75,8	0,221	1,00 FAW	50	16,7
18 F 0303 FAW N-W	1:0	33,7	0,221	1,00 FAW	50	7,5
19 A 0302 FF N-O	1:0	31,6	1,100	1,00 FF	50 02	34,7
OG - Klassenräume/Differ						
20 F 0409 FD	1:0	195,3	0,169	1,00 FD	50	33,0
21 F 0407 FAW N-W	1:0	79,7	0,221	1,00 FAW	50	17,6
22 A 0407 FF N-W	1:0	31,6	1,100	1,00 FF	50 02	34,7
OG - Pumi/Serverraum						
23 F 0508 FD	3:0	32,5	0,169	1,00 FD	50	5,5
24 F 0505 FAW N-W	3:0	23,1	0,221	1,00 FAW	50	5,1
25 F 0506 FAW S-W	3:0	5,1	0,221	1,00 FAW	50	1,1
EG - Mehrzweckraum						
26 F 0601 FAW S-O	4:0	10,7	0,221	1,00 FAW	50	2,4
27 F 0602 FAW N-O	4:0	40,8	0,221	1,00 FAW	50	9,0
28 F 0606 FAW S-W	4:0	55,4	0,221	1,00 FAW	50	12,2
29 A 0601 FF S-O	4:0	26,6	1,100	1,00 FF	50 02	29,2
30 T 0601 FAW S-O , Tür	4:0	13,3	1,100	1,00 FAW	50 85	14,6
31 F 0600 FG	4:0	113,4	0,264	0,65 Ffb	50 19 25 14	19,5
EG - Stuhllager						
32 F 0702 FAW N-O	3:0	14,6	0,221	1,00 FAW	50	3,2
33 F 0700 FG	3:0	25,0	0,264	0,65 Ffb	50 19 25 14	4,3
EG - Klassenräume/Differ						
34 F 0802 FAW N-O	1:0	86,3	0,221	1,00 FAW	50	19,1
35 F 0803 FAW N-W	1:0	37,0	0,221	1,00 FAW	50	8,2
36 A 0802 FF N-O	1:0	31,6	1,100	1,00 FF	50 02	34,7
37 F 0800 FG	1:0	203,5	0,264	0,65 Ffb	50 19 25 14	34,9
EG - Flur/Treppenhäuser						
38 F 0902 FAW N-O	2:0	15,2	0,221	1,00 FAW	50	3,4
39 F 0909 FAW N-W	2:0	30,6	0,221	1,00 FAW	50	6,8
40 F 0917 FAW N-W	2:0	24,7	0,221	1,00 FAW	50	5,5
41 F 0919 FAW S-O	2:0	117,5	0,221	1,00 FAW	50	26,0
42 F 0920 FAW S-W	2:0	63,3	0,221	1,00 FAW	50	14,0
43 A 0909 FF N-W	2:0	6,6	1,100	1,00 FF	50 02	7,3
44 A 0919 FF S-O	2:0	33,6	1,100	1,00 FF	50 02	36,9
45 A 0920 FF S-W	2:0	20,3	1,100	1,00 FF	50 02	22,4
46 T 0909 FAW N-W , Tür	2:0	3,1	1,100	1,00 FAW	50 85	3,4
47 T 0919 FAW S-O , Tür	2:0	19,1	1,100	1,00 FAW	50 85	21,0
48 T 0920 FAW S-W , Tür	2:0	3,3	1,100	1,00 FAW	50 85	3,7
49 F 0900 FG	2:0	275,5	0,264	0,65 Ffb	50 19 25 14	47,3
EG - Lehrmittel						

50 F 1003 FAW N-W	3:0	17,1	0,221	1,00 F _{AW}	50	3,8
51 A 1003 FF N-W	3:0	2,0	1,100	1,00 F _F	50 02	2,2
52 F 1000 FG	3:0	31,1	0,264	0,65 F _{fb}	50 19 25 14	5,3
EG - Sanitäre Anlagen						
53 F 1103 FAW N-W	5:0	66,3	0,221	1,00 F _{AW}	50	14,7
54 A 1103 FF N-W	5:0	4,0	1,100	1,00 F _F	50 02	4,4
55 F 1100 FG	5:0	126,0	0,264	0,65 F _{fb}	50 19 25 14	21,6
EG - Pumi/Serverraum						
56 F 1205 FAW Nord	2:0	26,7	0,221	1,00 F _{AW}	50	5,9
57 F 1206 FAW West	2:0	5,6	0,221	1,00 F _{AW}	50	1,2
58 T 1205 FAW Nord , Tü	2:0	2,5	1,100	1,00 F _{AW}	50 85	2,8
59 F 1200 FG	2:0	35,7	0,264	0,65 F _{fb}	50 19 25 14	6,1
UG - Treppenhaus						
60 F 1301 FAW S-O	1:0	19,0	0,271	1,00 F _{AW}	50	5,1
61 F 1302 FAW N-O	1:0	31,0	0,271	1,00 F _{AW}	50	8,4
62 F 1303 FAW N-W	1:0	19,0	0,271	1,00 F _{AW}	50	5,1
63 F 1300 FG	1:0	49,4	0,263	0,80 F _{fb}	50 19 26 14	10,4

 $\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 3.266,2$
 $\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 929,1$

1. Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 810,18 / 86,44 = 9,37 \text{ m}$

2. Bodenplattenmaß B' (26) = $4,94 = 4,94 \text{ m}$

Anmerkungen zur Hüllflächen-Tabelle

- 01 Temperatur-Korrekturfaktoren (F_x-Faktoren) nach DIN V 18599-2, Tab.5
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 19 Temperatur-Korrekturfaktoren F_x für untere Gebäudeabschlüsse nach DIN V 18599:2018-2, Tab.6
- 25 Fx-Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.
- 26 Fx-Tabellenwert für das 2. Bodenplattenmaß.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 70 Dachflächenfenster
- 85 Begrenzung der U-Werte von Außentüren und Toren in NWG nach KfW-FAQ als Glasdächer, Lichtbänder

2.1 Wärmebrücken

(Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

H_{T,WB} = 326,6 W/K (35,2 %, 0,100 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

(Ref-No 5.2.2)

Transferkoeffizienten Transmission	H _{T,D} W/K	H _{T,s} W/K	H _{T,iu} W/K	ΣH_T W/K	H _{T,iz} W/K	H _{T,zi} W/K
<1> Klassenraum/Differenz	372	45	0	417	0	0
<2> Flur/Treppenhaus/Lern	456	53	0	509	0	0
<3> Server/Pumi/Stuhllage	36	10	0	46	0	0
<4> Mehrzweckraum	204	19	0	223	0	0
<5> Sanitäre Anlagen	39	22	0	60	0	0
	1106	149		1256		

H_{T,D} = $\Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A$ = Wärmetransferkoeffizient zur Außenluft, Bauteile + Wärmebrücken

H_{T,s} = $\Sigma F_x \cdot A_j \cdot U_j$ = Wärmetransferkoeffizient über das Erdreich, alternativ L_s-Wert aus der Bauteilberechnung

H_{T,iu} = $\Sigma F_x \cdot A_j \cdot U_j$ = Wärmetransferkoeffizient zum unbeheizten Bereich

H_{T,iz} = $\Sigma A_j \cdot U_j$ = Wärmetransferkoeffizient zu angrenzenden Gebäudezonen

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient

H_{T,vorh} = $(H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.255,7 / 3.266,2 = 0,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis) (Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

	opake Bauteile [W/(m²K)]	Fenster [W/(m²K)]	Vorhangf. [W/(m²K)]	Oberl. [W/(m²K)]
U_{\max} $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,28	1,50	1,50	2,50
U_{\max} $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,50	2,80	3,00	3,10
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,18	1,10		1,10
Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,18	1,10		

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**
kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 1,10 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} -26,7\%$

3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.3.0)

Gebäudedichtheit Regelwert, ohne RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (Referenzwert, Kat.I), $n_{50} = 2,00 \text{ h}^{-1}$
Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 3 \cdot 3266 / 4833 = 2,03 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade
 $e_{\text{wind}} = 0.07$ $f_{\text{wind}} = 15$ (EN ISO 13790 Tab.G4)

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Ohne bedarfsabhängige Außenluft-Volumenstromregelung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h^{-1}	V_A $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	Luftwechsel n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}	Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage $n_{\text{m,ZUL}}$ h^{-1}	$t_{V,m}$ h/d
<1> Klassenraum/Di	-	1,91	10,00	3,35	0,13	1,01	-	-
<2> Flur/Treppenha	-	2,16	0,00	0,00	0,15	0,10	-	-
<3> Server/Pumi/St	-	1,24	0,15	0,05	0,09	0,10	0,05	13
<4> Mehrzweckraum	-	1,48	7,00	2,03	0,10	0,10	2,03	13
<5> Sanitäre Anlag	-	1,11	15,00	5,00	0,08	0,10	5,00	13
\Rightarrow WE-Betrieb ...								
<1> Klassenraum/Differenzieru			0,00	0,00	0,13	0,10		
<2> Flur/Treppenhaus/Lernzone			0,00	0,00	0,15	0,10		
<3> Server/Pumi/Stuhllager			0,00	0,00	0,09	0,10		
<4> Mehrzweckraum			0,00	0,00	0,10	0,10		
<5> Sanitäre Anlagen			0,00	0,00	0,08	0,10		

Zone <3> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 12 / 12 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG60

Zone <4> RLT-Anlage (214) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1499 / 1499 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG60

Zone <5> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1761 / 1761 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG60

n_{50} = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom

n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = $V_A \cdot \text{ANGF} / V$ während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)

n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = $n_{50} \cdot e_{\text{wind}} \cdot f_{\text{ATD}}$ mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT

$n_{\text{inf}} = n_{50} \cdot e_{\text{wind}} \cdot f_{\text{ATD}} \cdot (1 + (1 - f_e) \cdot t_{V,\text{mech}} / 24)$ mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)

n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win}} \cdot t_{\text{nutz}} / 24$, mit RLT = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win,mech}} \cdot t_{V,\text{mech}} / 24$

mit $n_{\text{win,min}} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{\text{win,min}}$ = saisonal nach Gl.77

Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 /

$\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) \cdot n_{\text{inf}} - 0.1$ (ohne RLT), falls $n_{\text{nutz}} > 1.2 \Rightarrow \Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - n_{\text{inf}} - 0.1$

$n_{\text{mech}} = n_{\text{mech,ZUL}}$ = Zuluft-Luftwechselzahl mechanisch während der Nutzungsstunden

Hinweis: n_{inf} und n_{win} sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs- und Nichtnutzungsstunden)
Volumenströme V_{mech} und V^* (Auslegung, zonenweise) siehe Abschnitt "RLT-Systeme"

Transferkoeffizienten Lüftung	V m³	HV, z, Jan W/K	HV, inf W/K	HV, win W/K	Σ HV W/K	HV, mech W/K	θ _V , Jan °C
<1> Klassenraum/Diff	1.768	0	81	606	686	0	
<2> Flur/Treppenhaus	1.733	0	89	59	148	0	
<3> Server/Pumi/Stuh	242	0	7	8	15	2	18,0
<4> Mehrzweckraum	738	0	26	25	51	276	18,0
<5> Sanitäre Anlagen	352	0	9	12	21	325	18,0
		0	212	710	922	603	
⇒ WE-Betrieb ...							
<1> Klassenraum/Differenzie		0	81	60	141		
<2> Flur/Treppenhaus/Lernzo		0	89	59	148		
<3> Server/Pumi/Stuhllager		0	7	8	15		
<4> Mehrzweckraum		0	26	25	51		
<5> Sanitäre Anlagen		0	9	12	21		
		0	212	164	376		

$HV_{z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet

$HV = \text{Wärmetransferkoeffizient Lüftung} = n \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a = n \cdot V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$

$HV_{\text{win,ohne RLT}} = f_{\text{win,seasonal}} \cdot HV_{\text{win}} = (0.04 \cdot \theta_e + 0.8) \cdot HV_{\text{win}} \text{ [W/K]}$ (Fensterlüftung saisonal)

$\Sigma HV = HV_{z,\text{Jan}} + HV_{\text{inf}} + HV_{\text{win}}$, Transferkoeffizienten ohne RLT

$\theta_V = \text{Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"}$

Summenbildung unter Berücksichtigung der Zonen-Nutzungsanteile für Regel- und WE-Betrieb

4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

4.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster (Ref-No 5.4.1)

Bauliche Verschattung F_S aus Horizontwinkel α_h , Überhangwinkel α_o und Seitenwinkel α_f
Abminderungsfaktoren $F_S = 0.90$ nach GEG §25, vereinfacht

Kollektorfläche	Zone	Ag m²	IS, Jan/Jul W/m²	g _{eff} , Jan/Jul %	QS, Jan/Jul kWh/d
5 A 0101 FF S-O	4	20,64	50/ 132	44/ 24	7104m
7 A 0225 DFF 0°	2	1,40	29/ 210	44/ 16	"
13 A 0209 FF N-W	2	1,71	11/ 95	44/ 43	"
14 A 0223 FF S-O	2	31,02	50/ 132	44/ 24	"
15 A 0224 FF S-W	2	14,66	40/ 120	44/ 24	"
19 A 0302 FF N-O	1	22,09	11/ 112	44/ 43	"
22 A 0407 FF N-W	1	22,09	11/ 95	44/ 43	"
29 A 0601 FF S-O	4	18,60	50/ 132	44/ 24	"
36 A 0802 FF N-O	1	22,09	11/ 112	44/ 43	"
43 A 0909 FF N-W	2	4,65	11/ 95	44/ 43	"
44 A 0919 FF S-O	2	23,51	50/ 132	44/ 24	"
45 A 0920 FF S-W	2	14,22	40/ 120	44/ 24	"
51 A 1003 FF N-W	3	1,40	11/ 95	44/ 44	7100
54 A 1103 FF N-W	5	2,80	11/ 95	44/ 44	"
		200,80			71/ 176

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

$Q_S = \text{Strahlungsgewinn pro Tag} = A \cdot F_F \cdot g_{\text{eff}} \cdot I_S \cdot t$ mit $g_{\text{eff}} = f(F_S, F_w, g_{\perp})$ (DIN V 18599-2 Gl.112)

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7104: aus dem Bauteilbezug, Außenjalousie 45° grau

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

Sonnenschutz-Aktivierung f = feststehend, m = manuell, z = zeitgesteuert, s = strahlungsabhängig

Berechnung von $g_{\text{tot},13363}$ -Werten nach EN 13363-1 mit $\tau_{e,B}$ und $\rho_{e,B}$ nach DIN V 18599-2, Tab.8 sowie den Parametern $G1 = 5$, $G2 = 10$ und $G3 = 30$

$g_{\text{eff}} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g_{\text{tot}}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

$g_{\text{tot}} = g$ -Wert der Verglasung inklusive Sonnenschutz (Tab.8, ohne Sonnenschutz gilt $g_{\text{tot}} = g \perp$)

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

$g_{\text{eff}} = F_W \cdot F_V \cdot (a \cdot g_{\text{tot}} + (1-a) \cdot g \perp)$ bewertet (Gl. 115), der kleinere Wert g_{eff} ist maßgebend

$a_{W,i} / a_{S,0}$ = Parameter (0..1) für die zeitliche Aktivierung der Sonnenschutzvorrichtung nach Tab A.4 / A.5

4.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen (Ref-No 5.4.2)

nicht bilanziert

4.3 solare Wärmegewinne (Ref-No 5.4.3)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
<1> Klassenrau	1.078	618	271	151	237	364	862	13.711
<2> Flur/Trepp	3.047	2.460	871	637	1.299	1.031	2.500	24.882
<3> Server/Pum	23	13	6	3	5	7	17	277
<4> Mehrzweckr	1.372	1.162	395	294	638	484	1.149	11.266
<5> Sanitäre A	45	26	11	6	10	15	35	553
	5.564	4.278	1.555	1.091	2.190	1.901	4.564	50.689

5.0 Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.5.0)

Zone	A_B m ²	$Q_{I,p}$ kWh/d	$Q_{I,fac}$ kWh/d	$Q_{I,g}$ kWh/d	Q_I kWh/d
<1> Klassenraum/Differenzier	591	59,1	11,8	0,0	71,0
<2> Flur/Treppenhaus/Lernzon	566	-	-	0,0	0,0
<3> Server/Pumi/Stuhllager	81	-	-	0,0	0,0
<4> Mehrzweckraum	214	19,9	1,7	0,0	21,6
<5> Sanitäre Anlagen	117	-	-	0,0	0,0
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> Klassenraum/Differenzier		-	-	0,0	0,0
<2> Flur/Treppenhaus/Lernzon		-	-	0,0	0,0
<3> Server/Pumi/Stuhllager		-	-	0,0	0,0
<4> Mehrzweckraum		-	-	0,0	0,0
<5> Sanitäre Anlagen		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	$Q_{I,L}$ kWh/d	$Q_{I,h}$ kWh/d	$Q_{I,w}$ kWh/d	$Q_{I,rv}$ kWh/d
<1> Klassenraum/Differenzieru	0,0	8,7	0,3	0,0	0,0
<2> Flur/Treppenhaus/Lernzone	0,0	4,3	0,3	0,0	0,0
<3> Server/Pumi/Stuhllager	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
<4> Mehrzweckraum	0,0	5,8	0,1	0,0	0,0
<5> Sanitäre Anlagen	0,0	2,6	0,1	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

$q_{l,p}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)

$q_{l,fac}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen

$Q_{l,g} = Q_{l,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

Leuchtenabluft = Volumenstrom des Leuchten-Abluftsystems (0 = ohne Abluft)

$Q_{l,L}$ = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme

$Q_{l,h}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme

$Q_{l,w}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme

$Q_{l,rV}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.6.0)

Betrachtungsmonat Januar

Q_{source} im WE-Betrieb mit anteiligen Wärmeeinträgen aus dem Heizsystem nach Abs.6.5.6

Zone	ΣH_T W/K	ΣH_V W/K	$\Sigma H_{V,mech}$ W/K	Q_{sink} kWh/d	Q_{source} kWh/d	γ
<1> Klassenraum/Differenzier	417	686	0	522	88	0,168
<2> Flur/Treppenhaus/Lernzon	509	148	0	323	47	0,144
<3> Server/Pumi/Stuhllager	46	15	2	26	0	0,014
<4> Mehrzweckraum	223	51	276	146	48	0,330
<5> Sanitäre Anlagen	60	21	325	56	3	0,053

Zone	C_{wirk} Wh / (m²K)	H W/K	τ h	a	η	η_{WE}
<1> Klassenraum/Differenzier	50	1103	26,80	2,67	0,993	1,000
<2> Flur/Treppenhaus/Lernzon	50	657	43,08	3,69	0,999	0,999
<3> Server/Pumi/Stuhllager	50	63	63,77	4,99	1,000	1,000
<4> Mehrzweckraum	50	550	19,46	2,22	0,941	0,997
<5> Sanitäre Anlagen	50	406	14,45	1,90	0,997	1,000

$\Sigma H_T = H_{T,D} + H_{T,S} + H_{T,iU}$ = Transmissionswärme-Transferkoeffizienten, $H_{T,iU}$ siehe Q_{sink}

ΣH_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

$\Sigma H_{V,mech}$ = Transferkoeffizient aus mechanischer Lüftung mit WRG ohne Kühlfunktion

Q_{sink} = Summe der Wärmesenken aus Transmission und Lüftung in der Gebäudezone

Q_{source} = Summe der solaren und internen Wärmequellen in der Gebäudezone

$\gamma = Q_{source} / Q_{sink}$ = Verhältnis zwischen Wärmequellen und Wärmesenken

C_{wirk} = wirksame Wärmespeicherfähigkeit, Standardwert 50 bis maximal 130 Wh/(m²K) bei schweren Bauweisen mit normalen Raumhöhen und ohne Innenverkleidungen, bezogen auf einen m² Grundfläche

τ = Zeitkonstante = C_{wirk} / H mit H = Transferkoeffizient der Gebäudezone aus Transmission und Lüftung

$a = a_0 + \tau / \tau_0 = 1 + \tau / 16$ = numerischer Parameter

η = Ausnutzungsgrad = $(1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$, bei $\gamma=1$ gilt $\eta = a / (1+a)$, DIN V 18599-2 Gl. 142 / 143

η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.7.0)

Temperaturrandbedingungen

Außentemperaturen T_e im Monatsmittel für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez

T_e	d/m	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	°C	1,0	1,9	4,7	9,2	14,1	16,7	19,0	18,6	14,3	9,5	4,1	0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i,1}$	°C	19,5	19,6	19,8	20,1	20,5	20,7	20,9	20,8	20,5	20,2	19,8	19,5
$T_{i,2}$	°C	20,0	20,0	20,2	20,4	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,2	20,0
$T_{i,3}$	°C	16,3	16,3	16,4	16,6	16,9	17,0	17,1	17,1	16,9	16,7	16,4	16,3
$T_{i,4}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i,5}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,0	19,9
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i,1}$	°C	17,3	17,5	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3
$T_{i,2}$	°C	17,3	17,4	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3
$T_{i,3}$	°C	14,1	14,3	14,8	15,6	16,5	16,9	17,4	17,3	16,5	15,7	14,7	14,1
$T_{i,4}$	°C	17,2	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2
$T_{i,5}$	°C	17,5	17,6	18,1	18,9	19,8	20,2	20,6	20,6	19,8	19,0	18,0	17,4

7.1 Zone <1> Klassenraum/Differenzierung (Ref-No 5.7.1)

Ausnutzungsgrade für Wärmequellen η_{source} siehe Abs.6.0

Monatliche Heizzeiten t_h nach DIN V 18599-2, D.2, bei mehreren Zonen im Heizbereich die maximale Heizzeit, siehe "Heizsysteme".

Der Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb $\Delta Q_{C,b,WE}$ wird berücksichtigt

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,5^\circ\text{C}$ und $Q_I = 71,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,3^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,869	0,968	0,989	0,993	0,993	0,991	0,982	0,843
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,976	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,848
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	312	524	507	524	524	473	524	5.830
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.765
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.371	3.686	5.878	7.463	7.387	6.260	5.538	43.191
$Q_{h,b,WE}$	kWh	207	959	1.876	2.487	2.433	2.006	1.584	12.018
Q_T	kWh	1.766	3.133	4.456	5.476	5.449	4.700	4.440	36.743
Q_V	kWh	1.932	3.427	4.873	5.989	5.959	5.140	4.857	40.186
Q_S^*	kWh	989	607	270	150	236	362	854	9.997
Q_I^*	kWh	1.131	1.308	1.304	1.364	1.352	1.212	1.322	13.379

$\eta_{\text{source}} / \eta_{\text{source,WE}}$ = Ausnutzungsgrade für solare und interne Wärmegewinne im Regel- / WE-Betrieb

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb ($t_{\text{nutz}} < 365$)

monatliche Heizzeit t_h nach Anhang D, Transmissionsverluste Q_T und Lüftungsverluste Q_V

solare Wärmegewinne $Q_S^* = Q_S \cdot \eta$ und interne Wärmegewinne $Q_I^* = Q_I \cdot \eta$

Heizwärmebedarf $Q_{h,b} = Q_T + Q_V - Q_S^* \cdot \eta - Q_I^* \cdot \eta$ mit dem Ausnutzungsgrad η

7.2 Zone <2> Flur/Treppenhaus/Lernzone (Ref-No 5.7.2)

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,3^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,875	0,975	1,000	1,000	0,999	0,999	0,990	0,890
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,717	0,951	0,999	1,000	0,999	0,999	0,982	0,813
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	740	502	485	502	502	453	502	6.772
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.984
$Q_{h,b,RE}$	kWh	907	2.429	4.994	6.348	5.875	5.153	3.907	33.824
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	203	1.288	1.815	1.594	1.383	767	7.050

Q _T	kWh	2.228	3.951	5.619	6.906	6.872	5.927	5.601	46.340
Q _V	kWh	647	1.148	1.632	2.006	1.996	1.721	1.627	13.458
Q _S *	kWh	2.514	2.379	871	637	1.298	1.030	2.469	21.037
Q _I *	kWh	70	88	98	112	100	83	84	923

7.3 Zone <3> Server/Pumi/Stuhllager (Ref-No 5.7.3)

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,3\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 14,1\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,777
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,768
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	17	48	69	71	71	65	71	483
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.526
Q _{h,b,RE}	kWh	72	256	430	540	536	458	419	3.023
Q _{h,b,WE}	kWh	7	36	75	116	115	93	67	541
Q _T	kWh	81	232	386	498	495	422	381	2.829
Q _V	kWh	25	77	129	166	165	141	127	918
Q _S *	kWh	22	13	6	3	5	7	17	166
Q _I *	kWh	4	4	4	5	5	4	4	37

7.4 Zone <4> Mehrzweckraum (Ref-No 5.7.4)

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9\text{ °C}$ und $Q_I = 21,6\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,2\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,650	0,809	0,945	0,964	0,941	0,945	0,873	0,725
$\eta_{source,WE}$		0,673	0,920	0,999	1,000	0,997	0,998	0,969	0,795
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	308	190	184	190	190	171	190	2.706
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	7.104
Q _{h,b,RE}	kWh	366	914	1.835	2.348	2.137	1.889	1.448	12.305
Q _{h,b,WE}	kWh	-	74	546	767	654	577	311	2.928
Q _T	kWh	973	1.725	2.454	3.016	3.001	2.588	2.446	20.234
Q _V	kWh	397	713	842	955	953	839	855	6.298
Q _S *	kWh	901	981	380	286	612	466	1.038	8.033
Q _I *	kWh	363	469	535	570	551	496	504	4.950

7.5 Zone <5> Sanitäre Anlagen (Ref-No 5.7.5)

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,5\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,974	0,993	0,996	0,997	0,997	0,996	0,994	0,924
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,989
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	60	104	101	104	104	94	104	962
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.928
Q _{h,b,RE}	kWh	436	856	1.009	1.142	1.137	999	1.010	7.701
Q _{h,b,WE}	kWh	28	69	153	210	208	173	142	1.057

Q _T	kWh	264	467	665	817	813	701	662	5.482
Q _V	kWh	297	538	563	598	597	536	579	3.879
Q _S *	kWh	44	25	11	6	10	15	34	500
Q _I *	kWh	52	55	54	56	56	51	56	604

7.6 Summe Heizwärmebedarf (Ref-No 5.7.6)

	Q _T kWh/a	Q _V kWh/a	Q _S *	Q _I *	Q _{h,b} kWh/a	Q _{h,b} kWh/(m²a)
<1> Klassenraum/Dif	36.743	40.186	9.997	13.379	55.210	93,3
<2> Flur/Treppenhau	46.341	13.458	21.037	923	40.874	72,2
<3> Server/Pumi/Stu	2.829	918	166	37	3.564	44,2
<4> Mehrzweckraum	20.235	6.298	8.033	4.950	15.234	71,2
<5> Sanitäre Anlage	5.482	3.879	500	604	8.759	74,6
	111.628	64.738	39.732	19.893	123.640	78,8

9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3) (Ref-No 5.9.0)

9.1 Gewählte RLT-Anlagen (Ref-No 5.9.1)

Betrachtungsmonat Januar, $\theta_e = 1,0^\circ\text{C}$

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ °C
<3> Server/Pumi/Stuhllager	-	203 RLT-Anlage	VE LH rec60	18,0
<4> Mehrzweckraum	mT	214 RLT-Anlage	VE LH LBv rec60	18,0
<5> Sanitäre Anlagen	-	203 RLT-Anlage	VE LH rec60	18,0

Zone <3> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 12 / 12 m³/h, Konstantvolumenstrom, balanciert, rec60

Zone <4> RLT-Anlage (214) mit VSUP/ETA = 1499 / 1499 m³/h, Konstantvolumenstrom, balanciert, rec60

Zone <5> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 1761 / 1761 m³/h, Konstantvolumenstrom, balanciert, rec60

Feuchteanforderung mT / oT = mit / ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)

RLT-Anlagen nach DIN V 18599-3, Tabellen A.2 bis A.13 mit den Anlagenkomponenten

VE = Ventilator, LH = Luftheizer, LK = Luftkühler, LBv / LBd = Verdunstungsbefeuchter / Dampfbefeuchter

rec.% = Anlage mit ..% Wärmerückgewinnung, rec+ = Rückgewinnung Wärme + Feuchte

θ_{SUP} mittlere Zulufttemperatur im Betrachtungsmonat nach Tab. 5/6

9.2 Strombedarf der Ventilatoren (Ref-No 5.9.2)

	V _{mech,m} m³/h	t _v *d _v h/m	P _{V, SUP} kW	P _{V, ETA} kW	W _{V, Jan} kWh
<3> Server/Pumi/Stuhllager	12	276	0,01	0,00	2
<4> Mehrzweckraum	1499	276	0,63	0,42	288
<5> Sanitäre Anlagen	1761	276	0,73	0,49	338

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

<3> Server/Pumi	2	2	2	2	2	2	2	26
<4> Mehrzweckra	278	288	278	288	288	260	288	3.386
<5> Sanitäre An	327	338	327	338	338	305	338	3.978
	607	628	607	628	628	567	628	7.390

$V_{\text{mech,m}}$ = Zuluft- / Abluft-Volumenstrom, Regelwert = Luftwechselzahl * Luftvolumen

$t_V \cdot d_V$ = monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage = h/Tag * Tage * Nutzungsanteil im Regelbetrieb

$P_{V,\text{SUP}} / P_{V,\text{ETA}}$ = elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren

W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.3)

Energiebedarfskennwerte für den Standort Deutschland (Potsdam)

Kennwerte für Zuluftvorwärmung im Januar

	θ_{HC} °C	$q_{\text{H}, 12\text{h}}$ Wh/m ³	f_{H}	q_{H} Wh/m ³	$Q_{\text{V}, \text{H}}$ kWh	$A_{\text{K}, \text{A}}$ m ²
<3> Server/Pumi/Stuhllage	19,4	466	1,01	349	4	0,0
<4> Mehrzweckraum	19,4	1.151	1,01	863	1.293	0,0
<5> Sanitäre Anlagen	19,4	466	1,01	349	615	0,0

Indizierungen (i) für die Bilanzgrößen: H = Heizen, C = Kühlen, St = Befeuchten

θ_{HC} = korrigierte, mittlere Zulufttemperatur (berücksichtigt unterschiedliche Ventilatorabwärme)

$q_{\text{H}, 12\text{h}} / q_{\text{H}}$ = Kennwerte für den Nutzenergiebedarf = F(Anlage-No, Bilanzgröße, Monat) nach Anhang A

f_{H} = Korrekturfaktor für die tägliche Anlagenbetriebszeit nach Gl.37

$Q_{\text{V}, \text{H}}$ = monatlicher Nutzenergiebedarf für die Bilanzgröße i

$A_{\text{K}, \text{A}}$ = Oberfläche der Luftleitungen außerhalb der thermischen Hülle

9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

(Ref-No 5.9.4)

Zone <3> Server/Pumi/Stuhllager

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{\text{V}, \text{H}}$	kWh	0	1	3	4	4	3	2	22
$t_{\text{H}^*, \text{op}}$	h	27	28	27	28	28	25	28	325
$Q_{\text{H}^*, \text{b}}$	kWh	0	1	3	4	4	3	2	22
		0	1	3	4	4	3	2	22

Zone <4> Mehrzweckraum

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{\text{V}, \text{H}}$	kWh	135	297	825	1.299	1.293	1.068	944	7.505
$t_{\text{H}^*, \text{op}}$	h	27	28	65	102	101	83	74	634
$Q_{\text{H}^*, \text{b}}$	kWh	148	326	907	1.429	1.422	1.175	1.038	8.256
		148	327	910	1.433	1.427	1.179	1.040	8.277

Zone <5> Sanitäre Anlagen

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{\text{V}, \text{H}}$	kWh	15	177	395	624	615	498	356	3.162
$t_{\text{H}^*, \text{op}}$	h	27	28	27	28	28	25	28	325
$Q_{\text{H}^*, \text{b}}$	kWh	16	195	434	687	677	547	392	3.478
		164	522	1.344	2.119	2.103	1.726	1.432	11.756

Nutzwärmebedarf $Q_{\text{V}, \text{H}}$ nach Heizbereichen [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

1 Fußbodenheizu	164	522	1.344	2.119	2.103	1.726	1.432	11.756
	164	522	1.344	2.119	2.103	1.726	1.432	11.756

Wärmeerzeugung siehe Abs.13 Heizsysteme

mit $Q_{V,H}$ = Nutzwärmebedarf der Zuluftvorwärmung, $t_{h*,op}$ = Bedarfszeit der Heizregister und $Q_{h*,b}$ = Nutzwärmebedarf der Heizregister

$t_{h*,op} = t_{H,r} * t_{V,mech} * dV_{mech} * b_{bv,mth} / b_{vh,a}$, max. $t_{V,mech} * dV_{mech,m}$ (DIN V 18599-7, Gl.4)

$Q_{h*,b}$ nach DIN V 18599-7, Gl.1, Übergabeverluste pauschal 10% (5.4.2)

Leitungsverluste mit $A_{K,A}$ und $f_{vh,d} = 16 \text{ W/m}^2$

9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung

(Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

(Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

(Ref-No 5.10.0)

10.1 Tageslichtbereiche

(Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (11), mit Dachoberlichtern (1)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	CT_L %
1 A 0101 FAW S-O	S-O 4	300	45,6	29,5	gut	93
2 A 0209 FAW N-W	N-W 2	100	11,6	2,4	gut	89
3 A 0223 FAW S-O	S-O 2	100	157,6	44,3	gut	90
4 A 0224 FAW S-W	S-W 2	100	74,3	21,0	gut	90
6 A 0302 FAW N-O	N-O 1	300	115,3	31,5	gut	91
7 A 0407 FAW N-W	N-W 1	300	122,1	31,5	gut	90
8 A 0601 FAW S-O	S-O 4	300	40,2	26,6	gut	93
9 A 0802 FAW N-O	N-O 1	300	115,3	31,5	gut	91
10 A 0909 FAW N-W	N-W 2	100	37,2	6,6	mittel	86
11 A 0919 FAW S-O	S-O 2	100	145,0	33,6	gut	88
12 A 0920 FAW S-W	S-W 2	100	74,3	20,3	gut	90

Tageslichtbereiche mit Dachoberlichtern

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	CT_L %
5 A 0225 FD	2	100	58,3	2,0	keine	0

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m²]	ATL [m²]	AKTL [m²]
<1> Klassenraum/Differen	591	353	239
<2> Flur/Treppenhaus/Ler	566	558	8
<3> Server/Pumi/Stuhllag	81	-	81
<4> Mehrzweckraum	214	86	128
<5> Sanitäre Anlagen	117	-	117

$ATL = \text{tageslichtversorgte Fläche} = \alpha_{TL} \cdot b_{TL}$, bei Dachoberlichtern manueller Ansatz

mit $\alpha_{TL} = \text{Tiefe des Tageslichtbereichs} = 2.5 \cdot (h_{St} - h_{Ne})$, max. Raumtiefe, $h_{St} = \text{Sturzhöhe der Rohbauöffnungen}$, $h_{Ne} = \text{Höhe der Nutzebene über dem Fußboden}$, und $b_{TL} = \text{Breite des Tageslichtbereichs}$

$ARB = \text{Fensterfläche (Rohbaumaße)}$, $E_m = \text{Wartungswert der Beleuchtungsstärke (Zonenrandbedingung)}$

$\text{Tageslichtquotient } DR_b = \max[(4.13 + 20 \cdot I_{Tr} - 1.36 \cdot I_{Rt}) \cdot I_v; 0]$ (Gl.30),

bei Dachoberlichtern $D_j = D_a \cdot \tau_{D65} \cdot k \cdot ARB / ATL \cdot \eta_R$ (Gl. 35), mit $D_a = \text{Außentageslichtquotient nach Tab.17}$, $\eta_R = \text{Raumwirkungsgrad nach Tab. 18 / 19}$

$c_{TL} = \text{Tageslichtversorgungsfaktor} = c_{TL,Vers,SA} \cdot (1 - t_{rel,TL,SA}) + c_{TL,Vers,SA} \cdot t_{rel,TL,SA}$ (Gl.31)

c_{TL} bei Dachoberlichtern nach Tab.23/24, abhängig von der Dachneigung und Flächenorientierung

10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Ref-No 5.10.2)

Bereich				CTL	CTL, kon	FTL	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun
							%	%	%	%	%	%
1	A	0101	FAW S-O	4	93	60	53	46	41	38	36	35
2	A	0209	FAW N-W	2	89	55	58	53	48	45	43	43
3	A	0223	FAW S-O	2	90	60	54	48	43	40	38	37
4	A	0224	FAW S-W	2	90	60	54	48	43	40	37	37
5	A	0225	FD	2	0	50	100	100	100	100	100	100
6	A	0302	FAW N-O	1	91	55	58	52	47	44	42	42
7	A	0407	FAW N-W	1	90	55	58	52	47	44	43	42
8	A	0601	FAW S-O	4	93	60	53	46	41	38	35	35
9	A	0802	FAW N-O	1	91	55	58	52	47	44	42	42
10	A	0909	FAW N-W	2	86	55	60	54	50	47	45	45
11	A	0919	FAW S-O	2	88	55	59	53	48	46	44	43
12	A	0920	FAW S-W	2	90	60	54	48	43	40	38	37

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

$CTL_{kon} = \text{Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems interpoliert nach Tab.25}$

$F_{TL} = \text{Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Betriebszeitanteil Kunstlicht) nach Gl.39}$

$F_{TL} = \max[1 - v_{Monat} \cdot CTL \cdot CTL_{kon}; 0]$, Verteilungsschlüssel v_{Monat} nach Tab.26 / 27

10.3 Kunstlichtversorgung (Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (17)
Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich				Zone	E_m lx	Lampen	P_j W/m²	$f_{Prä}$	$t_{T,TL}$ h/m	$t_{T,KTL}$ h/a	t_N h/a	$Q_{l,b}$ kWh/m
1	A	0101	FAW S-O	4	300	9-1-1	4,0	0,75	86	1907	155	18
2	A	0209	FAW N-W	2	100	9-1-1	1,8	0,60	76	1526	124	2
3	A	0223	FAW S-O	2	100	9-1-1	1,8	0,60	70	1526	124	23
4	A	0224	FAW S-W	2	100	9-1-1	1,8	0,60	70	1526	124	11
5	A	0225	FD	2	100	9-1-1	1,8	0,60	130	1526	124	15
6	A	0302	FAW N-O	1	300	9-1-1	3,6	0,88	60	1225	0	25
7	A	0407	FAW N-W	1	300	9-1-1	3,6	0,88	60	1225	0	26
8	A	0601	FAW S-O	4	300	9-1-1	4,0	0,75	85	1907	155	16
9	A	0802	FAW N-O	1	300	9-1-1	3,6	0,88	60	1225	0	25
10	A	0909	FAW N-W	2	100	9-1-1	1,8	0,60	77	1526	124	6
11	A	0919	FAW S-O	2	100	9-1-1	1,8	0,60	76	1526	124	23

12	A	0920	FAW	S-W	2	100	9-1-1	1,8	0,60	70	1526	124	11
13	A	in	<1>	ohne TL	1	300	9-1-1	3,6	0,88	0	1225	0	89
14	A	in	<2>	ohne TL	2	100	9-1-1	1,8	0,60	0	1526	124	2
15	Zone	<3>	ohne TL		3	100	9-1-1	2,6	0,07	0	175	14	3
16	A	in	<4>	ohne TL	4	300	9-1-1	4,0	0,75	0	1907	155	89
17	Zone	<5>	ohne TL		5	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	55

439

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, $A_{KL} = 1.570 \text{ m}^2$

Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung $Q_{l,f}$ (Ref-No 5.10.4)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> Klassenrau	132	142	145	159	148	127	135	1.631
<2> Flur/Trepp	78	87	92	104	92	77	79	976
<3> Server/Pum	3	3	3	3	3	3	3	40
<4> Mehrzweckr	113	120	120	129	123	108	116	1.389
<5> Sanitäre A	53	55	53	55	55	49	55	644
	379	407	413	449	421	364	389	4.680

 $p_j = \text{elektrische Bewertungsleistung} = p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB} \text{ W/m}^2 \text{ (Gl.11)}$ mit $k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB} = \text{Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Beleuchtung vert. Flächen}$ $t_{T,TL} / t_{T,KTL} = \text{Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit}$ $t_N = \text{Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, } t_{Nacht} / t_{Tag} \text{ siehe DIN V 18599-10}$ $Q_{l,b} = \text{Nutzenergiebedarf für Beleuchtung} = p_j \cdot [ATL \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + AKTL \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})] \text{ (Gl.2)}$ $Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{l,L,elektr} = \text{Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)}$

11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

(Ref-No 5.11.0)

11.1 Kühlenergiebedarf

(Ref-No 5.11.1)

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)

Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
<1> Klassenraum/Differenzier	79	151	1,903	50,000	26,80	0,476
<2> Flur/Treppenhaus/Lernzon	47	73	1,534	50,000	43,08	0,598
<3> Server/Pumi/Stuhllager	4	2	0,355	50,000	63,77	0,996
<4> Mehrzweckraum	20	57	2,881	50,000	19,46	0,324
<5> Sanitäre Anlagen	6	5	0,913	50,000	14,45	0,685

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
$\Rightarrow Q_{C,b} \text{ (Raumklima)}$								
<1> Klassenrau	9	9	11	29	124	404	797	3.941
<2> Flur/Trepp	-	1	-	16	292	129	327	2.281
<3> Server/Pum	-	-	-	-	-	-	-	0

<4> Mehrzweckr	25	53	42	160	531	415	688	4.709
<5> Sanitäre A	0	0	0	1	1	7	46	291

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{C,b}$

$Q_{C,b} = (1 - \eta) \cdot Q_{\text{source}}$ mit $Q_{\text{source}} = (Q_T + Q_V + Q_S + Q_I)_{\text{source}}$ (T2, Gl.2, nur Regelbetrieb)

berechnet mit $\theta_{i,c} = \theta_{i,c,\text{soll}} - 2K$ (T2 Gl.39), c_{wirk} und Zeitkonstante τ siehe Abschnitt 6.0

11.2 Maximal erforderliche Kälteleistung $Q_{C,\text{max}}$ (Ref-No 5.11.2)

$Q_{C,\text{max}}$ nach DIN V 18599-2, Anhang C

Zone	$t_{C, \text{op}, d}$ h/d	$Q_{C, \text{max}, \text{Juli}}$ kW	$Q_{C, \text{max}, \text{Sept}}$ kW	techn. gekühlt
<1> Klassenraum/Differenzie	9	25,5	14,0	nein
<2> Flur/Treppenhaus/Lernzo	13	27,1	26,9	nein
<3> Server/Pumi/Stuhllager	13	0,3	-0,1	nein
<4> Mehrzweckraum	13	14,4	13,7	nein
<5> Sanitäre Anlagen	13	1,1	-0,7	nein
		68,4	53,8	

$Q_{C,\text{max}} = 0.8 \cdot (Q_{\text{source}} - Q_{\text{sink}}) \cdot (1 + 0.3 \cdot \text{EXP}(-\tau/120)) - c_{\text{wirk}}/60 \cdot (\Delta \theta - 2) + c_{\text{wirk}}/40 \cdot (12 / t_{C-1})$ (T2, C.1)

mit $t_{C,\text{op},d}$ = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und $\Delta \theta$ = zul. Temperaturschwankung, Regelwert = 2K

12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8) (Ref-No 5.12.0)

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser (Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b, \text{Jan}}$ kWh/M
<1> Klassenraum/Diff	nicht relevant			-
<2> Flur/Treppenhaus	nicht relevant			-
<3> Server/Pumi/Stuh	nicht relevant			-
<4> Mehrzweckraum	nicht relevant			-
<5> Sanitäre Anlagen	nicht relevant			-

$Q_{w,b} = q_{w,b} \cdot d_{\text{mth}} \cdot d_{\text{nutz}}/365 \cdot \text{Menge}$ [kWh/Monat] (DIN V 18599-10)

13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5) (Ref-No 5.13.0)

13.1 Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,\text{max}}$ (Ref-No 5.13.1)

nach T2, Anhang B, Bemessungsmonat = Januar mit $\theta_{i,h,\text{min}}$ zonenbezogen und $\theta_{e,\text{min}} = -12^\circ\text{C}$

Zone	$Q_{T,max}$ kW	$Q_{V,max}$ kW	V_{mech} m ³ /h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
<1> Klassenraum/Differenzie	13,4	11,0	0	0,0	24,3
<2> Flur/Treppenhaus/Lernzo	16,3	2,4	0	0,0	18,7
<3> Server/Pumi/Stuhllager	1,5	0,2	12	0,1	1,8
<4> Mehrzweckraum	7,1	0,8	1498	6,5	14,5
<5> Sanitäre Anlagen	1,9	0,3	1761	7,7	9,9

$Q_{T,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken. Wärmetransfer zu benachbarten

Zonen $Q_{T,iz}$ temperaturgewichtet mit $T_{i,min,H}$.

$Q_{V,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Lüftungswärmeverluste aus Infiltration und Fensterlüftung

$V_{mech} = n_{mech,ZUL} \cdot V$ = Mindestvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage

$Q_{V,mech} = 0.34 \cdot V_{mech} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_V)$ = Heizleistung für die Nacherwärmung der Zuluft (RLT mit WRG)

$\Phi_{h,max} = Q_{T,max} + Q_{V,max}$ = Heizleistung (T2 Gl.B.1)

13.2 Eingesetzte Heizsysteme

(Ref-No 5.13.2)

Anlage	Versorgungsbereich	Zone(n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Fußbodenheizung Nasssystem		*	135.395	69,2	0,0
2					
* = 1/2/3/4/5/					

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, System Nasssystem, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

RLT-Heizregister im Heizbereich $\Rightarrow Q_{h,b} = Q_{h,b} + Q_{h^*,b}$ enthält Nutzwärmebedarf für das Heizregister Übergabe- und Verteilungsverluste für $Q_{h^*,b}$ siehe "RLT-Systeme"

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b}, <1>$ kWh	3.394	9.482	18.085	23.237	22.075	18.990	15.192	123.640
$Q_{h^*,b}, <1>$ kWh	164	522	1.344	2.119	2.103	1.726	1.432	11.756

Nutz-Heizwärmebedarf $Q_{h,b}$ nach T2, maximale Heizleistung $\Phi_{h,max}$ (T2, Anhang B) und Kesselnennleistung $Q_{N,h}$ nach T5, 5.4

13.3 Heizzeiten

(Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "Fußbodenheizung Nasssystem", Leitzone <2> Flur/Treppenhaus/Lernzone

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <2>$ h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.984
$t_{h,rL,d} <2>$ h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB} <2>$ d/m	21	23	24	26	26	23	25	254
$t_{h,rL} <2>$ h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.794

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = monatliche Heizzeiten nach DIN V 18599-2, D.2

$t_{h,rL,day} = 24 - f_{L,NA} \cdot (24 - t_{h,op,day})$ (T5 Gl.24) mit

$t_{h,op,day}$ = tägliche Heizzeit (Nutzungsrandbedingung) und $f_{L,NA}$ = Laufzeitfaktor

$d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Betriebstage der Heizung (T5 Gl.28)

$t_{h,rL} = t_{h,rL,day} \cdot d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Laufzeit

13.4 Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, System Nasssystem,

Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein,
Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = 0+1,2+(0,7+0,5)/2+0+0,2+0 = 2,00^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (14,0%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: Stellantriebe nicht relevant / bereits enthalten
(0,0 Watt)

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Fußbodenheizung Nasssystem									
$Q_{h,b}$	kWh	3.394	9.482	18.085	23.237	22.075	18.990	15.192	123.640
$Q_{h,ce}$	kWh	1.067	1.736	2.253	2.434	2.324	2.094	1.962	17.293
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	4.461	11.219	20.339	25.671	24.399	21.084	17.154	140.932

Nutz-Heizwärmebedarf $Q_{h,b}$ (nach T2), Regel- und WE-Betrieb, ohne RLT-Wärmebedarf

Verluste der Wärmeübergabe $Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (monatlich, Gl.34)

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce}$ (Tab.9 ff) für hydraulischen Abgleich, Übergabesystem, Raumtemperaturregelung, Übertemperatur, spezifische Wärmeverluste der Außenbauteile, Strahlungswirkung, intermittierenden Heizbetrieb und Gebäudeautomation

13.5 Heizwärmeverteilung (Ref-No 5.13.5)

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3
Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 2
Etagenverteiltertyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 1569,8$
 m^2 , Geschosshöhe i.M. = 4,50 m, 3 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\vartheta_{VA} = 35^\circ\text{C}$ / $\vartheta_{RA} = 28^\circ\text{C}$, $T_{i,Soll,<2>} = 21,0^\circ\text{C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 45 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger,
Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren f_{hydr} , Abgleich = 1,00, $f_{Netzform} = 1,00$, $f_{d,Pumpenmanagement} = 1,00$

Heizungspumpe, P_{Pumpe} unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Fußbodenheizung Nasssystem			
Leitungslängen l_i	116,5 m	29,9 m	- m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\vartheta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

Mittlere Heizkreistemperaturen $\vartheta_{VL,av}$ (Vorlauf) und $\vartheta_{RL,av}$ (Rücklauf), Verluste der Verteilung

$Q_{h,d}$, daraus resultierende, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{i,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Fußbodenheizung Nasssystem									
$\beta_{h,d}$		0,09	0,22	0,41	0,50	0,47	0,45	0,33	
$\vartheta_{VL,av}$	°C	22,6	24,5	27,2	28,4	28,1	27,8	26,2	
$\vartheta_{RL,av}$	°C	21,8	22,8	24,1	24,7	24,5	24,4	23,6	
$Q_{h,d}$	kWh	62	85	131	169	165	141	122	963
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

$Q_{I,h,d}$	kWh	4	8	17	23	22	19	14	126
-------------	-----	---	---	----	----	----	----	----	-----

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 0,7 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,1 \%$

Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

Mittlere Vorlauf-, Rücklauf- und Heizkreistemperaturen ($\theta_{VL,av}$, $\theta_{RL,av}$, $\theta_{HK,av}$) nach T5 Abs. 5.3

Belastungsgrad der Wärmeverteilung $\beta_{h,d}$ nach Gl.9

$Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i \cdot (\theta_{HK,m} - \theta_{l,i}) \cdot t_{h,rl,i} / 1000$ [kWh] (Gl.52)

$Q_{l,h,d} = Q_{h,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen

$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)

mit $W_{h,d,hydr}$ = hydraulischer Energiebedarf (Gl.56) und $e_{h,d,aux}$ = Pumpen-Aufwandszahl (Gl.61)

13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(Ref-No 5.13.6)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

17) Abschneemenge Nadesystem		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,out} *	kWh	4.688	11.825	21.814	27.960	26.667	22.951	18.709	153.651

$Q_{h,out} = Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d}$ in [kWh]

$Q_{h,out}^*$ = Nutzwärmebedarf mit RLT-Wärmebedarf

Die Erzeugerverluste $Q_{h,g}$ im sommerlichen Heizbetrieb (nur $Q_{h^*,b}$) können mangels rechnerischer Laufzeiten für die Erzeuger derzeit nicht bestimmt werden.

13.7 Heizwärmepufferspeicher

(Ref-No 5.13.7)

nicht vorgesehen

13.8 solare Heizungsunterstützung

(Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

13.9 Heizungswärmepumpen

(Ref-No 5.13.9)

Heizbereiche (1)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Wärmepumpe 1, WATERKOTTE Industrial Line Air Kaskade R32

Heizungswärmepumpe, 56,4 kW

Energieträger eco-Strom, maximale Laufzeit 20 h/d

Leistungszahl im Prüfstand COP = 4,8 bei A7/W35

Die Leistungszahlen (COP) werden für die mittleren, monatlichen Vorlauftemperaturen $\theta_{VL}(\beta_h)$

(Gl.14) und stundenanteilig für die Temperaturklassen -7 / 2 / 7 / 20 °C korrigiert

Stundensummen in den Temperaturklassen nach DIN V 18599-5, Tab.31

COP-Koeffizienten durch Inter- / Extrapolation aus tabellierten Werten (Normwerte / Herstellerangaben)

Nachheizung mit elektrischem Heizstab

$Q_{h,outg} = Q_{h,b} + Q_{h,d} + Q_{h,s} - Q_{h,soi}$ = Nutzwärmeabgabe für Heizung, monatlich

Nutzwärmeabgabe und Laufzeiten für die WW-Bereitung siehe "Warmwassersysteme"

COP = Leistungszahl der Wärmepumpe, monatlich, t_{ON} = tägliche Laufzeit

$Q_{h,f}$ = Endenergiebedarf der WP, $Q_{h,f,hu}$ = Nutz- / Endenergiebedarf der Nachheizung

$Q_{h,in}$ = regenerativer Energieertrag (Gl.149), $W_{h,gen}$ = Hilfsendenergiebedarf

Wärmepumpe 1, Jahresarbeitszahl_{HZg} = 3,57

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h, outg}	kWh	4.688	11.825	21.814	27.960	26.667	22.951	18.709	153.651
COP		4,69	4,03	3,71	3,49	3,51	3,51	3,71	
t _{ON, g, d}	h/d	2,8	7,1	14,1	17,5	16,4	16,3	11,9	
Q _{h, f}	kWh	1.168	3.085	5.904	7.435	6.986	6.322	5.173	41.029
Q _{h, f, bu}	kWh	-	41	496	2.388	2.713	1.275	303	7.263
Q _{h, f, sum}	kWh	1.168	3.126	6.401	9.823	9.699	7.597	5.476	48.293
Q _{h, in}	kWh	3.520	8.699	15.413	18.137	16.968	15.354	13.234	105.359

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger (Ref-No 5.13.10)

nicht vorgesehen

13.11 Endenergie Heizwärme (Ref-No 5.13.11)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h, f}	kWh	1.168	3.126	6.401	9.823	9.699	7.597	5.476	48.293
W _h	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
eco-Strom	kWh	1.168	3.126	6.401	9.823	9.699	7.597	5.476	48.293
Q _{I, h, <1>}	kWh/d	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	
Q _{I, h, <2>}	kWh/d	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	
Q _{I, h, <3>}	kWh/d	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Q _{I, h, <4>}	kWh/d	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Q _{I, h, <5>}	kWh/d	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	

Q_{h, f} = Endenergiebedarf Heizung = Q_{h, b} + Q_{h, ce} + Q_{h, d} + Q_{h, s} + Q_{h, g} - Q_{h, sol} (Gl.4)

W_h = Hilfsenergiebedarf = W_{h, ce} + W_{h, d} + W_{h, s} + W_{h, gen} (Gl.6)

Q_{I, h} = unregelte Wärmeeinträge = Q_{I, h, d} + Q_{I, h, s} + Q_{I, h, g} (Gl.7)

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt
Unregelte Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1) (Ref-No 5.14.0)

14.1 Stromerzeugende Systeme (Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

14.2 Energiebedarf nach Energieträgern (Ref-No 5.14.2)

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f _P	f _{HS/Hi}	Q _P kWh/a
eco-Strom	Heizwärme	1/2/3/4/5/	48.293	1,80	1,00	86.927

Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/4/5/	4.680	1,80	1,00	8.424
Strom-Mix	Hilfsenergie		7.390	1,80	1,00	13.302
Σ [kWh/Jahr]			60.363			108.653

$Q_P = \Sigma Q_{f,i} \cdot f_{P,i} / f_{Hs/H_{i,i}}$ (DIN V 18599-1, Gl.22)

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 108.653 / 1.570 = 69,2$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 1.570$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 60.363 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

f_P = Primärenergiefaktoren energieträgerbezogen nach DIN V 18599-1, Tab.A.1

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 4,7 kWh/(m²a), eco-Strom 30,8 kWh/(m²a), Strom-Mix 3,0 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/(m²a)
eco-Strom	48.293	560	27.044	
Strom-Mix	4.680	560	2.621	
Strom-Mix	7.390	560	4.138	
	60.363		33.803	21,5

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

Gutschrift für PV-Strom aus Verrechnung nach DIN V 18599-9:2018

14.3 Endenergiebedarf nach Zonen

(Ref-No 5.14.3)

siehe Abschnitt Zone	m²	RLT 9 kWh/a	Beleucht. 10 kWh/a	Klima 11 kWh/a	Warmwasser 12 kWh/a	Heizung 13 kWh/a	Summe kWh/a
<1> Klassenraum/D	591	-	1.631	-	-	21.564	23.195
<2> Flur/Treppenh	566	-	976	-	-	15.966	16.942
<3> Server/Pumi/S	81	-	40	-	-	1.390	1.430
<4> Mehrzweckraum	214	-	1.389	-	-	5.949	7.339
<5> Sanitäre Anla	117	-	644	-	-	3.419	4.063
Gebäude	1.570	-	4.680	-	-	48.288	52.968

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

Die Aufteilung der Endenergieanteile aus Prozessbereichen mit mehreren Zonen erfolgt lastabhängig.

14.4 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

(Ref-No 5.14.4)

	RLT kWh/m²a	Beleucht. kWh/m²a	Klima kWh/m²a	Warmwasser kWh/m²a	Heizung kWh/m²a	Summe kWh/m²a
Nutzenergiebedarf	4,7	3,0	0,0	0,0	86,2	93,9
Endenergiebedarf	4,7	3,0	0,0	0,0	30,8	38,5
Primärenergiebedarf	8,5	5,4	0,0	0,0	55,4	69,2

Energiebedarf für den Energieausweis mit Hilfsenergie (Ventilator-, Pumpenstrom, ...)

15.0 Nachweise

(Ref-No 5.15.0)

für ein neu errichtetes Gebäude
Referenzberechnung = "Neubaustrakt Melanchthonschule (DIN 18599)-Referenz2020"

15.1 Nachweis der thermischen Hülle
(Ref-No 5.15.1)

Grenzwerte für Nichtwohngebäude nach GEG '20 siehe "2.3 Begrenzung der U-Werte"
Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**

15.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs
(Ref-No 5.15.2)

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 18
zul $q_{P,REF} = 138,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, aus der Referenzberechnung
zul $q_P = 138,3 - 45\% = 76,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, geforderte Unterschreitung nach GEG §18 und GEG-Novelle 2023 / 2024
vorh $q_P = 108.653 / 1569,8 = 69,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

vorh $q_P = 69,2 \leq 76,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, **Grenzwert wird eingehalten**

15.8 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien
(Ref-No 5.15.8)

Nachweis 65% Erneuerbare
Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71
Heizungsanlagen müssen die benötigte Wärme zu mindestens 65% aus erneuerbaren Energien erzeugen

benötigte Wärme im Gebäude	153.652 kWh/a
genutzte erneuerbare Energien	
1. aus thermischen Solaranlagen	- kWh/a
2. aus elektrischen Wärmepumpen	153.652 kWh/a
3. aus gasmotorischen Wärmepumpen	- kWh/a
4. aus Stromdirektheizung	- kWh/a
5. aus unvermeidbarer Abwärme	- kWh/a
6. aus Wärmenetzen	- kWh/a
7. aus Biomasse / Wasserstoff	- kWh/a

Summe erneuerbare Energien	153.652 kWh/a	100 %
----------------------------	---------------	-------

erzielter Deckungsanteil für erneuerbare Energie $DA_{EE} = 153651,7/153651,5 \cdot 100 = 100\%$ (Entwurf Bbl.2 Gl.5)

Die Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71 (65,0% erneuerbar) **werden erfüllt**

17.0 Nutzung von erneuerbaren Energien
(Ref-No 5.17.0)

17.1 Nutzung von erneuerbaren Energien nach GEG 2020, §§ 34 ff
(Ref-No 5.17.1)

Nachweis für privat genutzte Gebäude
Wärme- und Kälteenergiebedarf = $48293 + 0 + 105359 = 153.652 \text{ kWh}/\text{Jahr}$ (mit Solar-,
Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

Energiequelle	Energieertrag	Deckungsanteil	Nutzungs-
---------------	---------------	----------------	-----------

	kWh/a	erzielt	gefordert	anteil
Umweltenergie [Hzg-WP]	146.388	95,3 %	50,0 %	190,6 %
				190,6 %

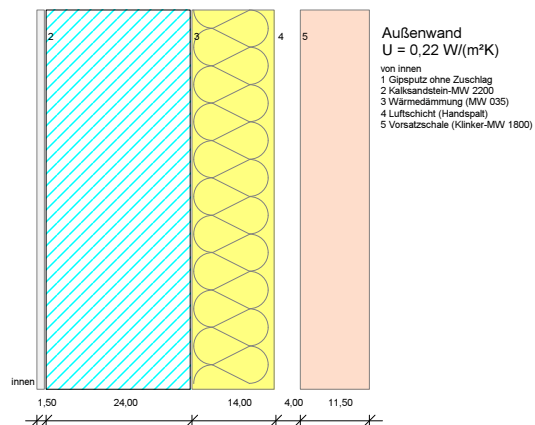
Maßnahmen zur Einsparung von Energie

 Nachweis mit $HT'_{\text{Grenzwert}} = HT'_{\text{Referenzberechnung}}$, ohne Nachweis der QP-Unterschreitung

		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs-
				erzielt	gefordert	anteil
HT' - Wert	W/(m²K)	0,40	0,38	4,2 %	15,0 %	28,0 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 218,6 % ≥ Nutzungspflichtanteil = 100 %

 Die Anforderungen aus dem GEG 2020 Abs.4 **werden erfüllt**

Bauteilquerschnitt**Bauteil: Außenwand (AW1)**
(Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Außenwand" (3)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt
(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W / (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Gipsputz ohne Zuschlag	1,50	1200	18,0	0,510	0,029
02 Kalksandstein-MW 2200	24,00	2200	528,0	1,300	0,185
03 Wärmedämmung (MW 035)	14,00	20	2,8	0,035	4,000
04 Luftschicht (Handspalt)	4,00	1	0,0	–	–
05 Vorsatzschale (Klinker-MW 1800)	11,50	1800	207,0	0,810	0,142
R_{se}					0,040
<hr/>					
d =	55,00	G =	755,8	$R_T =$	4,53

Wärmedurchgangskoeffizient
(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,221 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

.....

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2
(Ref-No 1.8.1)

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

R 4,36 ≥ 1,20 m²K/W erfüllt die Anforderungen

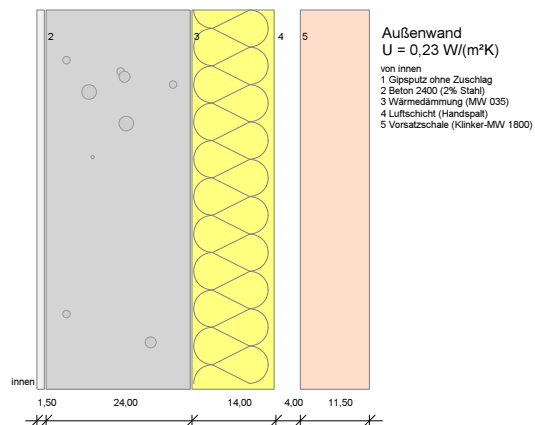
.....

U-Referenzwert für Nichtwohngebäude (GEG '20)
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Referenzwert für Außenwände

U 0,22 ≤ 0,28 W/(m²K) OK

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Außenwand (AW2)
 (Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Außenwand" (3)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt
 (Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Gipsputz ohne Zuschlag	1,50	1200	18,0	0,510	0,029
02 Beton 2400 (2% Stahl)	24,00	2400	576,0	2,500	0,096
03 Wärmedämmung (MW 035)	14,00	20	2,8	0,035	4,000
04 Luftschicht (Handspalt)	4,00	1	0,0	–	–
05 Vorsatzschale (Klinker-MW 1800)	11,50	1800	207,0	0,810	0,142
R_{se}					0,040
<hr/>					
	d = 55,00	G =	803,8	$R_T =$	4,44

Wärmedurchgangskoeffizient
 (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,225 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

.....

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2
(Ref-No 1.8.1)

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

R 4,27 ≥ 1,20 m²K/W erfüllt die Anforderungen

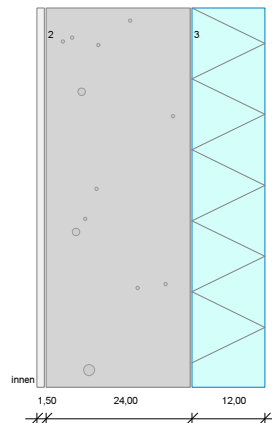
.....

U-Referenzwert für Nichtwohngebäude (GEG '20)
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Referenzwert für Außenwände

U 0,23 ≤ 0,28 W/(m²K) OK

Bauteilquerschnitt



Außenwand
 $U = 0,27 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
 von innen
 1 Gipsputz ohne Zuschlag
 2 Beton 2400 (2% Stahl)
 3 Wärmedämmung (EPS 035)

Bauteil: Außenwand (AW3)
 (Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Außenwand gegen Erdreich" (5)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt
 (Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Gipsputz ohne Zuschlag	1,50	1200	18,0	0,510	0,029
02 Beton 2400 (2% Stahl)	24,00	2400	576,0	2,500	0,096
03 Wärmedämmung (EPS 035)	12,00	20	2,4	0,035	3,429
R_{se}					0,000
<hr/>					
d =	37,50	G =	596,4	$R_T =$	3,68

Wärmedurchgangskoeffizient
 (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,271 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2
(Ref-No 1.8.1)

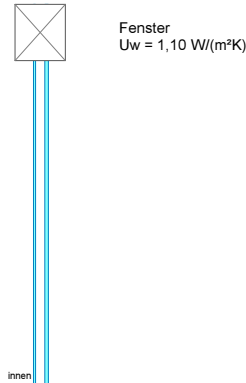
Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013).
Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R_{3,55} \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

U-Referenzwert für Nichtwohngebäude (GEG '20)
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Referenzwert für Außenwände gegen Erdreich

$U_{0,27} \leq 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ OK

Bauteilquerschnitt

Bauteil: Fenster (F1) / Fenstertüren (FT1)
(Ref-No 1.0)

Entsprechend Anlage 2 GEG (zu §18 Absatz 1) werden an Fenstertüren die gleichen Anforderungen hinsichtlich des Wärmedurchgangskoeffizienten, dem Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung und dem Lichttransmissionsgrad der Verglasung gestellt.
Alle Fenstertüren sind daher in Anlehnung zur angegebenen Fensterkonfiguration zu wählen.

Bauteiltyp "Fenster" (20)
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Fenster
(Ref-No 1.5.1)

Isolierverglasung 4-12-4-12-4, Xenonfüllung, beschichtet, $\varepsilon \leq 0,15$, $U_g 0,7$
Kunststoffrahmen PVC-Hohlprofil, 3 Kammern (EN ISO 10077-1 D.1), Metallaussteifung, $U_f 2,0$

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1
(Ref-No 1.5.5)

Einfachfenster, Tabellenwert $U_w = 1,10 (1,1) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, verbesserter Randverbund, 20%
Rahmenanteil, Tab. H.4
mit $U_g = 0,70$ und $U_f = 2,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

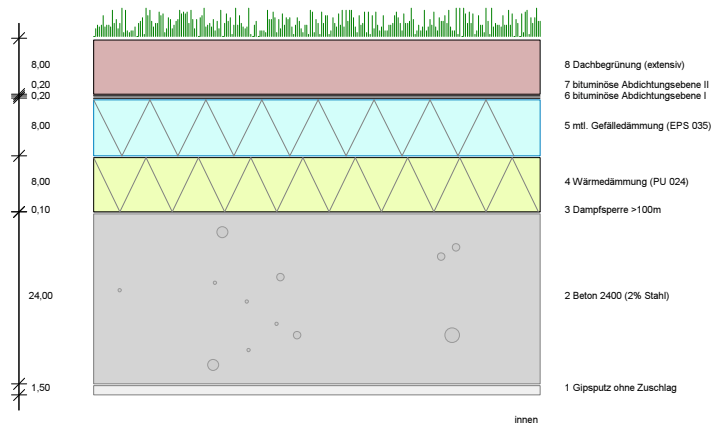
$U_w = 1,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

.....
U-Referenzwert für Nichtwohngebäude (GEG '20)
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Referenzwert für Fenster und Fenstertüren

U 1,10 ≤ 1,30 W/(m²K) OK

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Flachdach (FD1) (Ref-No 1.0)

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt (Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Gipsputz ohne Zuschlag	1,50	1200	18,0	0,510	0,029
02 Beton 2400 (2% Stahl)	24,00	2400	576,0	2,500	0,096
03 Dampfsperre >100m	0,10	—	—	—	—
04 Wärmedämmung (PU 024)	8,00	30	2,4	0,024	3,333
05 mtl. Gefälledämmung (EPS 035)	8,00	20	1,6	0,035	2,286
06 bituminöse Abdichtungsebene I	0,20	1200	2,4	0,170	0,012
07 bituminöse Abdichtungsebene II	0,20	1500	3,0	0,170	0,012
08 Dachbegrünung (extensiv)	8,00	1000	80,0	—	—
R_{se}					0,040
d = 50,00 G = 683,4 $R_T = 5,91$					

Wärmedurchgangskoeffizient (Ref-No 1.8)

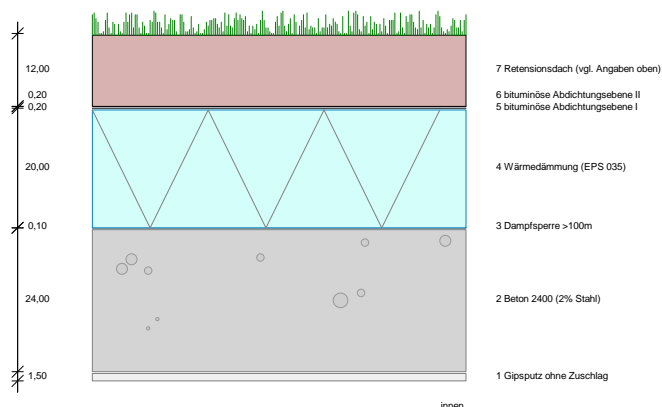
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,169 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

.....
U-Referenzwert für Nichtwohngebäude (GEG '20)
(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Referenzwert für Dächer und oberste Geschossdecken

U 0,17 ≤ 0,20 W/(m²K) OK

Bauteilquerschnitt



Flachdach

 $U_{\text{Flachdach}} = 0,17 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteil: Flachdach (FD1 - Variante, Retentionsdach)

(Ref-No 1.0)

Gemäß den statischen Berechnungen ist die Ausführung eines Retentionsdachs mit einem Gesamtgewicht im wassergesättigtem Zustand von maximal 175kg/m² zulässig.

Systemaufbau Retentionsdach (gew. BauderGreen Retention)
 BauderGREEN SUB-EM 1250, 6-12cm - Substrat Extensiv Mehrschicht
 BauderGREEN FV 125 - Filtervlies 125g/m²
 BauderGREEN RE 30 - Retentionselement
 BauderGREEN FSM 600 - Faserschutzmatte 600g/m²

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{\text{Si}} = 0,10$ und $R_{\text{Se}} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{Si}					0,100
01 Gipsputz ohne Zuschlag	1,50	1200	18,0	0,510	0,029
02 Beton 2400 (2% Stahl)	24,00	2400	576,0	2,500	0,096
03 Dampfsperre >100m	0,10	—	—	—	—
04 Wärmedämmung (EPS 035)	20,00	20	4,0	0,035	5,714
05 bituminöse Abdichtungsebene I	0,20	1200	2,4	0,170	0,012
06 bituminöse Abdichtungsebene II	0,20	1500	3,0	0,170	0,012
07 Retentionsdach (vgl. Angaben oben)	12,00	1483	178,0	—	—
R_{Se}					0,040
<hr/>					
d =	58,00	G =	781,4	$R_{\text{T}} =$	6,00

.....
Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,167 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

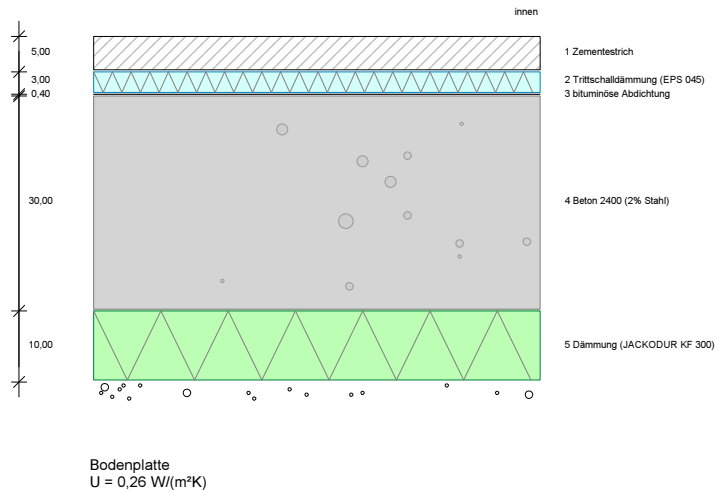
.....
U-Referenzwert für Nichtwohngebäude (GEG '20)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Referenzwert für Dächer und oberste Geschossdecken

$U \quad 0,17 \leq 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

Bauteilquerschnitt



Bauteil: Bodenplatte (BP1) (Ref-No 1.0)

Bodenplatte mit Perimeterdämmung und Abdichtung nach DIN 18195-4

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

Querschnitt (Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,170
01 Zementestrich	5,00	2000	100,0	1,400	0,036
02 Trittschalldämmung (EPS 045)	3,00	20	0,6	0,045	0,667
03 bituminöse Abdichtung	0,40	1100	4,4	0,230	0,017
04 Beton 2400 (2% Stahl)	30,00	2400	720,0	2,500	0,120
05 Dämmung (JACKODUR KF 300)	10,00	30	3,0	0,036	2,778
R_{se}					0,000
<hr/>					
d =	48,40	G =	828,0	$R_T =$	3,79

Wärmedurchgangskoeffizient (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,264 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

.....

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

(Ref-No 1.8.1)

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

R 3,62 ≥ 0,90 m²K/W erfüllt die Anforderungen

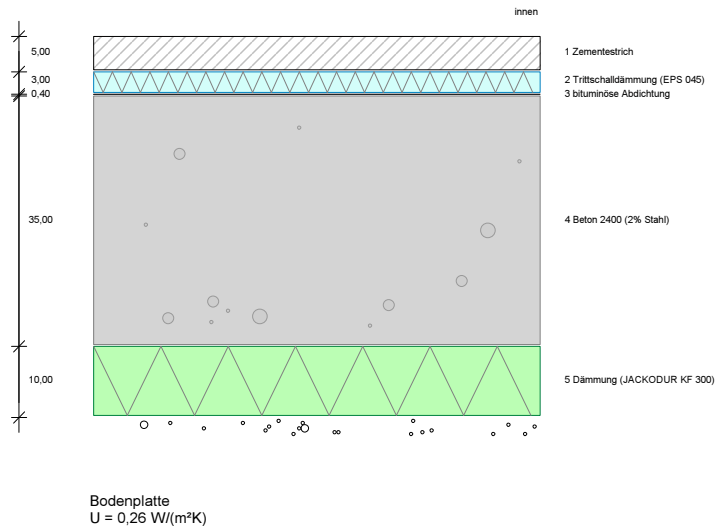
.....

U-Referenzwert für Nichtwohngebäude (GEG '20)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Referenzwert für Bodenplatten

U 0,26 ≤ 0,35 W/(m²K) OK

Bauteilquerschnitt**Bauteil: Bodenplatte (BP2)**
(Ref-No 1.0)

Bodenplatte mit Perimeterdämmung und Abdichtung nach DIN 18195-4

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ **Querschnitt**
(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 Zementestrich	5,00	2000	100,0	1,400	0,036
02 Trittschalldämmung (EPS 045)	3,00	20	0,6	0,045	0,667
03 bituminöse Abdichtung	0,40	1100	4,4	0,230	0,017
04 Beton 2400 (2% Stahl)	35,00	2400	840,0	2,500	0,140
05 Dämmung (JACKODUR KF 300)	10,00	30	3,0	0,036	2,778
R_{se}					0,000
d =	53,40	G =	948,0	$R_T =$	3,81

Wärmedurchgangskoeffizient
(Ref-No 1.8)Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,263 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

.....

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

(Ref-No 1.8.1)

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

R 3,64 ≥ 0,90 m²K/W erfüllt die Anforderungen

.....

U-Referenzwert für Nichtwohngebäude (GEG '20)

(Ref-No 1.8.2)

Anforderung: Referenzwert für Bodenplatten

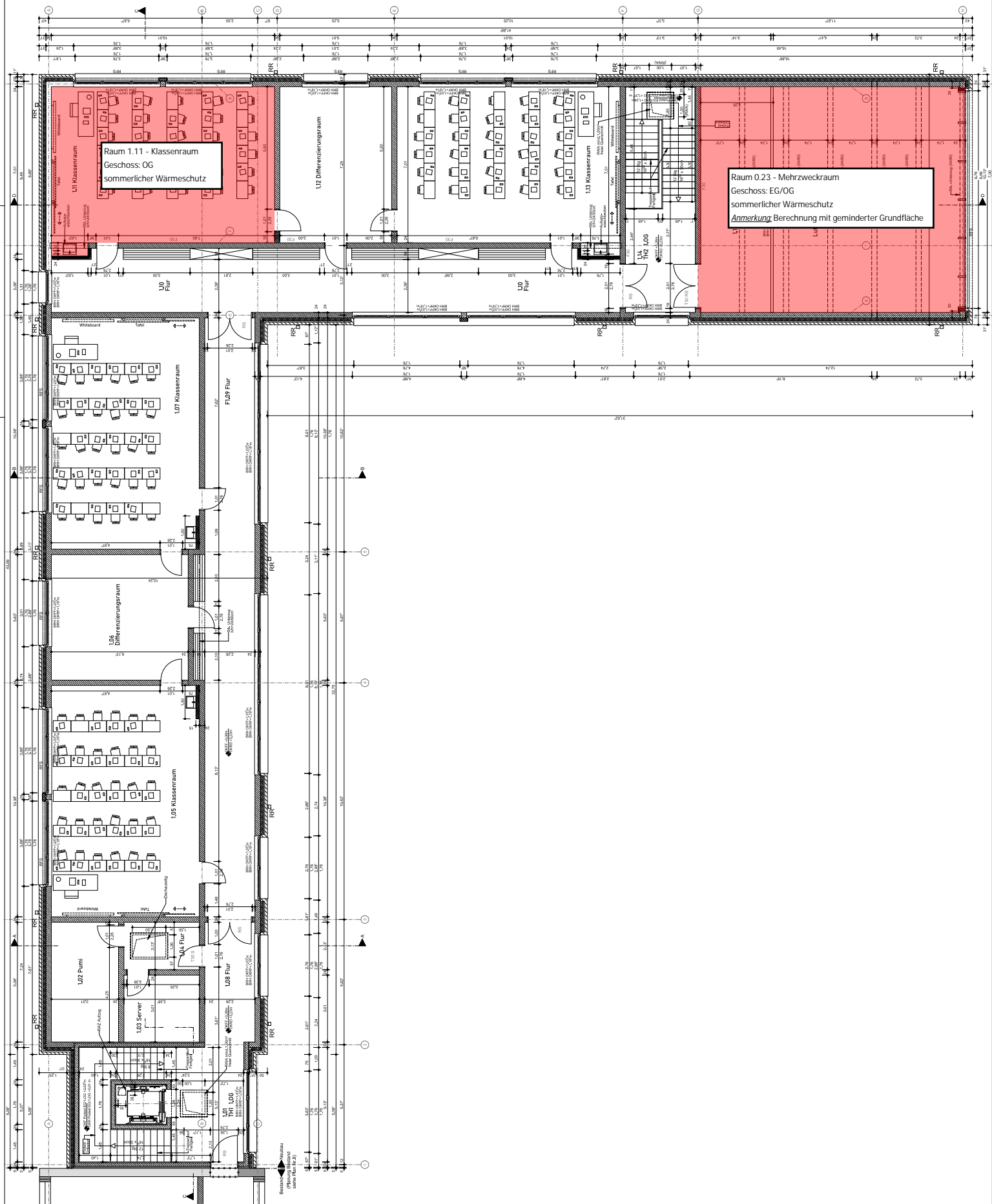
U 0,26 ≤ 0,35 W/(m²K) OK

Anmerkungen zu den Wärmebrückennachweisen

Im Rahmen der wärmetechnischen Nachweisführung wurden Wärmebrückeneinflüsse auf der sicheren Seite liegend mit einem pauschalen Ansatz von $\Delta U_{WB}=0,10W/(m^2K)$ berücksichtigt.

Eine detaillierte Wärmebrückenberechnung bzw. ein Gleichwertigkeitsnachweis im Sinne der DIN 4108 Bbl. 2 ist somit nicht erforderlich.

Zur Minimierung von Wärmebrückeneinflüssen und dem daraus resultierenden ungewollten Wärmeverlust empfehlen wir dennoch auf eine wärmebrückenreduzierte Ausführung zu achten und sich dabei an den Ausführungsdetails des Beiblatts 2 der DIN 4108 zu orientieren.



Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2

Raum-Nr. 0.23
Bezeichnung Mehrzweckraum

Geometriedaten

1. Fensterflächen

Name		F1	F2	F3	
Breite	[m]	1,71	6,59	10,01	
Höhe	[m]	2,41	2,41	4,6	
Anzahl		2	1	1	
Ausrichtung		Süd	Süd	Süd	
Neigung		> 60°	> 60°	> 60°	
Verglasung		dreifach	dreifach	dreifach	
Sonnenschutz		1	3.2.1	3.2.1	
F_C		1	0,3	0,3	
g		0,4	0,4	0,4	
$A_{w,i}$	[m ²]	8,2422	15,8819	46,046	70,1701
$F_C \times g \times A_{w,i}$		3,297	1,906	5,52552	10,73

2. Grundfläche		a [m]		b [m]	A_G [m ²]
=		10,135	x	9,48	96,08
					96,08

3. Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil (DIN 4108-2: 2003-02; Tab. 8)

f_{WG}	=	70,1701	:	96,08	=	0,73	73%
----------	---	---------	---	-------	---	------	------------

vorhandener Sonneneintragskennwert (DIN 4108-2: 2003-02; Tab.7)

S_{vorh}	=	10,73	:	96,08	$S_{vorh} = 0,112$
------------	---	-------	---	-------	--------------------------------------

F1.1

- 1 ohne Sonnenschutzvorrichtung
- 2 Innenliegend oder zwischen den Scheiben
 - 2.1 weiß oder hoch reflektierende Oberflächen mit geringer Transparenz
 - 2.2 helle Farben oder geringe Transparenz
 - 2.3 dunkle Farben oder höhere Transparenz
- 3 Außenliegend
 - 3.1 Fensterläden, Rolläden
 - 3.1.1 Fensterläden, Rolläden, 3/4 geschlossen
 - 3.1.2 Fensterläden, Rolläden, geschlossen
 - 3.2 Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen
 - 3.2.1 Jalousie und Raffstore, 45° Lamellenstellung
 - 3.2.2 Jalousie und Raffstore, 10° Lamellenstellung
 - 3.3 Markise, parallel zur Verglasung
 - 3.4 Vordächer, Markisen allgemein, freistehende Lamellen

zulässiger Sonneneintragskennwert (DIN 4108-2: 2003-02; Tab.8)

S_1	Nachtlüftung	Nutzung Klimaregion Lüftung Bauart	Nichtwohngebäude B $n \geq 5h-1$ schwer	0,158
S_2	Fensterflächenanteil f_{WG}	a = b =	0,03 0,115	-0,054
S_3	Sonnenschutzglas	$g \leq 0,4$	ja	0,030
S_4	Fensterneigung	$0^\circ \leq \text{Neigung} \leq 60^\circ$	nein	0,000
S_5	Orientierung	Nord, Neigung $> 60^\circ$	nein	0,000
S_6	Passive Kühlung		nein	0,000
$S_{zul} =$				0,134

Nachweis

 S_{vorh} \leq S_{zul} **0,112** \leq **0,134**

Nachweis erbracht

Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2

Raum-Nr. 1.11
Bezeichnung Klassenraum

Geometriedaten

1. Fensterflächen

Name	F1		
Breite [m]	3,76		
Höhe [m]	1,76		
Anzahl	2		
Ausrichtung	Ost		
Neigung	> 60°		
Verglasung	dreifach		
Sonnenschutz	3.2.1		
F_C	0,3		
g	0,4		
$A_{w,i}$ [m ²]	13,2352		13,2352
$F_C \times g \times A_{w,i}$	1,588		1,59

2. Grundfläche	a [m]	b [m]	A_G [m ²]
=	10,01	x 7,07	70,77
		F1.2	70,77

3. Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil (DIN 4108-2: 2003-02; Tab. 8)

f_{WG}	=	13,2352	:	70,77	=	0,19	19%
----------	---	---------	---	-------	---	------	------------

vorhandener Sonneneintragskennwert (DIN 4108-2: 2003-02; Tab.7)

S_{vorh}	=	1,59	:	70,77	$S_{vorh} =$	0,022
------------	---	------	---	-------	--------------	--------------

Sonnenschutzvorrichtungen

- 1 ohne Sonnenschutzvorrichtung
- 2 Innenliegend oder zwischen den Scheiben
 - 2.1 weiß oder hoch reflektierende Oberflächen mit geringer Transparenz
 - 2.2 helle Farben oder geringe Transparenz
 - 2.3 dunkle Farben oder höhere Transparenz
- 3 Außenliegend
 - 3.1 Fensterläden, Rolläden
 - 3.1.1 Fensterläden, Rolläden, 3/4 geschlossen
 - 3.1.2 Fensterläden, Rolläden, geschlossen
 - 3.2 Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen
 - 3.2.1 Jalousie und Raffstore, 45° Lamellenstellung
 - 3.2.2 Jalousie und Raffstore, 10° Lamellenstellung
 - 3.3 Markise, parallel zur Verglasung
 - 3.4 Vordächer, Markisen allgemein, freistehende Lamellen

zulässiger Sonneneintragskennwert (DIN 4108-2: 2003-02; Tab.8)

S_1	Nachtlüftung	Nutzung Klimaregion Lüftung Bauart	Nichtwohngebäude B keine Nachtlüftung schwer	0,018
S_2	Fensterflächenanteil f_{WG}	a = 0,03 b = 0,115		0,008
S_3	Sonnenschutzglas	$g \leq 0,4$	ja	0,030
S_4	Fensterneigung	$0^\circ \leq \text{Neigung} \leq 60^\circ$	nein	0,000
S_5	Orientierung	Nord, Neigung $> 60^\circ$	nein	0,000
S_6	Passive Kühlung		nein	0,000
$S_{zul} =$				0,056

Nachweis

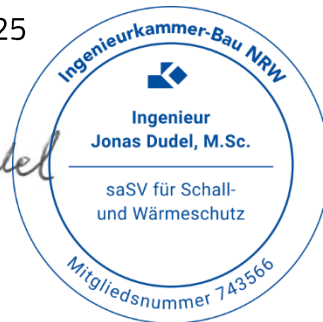
$$S_{vorh} \leq S_{zul}$$

$$0,022 \leq 0,056$$

Nachweis erbracht

Moers, 16. Oktober 2025

Jonas Dudel



i.A. Jonas Dudel M.Sc.
Bauingenieur