

BAUPHYSIKALISCHE NACHWEISE

Projekt	Feuerw_1Zone
Gebäudeteil	Feuerwehr Kreuzbruch
Ort	
Strasse	
Gemarkung	
Flurstück	
Baujahr	2008

Bauherr	Stadt Liebenwalde Am Markt 20 16559 Liebenwalde
----------------	---

Entwurfsverfasser	DRITTE Haut-Architekten Dipl.-Ing. Peter Garkisch Bölschestraße 18 12587 Berlin Tel.: 030-6409-1744
--------------------------	---

Statik

Aufsteller	Dipl.-Ing. (FH) Jens Liebig Koppenstr. 79 10243 Berlin
-------------------	--

aufgestellt den	09.02.2008
-----------------	------------------

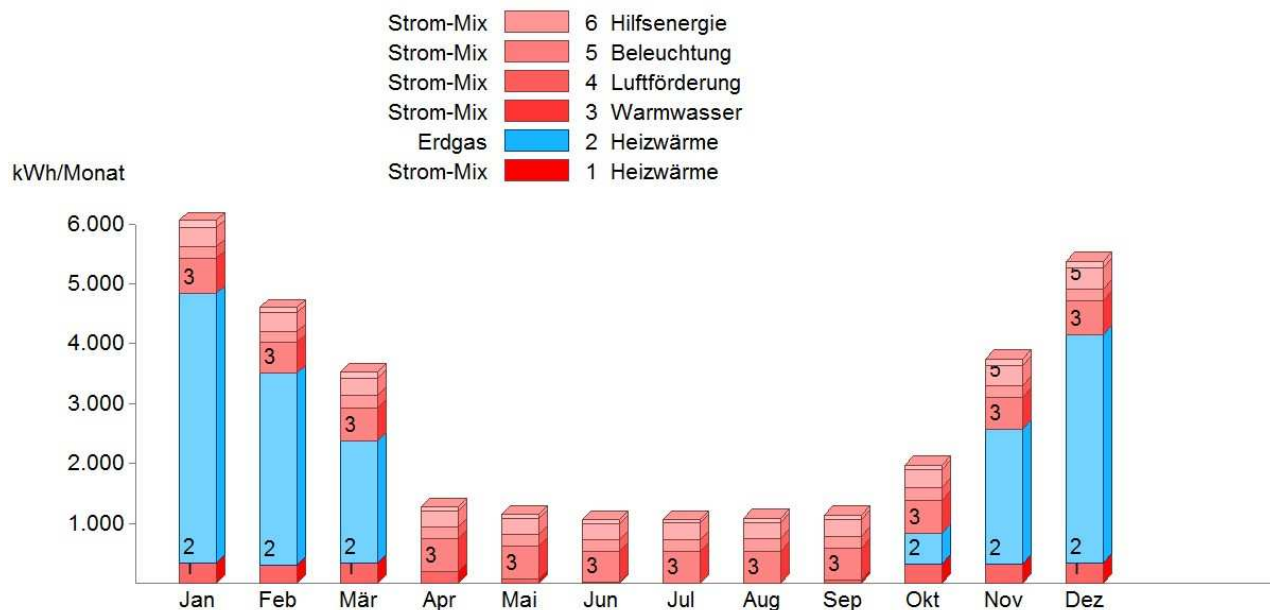
Energetische Bewertung von Nichtwohngebäuden

Maßgebende Normen und Verordnungen:

DIN V 18599-1 Energetische Bewertung von Gebäuden, Allgemeine Bilanzierungsmethodik
DIN V 18599-2 Jahresheizwärme- und Jahreskühlbedarf von Gebäudezonen
DIN V 18599-3 Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung
DIN V 18599-4 Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung
DIN V 18599-5 Endenergiebedarf der Heizsysteme
DIN V 18599-7 Endenergiebedarf der RLT- und Klimakältesysteme
DIN V 18599-8 Berechnung der Warmwassersysteme
DIN V 18599-9 BHKW-Anlagen
DIN V 18599-10 Nutzungsrandbedingungen
DIN EN ISO 13789 Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient
DIN EN ISO 13370 Wärmeübertragung über das Erdreich

Projekt: Feuerw_1Zone

Endenergiebedarf nach Energieträgern



Nachweisverfahren: Ein-Zonen-Modell für Nichtwohngebäude nach EnEV 2007, §4 und Anlage 2, Nr.2.3.3 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und des spezifischen, auf die Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmetransferkoeffizienten in Gewerbebetrieben mit nicht mehr als 1.000 m² Nettogrundfläche und einer Hauptnutzung, die mehr als 2/3 der Nettogrundfläche belegt

Klimadaten für den Gebäudestandort "Deutschland"

1.0 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

Betrachtungsmonat Januar, $\vartheta_e = -1,3 \text{ °C}$

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	A_{NGF} m ²	V m ³
<1> Gesamtgebäude	Klassenzimmer	200	19,2	17,0	348	1102
					348	1.102

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10, Tabelle 4

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

A_{NGF} = Nettogrundfläche / V = 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 nach DIN V 18599-2, Gl. 27 und 28

2.0 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Transferkoeffizienten H_T aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2

Hüllfläche	Zone	A [m ²]	U [W/m ² K]	F_x [-]	Anmerkung	H_T [W/K]
EG						
1 F 0111 FD	- 1:0	33,5	0,22 A	1,00 F_D	02	7,3
40 F 0112 FD	O 1:0	9,7	- B	1,00 F_F	02	
2 F 0101 FAW Ost	O 1:0	19,4	0,28 AW	1,00 F_{AW}	02	5,4
3 F 0102 FAW Nord	N 1:0	2,7	0,28 AW	1,00 F_{AW}	02	0,7
4 F 0103 FAW Ost	O 1:0	2,6	0,28 AW	1,00 F_{AW}	02	0,7
5 F 0106 FAW Nord	N 1:0	2,6	0,28 AW	1,00 F_{AW}	02	0,7
6 F 0107 FAW Ost	O 1:0	13,3	0,28 AW	1,00 F_{AW}	02	3,7
7 F 0108 FAW Nord	N 1:0	24,9	0,28 AW	1,00 F_{AW}	02	6,9
8 F 0109 FAW West	W 1:0	44,2	0,28 AW	1,00 F_{AW}	02	12,2
9 F 0110 FAW Süd	S 1:0	36,9	0,28 AW	1,00 F_{AW}	02	10,2
10 A 0108 FF Nord	N 1:0	2,1	1,43 B	1,00 F_F	02	2,9
11 A 0109 FF West	W 1:0	1,5	1,43 B	1,00 F_F	02	2,1
12 W 0110 FF Süd	S 1:0	1,1	1,43 B	1,00 F_F	02	1,6
13 T 0103 FAW Ost ,	O 1:0	2,1	2,00 D	1,00 F_{AW}	02	4,3
14 T 0106 FAW Nord ,	N 1:0	2,1	2,00 D	1,00 F_{AW}	02	4,3
15 T 0107 FAW Ost ,	O 1:0	2,1	2,00 D	1,00 F_{AW}	02	4,3
16 T 0110 FAW Süd ,	S 1:0	3,9	2,00 D	1,00 F_{AW}	02	7,9
17 F 0100 FG	- 1:0	178,8	0,27 E	0,50 F_G	25 14	24,1
Garage						
18 F 0209 FD	- 1:0	68,0	0,22 A	1,00 F_D	02	15,0
19 F 0201 FAW Ost	O 1:0	14,4	0,16 AW	1,00 F_{AW}	02	2,4
20 F 0202 FAW Nord	N 1:0	39,3	0,16 AW	1,00 F_{AW}	02	6,5
21 F 0203 FAW West	W 1:0	17,9	0,16 AW	1,00 F_{AW}	02	2,9
22 F 0205 FAW West	W 1:0	2,9	0,16 AW	1,00 F_{AW}	02	0,5
23 F 0206 FAW Süd	S 1:0	3,5	0,16 AW	1,00 F_{AW}	02	0,6
24 F 0208 FAW Süd	S 1:0	29,8	0,16 AW	1,00 F_{AW}	02	4,9
25 A 0202 FF Nord	N 1:0	4,0	1,43 B	1,00 F_F	02	5,6
26 A 0208 FF Süd	S 1:0	1,6	1,43 B	1,00 F_F	02	2,3
27 T 0201 FAW Ost ,	O 1:0	13,1	1,01 G	1,00 F_{AW}	02	13,3
28 F 0200 FG	- 1:0	68,0	0,37 H	0,50 F_G	25 14	12,7
OG						
29 F 0305 FD	- 1:0	141,5	0,15 I	1,00 F_D	02	21,7

30	F	0301	FAW Ost	O	1:0	35,9	0,47	J	1,00	F _{AW}	02	16,8
31	F	0302	FAW Nord	N	1:0	31,7	0,47	J	1,00	F _{AW}	02	14,8
32	F	0303	FAW West	W	1:0	35,4	0,47	J	1,00	F _{AW}	02	16,5
33	F	0304	FAW Süd	S	1:0	16,7	0,47	J	1,00	F _{AW}	02	7,8
34	A	0301	FF Ost	O	1:0	18,9	1,43	B	1,00	F _F	02	27,0
35	A	0302	FF Nord	N	1:0	1,6	1,43	B	1,00	F _F	02	2,2
36	A	0303	FF West	W	1:0	18,9	1,43	B	1,00	F _F	02	27,0
37	A	0304	FF Süd	S	1:0	16,6	1,43	B	1,00	F _F	02	23,6
38	W	0301	FF Ost	O	1:0	3,5	1,43	B	1,00	F _F	02	5,0
39	W	0303	FF West	W	1:0	4,0	1,43	B	1,00	F _F	02	5,7

$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 970,7$ $\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 334,1$

Bodenplattenmaß $B' = A_G / (0.5 P) = 247 / 46 = 5,35 \text{ m}$ (DIN V 4108-6, E.3)

Anmerkungen zur Hüllflächen-Tabelle

- 01 Temperatur-Korrekturfaktoren (F_x-Faktoren) nach DIN V 18599-2, Tab.2
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 25 F_x-Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.

2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalem Zuschlag $\Delta U_{WB} = 0.05 \text{ W/m}^2\text{K}$ (gleichwertig zu DIN 4108 Bbl.2)

2.2 Transferkoeffizienten

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
<1> Gesamtgebäude	333	37	0	370	0
	333	37		370	

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ 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

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 370,2 / 970,7 = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bauteile der thermischen Gebäudehülle

Bauteil		U-Wert W/m ² K	Fläche A m ²		Wärmeverlust W/K	
Warmdach	A	0,22	33	3 %	7	2 %
Fenster-1,43	B	0,00	83	9 %	105	31 %
AW AW	AW	0,28	147	15 %	41	12 %
Aussentür,Holz1	D	2,00	10	1 %	21	6 %
Kellerdecke	E	0,27	179	18 %	24	7 %
Sparrendach,TrapezblechGarage	A	0,22	68	7 %	15	4 %
Aussenwand_GarageAW AW_G	AW	0,16	108	11 %	18	5 %

Aussentür, PU-Kern	G	1,01	13	1 %	13	4 %
KellerbodenGarage	H	0,37	68	7 %	13	4 %
Sparrendach, Trapezblech	I	0,15	141	15 %	22	7 %
Holztafelbau, Sperrholz	J	0,47	120	12 %	56	17 %

971 100 % 334 100 %

Interne Berechnung mit reellen Zahlen, Zwischenergebnisse sind auf ganze Zahlen gerundet.
Wärmeverluste ohne Wärmebrückenzuschlag

3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie I, mit Dichtheitsprüfung / RLT-Anlage (T2, Tab.4), $n_{50} = 1,00 \text{ h}^{-1}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade
 $e_{\text{wind}} = 0,07$ $f_{\text{wind}} = 15,00$ (EN ISO 13790 Tab.G4)

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen: vernachlässigbar oder Temperaturdifferenz $\leq 4\text{K}$

Zone	n_{50} h^{-1}	V_A $\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$	Luftwechsel		Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage	
			n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}		n_{mech} h^{-1}	$t_{V,\text{mech}}$ h/d
<1> Gesamtgebäude	1,00	10,00	3,16	0,07	0,10	3,16	9
⇒ WE-Betrieb ...							
<1> Gesamtgebäude		0,00	0,00	0,07	0,10	-	-

RLT-Anlage <1> mit $V_{\text{mech}} = 3482 \text{ m}^3/\text{h}$, $V^* = 3482 \text{ m}^3/\text{h}$, zeit- / nutzungsabhängig, balanciert

V_A = Außenluftvolumenstrom während der Nutzungsstunden, Mindestwert

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

n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = $n_{50} \cdot e_{\text{wind}}$ oder mit RLT $n_{\text{inf}} = n_{50} \cdot e_{\text{wind}} \cdot (1 + f_{V,\text{mech}} \cdot t_{V,\text{mech}} / 24)$

$f_{V,\text{mech}}$ = Bewertungsfaktor für die Infiltration bei nicht balancierten RLT-Anlagen nach Gl.62/63

n_{win} = Fensterluftwechsel = $0.1 + \Delta n_{\text{win}} \cdot t_{\text{nutz}} / 24$ oder (mit RLT) $n_{\text{win}} = 0.1 + \Delta n_{\text{win,mech}} \cdot t_{V,\text{mech}} / 24$

$\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) \cdot n_{\text{inf}} - 0.1$ (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) siehe Abschnitt "RLT-Systeme"

Transferkoeffizienten Lüftung	$H_{V,z,\text{Jan}}$ W/K	$H_{V,\text{inf}}$ W/K	$H_{V,\text{win}}$ W/K	ΣH_V W/K	$H_{V,\text{mech}}$ W/K	ϑ_V °C
<1> Gesamtgebäude	0	26	37	64	444	17,0
⇒ WE-Betrieb ...						
<1> Gesamtgebäude	0	26	37	64	0	

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

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

$\Sigma H_V = H_{V,z,\text{Jan}} + H_{V,\text{inf}} + H_{V,\text{win}}$, Transferkoeffizienten ohne RLT

ϑ_V = 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

Bauliche Verschattung aus Horizontwinkel α_h , Überhangwinkel α_o und Seitenwinkel α_f
Abminderungsfaktoren $F_S = F_h * F_o * F_f$ nach DIN V 18599-2, Anhang A für Januar (Winter)

Kollektorfläche	Zone	A [m²]	Neigung	α_h	α_o	α_f	F_S
10 A 0108 FF Nord	1	2,1	Nord	90°	0°	0°	1,00
11 A 0109 FF West	1	1,5	West	90°	0°	0°	1,00
12 W 0110 FF Süd	1	1,1	Süd	90°	0°	0°	1,00
25 A 0202 FF Nord	1	4,0	Nord	90°	0°	0°	1,00
26 A 0208 FF Süd	1	1,6	Süd	90°	0°	0°	1,00
34 A 0301 FF Ost	1	18,9	Ost	90°	0°	0°	1,00
35 A 0302 FF Nord	1	1,6	Nord	90°	0°	0°	1,00
36 A 0303 FF West	1	18,9	West	90°	0°	0°	1,00
37 A 0304 FF Süd	1	16,6	Süd	90°	0°	0°	1,00
38 W 0301 FF Ost	1	3,5	Ost	90°	0°	0°	1,00
39 W 0303 FF West	1	4,0	West	90°	0°	0°	1,00

Kollektorfläche	Zone	F_F	F_V	g_{\perp}	$g_{eff,Wi}$	$I_{S,Jan}$ W/m²	$Q_{S,Jan}$ kWh/d
10 A 0108 FF Nord	1	0,70	0,90	0,60	0,53	1600	0,3
11 A 0109 FF West	1	0,70	0,90	0,60	0,53	1600	0,3
12 W 0110 FF Süd	1	0,70	0,90	0,60	0,53	1600	0,6
25 A 0202 FF Nord	1	0,70	0,90	0,60	0,53	1600	0,5
26 A 0208 FF Süd	1	0,70	0,90	0,60	0,53	1600	0,8
34 A 0301 FF Ost	1	0,70	0,90	0,60	0,53	1600	4,2
35 A 0302 FF Nord	1	0,70	0,90	0,60	0,53	1600	0,2
36 A 0303 FF West	1	0,70	0,90	0,60	0,53	1600	4,2
37 A 0304 FF Süd	1	0,70	0,90	0,60	0,53	1600	8,2
38 W 0301 FF Ost	1	0,70	0,90	0,60	0,53	1600	0,8
39 W 0303 FF West	1	0,70	0,90	0,60	0,53	1600	0,9

20,8

Q_S = Strahlungsgewinn pro Tag = $A * F_F * g_{eff} * I_S * t$ mit $g_{eff} = f(F_S, F_w, g_{\perp})$ (DIN V 18599-2 Abs.6.4)
verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen ... 1600 0.65 MSIV 2fach, U-Wert 1.2,
ohne Sonnenschutz $g_{tot} = 0,65$, $\tau_{D65} = 0,78$

F_S = Faktor für die bauliche Verschattung (Horizontwinkel, Überstände und Auskragungen)

F_F = Fensterflächenanteil (1 - Rahmenanteil)

F_W = Minderung für schrägen Strahlungseinfall (Standardwert 0.90)

F_V = Minderung für die Verschmutzung der Scheiben

$g_{eff} = F_S * F_W * F_V * g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

g_{tot} = g-Wert der Verglasung inklusive Sonnenschutz (Tab.5), ohne Sonnenschutz gilt $g_{tot} = g_{\perp}$

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

$g_{eff} = F_W * F_V * F_S * (a * g_{tot} + (1-a) * g_{\perp})$ bewertet (Gl. 103), der kleinere Wert g_{eff} ist maßgebend

a_{Wi} / a_{So} = Parameter (0..1) für die zeitliche Aktivierung der Sonnenschutzvorrichtung nach Tab A.4 / A.5

4.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

Hüllfläche	Zone	A m²	U W/m²K	α	h_r W/m²K	$I_{S,Jan}$ W/m²	$Q_{S,Jan}$ kWh/d
1 F 0111 FD	1	33,5	0,22	0,50	4,50	33	-0,2
40 F 0112 FD	1	9,7	0,00	0,50	4,50	33	-
2 F 0101 FAW Ost	1	19,4	0,28	0,50	4,50	25	-0,2
3 F 0102 FAW Nord	1	2,7	0,28	0,50	4,50	14	0,0

4	F	0103	FAW Ost	1	2,6	0,28	0,50	4,50	25	0,0
5	F	0106	FAW Nord	1	2,6	0,28	0,50	4,50	14	0,0
6	F	0107	FAW Ost	1	13,3	0,28	0,50	4,50	25	-0,1
7	F	0108	FAW Nord	1	24,9	0,28	0,50	4,50	14	-0,3
8	F	0109	FAW West	1	44,2	0,28	0,50	4,50	25	-0,4
9	F	0110	FAW Süd	1	36,9	0,28	0,50	4,50	56	-0,2
13	T	0103	FAW Ost , T	1	2,1	2,00	0,50	4,50	25	-0,1
14	T	0106	FAW Nord ,	1	2,1	2,00	0,50	4,50	14	-0,2
15	T	0107	FAW Ost , T	1	2,1	2,00	0,50	4,50	25	-0,1
16	T	0110	FAW Süd , T	1	3,9	2,00	0,50	4,50	56	-0,1
18	F	0209	FD	1	68,0	0,22	0,50	4,50	33	-0,4
19	F	0201	FAW Ost	1	14,4	0,16	0,50	4,50	25	-0,1
20	F	0202	FAW Nord	1	39,3	0,16	0,50	4,50	14	-0,2
21	F	0203	FAW West	1	17,9	0,16	0,50	4,50	25	-0,1
22	F	0205	FAW West	1	2,9	0,16	0,50	4,50	25	0,0
23	F	0206	FAW Süd	1	3,5	0,16	0,50	4,50	56	0,0
24	F	0208	FAW Süd	1	29,8	0,16	0,50	4,50	56	-0,1
27	T	0201	FAW Ost , T	1	13,1	1,01	0,50	4,50	25	-0,4
29	F	0305	FD	1	141,5	0,15	0,50	4,50	33	-0,6
30	F	0301	FAW Ost	1	35,9	0,47	0,50	4,50	25	-0,5
31	F	0302	FAW Nord	1	31,7	0,47	0,50	4,50	14	-0,5
32	F	0303	FAW West	1	35,4	0,47	0,50	4,50	25	-0,5
33	F	0304	FAW Süd	1	16,7	0,47	0,50	4,50	56	-0,1

-5,5

$$Q_{S,op} = R_{se} \cdot U \cdot A \cdot (\alpha \cdot I_S - F_f \cdot h_r \cdot \Delta\vartheta_{er}) \cdot t \quad (\text{DIN v 18599-2, Gl.105})$$

α = Strahlungs-Absorptionsgrad (Tab.6), abhängig von der Bauteiloberfläche

I_S = globale Sonneneinstrahlung, jahreszeit-, neigungs- und orientierungsabhängig [W/m²]

F_f = Formfaktor zwischen Bauteil und Himmel (bis 45° Neigung = 1, über 45° = 0.50)

h_r = äußerer Abstrahlungskoeffizient, Regelwert = 5 * Emissionsgrad = 5 * 0.8 = 4 W/m²K

$\Delta\vartheta_{er}$ = scheinbare, mittlere Temperaturdifferenz zwischen Bauteil und Himmel (10 K)

4.3 solare Wärmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> Gesamtgebä	1.821	1.061	502	184	474	639	1.088	19.241
	1.821 Apr	1.061 Mai	502 Jun	184 Jul	474 Aug	639	1.088	19.241
	2.494	2.615	2.925	3.136	2.302			

Prozesskennwerte "solare Wärmegewinne" in [kWh/m²a]

<1> Gesamtgebäude: 55,3

5.0 Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2)

Zone	A_B m²	$Q_{I,p}$ kWh/d	$Q_{I,fac}$ kWh/d	$Q_{I,g}$ kWh/d	Q_I kWh/d
<1> Gesamtgebäude	348	34,8	7,0	0,0	41,8
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> Gesamtgebäude		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m³/hW	$Q_{I,L}$ kWh/d	$Q_{I,h}$ kWh/d	$Q_{I,w}$ kWh/d
------	-------------------------	--------------------	--------------------	--------------------

<1> Gesamtgebäude 0,0 19,2 4,3 3,4

Prozesskennwerte "interne Wärme- und Kältequellen" in [kWh/m²a]
<1> Gesamtgebäude: 37,7

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken
 $q_{l,p}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen
 $q_{l,fac}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen
 $Q_{l,g} = Q_{l,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte
 Q_l = 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

7.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Betrachtungsmonat Januar

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> Gesamtgebäude	370	64	444	237	84	0,355
Zone	C_{wirk} Wh/m²K	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
<1> Gesamtgebäude	50	878	19,83	2,24	0,935	1,000

$\Sigma H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu}$ = Transmissionswärme-Transferkoeffizienten, $H_{T,iz}$ 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
 $\tau = \text{Zeitkonstante} = C_{wirk} / H$ 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 $\gamma=1 \Rightarrow \eta = a / (1+a)$, DIN V 18599-2 Gl. 133, 134
 Sonderfälle: wenn $1 - (\eta \cdot \gamma) < 0.01 \Rightarrow \eta = 1/\gamma$, wenn $(1 - \eta) \cdot \gamma < 0.01 \Rightarrow \eta = 1$,
 bei hohen, mechanischen Grundluftwechseln $V_{mech} > Q_{C,max} / (0.34 \cdot (\vartheta_i - \vartheta_{mech})) \Rightarrow \eta = 1$
 η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

8.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

Außentemperaturen im Monatsmittel für den Standort "Deutschland"

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
-1,3	0,6	4,1	9,5	12,9	15,7	18,0	18,3	14,4	9,1	4,7	1,3	°C
31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	Tage

8.1 Zone <1> Gesamtgebäude

im Regelbetrieb: $\vartheta_{i,h,soll} = 21,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\vartheta_{i,c,soll} = 24,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $Q_I = 41,8 \text{ kWh/d}$, Nutzungsanteil 0,55

im Wochenendbetrieb: $\vartheta_{i,h,soll} = 21,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\vartheta_{i,c,soll} = 24,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$, Nutzungsanteil 0,45

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
T_i	$^{\circ}\text{C}$	20,5	20,0	19,7	19,4	19,2	19,3	19,6	
$T_{i,WE}$	$^{\circ}\text{C}$	19,7	18,6	17,7	17,1	17,0	17,0	17,6	
η_{source}		0,370	0,745	0,879	0,930	0,935	0,909	0,852	
$\eta_{source,WE}$		0,737	0,983	0,999	1,000	1,000	0,999	0,993	
t_h	h	201	744	720	744	744	672	744	5.236
Q_T	kWh	1.521	2.835	3.759	4.694	5.371	4.399	4.027	33.769
Q_V	kWh	45	529	818	1.115	1.321	1.041	879	5.835
Q_S^*	kWh	976	904	468	176	457	607	997	9.437
Q_I^*	kWh	386	831	1.010	1.152	1.152	1.000	963	7.838
$Q_{h,b}$	kWh	204	1.629	3.099	4.481	5.082	3.834	2.947	
		Apr	Mai	Jun	Jul	Aug			
		746	267	40	-	3			22.330

Prozesskennwert "Heizwärmebedarf": 64,1 kWh/m²a ($A_{NGF} = 348 \text{ m}^2$)

Raumtemperaturen $T_i = \vartheta_i$ im Regelbetrieb und $T_{i,WE} = \vartheta_{i,WE}$ im Wochenendbetrieb,

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

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

8.2 Summe Heizwärmebedarf

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b, sum}$	kWh	204	1.629	3.099	4.481	5.082	3.834	2.947	
		Apr	Mai	Jun	Jul	Aug			
		746	267	40	-	3			22.332

Prozesskennwert "Summe Heizwärmebedarf": 64,1 kWh/m²a ($A_{NGF} = 348 \text{ m}^2$)

9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

Betrachtungsmonat Januar, $\vartheta_e = -1,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Zone	Feuchteanf.	No	Anlage	Komponenten	$\vartheta_{ZUL, Jan}$ $^{\circ}\text{C}$
<1> Gesamtgebäude	mT	04	RLT-Anlage	VE WRG75	17,0
Luftförderung	$V_{mech, m}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	PV, ZUL kW	PV, ABL kW	$Q_{V, E, Jan}$ kWh
<1> Gesamtgebäude	3482	153	0,66	0,66	202

RLT-Anlage <1> mit $V_{mech} = 3482 \text{ m}^3/\text{h}$, $V^* = 3482 \text{ m}^3/\text{h}$, zeit- / nutzungsabhängig, balanciert

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
 WRG..% = Anlage mit ..% Wärmerückgewinnung, WRG+ = Rückgewinnung Wärme + Feuchte
 ϑ_{ZUL} = mittlere Zulufttemperatur im Betrachtungsmonat nach Tab.3 oder Tab.4
 ϑ_{HC} = korrigierte, mittlere Zulufttemperatur (berücksichtigt unterschiedliche Ventilatorabwärme)
 $V_{mech,m}$ = Zuluft- / Abluft-Volmenstrom, Regelwert = Luftwechselzahl * Luftvolumen
 $t_V \cdot d_V$ = monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage = h/Tag * Tage * Nutzungsanteil im Regelbetrieb
 $P_{V,ZUL} / P_{V,ABL}$ = elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren
 $Q_{V,E}$ = Nutzenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat

9.1 End- und Nutzenergie Zone <1> Gesamtgebäude

Endenergiebedarf für die Luftförderung $Q_{V,E}$
 relative Komponentenlaufzeiten: Wärmerückgewinnung $t_{WRG,r} = 0,63$ (Tab. B1/B2)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$V_{mech,m}$	m ³ /h	3.482	3.482	3.482	3.482	3.482	3.482	3.482	
$Q_{V,E}$	kWh	196	202	196	202	202	183	202	
	...	196	202	196	202	202			2.383
ϑ_{ZUL}	°C	21,7	19,8	18,7	17,7	17,0	17,6	18,6	
ϑ_{HC}	°C	23,1	21,2	20,1	19,1	18,4	19,0	20,0	

Prozesskennwert "Luftförderung": 6,8 kWh/m²a

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (11), mit Dachoberlichtern (0)
 Bezüge siehe DIN V 18599-4

10.1 Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.1 berechnet

Bereich	Zone	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	I_{Tr}	I_{Rt}	I_V	D_{Rb} %
1 A 0108 FAW Nord	1	26,9	2,1	0,08	2,37	1,00	2,4
2 A 0109 FAW West	1	53,8	1,5	0,03	2,37	1,00	1,4
3 W 0110 FAW Süd	1	10,1	1,1	0,11	2,37	1,00	3,1
4 A 0202 FAW Nord	1	46,4	4,0	0,09	1,45	1,00	3,9
5 A 0208 FAW Süd	1	28,3	1,6	0,06	1,45	1,00	3,3
6 A 0301 FAW Ost	1	70,9	18,9	0,27	1,73	1,00	7,1
7 W 0301 FAW Ost	1	70,9	3,5	0,05	1,73	1,00	2,8
8 A 0302 FAW Nord	1	28,2	1,5	0,05	1,73	1,00	2,9
9 A 0303 FAW West	1	70,9	18,9	0,27	1,73	1,00	7,1
10 W 0303 FAW West	1	70,9	4,0	0,06	1,73	1,00	2,9
11 A 0304 FAW Süd	1	40,4	16,6	0,41	1,73	1,00	10,0
		E_m [lx]	$\tau_{D65} * k$	$c_{TL,SNA}$	$c_{TL,SA}$	t_{rel}	C_{TL}
1 A 0108 FAW Nord	Nord 1	300	0,44	0,50	0,70	1,00	0,50
2 A 0109 FAW West	West 1	300	0,44	0,36	0,70	0,80	0,43
3 W 0110 FAW Süd	Süd 1	300	0,42	0,70	0,70	0,67	0,70
4 A 0202 FAW Nord	Nord 1	300	0,44	0,69	0,70	1,00	0,69

5	A	0208	FAW Süd	Süd	1	300	0,44	0,74	0,70	0,67	0,73
6	A	0301	FAW Ost	Ost	1	300	0,44	0,92	0,70	0,80	0,87
7	W	0301	FAW Ost	Ost	1	300	0,44	0,61	0,70	0,80	0,63
8	A	0302	FAW Nord	Nord	1	300	0,44	0,57	0,70	1,00	0,57
9	A	0303	FAW West	West	1	300	0,44	0,92	0,70	0,80	0,87
10	W	0303	FAW West	West	1	300	0,44	0,63	0,70	0,80	0,64
11	A	0304	FAW Süd	Süd	1	300	0,44	0,97	0,70	0,67	0,88

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m²]	ATL [m²]	ANGF-ATL [m²]
<1> Gesamtgebäude	348	518	-170

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

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

A_{RB} = Fensterfläche (Rohbaumaße)

I_{Tr} = Transparenzindex = A_{RB} / ATL

I_{Rt} = Raumtiefenindex = $\alpha_{TL} / (h_{TL} - h_{Ne})$ mit h_{TL} = Höhe des Tageslichtbereichs

I_V = Verbauungsindex mit Faktoren für lineare Verbauung, horizontale und vertikale Auskragungen (z.B. Balkone),

Innenhöfe / Atrien und Glasdoppelfassaden

DR_b = Tageslichtquotient = $(4.13 + 20 \cdot I_{Tr} - 1.36 \cdot I_{Rt}) \cdot I_V$ (Gl.25)

bei Dachoberlichtern $D = D_a \cdot \tau_{D65} \cdot k \cdot A_{RB} / ATL \cdot \eta_R$ (Gl. 29), mit D_a = Außentageslichtquotient nach

Tab.13, η_R = Raumwirkungsgrad nach Tab.15 und Tab.16

E_m = Wartungswert der Beleuchtungsstärke

τ_{D65} = Lichttransmissionsgrad der Verglasung nach Tab.8 bzw. Tab.13 für lichtstreuende Dachverglasungen

$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$ mit Faktoren für Rahmen, Sprossen und Verschmutzung der Verglasung

$c_{TL,SNA} = c_{TL,Vers,SNA}$ = Tageslichtversorgungsfaktor bei nicht aktiviertem Sonnenschutz nach Gl.28

$c_{TL,SA} = c_{TL,Vers,SA}$ = Tageslichtversorgungsfaktor bei aktiviertem Sonnenschutz nach Tab.12

$t_{rel} = t_{rel,TL,SA}$ = relative Zeit mit aktiviertem Sonnen- / Blendschutz, orientierungsabhängig nach Tab.7

c_{TL} = Tageslichtversorgungsfaktor = $c_{TL,Vers,SNA} \cdot (1 - t_{rel,TL,SA}) + c_{TL,Vers,SA} \cdot t_{rel,TL,SA}$ (Gl.26)

c_{TL} bei Dachoberlichtern nach Tab.18, abhängig von der Dachneigung und Flächenorientierung

Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich		c_{TL}	$c_{TL,kon}$	F_{TL}	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun
1 A 0108 FAW Nord	1	0,50	0,50	0,75	0,79	0,76	0,73	0,72	0,71	0,70
2 A 0109 FAW West	1	0,43	0,50	0,79	0,82	0,79	0,77	0,76	0,75	0,75
3 W 0110 FAW Süd	1	0,70	0,50	0,65	0,70	0,66	0,63	0,60	0,59	0,59
4 A 0202 FAW Nord	1	0,69	0,52	0,64	0,69	0,65	0,62	0,60	0,58	0,58
5 A 0208 FAW Süd	1	0,73	0,51	0,63	0,69	0,64	0,61	0,59	0,57	0,57
6 A 0301 FAW Ost	1	0,87	0,58	0,50	0,57	0,51	0,47	0,43	0,41	0,41
7 W 0301 FAW Ost	1	0,63	0,50	0,69	0,73	0,70	0,67	0,65	0,64	0,63
8 A 0302 FAW Nord	1	0,57	0,50	0,71	0,76	0,72	0,70	0,68	0,67	0,67
9 A 0303 FAW West	1	0,87	0,58	0,50	0,57	0,51	0,47	0,43	0,41	0,41
10 W 0303 FAW West	1	0,64	0,50	0,68	0,73	0,69	0,66	0,64	0,63	0,62
11 A 0304 FAW Süd	1	0,88	0,60	0,47	0,55	0,49	0,44	0,41	0,39	0,38

$c_{TL,kon}$ = Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems interpoliert nach Tab.19

F_{TL} = Teilbetriebsfaktoren Kunstlicht im TL-Bereich nach Gl.30, Verteilungsschlüssel v_{Monat} nach Tab. 20 / 21

$F_{TL} = 1 - v_{Monat} \cdot c_{TL} \cdot c_{TL,kon}$, falls $v_{Monat} \cdot c_{TL} \cdot c_{TL,kon} < 1$, sonst $F_{TL} = 0$

10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (11)
Tabellenverfahren, monatlich berechnet

Bereich	Zone	F _{tn}	E _m lx	P _{j,lx} W/m ² lx	k	P _j W/m ²	Lampen
1 A 0108 FAW Nord	1	0,90	300	0,057	0,56	9,6	1-2-1
2 A 0109 FAW West	1	0,90	300	0,057	0,56	9,6	1-2-1
3 W 0110 FAW Süd	1	0,90	300	0,057	0,56	9,6	1-2-1
4 A 0202 FAW Nord	1	0,90	300	0,057	0,56	9,6	1-2-1
5 A 0208 FAW Süd	1	0,90	300	0,057	0,56	9,6	1-2-1
6 A 0301 FAW Ost	1	0,90	300	0,057	0,56	9,6	1-2-1
7 W 0301 FAW Ost	1	0,90	300	0,057	0,56	9,6	1-2-1
8 A 0302 FAW Nord	1	0,90	300	0,057	0,56	9,6	1-2-1
9 A 0303 FAW West	1	0,90	300	0,057	0,56	9,6	1-2-1
10 W 0303 FAW West	1	0,90	300	0,057	0,56	9,6	1-2-1
11 A 0304 FAW Süd	1	0,90	300	0,057	0,56	9,6	1-2-1

1-2-1: stabförmige Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät VVG verlustarm, direkt

Bereich	Zone	F _{Prä}	A _{TL} m ²	F _{TL,Jan}	t _{T,TL,Jan} h/m	A _{KTL} m ²	t _{T,KTL} h/a	t _N h/a
1 A 0108 FAW Nord	1	0,92	27	0,79	84	0		2
2 A 0109 FAW West	1	0,92	54	0,82	87	0		2
3 W 0110 FAW Süd	1	0,92	10	0,70	75	0		2
4 A 0202 FAW Nord	1	0,92	46	0,69	74	0		2
5 A 0208 FAW Süd	1	0,92	28	0,69	73	0		2
6 A 0301 FAW Ost	1	0,92	71	0,57	61	0		2
7 W 0301 FAW Ost	1	0,92	71	0,73	78	0		2
8 A 0302 FAW Nord	1	0,92	28	0,76	81	0		2
9 A 0303 FAW West	1	0,92	71	0,57	61	0		2
10 W 0303 FAW West	1	0,92	71	0,73	78	0		2
11 A 0304 FAW Süd	1	0,92	40	0,55	59	0		2

10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_f

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> Gesamtgebä	292	310	334	361	327	305	289	3.586
	292	310	334	361	327	305	289	
	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug			
	278	271	269	272	280			3.586

Prozesskennwerte "Beleuchtung" in [kWh/m²a]
<1> Gesamtgebäude: 10,3

TLB = Tageslichtbereich, Berechnungsbereiche mit Kunstlichtversorgung können Tageslichtbereiche enthalten

F_{tn} = Teilbetriebsfaktor für Beleuchtung nach DIN V 18599-10

p_{j,lx} = spezifische, elektrische Bewertungsleistung in [W/m²lx], Tab.1

k = k_A * k_L * k_R, Minderungs- und Anpassungsfaktoren für die Sehaufgabe, die Lampenart und die Raumart

p_j = elektrische Bewertungsleistung = p_{j,lx} * E_m * k_A * k_L * k_R W/m² (Gl.10)

F_{Prä} = Teilbetriebsfaktor für Präsenz nach Gl.31, relative Abwesenheiten nach DIN V 18599-10 oder manuell

A_{TL} / A_{KTL} = Flächen mit / ohne Tageslichtversorgung, A_{TL} + A_{KTL} = A_{Bereich}

t_{T,TL} = t_{eff,Tag,TL} = t_{Tag} * F_{TL} * F_{Prä} = Betriebszeit der Beleuchtung im Bereich mit Tageslicht zur Tagzeit

t_{T,KTL} = t_{eff,Tag,KTL} = t_{Tag} * F_{Prä} = Betriebszeit der Beleuchtung im Bereich ohne Tageslicht zur Tagzeit

t_N = t_{eff,Nacht} = t_{Nacht} * F_{Prä} = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599-10

Q_{i,b,n} = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = p_j * [A_{TL} * (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} * (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})] (Gl.2)

Q_{i,f} = Σ F_{tn} * Σ Q_{i,b} = Q_{i,L,elektr} = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b,Jan}$ kWh/m
<1> Gesamtgebäude	Schule mit Dusch	0,250 m ² NGF	348	1.478 c

$Q_{w,b} = q_{w,b} \cdot d_{mth} \cdot d_{nutz} / 365 \cdot \text{Menge [kWh/Monat]}$ (DIN V 18599-10, Tab.6)

c) Flächenbezug ist die Nettogrundfläche A_{NGF}

Prozesskennwert "Warmwasserwärmebedarf" in [kWh/m²a]

<1> Gesamtgebäude: 4,2

12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone(n) m ²	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 zentrale WW-Versorgung	1/	348	17.400
2			

12.3 Bereich "zentrale WW-Versorgung", Zonen <1> Gesamtgebäude

12.3.1 Verteilungsnetz, Zonen <1> Gesamtgebäude

Verteilssystem: mit Zirkulation, Zirkulationsbetrieb an $z = 7,0$ h/d

Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (sh. Tab.7)

mittlere Temperatur des Rohrabschnitts $\vartheta_{w,m}$ ohne Zirkulation, im Zirkulationsbetrieb = 50°C

Umgebungstemperaturen $\vartheta_{u,Sommer}$, 13 °C im unbeheizten, 22 °C im beheizten Bereich

Hilfsenergie der Zirkulationspumpe $Q_{w,d,aux} = P_{hydr} / 1000 \cdot d_{Nutz,mth} \cdot z \cdot e_{w,d,aux}$ in [kWh/m] (Gl.14)

hydraulische Leistung der Pumpe im Auslegungspunkt, $P_{hydr} = 0.2778 \cdot \Delta p \cdot V = 638$ [W] (Gl.17)

Pumpen-Aufwandszahl $e_{w,d,aux} = (1,25 \cdot (200 / P_{hydr})^{0.5}) \cdot 1 \cdot (0,50+0,63) = 0,791$ (Gl.22)

Pumpen-Volumenstrom im Auslegungspunkt, $V = \sum U_i \cdot l_i \cdot (57,5 - \vartheta_{i,h,soll}) / (1,15 \cdot \Delta \vartheta_z) = 0,13$ [m³/h]

Differenzdruck im Auslegungspunkt, $\Delta p = 0,1 \cdot L_{max} + \Delta p_{RV,TH} + \Delta p_{App} = 17,15$ [kPa]

Zirkulationspumpe, geregelt, elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, bedarfsorientiert

		Verteilung (V)				Stränge (S)		Stichtlg. (St)	
Leitungslängen l_i		29 m				24 m		11 m	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i		0,400 W/mK				0,400 W/mK		0,400 W/mK	
Warmwassertemperatur $\vartheta_{w,m}$		28 °C				28 °C		28 °C	
Umgebungstemperatur $\vartheta_{u,w}$		13 °C				20 °C		20 °C	
Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{w,d,V}$	kWh	144	149	144	149	149	134	149	1.749
$Q_{w,d,S}$	kWh	88	91	88	91	91	82	91	1.026
$Q_{w,d,St}$	kWh	13	13	13	13	13	12	13	142
$Q_{w,d}$	kWh	244	253	244	253	253	227	253	2.918
$Q_{I,w,d}$	kWh	100	104	100	104	104	94	104	1.168
$Q_{w,d,aux}$	kWh	60	60	60	60	60	60	60	720

Prozesskennwert "Warmwasserverteilung" 8,4 kWh/m²a, Hilfsenergie 2,1 kWh/m²a

$Q_{w,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes der Warmwasserverteilung nach DIN V 18599-6, Abs. 6.2
Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Sticleitungen (St) nach Tab.6 oder manuell
im Zirkulationsbetrieb werden Verteilung und Stränge mit doppelter Länge gerechnet (Abs.6.2.1.1)
 $Q_{l,w,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die WW-Verteilung, siehe "interne Wärmegewinne"
 $Q_{w,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Zirkulationspumpe

12.3.2 Warmwasserspeicher, Zonen <1> Gesamtgebäude

indirekt beheizter Speicher nach 1994, Speichervolumen $V = 180$ Liter
Bereitschafts-Wärmeverlust $q_{BS} = 1,9$ kWh/d (siehe Gl. 24-28)
Umgebungstemperatur am Aufstellort T_u 13,0 °C (außer halb)
Speicher-Wärmeverlust $Q_{w,s} = f_{\text{Verbindung}} \cdot (50 - T_u) / 45 \cdot d_{\text{Nutz,mth}} \cdot q_{B,S}$ mit $f = 1,2$ (Gl.23)
Speicherladepumpe mit $P_p = 52,39$ W, Hilfsenergiebedarf $Q_{w,s,aux}$ für $Q_{N,Kessel} = 24,0$ kW

Erzeugernutzwärmeabgabe für Trinkwarmwasserbereitung $Q_{w,outg} = Q_{w,b} + Q_{w,d}$ monatlich

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{w,outg}$	kWh	1.674	1.731	1.674	1.731	1.731	1.562	1.731	20.318
$Q_{w,s}$	kWh	31	32	31	32	32	29	32	373
$Q_{w,s,aux}$	kWh	4	4	4	4	4	4	4	49

Prozesskennwert "Warmwasserspeicher" 1,1 kWh/m²a

12.3.4 Wärmepumpe zur Trinkwassererwärmung, Zonen <1> Gesamtgebäude

Wärmepumpe 1, marktüblich im Kombibetrieb Heizung / WW, 10 kW
Typ 5, Elektro-Wärmepumpe Sole-Wasser, Baujahr 2008, maximale Laufzeit 10 h/d
Leistungszahl (COP) 3.0 bei B0/W50, Quelltemperaturkorrektur nach DIN V 18599, T5, A.6
Quelltemperaturen für Jan-Dez [°C]: 1.3° 1.6° 2.1° 2.9° 3.4° 3.9° 4.2° 4.2° 3.7° 2.9° 2.2° 1.7°

Nutzwärmeabgabe für Trinkwarmwasserbereitung $Q_{w,outg} = Q_{w,b} + Q_{w,d} + Q_{w,s} - Q_{w,sol}$ monatlich
 $Q_{w,f}$ = Endenergiebedarf und $Q_{w,f,aux}$ = Hilfsendenergiebedarf der Wärmeerzeugung
COP = Leistungszahl der WP, t_{ON} = Laufzeit, $Q_{w,in}$ = verwendete Umweltwärme (Gl.80)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{w,outg}$	kWh	1.705	1.762	1.705	1.762	1.762	1.591	1.762	20.691
COP		3,24	3,18	3,14	3,11	3,08	3,10	3,13	
$t_{ON,g,d}$	h/d	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	
$Q_{w,f}$	kWh	526	554	543	567	572	513	563	6.504
$Q_{w,in}$	kWh	1.179	1.208	1.162	1.196	1.190	1.078	1.199	14.187
$Q_{w,f,aux}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

12.4 Endenergie Warmwasserbereitung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{w,outg}$	kWh	1.705	1.762	1.705	1.762	1.762	1.591	1.762	20.691
$Q_{w,f}$	kWh	543	571	559	584	589	529	580	6.704
$Q_{w,aux}$	kWh	64	64	64	64	64	64	64	
...		64	64	64	64	64			769

Strom-Mix	kWh	526	554	543	567	572	513	563	
...		536	543	520	533	533			6.504
$Q_{I,w,<1>}$	kWh/d	3,3	3,4	3,3	3,4	3,4	3,3	3,4	

$Q_{w,outg} / Q_{w,f}$ = Nutz- / Endenergiebedarf für Warmwasserbereitung

$Q_{w,aux}$ = Hilfsenergiebedarf, $Q_{I,w}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch Leitungs- / Speicherverluste

Unregelmäßige Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5)

13.1 Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,max}$

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

Zone	$Q_{T,max}$ kW	$Q_{V,max}$ kW	V_{mech} m³/h	$Q_{V,mech}$ kW	$Q_{h,max}$ kW
<1> Gesamtgebäude	11,8	2,0	0	0,0	13,8

$Q_{T,max}$ = 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

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

$Q_{V,mech} = 0,34 \cdot V_{mech} \cdot (\vartheta_{i,h,min} - \vartheta_v)$ = Heizleistung für die Nacherwärmung der Zuluft (RLT mit WRG)

$Q_{h,max} = Q_{T,max} + Q_{V,max} + Q_{V,mech}$ = erforderliche Heizleistung in der Gebäudezone

13.2 Eingesetzte Heizungsanlagen

Sommerbetrieb: Heizung auch zur Deckung des reinen Wochenend-Wärmebedarfs

Anlage	Versorgungsbereich Zone(n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$Q_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Flächenheizung	1/	22.330	13,8	17,9
2				

(1) Fußbodenheizung Warmwasser, Zweipunktreger Verlegeflächen mit doppelter Mindestdämmung nach EN 1264, intermittierender Heizbetrieb

Nutz-Heizwärmebedarf $Q_{h,b}$ nach T2, maximale Heizleistung $Q_{h,max}$ (T2, Anhang C) und Kesselnennleistung $Q_{N,h}$ nach T5, 5.3.

Prozesskennwert "Heizwärmebedarf" in [kWh/m²a]

<1> Gesamtgebäude: 64,1

13.3 Bereich "Flächenheizung", Zonen <1> Gesamtgebäude

Heizzeiten und rechnerische Laufzeiten der Heizung, Leitzone "<1> Gesamtgebäude"

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_{h,<1>}$	h/m	201	744	720	744	744	672	744	5.236
$t_{h,rL,T,<1>}$	h/d	9	10	13	15	17	15	13	
$d_{h,rB,<1>}$	d/m	5	17	16	17	17	15	17	119
$t_{h,rL,<1>}$	h/m	41	163	207	253	284	236	221	1.538

Monatliche Heizzeiten $t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ in [h/m] nach DIN V 18599-2, D.2 auf Basis der mittleren Auslastung des Heizsystems, zonenbezogen.

Rechnerische Laufzeiten $t_{h,rL}$ der Heizungsanlage nach DIN V 18599-5, 5.4.1 = $24 - f_{L,NA} * (24 - t_{h,op})$ auf Basis der Nutzungsrandbedingungen $t_{h,op}$ (Betriebsstunden der Heizung / Tag), $d_{nutz,a}$ (Nutzungstage / Jahr), der monatlichen Heizzeiten t_h sowie den Festlegungen zur Nacht- und Wochenendabsenkung / -abschaltung.
 $d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Betriebstage der Heizung (Gl.21)

13.3.1 Wärmeübergabe, Zonen <1> Gesamtgebäude

Fußbodenheizung Warmwasser, Zweipunktreger Verlegeflächen mit doppelter Mindestdämmung nach EN 1264, intermittierender Heizbetrieb

Gesamtnutzungsgrad $\eta_{h,ce} = 1 / (4 - (\eta_L + \eta_C + \eta_{B1}/2 + \eta_{B2}/2)) = 0,90$ (Gl.28, Tab.7)

Verluste der Wärmeübergabe $Q_{h,ce} = Q_{h,b} * (f_{Radiant} * f_{int} * f_{hydr} / \eta_{h,ce} - 1)$ (Gl.27)

Geräte der Wärmeübertragungsprozesse:

Hilfsenergiebedarf $Q_{h,ce,aux} = P_C * d_{mth} * 24/1000 + (P_V + P_P + P_{h,aux}) * t_{h,rL}/1000$ (Gl. 33/34)

Nutzwärmebedarf und Verluste der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b}$	kWh	204	1.629	3.099	4.481	5.082	3.834	2.947	22.330
$Q_{h,ce}$	kWh	18	145	275	398	452	341	262	1.985

Prozesskennwert "Heizwärmeübergabe" 5,7 kWh/m²a, Hilfsenergie 0,0 kWh/m²a

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

Gesamtnutzungsgrad der Wärmeübergabe $\eta_{h,ce} = 1 / (4 - (\eta_L + \eta_C + \eta_B))$ mit den Teilnutzungsgraden η_L für vertikales Lufttemperaturprofil, η_C für Raumtemperaturregelung und η_B für spezifische Verluste der Außenbauteile (Tab.6 bis Tab.11)

Verluste der Wärmeübergabe $Q_{h,ce}$ mit den Faktoren $f_{Radiant}$ für Strahlungseinfluss (in Hallen mit Raumhöhen > 4 m) f_{int} für intermittierenden Heizbetrieb / raumweise Temperaturabsenkung und f_{hydr} für hydraulischen Abgleich (Regelwert = 1)

Hilfsenergiebedarf der Wärmeübergabe $Q_{h,ce,aux}$ mit den Parametern

P_C = elektrische Nennleistungsaufnahme der Regelungseinrichtungen (Tab.12 oder Herstellerangabe)

P_V / P_P = elektrische Nennleistungsaufnahme der Ventilatoren und Pumpen (Tab.13)

$P_{h,aux}$ = Hilfsenergiebedarf von Erzeugern, Erhitzern und Ventilatoren bei direkter Beheizung ($h_R > 4m$, Tab.14)

13.3.2 Heizwärmeverteilung, Zonen <1> Gesamtgebäude

System: Zweirohrnetz mit innen liegenden Strängen

Leitungslängen nach Tab.15 mit $L_G = 15,2$ m = größte Länge und $B_G = 14,0$ m = größte Breite der Gebäudezone, Geschoßhöhe $h_G = 3,00$ m und Anzahl der Geschosse $n_G = 2$.

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.2.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\vartheta_{VA} = 35$ °C / $\vartheta_{RA} = 28$ °C, $T_{i,Soll,<1>} = 21,0$ °C.

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

$Q_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe nach Abs.6.2.1

Zweirohrnetz hydraulisch abgeglichen, $f_{Abgl} = 1,00$, $f_{Sch} = 1,00$

Differenzdruck im Auslegungspunkt (Pumpe) $\Delta p = 0,13 * L_{max} + 2 + \Delta p_{WE} + \Delta p_{FBH} = 31$ kPa

mit Differenzdruck des Wärmeerzeugers $\Delta p_{WE} = 1$ kPa, der Flächenheizung $\Delta p_{FBH} = 25$ kPa, $L_{max} = 20$ m

Pumpe: , $Cp1 =$, $Cp2 =$, P_{Pumpe} unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
Leitungslängen l_i	43 m	32 m	234 m

Wärmedurchgangszahlen U_i		0,200 W/mK				0,255 W/mK		0,255 W/mK	
Umgebungstemperaturen $\vartheta_{u,i}$		13,0 °C				20,0 °C		20,0 °C	
Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\vartheta_{VL,m}$	°C	22	24	26	28	29	28	26	
$\vartheta_{RL,m}$	°C	22	22	24	25	25	24	23	
$Q_{h,d,V}$	kWh	3	14	21	29	34	27	22	163
$Q_{h,d,S}$	kWh	1	4	8	13	16	12	8	65
$Q_{h,d,A}$	kWh	5	30	60	95	119	86	61	477
$Q_{h,d}$	kWh	9	49	90	138	169	124	91	705
$Q_{I,h,d}$	kWh	6	34	69	108	135	98	69	542
$Q_{h,d,aux}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

Prozesskennwert "Heizwärmeverteilung" 2,0 kWh/m²a, Hilfsenergie 0,0 kWh/m²a

Mittlere Vorlauf-, Rücklauf- und Heizkreistemperaturen ($\vartheta_{VL,m}$, $\vartheta_{RL,m}$, $\vartheta_{HK,m}$) nach Abs. 5.2:

$\vartheta_{VL,m} / \vartheta_{VL,m}$ nach Gl. 12 / 13 mit $n = 1.33$ für Heizkörper, $n = 1.1$ für FB-Heizungen

$\vartheta_{HK,m} = (\vartheta_{VL,m} - \vartheta_{RL,m}) / 2$ mit $\beta_{h,d}$ = mittlere Belastung im Prozessbereich Wärmeverteilung (Gl.8)

$Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i \cdot (\vartheta_{HK,m} - \vartheta_{u,i}) \cdot t_{h,RL,i} / 1000$ [kWh] (Gl.38)

$Q_{I,h,d} = Q_{h,d}$ = ungerichtete Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen

$Q_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Verteilung = $W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$ (Gl.40)

$W_{h,d,hydr}$ = hydraulischer Energiebedarf = $P_{hydr} / 1000 \cdot \beta_{h,d} \cdot t_h \cdot f_{Sch} \cdot f_{Abgl}$ (Gl.41)

P_{hydr} = hydraulische Leistung der Pumpe = $0.2778 \cdot \Delta p \cdot V' = 14,63$ (Gl.42)

$e_{h,d,aux}$ = Pumpen-Aufwandszahl = $f_e \cdot (C_{p1} + C_{p2} / \beta_{h,d})$ (Gl.46)

mit f_{Abgl} / f_{Sch} = Korrekturfaktoren für hydraulischen Abgleich / hydraulische Schaltung

$V' =$ Pumpen-Volmenstrom im Auslegungspunkt = $Q_{h,max} / (1.15 \cdot \Delta \vartheta_{HK})$ (Gl.43)

$t_h / t_{h,RL}$ = moatlische Heizstunden und rechnerische Laufzeit der Heizung

C_{p1} / C_{p2} = Konstanten zur Pumpen-Aufwandszahl nach Tab.17

$f_e = b \cdot (1.25 + (200 / P_{hydr})^{0.5})$ oder $f_e = P_{Pumpe} / P_{hydr}$ = Effizienzfaktor der Pumpe

$f_{P,A}$ = Korrekturfaktor für Absenkung / Abschaltung der Pumpe bei intermittierendem Betrieb

13.3.5 Heizungswärmepumpe, Zonen <1> Gesamtgebäude

Wärmepumpe 1, marktüblich im Kombibetrieb Heizung / WW, 10 kW

Typ 5, Elektro-Wärmepumpe Sole-Wasser, Baujahr 2008, maximale Laufzeit 10 h/d

Leistungszahl (COP) 3.0 bei B0/W50, Quelltemperaturkorrektur nach DIN V 18599, T5, A.6

Quelltemperaturen für Jan-Dez [°C]: 1.3°1.6°2.1° 2.9°3.4°3.9°4.2°4.2°3.7°2.9°2.2°1.7°

Korrektur der Leistungszahl für $\vartheta_{VL} = 35,0^\circ\text{C}$ und $\Delta \vartheta_{HK} = 7,0^\circ\text{K}$ (Inter- / Extrapolation)

Korrekturen für den Teillastbetrieb (A.5.1), schwere Flächenheizung, 30 cm Rohrabstand

Nachheizung infolge Laufzeitbegrenzung mit (2.) Wärmeerzeuger

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

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

$Q_{h,f}$ = Endenergiebedarf und $Q_{h,f,aux}$ = Hilfsendenergiebedarf der Wärmeerzeugung

COP = Leistungszahl der WP, t_{ON} = Laufzeit, $Q_{h,in}$ = verwendete Umweltwärme (Gl.93)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	231	1.822	3.465	5.017	5.704	4.299	3.300	25.020
COP		4,26	4,15	4,06	4,00	3,95	3,99	4,05	
$t_{ON,g,d}$	h/d	0,8	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	

$Q_{h,f}$	kWh	54	322	319	335	339	303	330	2.286
$Q_{h,f,bu}$	kWh	-	484	2.170	3.679	4.366	3.090	1.962	15.749
$Q_{h,in}$	kWh	177	1.016	976	1.004	999	906	1.008	6.985
$Q_{h,f,aux}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

13.3.6 Heizwärmeerzeugung, Zonen <1> Gesamtgebäude

Heizung mit einem Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999, $Q_N = 12,0$ kW (Erdgas), $\beta_{K,pl} = 0.3$

Umgebungstemperatur am Aufstellort $\vartheta_i = 13$ °C, außerhalb der thermischen Hülle

Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 0,00$ h/d

Kesselwirkungsgrade $\eta_{k,100} = 0,956$ bei Vollast, $\eta_{k,pl} = 1,046$ bei Teillast

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,70} = 0,015$ kW, Strahlungsverlust $q_{St} = 0,020$ kW

elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,100} = 0,148$ kW, $P_{aux,pl} = 0,049$ kW, $P_{aux,SB} = 0,015$ kW

Verlustleistungen im Januar $Q_{V,g,100} = 0,81$ kW, $Q_{V,g,pl} = 0,21$ kW, $Q_{B,h} = 0,06$ kW (Gl. 109, 108, 104)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	-	484	2.170	3.679	4.366	3.090	1.962	15.749
$\beta_{h,1}$		-	0,25	0,88	1,00	1,00	1,00	0,74	
$Q_{h,g,v,1}$	kWh/d	-	1	5	8	8	8	4	
$Q_{h,g}$	kWh	-	24	79	128	143	119	73	566
$Q_{h,f}$	kWh	-	508	2.249	3.806	4.509	3.209	2.035	16.315
$Q_{h,g,aux}$	kWh	-	15	35	45	49	42	32	230

Prozesskennwert "Endenergie Heizwärme" 46,9 kWh/m²a (= Nutzwärmebedarf * 0,73)

Q_N = Kesselnennleistung, Planungsgröße

$\beta_{K,pl}$ = Heizkesselbelastung im Prüfstand, Lastbereich Teillast

$\eta_{k,100} / \eta_{k,pl}$ = Kesselwirkungsgrade bei Vollast / Teillast nach Herstellerangaben oder Gl.119 ff

$\eta_{k,100,Betrieb} / \eta_{k,pl,Betrieb}$ = Kesselwirkungsgrade bei Betriebstemperatur nach Gl.106 ff, monatlich

$q_{B,70} / q_{St}$ = Bereitschaftsverluste nach Herstellerangabe oder Gl.122 ff

$P_{aux,100} / P_{aux,pl} / P_{aux,SB}$ (Vollast, Teillast, Stillstand) nach Herstellerangabe oder Gl.124 ff

$Q_{V,g,100}$ = Verlustleistung bei Vollast = $(f \cdot H_{s/Hi} - \eta_{k,100,Betrieb}) / \eta_{k,100,Betrieb} \cdot Q_N$

$Q_{V,g,pl}$ = Verlustleistung bei Teillast = $(f \cdot H_{s/Hi} - \eta_{k,pl,Betrieb}) / \eta_{k,pl,Betrieb} \cdot \beta_{K,pl} \cdot Q_N$

$Q_{B,h}$ = Kessel-Verlustleistung im Stillstand = $q_{B,70} \cdot (\vartheta_{HK,m} - \vartheta_i) / 50 \cdot Q_N / \eta_{K,100} \cdot f \cdot H_{s/Hi}$

$f \cdot H_{s/Hi}$ = Brennwert / Heizwertkorrektur nach DIN V 18599-1, Tab.B.1

$Q_{h,outg} = Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d} + Q_{h,S} - Q_{h,sol} - Q_{rv,h,outg}$ = Nutzwärmebedarf

$\beta_{h,i} = Q_{d,in} / Q_N$ = Belastungsgrad der Heizkessel, monatlich, Gl.96 / Gl.97 mit $Q_{d,in} = \Sigma Q_{h,outg}$ / Betriebszeit

$Q_{h,g,v,i} = ((\beta_{h,i} / \beta_{K,pl}) \cdot (Q_{V,g,pl} - Q_{B,h}) + Q_{B,h}) \cdot (t_{h,rL,T} - t_{w,100})$ = Erzeugungsverluste, Gl.100, $\beta_{h,i} \leq \beta_{K,pl}$

$Q_{h,g,v,i} = ((\beta_{h,i} - \beta_{K,pl}) / (1 - \beta_{K,pl})) \cdot (Q_{V,g,100} - Q_{V,g,pl}) + Q_{V,g,pl} \cdot (t_{h,rL,T} - t_{w,100})$, Gl.101, $\beta_{h,i} > \beta_{K,pl}$

$Q_{h,g} = \Sigma Q_{h,g,v,i} \cdot d_{h,rB}$ = Gesamtverlust der Heizwärmeerzeugung [kWh/m], Gl.99

$Q_{l,h,g}$ = ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeerzeuger in der thermischen Hülle, Gl.112

$Q_{h,g,aux}$ = Hilfsenergiebedarf nach Gl.114 ff

13.4 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	-	508	2.249	3.806	4.509	3.209	2.035	16.315
$Q_{h,aux}$	kWh	-	15	35	45	50	42	32	

	...	-	-	11	-	-		230
Strom-Mix	kWh	54	322	319	335	339	303	330
...		202	71	10	-	1		
Erdgas	kWh	-	508	2.249	3.806	4.509	3.209	2.035
...		-	-	-	-	-		
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,2	1,1	2,3	3,5	4,3	3,5	2,2

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

$Q_{h,aux}$ = Hilfsenergiebedarf = $Q_{h,ce,aux} + Q_{h,d,aux} + Q_{h,s,aux} + Q_{h,g,aux} + Q_{h,sol,aux}$ (Gl.5)

$Q_{I,h}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge = $Q_{I,h,d} + Q_{I,h,s} + Q_{I,h,g}$ (Gl.6)

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Unregelmäßige Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

14.1 Primärenergiebedarf nach Energieträgern

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
Strom-Mix	Heizwärme	Erdgas	2.286	2,70	1,00	6.172
Erdgas	Heizwärme		16.315	1,10	1,11	16.168
Strom-Mix	Warmwasser		6.504	2,70	1,00	17.561
Strom-Mix	Luftförderung		2.383	2,70	1,00	6.435
Strom-Mix	Beleuchtung		3.586	2,70	1,00	9.682
Strom-Mix	Hilfsenergie		999	2,70	1,00	2.696
Σ [kWh/Jahr]			32.073			58.714

$Q_P = \Sigma Q_{f,i} \cdot f_{P,i} / f_{Hs/Hi,i}$ (DIN V 18599-1, Gl.23)

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 168,7$ kWh/m²a ($\Sigma A_{NGF} = 348$ m²)

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 2,9 kWh/m²a, Strom-Mix 42,4 kWh/m²a, Erdgas 46,9 kWh/m²a

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

14.2 Endenergiebedarf nach Zonen

siehe Abschnitt	RLT 9	Beleucht. 10	Klima 11	Warmwasser 12	Heizung 13	Strom- anteil %	Summe
Zone	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a		kWh/m ² a
<1> Gesamtgebäude	6,8	10,3	0,0	21,5	54,3	49,5	92,9
Gebäude	6,8	10,3	0,0	21,5	54,3		92,9

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen inklusive Hilfsenergie

Die Aufteilung der Endenergieanteile aus Prozessbereichen mit mehreren Zonen wurde grundflächenbezogen vorgenommen.

15.0 EnEV-Nachweise

15.1 Nachweis HT'

Grenzwert für das EnEV-Referenzgebäude

mit Fensterflächenanteil 15,7 %, $\vartheta_i \geq 19^\circ\text{C}$, $A = 971\text{ m}^2$, $V_e = 1.346$

Grenzwert zul $H'_T = 0,30 + 0,15 / (A/V_e) = 0,51\text{ W/m}^2\text{K}$ (EnEV 2007, Anlage 2, Tab.2)

vorh $H'_T = 0,38 \leq 0,51\text{ W/m}^2\text{K}$, **Grenzwert wird eingehalten**

15.2 Nachweis QP

Grenzwert für das EnEV-Referenzgebäude $q_{P,Ref} = 234,3\text{ kWh/m}^2\text{a}$

$q_{P,Ref}$ aus der Berechnung zum Referenzgebäude "GebäudeFeuerw_1Zone-Referenz"

vorh $q_P = 168,7 \leq 234,3\text{ kWh/m}^2\text{a}$, **Grenzwert wird eingehalten**

17.0 Längen, Flächen, Volumen

Flächenberechnung (Flächen.REB)

EG: =

Deckflächen: =

1 F 0111 FD : $5,165 \cdot 6,48 = 33,47$

40 F 0112 FD: $(2,0+1,585+2,55) \cdot 1,585 = 9,72$

Außenwände: =

2 F 0101 FAW Ost : $6,48 \cdot 3,00 = 19,44$

3 F 0102 FAW Nord : $0,89 \cdot 3,00 = 2,67$

4 F 0103 FAW Ost : $1,59 \cdot 3,00 - [T\ 0103] = 2,62$

5 F 0106 FAW Nord : $1,58 \cdot 3,00 - [T\ 0106] = 2,59$

6 F 0107 FAW Ost : $5,16 \cdot 3,00 - [T\ 0107] = 13,33$

7 F 0108 FAW Nord : $8,98 \cdot 3,00 - [A\ 0108] = 24,87$

8 F 0109 FAW West : $15,23 \cdot 3,00 - [A\ 0109] = 44,21$

9 F 0110 FAW Süd : $13,98 \cdot 3,00 - [T\ 0110] - [W\ 0110] = 36,86$

Öffnungen / Fenster: =

10 A 0108 FF Nord : $0,74 \cdot 1,4 \cdot 2 = 2,07$

11 A 0109 FF West : $0,74 \cdot 0,5 \cdot 4 = 1,48$

12 W 0110 FF Süd : $0,875 \cdot 0,65 \cdot 2 = 1,14$

13 T 0103 FAW Ost , Tür: $1,01 \cdot 2,13 = 2,15$

14 T 0106 FAW Nord , Tür: $1,01 \cdot 2,13 = 2,15$

15 T 0107 FAW Ost , Tür: $1,01 \cdot 2,13 = 2,15$

16 T 0110 FAW Süd , Tür: $0,875 \cdot 2,25 \cdot 2 = 3,94$

Grundflächen: =

17 F 0100 FG : $178,85 = 178,85$

Garage: =

Deckflächen: =

18 F 0209 FD : $67,99 = 67,99$

Außenwände: =

19 F 0201 FAW Ost : $6,55 \cdot 4,20 - [T\ 0201] = 14,38$

20 F 0202 FAW Nord : $10,30 \cdot 4,20 - [A\ 0202] = 39,30$

21 F 0203 FAW West : $4,25 \cdot 4,20 = 17,85$

22 F 0205 FAW West : $2,40 \cdot (4,20-3,0) = 2,88$

23 F 0206 FAW Süd : $2,92 \cdot (4,2-3,0) = 3,50$

24 F 0208 FAW Süd : $7,48 \cdot 4,20 - [A\ 0208] = 29,84$

Öffnungen / Fenster: =

25 A 0202 FF Nord : $0,89 \cdot 0,89 \cdot 5 = 3,96$

26 A 0208 FF Süd : $0,89 \cdot 0,89 \cdot 2 = 1,58$

27 T 0201 FAW Ost , Tür: $3,75 \cdot 3,5 = 13,13$

Grundflächen: =

28 F 0200 FG : $67,99 = 67,99$

OG: =

Deckflächen: =

29 F 0305 FD : $141,48 = 141,48$

Außenwände: =

30 F 0301 FAW Ost : $15,76 \cdot 3,70 - [A\ 0301] - [W\ 0301] = 35,87$

31 F 0302 FAW Nord : $8,98 \cdot 3,70 - [A\ 0302] = 31,68$

32 F 0303 FAW West : $15,76 \cdot 3,70 - [A\ 0303] - [W\ 0303] = 35,37$

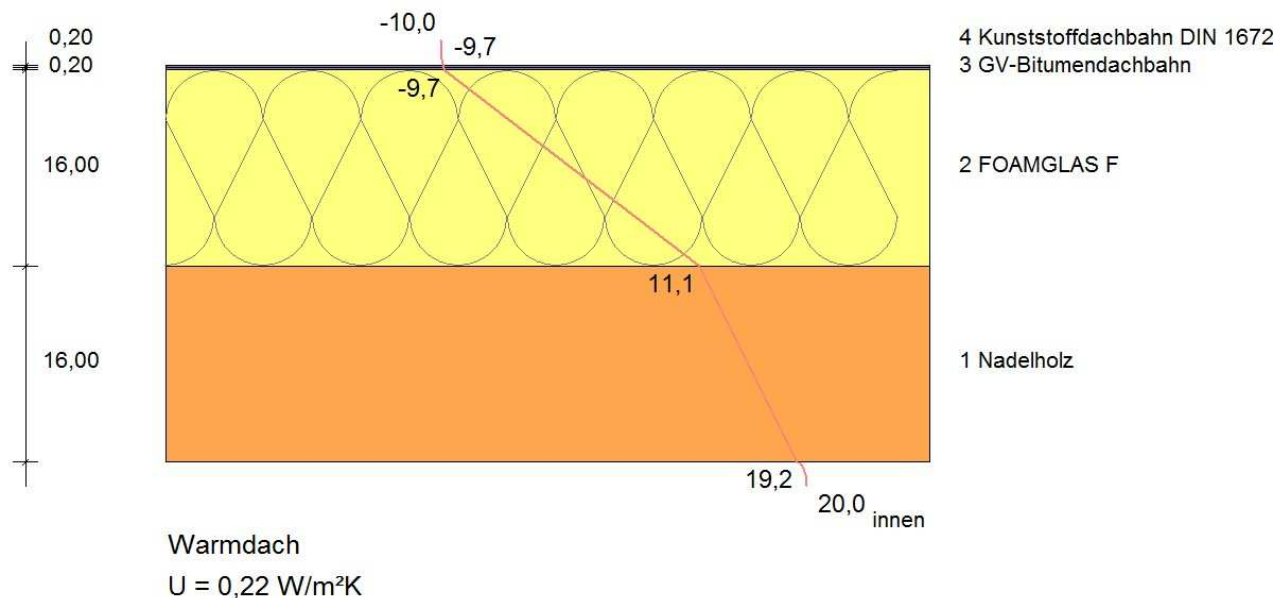
33 F 0304 FAW Süd : $8,98 \cdot 3,70 - [A\ 0304] = 16,68$

Öffnungen / Fenster: =

34 A 0301 FF Ost : $1,10 \cdot 2,15 \cdot 8 = 18,92$
35 A 0302 FF Nord : $0,88 \cdot 0,88 \cdot 2 = 1,55$
36 A 0303 FF West : $1,1 \cdot 2,15 \cdot 8 = 18,92$
37 A 0304 FF Süd : $1,10 \cdot 2,15 \cdot 7 = 16,55$
38 W 0301 FF Ost : $1,10 \cdot 3,2 = 3,52$
39 W 0303 FF West : $1,1 \cdot 3,2 + 3,1415 \cdot 0,4 \cdot 0,4 = 4,02$
Grundflächen: =
: =
[Grundflächen]: =
[AGf 1] 0100 FG <1>: [F 0100] = 178,85
[AGf 2] 0200 FG <1>: [F 0200] = 67,99
[Bodenplattenmaß A] (nur Grundflächenprojektion): [AGF 1] + [AGF 2] = 246,84
[Grundflächenumfang]: =
[UGf 1] 0100 FG <1>: $6,48 + 0,89 + 1,59 + 2,52 + 2,00 + 1,58 + 5,16 + 8,98 + 15,23 + 13,98 = 58,41$
[UGf 2] 0200 FG <1>: $6,55 + 10,30 + 4,25 + 2,40 + 2,92 + 7,48 = 33,90$
[Bodenplattenmaß P] (nur Grundflächenprojektion): [UGF 1] + [UGF 2] = 92,31
[Bodenplattenmaß B]: $2 \cdot [\text{Bodenplattenmaß A}] / [\text{Bodenplattenmaß P}] = 5,35$
: =
[Umbaute Räume]: =
[Vol 1] EG <1>: $3,00 \cdot 178,85 = 536,55$
[Vol 2] Garage <1>: $4,20 \cdot 67,99 = 285,56$
[Vol 3] OG <1>: $3,70 \cdot 141,48 = 523,48$
[Gebäudevolumen] Ve: [Vol 1] + [Vol 2] + [Vol 3] = 1345,59
[0.32 * Ve] AN: $0.32 \cdot [\text{Gebäudevolumen}] = 430,59$
: =
.für Berechnungen nach DIN V 18599 nach Gebäudezonen: =
[Nettogrundflächen]: =
[dW01] Bauteildicke "AW": 0,41 = 0,41
[dW02] Bauteildicke "AUáENWAND_GARAGEAW_G": 0,36 = 0,36
[dW03] Bauteildicke "HOLZTAFELBAU,SPERRHOLZ": 0,12 = 0,12
[GfAbzug 1] 0100 FG <1>: $[dW01] \cdot 6,48 + [dW01] \cdot 0,89 + [dW01] \cdot 1,59 + 0 + 0 + [dW01] \cdot 1,58 + [dW01] \cdot 5,16 + [dW01] \cdot 8,98 + [dW01] \cdot 15,23 + [dW01] \cdot 13,98 = 22,09$
[GfAbzug 2] 0200 FG <1>: $[dW02] \cdot 6,55 + [dW02] \cdot 10,30 + [dW02] \cdot 4,25 + 0 + [dW02] \cdot 2,40 + [dW02] \cdot 2,92 + 0 + [dW02] \cdot 7,48 = 12,20$
[GfAbzug 3] OG <1>: $[dW03] \cdot 15,76 + [dW03] \cdot 8,98 + [dW03] \cdot 15,76 + [dW03] \cdot 8,98 = 5,94$
[NGf 1] 0100 FG <1>: [AGf 1] - [GfAbzug 1] = 156,76
[NGf 2] 0200 FG <1>: [AGf 2] - [GfAbzug 2] = 55,79
[NGf 3] OG <1>: $141,48 - [\text{GfAbzug 3}] = 135,54$
[NGf Summe]: [NGF 1] + [NGF 2] + [NGF 3] = 348,09
.Nettonutzflächen ANGf: =
[Nettonutzflächen]: =
[ANGf 1] Zone <1> EG: + [NGF 1] + [NGF 2] + [NGF 3] = 348,09
: =
.Bruttoraumvolumen Ve, Außenmaße: =
[Bruttoraumvolumen]: =
[Ve 1] EG: + [Vol 1] + [Vol 2] + [Vol 3] = 1345,59
.Nettoraumvolumen Vi = NGF * Raumhöhe: =
[Nettoraumvolumen]: =
[Vi 1] Zone <1> EG: + [NGF 1] * 2,70 + [NGF 2] * 3,90 + [NGF 3] * 3,40 = 1101,67
.zur Kontrolle, alternativ: Vi = Ve * 0.8: =
.Vi <1> EG: [Ve 1] * 0.8 = 1076,47

Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: Warmdach



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

Querschnitt

von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	[kg/m ²]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R_{si}					0,13
01 Nadelholz	16,000	600	96,0	0,130	1,23
02 FOAMGLAS F	16,000	165	26,4	0,050	3,20
03 GV-Bitumendachbahn	0,200	1500	3,0	0,170	0,01
04 Kunststoffdachbahn DIN 16729 (EC	0,200	1500	3,0	-	-
R_{se}					0,04
<hr/>					
	d = 32,400	G = 128,4		$R_T = 4,61$	

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ (ohne Korrekturen)

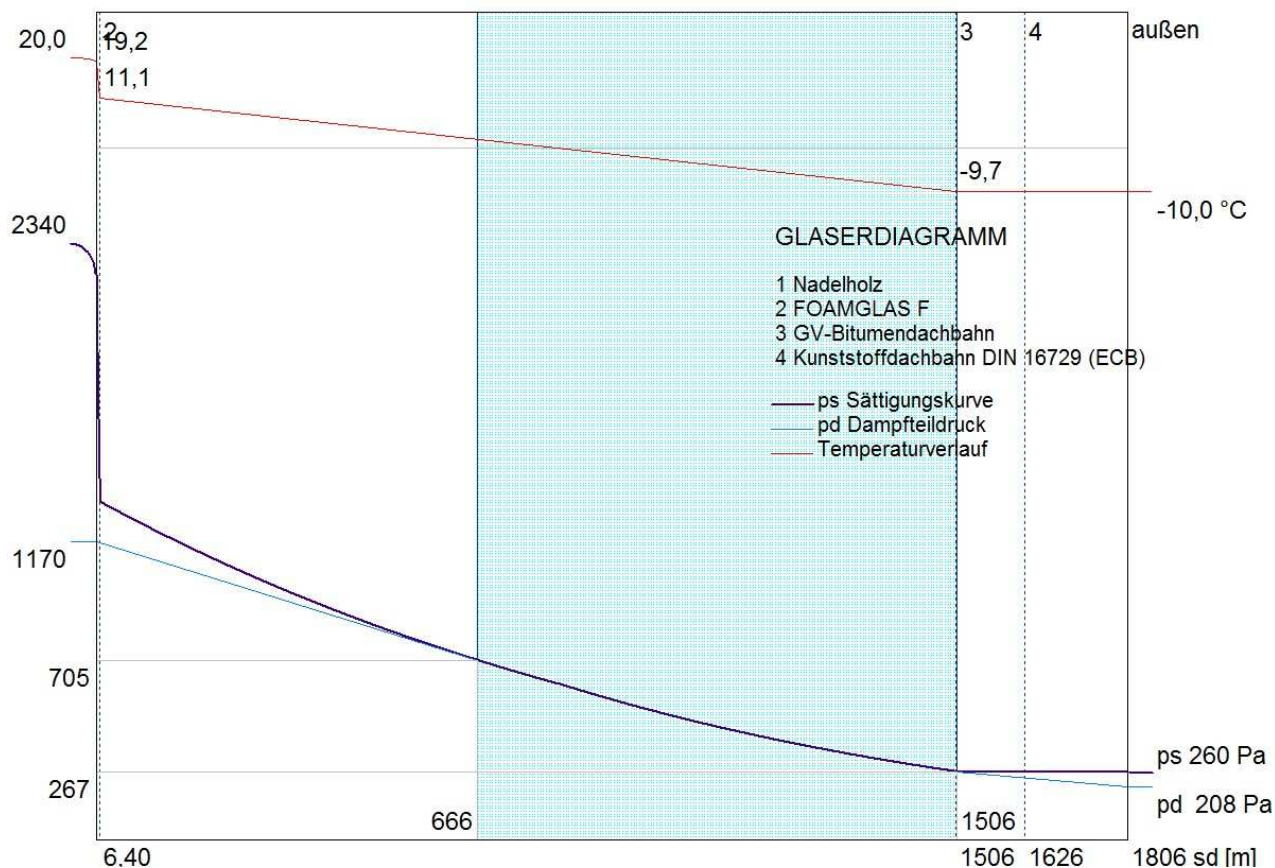
Ersatz oder Erneuerung von Bauteilen in Wohngebäuden (EnEV)

Ersatz oder erstmaliger Einbau des Flachdachs

U $0,22 \leq 0,25$ OK

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: Warmdach



Klimabedingungen Normklimadaten DIN 4108

Tauperiode	Außenklima	-10,0 °C	$\phi = 80 \%$
1440 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	Außenklima	12,0 °C	$\phi = 70 \%$
2160 Stunden	Innenklima	12,0 °C	$\phi = 70 \%$
Temperatur der Dachoberfläche		20,0 °C	

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode		Verdunstungsperiode	
	$T_{gr} [^{\circ}\text{C}]$	$p_s [\text{Pa}]$	$T_{gr} [^{\circ}\text{C}]$	$p_s [\text{Pa}]$
Raumluft	20,0	2340	12,0	1403
1 Nadelholz	19,2	2227	12,2	1422
2 FOAMGLAS F	11,1	1321	14,4	1642
3 GV-Bitumendachbahn	-9,7	267	20,0	2340
4 Kunststoffdachbahn DIN 16729	-9,7	267	20,0	2340
	-9,7	267	20,0	2340

Außenluft	-10,0	260	12,0	1403
-----------	-------	-----	------	------

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{\min} [-]	μ_{\max} [-]	$\mu_{\min} \cdot s$ [m]	$\mu_{\max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Nadelholz	40	40	6,40	6,40	6,40
2 FOAMGLAS F	-	-	1500,00	1500,00	1500,00
3 GV-Bitumendachbahn	20000	60000	40,00	120,00	<- 120,00
4 Kunststoffdachbahn DIN 16729	70000	90000	140,00	180,00	<- 180,00

				$\Sigma \mu \cdot s =$	1806,40

Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2001

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.5)

$$R_{\min} = 0,29 < 4,44 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{\text{vorh}}, \text{ in Ordnung nach DIN 4108-3, A.12}$$

Mindest-Wärmedurchlasswiderstand $R_{\min} = R_{si} \cdot ((\theta_i - \theta_e) / (\theta_i - \theta_s)) - (R_{si} + R_{se})$

Gl. A.12 mit $R_{si} / R_{se} = 0.25 / 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$ und $\theta_i / \theta_e = 20 / -5 \text{ }^\circ\text{C}$ nach DIN 4108-2 Abs.6.2

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)

Taubereich "FOAMGLAS F - GV-Bitumendachbahn"

$$m_{W,T} = 1440 * \left(\frac{1170 - 705}{666,40} - \frac{267 - 208}{300,00} \right) / 1500 = 0,5 \text{ g/m}^2 \text{ Tauwasser}$$

$$m_{W,V} = 2160 * \left(\frac{2119 - 982}{1086,40} + \frac{2119 - 982}{720,00} \right) / 1500 = 3,8 \text{ g/m}^2 \text{ Verdunstung}$$

Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich, da

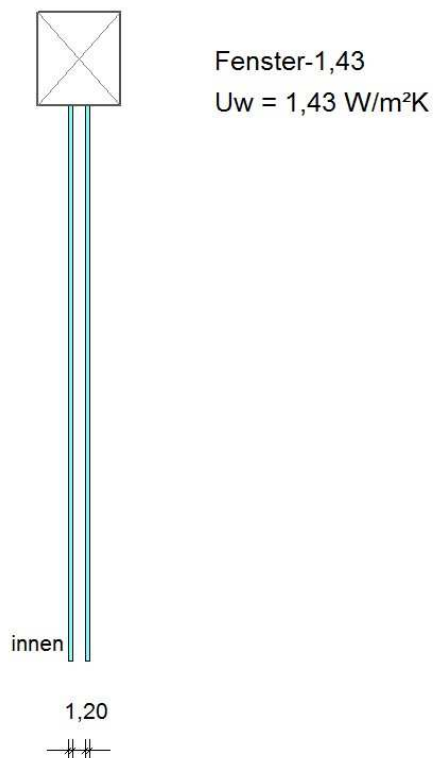
$$m_{W,T} < \text{zul } m_{W,T} \text{ und } m_{W,V} > m_{W,T}$$

Mindest-s_d-Wert einer innenliegenden Dampfsperre für eine tauwasserfreie Konstruktion:

$$s_{d,erf} = s_{de} * (p_i - p_e) / (p_{sw} - p_e) - s_{di} - s_{de} = 300,00 * (1170 - 208) / (267 - 208) - 666,40 - 300,00 = 3925,1 \text{ m}$$

Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: Fenster-1,43



Querschnittstabelle nur zur Gestaltung. k-Wert aus "Fensterflächen".

Bauteiltyp "Fenster"

mit den Wärmeübergangswiderständen $1/\alpha_i = 0,13$ und $1/\alpha_a = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Verglasung + Rahmen

CLIMAPLUS N KR, 4/12/4, Kryptonfüllung, $U_g 1,1$, $g 60\%$, $R_w 32\text{dB}$
Weichholzrahmen 80mm (EN ISO 10077-1 D.2), $U_f 1.65$

Fenster DIN 4108-4:1998 Tab.2

$$U_g = 1,10 \quad U_f = 1,65 \quad \Rightarrow \quad U_w = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K} \quad g = 60 \%$$

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1:2000

Einfachfenster, Tabellenwert $U_w = 1,43 (1,4) \text{ W/m}^2\text{K}$

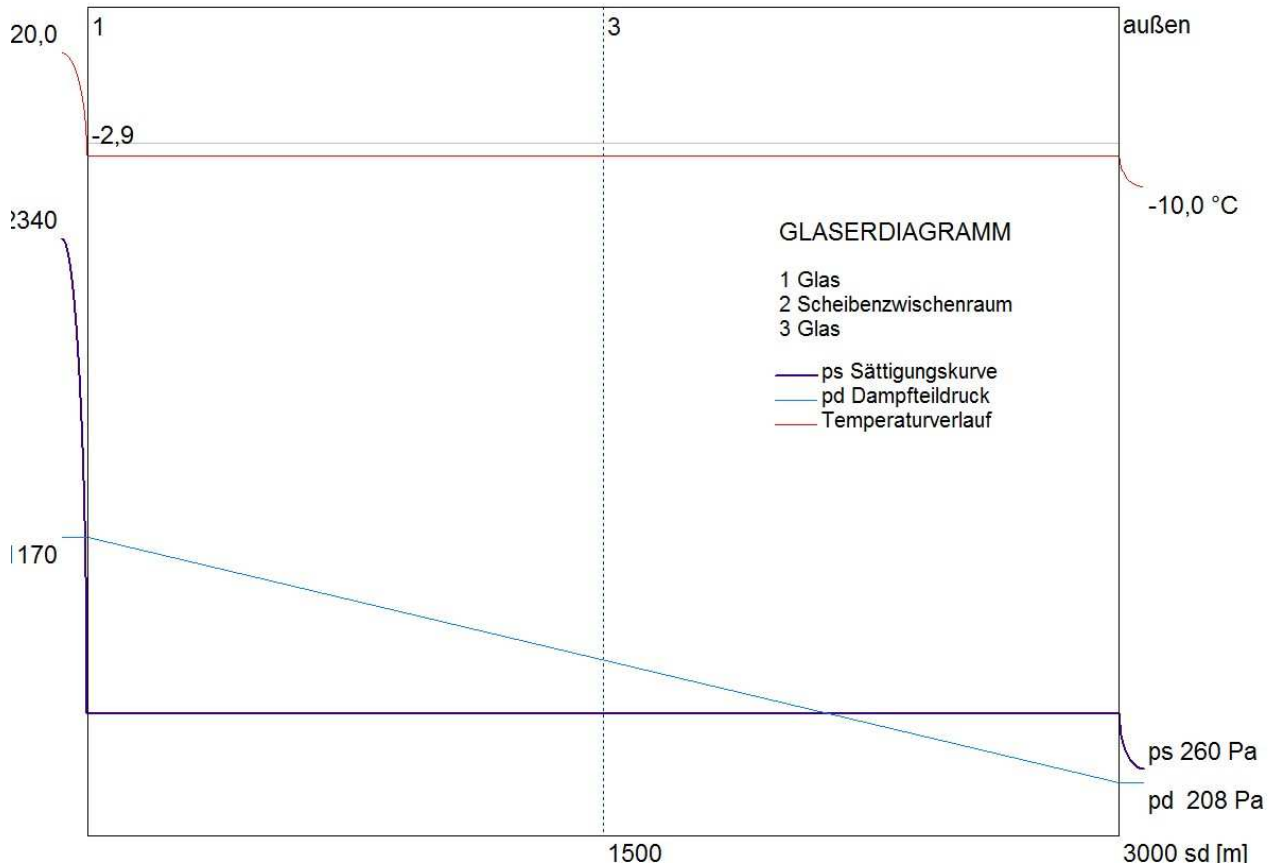
U-Wert des Fensters mit Zweischeiben-Isolierverglasung und 30% Rahmenanteil nach Tab. F.1
mit $U_g = 1,10$ und $U_f = 1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U_w = 1,43 \text{ W/m}^2\text{K}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

k-Wert = - W/m²K

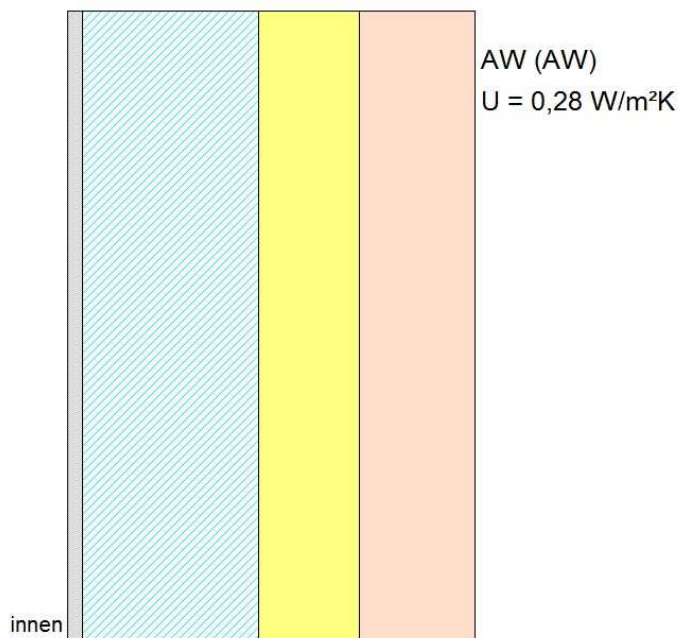
Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: Fenster-1,43



Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: AW AW



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

Querschnitt

von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	[kg/m ²]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R_{si}					0,13
01 Putzmörtel aus Kalk	1,500	1800	27,0	0,870	0,02
02 KS -MW 1400	17,500	1400	245,0	0,700	0,25
03 Styrodur 3035 CN 033	10,000	33	3,3	0,033	3,03
04 Mauerklinker 1800	11,500	1800	207,0	0,810	0,14
R_{se}					0,04
<hr/>					
	d = 40,500	G = 482,3		$R_T = 3,61$	

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ (ohne Korrekturen)

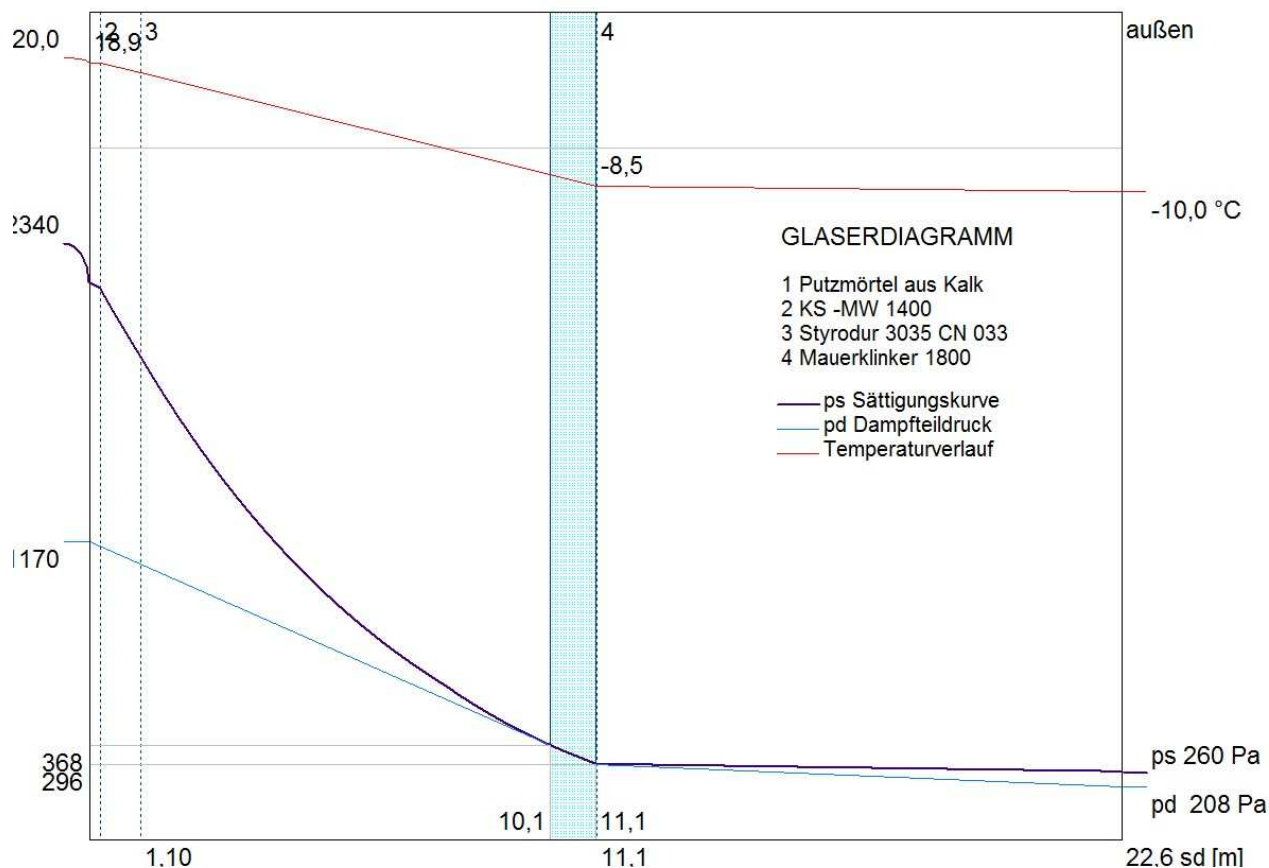
Ersatz oder Erneuerung von Bauteilen in Wohngebäuden (EnEV)

Ersatz oder erstmaliger Einbau der Außenwand

U $0,28 \leq 0,45$ OK

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: AW AW



Klimabedingungen Normklima DIN 4108

Tauperiode 1440 Stunden	Außenklima	-10,0 °C	$\phi = 80 \%$
	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
Verdunstungsperiode 2160 Stunden	Außenklima	12,0 °C	$\phi = 70 \%$
	Innenklima	12,0 °C	$\phi = 70 \%$

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode		
	T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2340	1170
1 Putzmörtel aus Kalk	18,9	2185	1170
2 KS -MW 1400	18,8	2172	1152
3 Styrodur 3035 CN 033	16,7	1901	1083
4 Mauerklinker 1800	-8,5	296	296
	-9,7	267	208
Außenluft	-10,0	260	208

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{\min} [-]	μ_{\max} [-]	$\mu_{\min} \cdot s$ [m]	$\mu_{\max} \cdot s$ [m]		s_d [m]
1 Putzmörtel aus Kalk	15	35	0,22	0,53	->	0,22
2 KS -MW 1400	5	10	0,88	1,75	->	0,88
3 Styrodur 3035 CN 033	100	200	10,00	20,00	->	10,00
4 Mauerklinker 1800	50	100	5,75	11,50	<-	11,50

$\Sigma \mu \cdot s =$						22,60

Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2001

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.5)

$R_{\min} = 0,29 < 3,44 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{\text{vorh}}$, in Ordnung nach DIN 4108-3, A.12

Mindest-Wärmedurchlasswiderstand $R_{\min} = R_{\text{si}} \cdot ((\theta_i - \theta_e) / (\theta_i - \theta_{\text{si}})) - (R_{\text{si}} + R_{\text{se}})$

Gl. A.12 mit $R_{\text{si}} / R_{\text{se}} = 0.25 / 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$ und $\theta_i / \theta_e = 20 / -5 \text{ °C}$ nach DIN 4108-2 Abs.6.2

Ergänzende Informationen

Die Taupunkttemperatur der Raumluft (20,0°C 50%) beträgt $\theta_s = 9,3 \text{ °C}$ (DIN 4108-3, Tab A.2)

Die Oberflächentemperatur bei $\theta_e = -15 \text{ °C}$ ist $\theta_{\text{oi}, -15 \text{ °C}} = \theta_i - R_{\text{si}} / R_T \cdot (\theta_i - \theta_e) = 18,7 \text{ °C}$

Überträgt man das Kriterium zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung an Wärmebrücken ($f_{\text{Rsi}} \geq 0.7$)

mit genormten Randbedingungen nach DIN 4108-2 auf den eindimensionalen Fall, dann erhält man:

mit $R_{\text{si}} / R_{\text{se}} = 0.25 / 0.04$ und $R_T = 3,73 \text{ m}^2\text{K/W} \Rightarrow f_{\text{Rsi}, 1D} = 0,93 \geq 0.7$

\Rightarrow Das Kriterium zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung an Wärmebrücken wird eingehalten.

Mit $\theta_i / \theta_e = 20 / -5 \text{ °C}$ und $\phi_i = 50\%$ erhält man vorh. $\theta_{\text{si}} = 18,3 \text{ °C}$ und zul. $\theta_{\text{si}, 80\%} = 12,6 \text{ °C}$

(mit $\theta_i / \theta_e = +20,0 / -10,0 \text{ °C}$ und $\phi_i = 50\%$ wird vorh. $\theta_{\text{si}} = 18,0 \text{ °C}$ und $\theta_{\text{si}, 80\%} = 12,6 \text{ °C}$)

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)

Taubereich "Styrodur 3035 CN 033 - Mauerklinker 1800"

$$m_{W,T} = 1440 \cdot \left(\frac{1170 - 368}{10,10} - \frac{296 - 208}{11,50} \right) / 1500 = 68,9 \text{ g/m}^2 \text{ Tauwasser}$$

$$m_{W,V} = 2160 \cdot \left(\frac{1403 - 982}{10,60} + \frac{1403 - 982}{12,00} \right) / 1500 = 107,7 \text{ g/m}^2 \text{ Verdunstung}$$

Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich, da

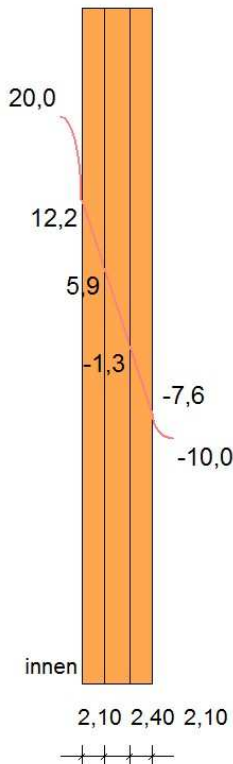
$m_{W,T} < \text{zul } m_{W,T}$ und $m_{W,V} > m_{W,T}$

Mindest- s_d -Wert einer innenliegenden Dampfsperre für eine tauwasserfreie Konstruktion:

$s_{d, \text{erf}} = s_{de} \cdot (p_i - p_e) / (p_{\text{sw}} - p_e) - s_{di} \cdot s_{de} = 11,50 \cdot (1170 - 208) / (296 - 208) - 10,10 - 11,50 = 104,1 \text{ m}$

Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: Aussentür,Holz1



Aussentür,Holz1

$U = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen

1 Vollholz

2 Holz, stabverleimt

3 Vollholz

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

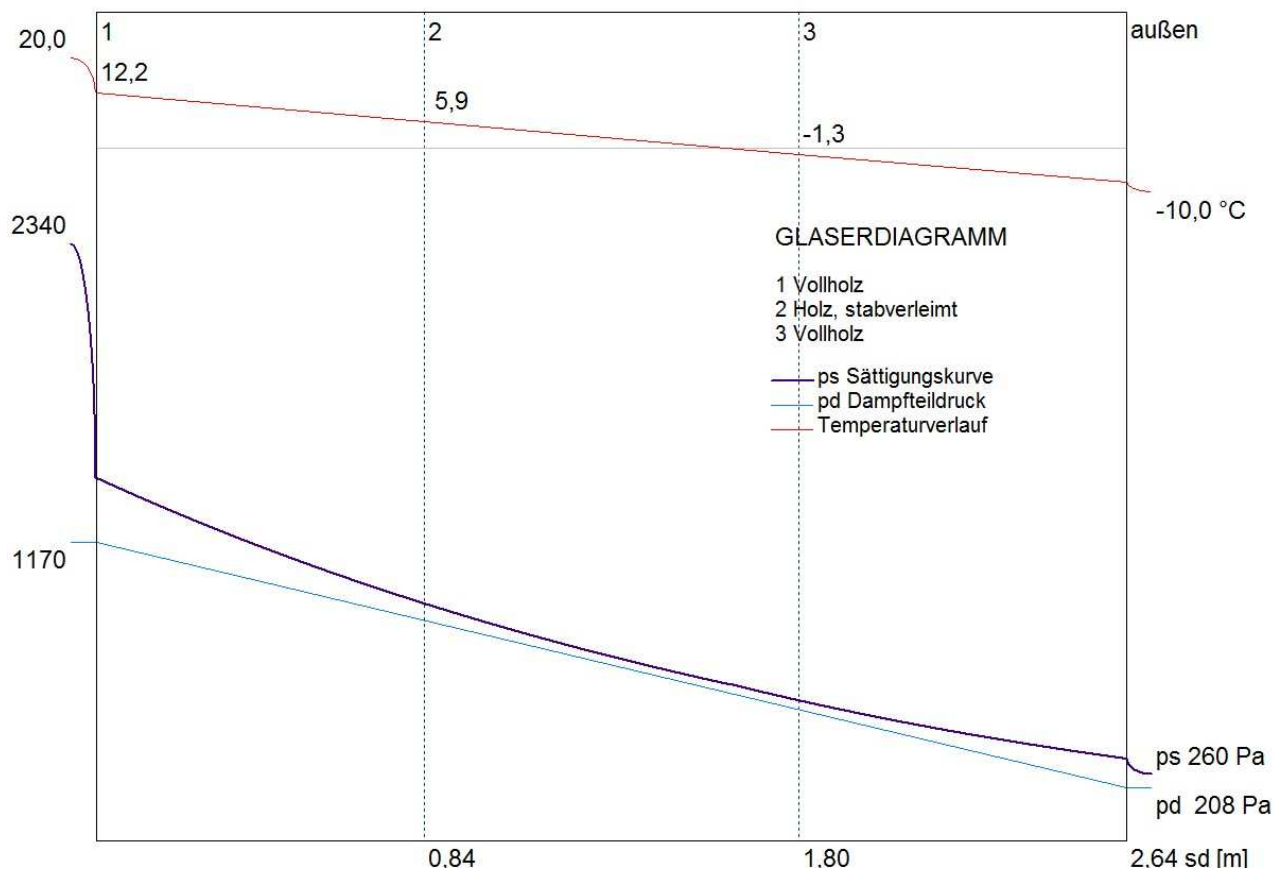
Querschnitt

von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R_{si}				0,13
01 Vollholz	2,100	800	0,200	0,10
02 Holz, stabverleimt	2,400	800	0,200	0,12
03 Vollholz	2,100	800	0,200	0,10
R_{se}				0,04
d =	6,600	G =	52,8	$R_T =$ 0,50

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ (ohne Korrekturen)

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: Aussentür,Holz1



Klimabedingungen Normklimadaten DIN 4108

Tauperiode 1440 Stunden	Außenklima	-10,0 °C	$\phi = 80 \%$
	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
Verdunstungsperiode 2160 Stunden	Außenklima	12,0 °C	$\phi = 70 \%$
	Innenklima	12,0 °C	$\phi = 70 \%$

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode		p_d [Pa]
	T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	
Raumluft	20,0	2340	1170
1 Vollholz	12,2	1422	1170
2 Holz, stabverleimt	5,9	925	864
3 Vollholz	-1,3	547	514
	-7,6	321	208
Außenluft	-10,0	260	208

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{\min} [-]	μ_{\max} [-]	$\mu_{\min} \cdot s$ [m]	$\mu_{\max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Vollholz	40	40	0,84	0,84	0,84
2 Holz, stabverleimt	40	40	0,96	0,96	0,96
3 Vollholz	40	40	0,84	0,84	0,84

$\Sigma \mu \cdot s =$					2,64

Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2001

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.5)

$R_{\min} = 0,29 < 0,33 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{\text{vorh}}$, in Ordnung nach DIN 4108-3, A.12

Mindest-Wärmedurchlasswiderstand $R_{\min} = R_{\text{si}} \cdot ((\theta_i - \theta_e) / (\theta_i - \theta_{\text{si}})) - (R_{\text{si}} + R_{\text{se}})$

Gl. A.12 mit $R_{\text{si}} / R_{\text{se}} = 0,25 / 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ und $\theta_i / \theta_e = 20 / -5 \text{ °C}$ nach DIN 4108-2 Abs.6.2

Ergänzende Informationen

Die Taupunkttemperatur der Raumluft (20,0°C 50%) beträgt $\theta_s = 9,3 \text{ °C}$ (DIN 4108-3, Tab A.2)

Die Oberflächentemperatur bei $\theta_e = -15\text{°C}$ ist $\theta_{\text{oi}, -15\text{°C}} = \theta_i - R_{\text{si}} / R_T \cdot (\theta_i - \theta_e) = 10,9 \text{ °C}$

Überträgt man das Kriterium zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung an Wärmebrücken ($f_{\text{Rsi}} \geq 0,7$)

mit genormten Randbedingungen nach DIN 4108-2 auf den eindimensionalen Fall, dann erhält man:

mit $R_{\text{si}} / R_{\text{se}} = 0,25 / 0,04$ und $R_T = 0,62 \text{ m}^2\text{K/W} \Rightarrow f_{\text{Rsi}, 1D} = 0,60 < 0,7$

\Rightarrow Das Kriterium zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung an Wärmebrücken wird nicht eingehalten.]

Mit $\theta_i / \theta_e = 20 / -5 \text{ °C}$ und $\phi_i = 50\%$ erhält man vorh. $\theta_{\text{si}} = 9,9 \text{ °C}$ und zul. $\theta_{\text{si}, 80\%} = 12,6 \text{ °C}$

(mit $\theta_i / \theta_e = +20,0 / -10,0 \text{ °C}$ und $\phi_i = 50\%$ wird vorh. $\theta_{\text{si}} = 7,9 \text{ °C}$ und $\theta_{\text{si}, 80\%} = 12,6 \text{ °C}$)

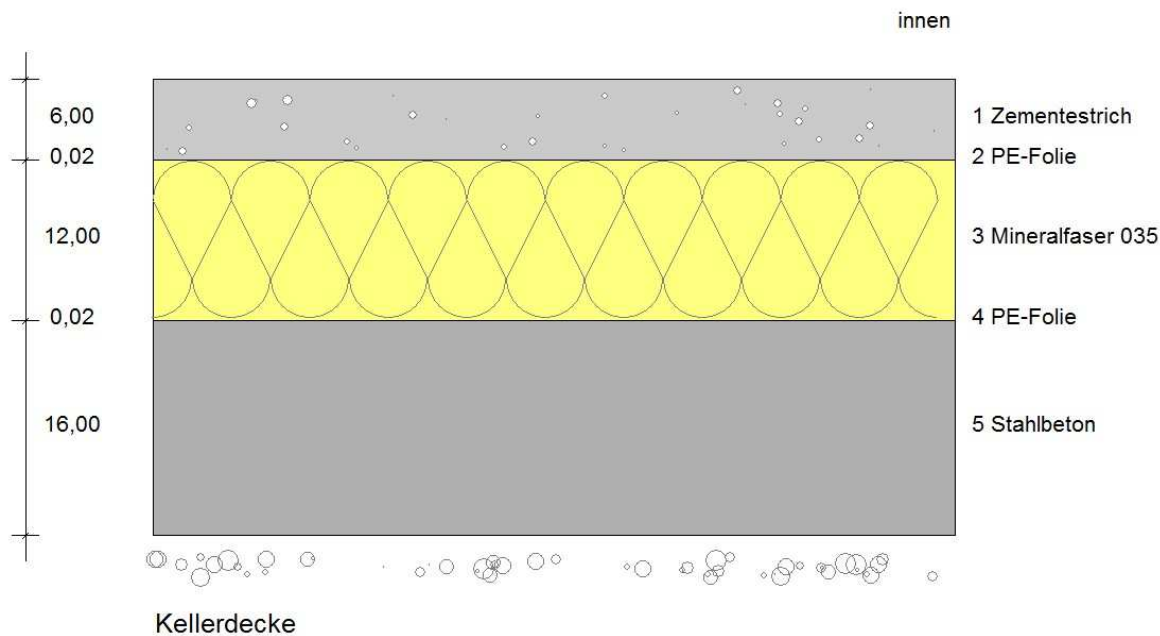
Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.

Diffusionsstromdichte = $0,243 \text{ g/m}^2\text{h}$

Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: Kellerdecke



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

Querschnitt

von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	[kg/m ²]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R_{si}					0,17
01 Zementestrich	6,000	2000	120,0	1,400	0,04
02 PE-Folie	0,020	1000	0,2	-	-
03 Mineralfaser 035	12,000	30	3,6	0,035	3,43
04 PE-Folie	0,020	1000	0,2	-	-
05 Stahlbeton	16,000	2400	384,0	2,100	0,08
R_{se}					0,00
<hr/>					
	d = 34,040	G = 508,0		$R_T = 3,72$	

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,27 W/m²K** (ohne Korrekturen)

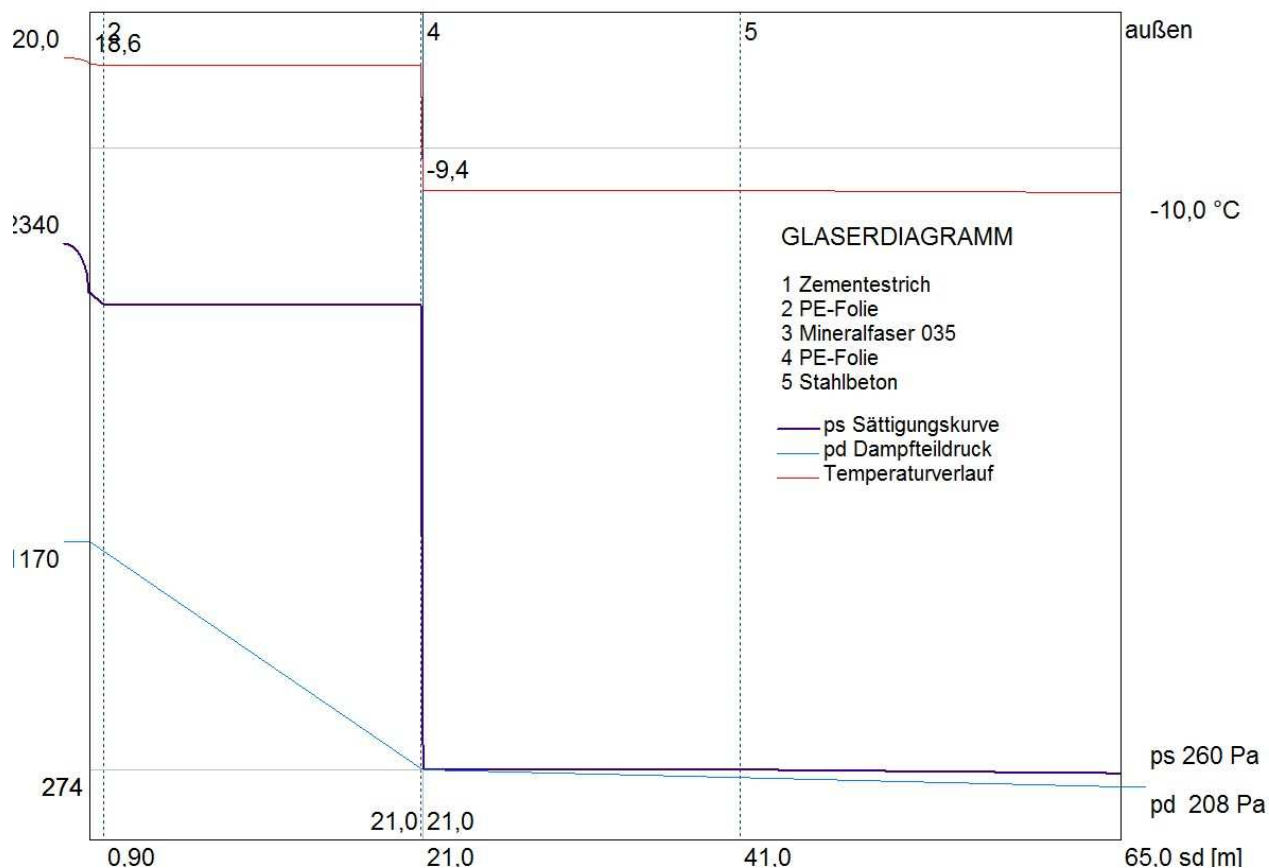
Ersatz oder Erneuerung von Bauteilen in Gebäuden (EnEV)

Ersatz oder erstmaliger Einbau der Decke gegen Erdreich

U 0,27 ≤ 0,50 OK

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: Kellerdecke



Klimabedingungen Normklimadaten DIN 4108

Tauperiode	Außenklima	-10,0 °C	ϕ = 80 %
1440 Stunden	Innenklima	20,0 °C	ϕ = 50 %
Verdunstungsperiode	Außenklima	12,0 °C	ϕ = 70 %
2160 Stunden	Innenklima	12,0 °C	ϕ = 70 %

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2340	1170
1 Zementestrich	18,6	2145	1170
2 PE-Folie	18,3	2105	1132
3 Mineralfaser 035	18,3	2105	279
4 PE-Folie	-9,4	274	274
5 Stahlbeton	-9,4	274	244
	-10,0	260	208
Außenluft	-10,0	260	208

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{\min} [-]	μ_{\max} [-]	$\mu_{\min} \cdot s$ [m]	$\mu_{\max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Zementestrich	15	35	0,90	2,10	-> 0,90
2 PE-Folie	100000	100000	20,00	20,00	20,00
3 Mineralfaser 035	1	1	0,12	0,12	0,12
4 PE-Folie	100000	100000	20,00	20,00	20,00
5 Stahlbeton	70	150	11,20	24,00	<- 24,00
$\Sigma \mu \cdot s =$					65,02

Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2001

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.5)

$R_{\min} = 0,29 < 3,55 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{\text{vorh}}$, in Ordnung nach DIN 4108-3, A.12

Mindest-Wärmedurchlasswiderstand $R_{\min} = R_{\text{si}} \cdot ((\theta_i - \theta_e) / (\theta_i - \theta_s)) - (R_{\text{si}} + R_{\text{se}})$

Gl. A.12 mit $R_{\text{si}} / R_{\text{se}} = 0,25 / 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ und $\theta_i / \theta_e = 20 / -5 \text{ °C}$ nach DIN 4108-2 Abs.6.2

Ergänzende Informationen

Die Taupunkttemperatur der Raumluft (20,0°C 50%) beträgt $\theta_s = 9,3 \text{ °C}$ (DIN 4108-3, Tab A.2)

Die Oberflächentemperatur bei $\theta_e = -15 \text{ °C}$ ist $\theta_{\text{oi}, -15 \text{ °C}} = \theta_i - R_{\text{si}} / R_T \cdot (\theta_i - \theta_e) = 18,4 \text{ °C}$

Überträgt man das Kriterium zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung an Wärmebrücken ($f_{\text{Rsi}} \geq 0,7$)

mit genormten Randbedingungen nach DIN 4108-2 auf den eindimensionalen Fall, dann erhält man:

mit $R_{\text{si}} / R_{\text{se}} = 0,25 / 0,04$ und $R_T = 3,84 \text{ m}^2\text{K/W} \Rightarrow f_{\text{Rsi}, 1D} = 0,93 \geq 0,7$

\Rightarrow Das Kriterium zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung an Wärmebrücken wird eingehalten.

Mit $\theta_i / \theta_e = 20 / -5 \text{ °C}$ und $\phi_i = 50\%$ erhält man vorh. $\theta_{\text{si}} = 18,4 \text{ °C}$ und zul. $\theta_{\text{si}, 80\%} = 12,6 \text{ °C}$

(mit $\theta_i / \theta_e = +20,0 / -10,0 \text{ °C}$ und $\phi_i = 50\%$ wird vorh. $\theta_{\text{si}} = 18,0 \text{ °C}$ und $\theta_{\text{si}, 80\%} = 12,6 \text{ °C}$)

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)

Taubene vor Schicht "PE-Folie"

$$m_{W,T} = 1440 \cdot \left(\frac{1170 - 274}{21,02} - \frac{274 - 208}{44,00} \right) / 1500 = 39,5 \text{ g/m}^2 \text{ Tauwasser}$$

$$m_{W,V} = 2160 \cdot \left(\frac{1403 - 982}{21,02} + \frac{1403 - 982}{44,00} \right) / 1500 = 42,6 \text{ g/m}^2 \text{ Verdunstung}$$

Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich, da

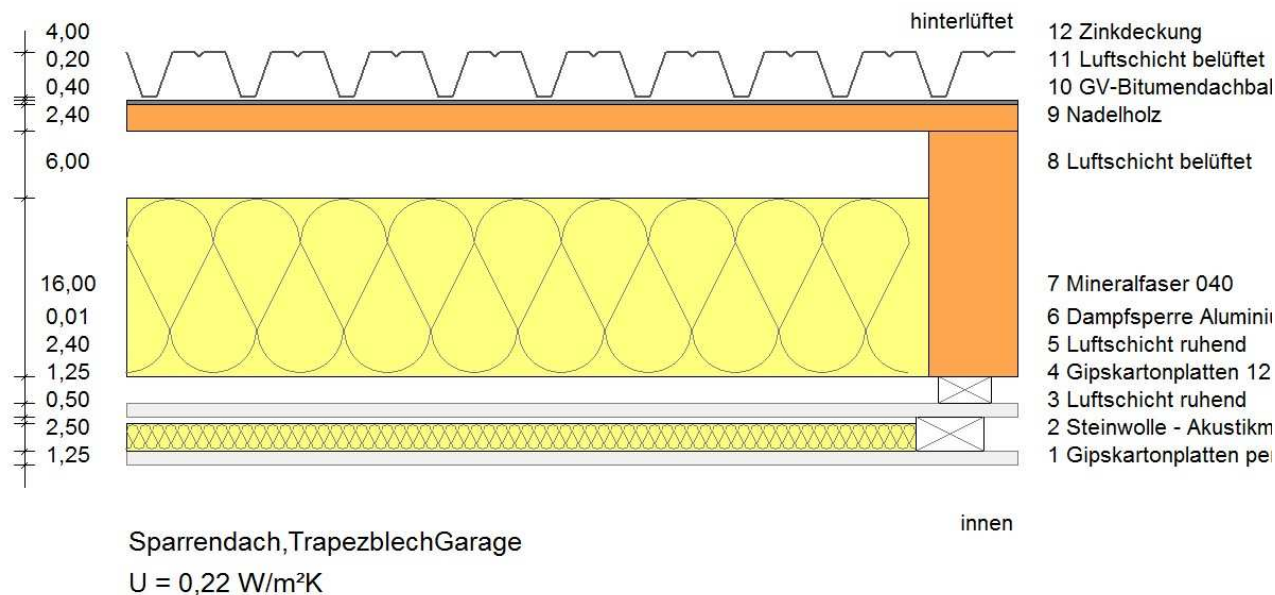
$m_{W,T} < \text{zul } m_{W,T}$ und $m_{W,V} > m_{W,T}$

Mindest- s_d -Wert einer innenliegenden Dampfsperre für eine tauwasserfreie Konstruktion:

$s_{d,\text{erf}} = s_{de} \cdot (p_i - p_e) / (p_{\text{sw}} - p_e) - s_{di} - s_{de} = 44,00 \cdot (1170 - 208) / (274 - 208) - 21,02 - 44,00 = 576,3 \text{ m}$

Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: Sparrendach,TrapezblechGarage



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

Querschnitt

von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	ρ [kg/m ²]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R_{si}					0,10
01 Gipskartonplatten perf.	1,250	900	11,3	0,210	0,06
02 Steinwolle - Akustikmatte	2,500	30	0,8	0,040	0,63
03 Luftschicht ruhend	0,500	1	0,0	-	0,11
04 Gipskartonplatten 12,5 mm	1,250	900	11,3	0,210	0,06
05 Luftschicht ruhend	2,400	1	0,0	-	0,16
06 Dampfsperre Aluminium-Ver	0,014	-	0,2	-	0,00
07 Mineralfaser 040	16,000	20	3,2	0,040	4,00
08 Luftschicht belüftet	6,000	1	0,1	-	0,00
09 Nadelholz	2,400	600	14,4	0,130	0,18
10 GV-Bitumendachbahn	0,400	1200	4,8	0,170	0,02
11 Luftschicht belüftet	0,200	1	0,0	-	0,00
12 Zinkdeckung	4,000	-	10,0	-	-
R_{se}					0,10
<hr/>					
d =	36,914	G =	55,9	$R_T =$	5,43

$U_{Gefach} = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil			
8,0 cm	80,0 cm	10,0 %	68,7 kg/m²		
Rahmenanteil von innen	s [cm]	ρ [kg/m³]	[kg/m²]	λ [W/mK]	R [m²K/W]
R _{si}					0,10
01 Gipskartonplatten perf.	1,250	900	11,3	0,210	0,06
02 Grundlattung	3,000	-	-	-	0,00
03 Gipskartonplatten 12,5 mm	1,250	900	11,3	0,210	0,06
04 Grundlattung	2,400	-	-	-	0,00
05 Dampfsperre Aluminium-Ver	0,014	-	0,2	-	0,00
06 Nadelholz	22,000	600	132,0	0,130	1,69
07 Nadelholz	2,400	600	14,4	0,130	0,18
08 GV-Bitumendachbahn	0,400	1200	4,8	0,170	0,02
09 Luftschicht belüftet	0,200	1	0,0	-	0,00
10 Zinkdeckung	4,000	-	10,0	-	0,00
R _{se}					0,10
	36,914		183,9	R _T =	2,22

$$U_{(R)} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Weitere Bauteilschicht mit Rahmenanteilen

Bauteilschicht	Rahmenmaterial	λ	b	Achsabstand
02 Steinwolle - Akustikmatte	Nadelholz	0,13 W/mK	4,5 cm	83,5 cm

$$U_m = 85,1\% \cdot 0,184 + 9,5\% \cdot 0,450 + 4,9\% \cdot 0,200 + 0,5\% \cdot 0,558 = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R'_T = 1 / U_m = 4,71 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,10 + 0,06 + 0,56 + 0,00 + 0,06 + 0,01 + 0,00 + 3,27 + 0,00 + 0,18 + 0,02 + 0,00 + 0,00 + 0,10 = 4,37 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\min} = 0.001 \text{ m}^2\text{K/W angenommen: Gefach-12}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T) / 2 = 4,54 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,22 W/m²K** (ohne Korrekturen)

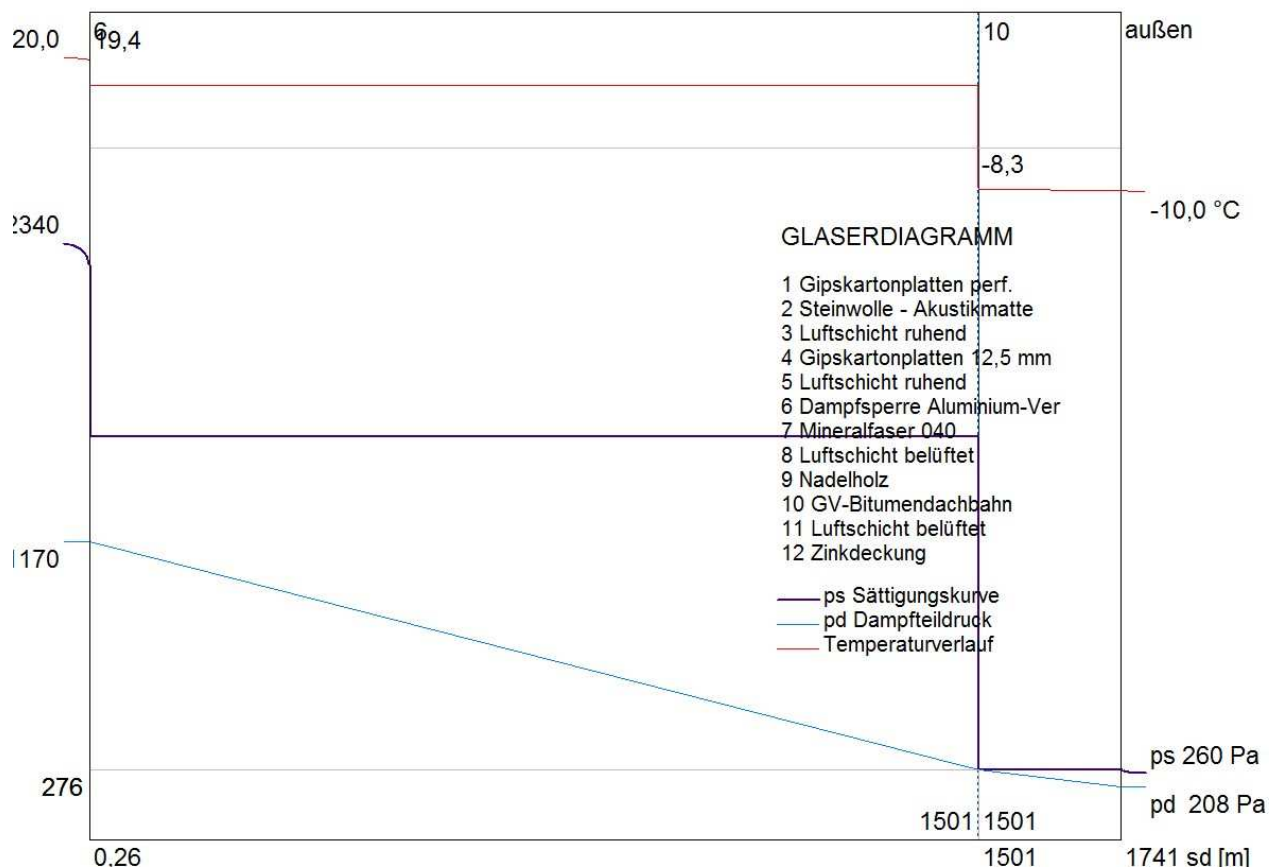
Ersatz oder Erneuerung von Bauteilen in Gebäuden (EnEV)

Ersatz oder erstmaliger Einbau des Flachdachs

$$U \quad 0,22 \leq 0,25 \quad \text{OK}$$

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: Sparrendach,TrapezblechGarage



Klimabedingungen Normklimadaten DIN 4108

Tauperiode	Außenklima	-10,0 °C	ϕ = 80 %
1440 Stunden	Innenklima	20,0 °C	ϕ = 50 %
Verdunstungsperiode	Außenklima	12,0 °C	ϕ = 70 %
2160 Stunden	Innenklima	12,0 °C	ϕ = 70 %

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T _{gr} [°C]	p _s [Pa]	p _d [Pa]
Raumluft	20,0	2340	1170
1 Gipskartonplatten perf.	19,4	2254	1170
2 Steinwolle - Akustikmatte	19,1	2212	1170
3 Luftschicht ruhend	15,7	1784	1170
4 Gipskartonplatten 12,5 mm	15,1	1717	1170
5 Luftschicht ruhend	14,7	1674	1170
6 Dampfsperre Aluminium-Ver	13,8	1578	1170
7 Mineralfaser 040	13,8	1578	277

8 Luftschicht belüftet	-8,3	301	277
9 Nadelholz	-8,3	301	277
10 GV-Bitumendachbahn	-9,3	276	276
11 Luftschicht belüftet	-9,4	274	208
12 Zinkdeckung	-9,4	274	208
	-9,4	274	208
Außenluft	-10,0	260	208

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{\min} [-]	μ_{\max} [-]	$\mu_{\min} \cdot s$ [m]	$\mu_{\max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Gipskartonplatten perf.	8	8	0,10	0,10	0,10
2 Steinwolle - Akustikmatte	1	1	0,03	0,03	0,03
3 Luftschicht ruhend	1	1	0,01	0,01	0,01
4 Gipskartonplatten 12,5 mm	8	8	0,10	0,10	0,10
5 Luftschicht ruhend	1	1	0,02	0,02	0,02
6 Dampfsperre Aluminium-Ver	-	-	1500,00	1500,00	1500,00
7 Mineralfaser 040	1	1	0,16	0,16	0,16
8 Luftschicht belüftet	1	1	0,06	0,06	0,06
9 Nadelholz	40	40	0,96	0,96	0,96
10 GV-Bitumendachbahn	20000	60000	80,00	240,00	<- 240,00
11 Luftschicht belüftet	1	1	0,00	0,00	0,00
12 Zinkdeckung	-	-	-	-	-

					$\Sigma \mu \cdot s = 1741,44$

Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2001

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.5)

$R_{\min} = 0,29 < 5,23 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{\text{vorh}}$, in Ordnung nach DIN 4108-3, A.12

Mindest-Wärmedurchlasswiderstand $R_{\min} = R_{\text{si}} \cdot ((\theta_i - \theta_e) / (\theta_i - \theta_s)) - (R_{\text{si}} + R_{\text{se}})$

Gl. A.12 mit $R_{\text{si}} / R_{\text{se}} = 0,25 / 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ und $\theta_i / \theta_e = 20 / -5 \text{ °C}$ nach DIN 4108-2 Abs.6.2

Ergänzende Informationen

Die Taupunkttemperatur der Raumluft (20,0°C 50%) beträgt $\theta_s = 9,3 \text{ °C}$ (DIN 4108-3, Tab A.2)

Die Oberflächentemperatur bei $\theta_e = -15 \text{ °C}$ ist $\theta_{\text{oi}, -15 \text{ °C}} = \theta_i - R_{\text{si}} / R_T \cdot (\theta_i - \theta_e) = 19,4 \text{ °C}$

Überträgt man das Kriterium zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung an Wärmebrücken ($f_{\text{Rsi}} \geq 0,7$)

mit genormten Randbedingungen nach DIN 4108-2 auf den eindimensionalen Fall, dann erhält man:

mit $R_{\text{si}} / R_{\text{se}} = 0,25 / 0,04$ und $R_T = 5,52 \text{ m}^2\text{K/W} \Rightarrow f_{\text{Rsi}, 1D} = 0,95 \geq 0,7$

\Rightarrow Das Kriterium zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung an Wärmebrücken wird eingehalten.

Mit $\theta_i / \theta_e = 20 / -5 \text{ °C}$ und $\phi_i = 50\%$ erhält man vorh. $\theta_{\text{si}} = 18,9 \text{ °C}$ und zul. $\theta_{\text{si}, 80\%} = 12,6 \text{ °C}$

(mit $\theta_i / \theta_e = +20,0 / -10,0 \text{ °C}$ und $\phi_i = 50\%$ wird vorh. $\theta_{\text{si}} = 18,6 \text{ °C}$ und $\theta_{\text{si}, 80\%} = 12,6 \text{ °C}$)

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)

Tauebene vor Schicht "GV-Bitumendachbahn"

$$m_{W, T} = 1440 \cdot \left(\frac{1170 - 276}{1501,44} - \frac{276 - 208}{240,00} \right) / 1500 = 0,3 \text{ g/m}^2 \text{ Tauwasser}$$

$$m_{W, V} = 2160 \cdot \left(\frac{1403 - 982}{1501,44} + \frac{1403 - 982}{240,00} \right) / 1500 = 2,9 \text{ g/m}^2 \text{ Verdunstung}$$

Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich, da

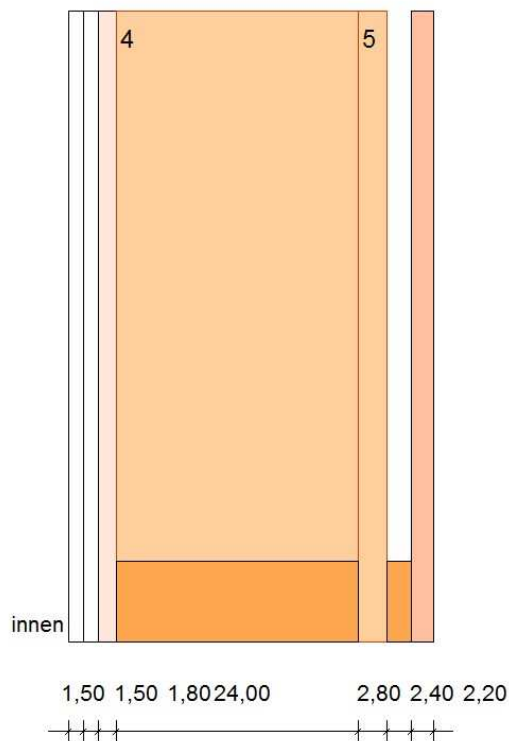
$$m_{W,T} < \text{zul } m_{W,T} \text{ und } m_{W,V} > m_{W,T}$$

Mindest- s_d -Wert einer innenliegenden Dampfsperre für eine tauwasserfreie Konstruktion:

$$s_{d,erf} = s_{de} * (p_i - p_e) / (p_{sw} - p_e) - s_{di} - s_{de} = 240,00 * (1170 - 208) / (276 - 208) - 1501,44 - 240,00 = 1653,9 \text{ m}$$

Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: Aussenwand_GarageAW AW_G



Aussenwand_GarageAW (AW)

$U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen

1 FERMACELL 15 mm

2 FERMACELL 15 mm

3 Kronoply F, 18mm

4 isofloc® L - Zellulose

5 GUTEX Multiplex-top 28 Unterdeckplatte

6 Luftschicht schwach belüf.

7 Holzschalung 22 mm

Bauteiltyp "Außenwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R_{si}				0,13
01 FERMACELL 15 mm	1,500	1150	17,3	0,05
02 FERMACELL 15 mm	1,500	1150	17,3	0,05
03 Kronoply F, 18mm	1,800	600	10,8	0,14
04 isofloc® L - Zellulose	24,000	60	14,4	0,040
05 GUTEX Multiplex-top 28 Unterdeck	2,800	200	5,6	0,047
06 Luftschicht schwach belüf.	2,400	1	0,0	-
07 Holzschalung 22 mm	2,200	600	13,2	0,130
R_{se}				0,04
	d = 36,200	G = 78,5	$R_T = 7,26$	

$U_{\text{Gefach}} = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$

Rahmenbereich

Rahmenbreite Achsabstand

zusammengesetztes Bauteil

8,0 cm	63,0 cm	12,7 %	96,8 kg/m ²		
Rahmenanteil von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	[kg/m ²]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R _{Si}					0,13
01 FERMACELL 15 mm	1,500	1150	17,3	0,320	0,05
02 FERMACELL 15 mm	1,500	1150	17,3	0,320	0,05
03 Kronoply F, 18mm	1,800	600	10,8	0,130	0,14
04 Nadelholz	24,000	600	144,0	0,130	1,85
05 GUTEX Multiplex-top 28 Unterdeck	2,800	200	5,6	0,047	0,60
06 Nadelholz	2,400	600	14,4	0,130	0,18
07 Holzschalung 22 mm	2,200	600	13,2	0,130	0,17
R _{Se}					0,04
	36,200		222,5	R _T =	3,20

$$U_{(R)} = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R'_T = 1 / (87,30\% \cdot 1/7,257 + 12,70\% \cdot 1/3,198) = 6,25 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,13+0,05+0,05+0,14+4,67+0,60+0,10+0,17+0,04 = 5,93 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 6,09 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,16 W/m²K** (ohne Korrekturen)

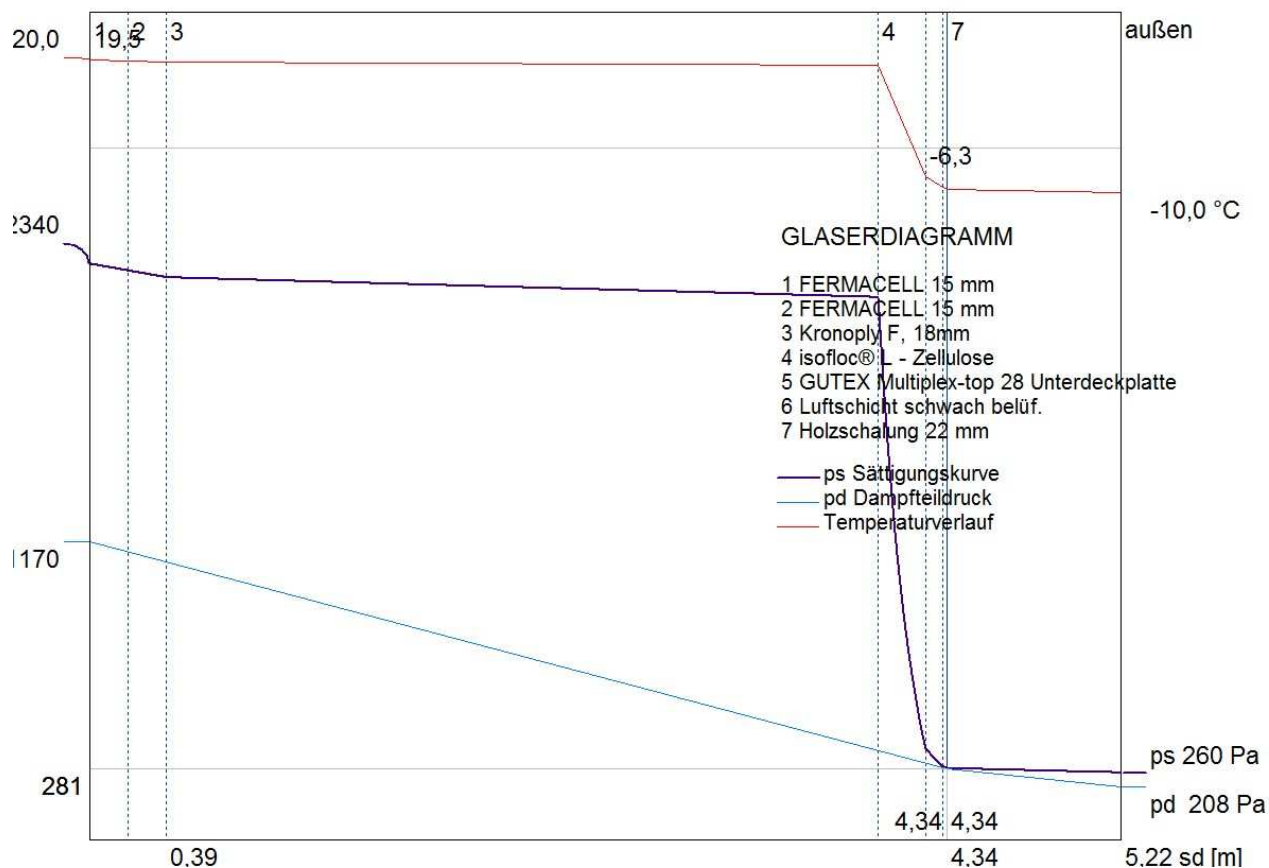
Ersatz oder Erneuerung von Bauteilen in Wohngebäuden (EnEV)

Ersatz oder erstmaliger Einbau der Außenwand

$$U \quad 0,16 \leq 0,45 \quad \text{OK}$$

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: Aussenwand_GarageAW AW_G



Klimabedingungen Normklimadaten DIN 4108

Tauperiode	Außenklima	-10,0 °C	ϕ = 80 %
1440 Stunden	Innenklima	20,0 °C	ϕ = 50 %
Verdunstungsperiode	Außenklima	12,0 °C	ϕ = 70 %
2160 Stunden	Innenklima	12,0 °C	ϕ = 70 %

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

von innen vor der Schichtgrenze	T _{gr} [°C]	Tauperiode p _s [Pa]	p _d [Pa]
Raumluft	20,0	2340	1170
1 FERMACELL 15 mm	19,5	2268	1170
2 FERMACELL 15 mm	19,3	2241	1130
3 Kronoply F, 18mm	19,1	2212	1090
4 isofloc® L - Zellulose	18,5	2132	352
5 GUTEX Multiplex-top 28 Unter	-6,3	359	303
6 Luftschicht schwach belüf.	-8,8	288	286
7 Holzschalung 22 mm	-9,1	281	281
	-9,8	264	208
Außenluft	-10,0	260	208

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{\min} [-]	μ_{\max} [-]	$\mu_{\min} \cdot s$ [m]	$\mu_{\max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 FERMACELL 15 mm	13	13	0,20	0,20	0,20
2 FERMACELL 15 mm	13	13	0,20	0,20	0,20
3 Kronoply F, 18mm	200	300	3,60	5,40	-> 3,60
4 isofloc® L - Zellulose	1	2	0,24	0,48	-> 0,24
5 GUTEX Multiplex-top 28 Unterd	3	3	0,08	0,08	0,08
6 Luftschicht schwach belüf.	1	1	0,02	0,02	0,02
7 Holzschalung 22 mm	40	40	0,88	0,88	0,88
$\Sigma \mu \cdot s =$					5,22

Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2001

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.5)

$R_{\min} = 0,29 < 7,09 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{\text{vorh}}$, in Ordnung nach DIN 4108-3, A.12

Mindest-Wärmedurchlasswiderstand $R_{\min} = R_{\text{si}} \cdot ((\theta_i - \theta_e) / (\theta_i - \theta_s)) - (R_{\text{si}} + R_{\text{se}})$

Gl. A.12 mit $R_{\text{si}} / R_{\text{se}} = 0,25 / 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ und $\theta_i / \theta_e = 20 / -5 \text{ °C}$ nach DIN 4108-2 Abs.6.2

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)

Taubene vor Schicht "Holzschalung 22 mm"

$$m_{W,T} = 1440 \cdot \left(\frac{1170 - 281}{4,34} - \frac{281 - 208}{0,88} \right) / 1500 = 117,1 \text{ g/m}^2 \text{ Tauwasser}$$

$$m_{W,V} = 2160 \cdot \left(\frac{1403 - 982}{4,34} + \frac{1403 - 982}{0,88} \right) / 1500 = 828,7 \text{ g/m}^2 \text{ Verdunstung}$$

"Holzschalung 22 mm" in der Tauzone. Die Feuchtezunahme beträgt 0,9 Masse %.
Erfüllt die Anforderungen nach DIN 4108-3, 4.2.1.

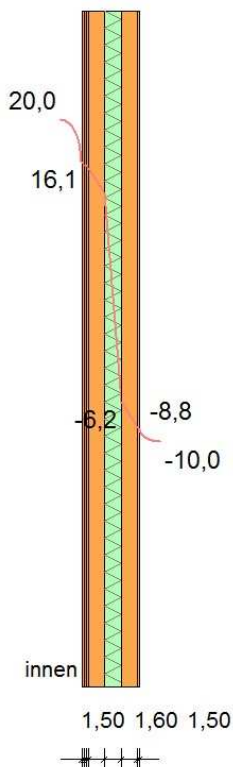
Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich, da
 $m_{W,T} < \text{zul } m_{W,T}$ und $m_{W,V} > m_{W,T}$

Mindest- s_d -Wert einer innenliegenden Dampfsperre für eine tauwasserfreie Konstruktion:

$$s_{d,\text{erf}} = s_{de} \cdot (p_i - p_e) / (p_{\text{sw}} - p_e) - s_{di} - s_{de} = 0,88 \cdot (1170 - 208) / (281 - 208) - 4,34 - 0,88 = 6,4 \text{ m}$$

Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: Aussentür,PU-Kern



Aussentür,PU-Kern

$U = 1,01 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen

- 1 Deckfurnier
- 2 Dampfbremse 30m
- 3 Sperrfurnier
- 4 Trägerplatte
- 5 PUR-Hartschaum 025
- 6 Trägerplatte
- 7 Deckfurnier

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

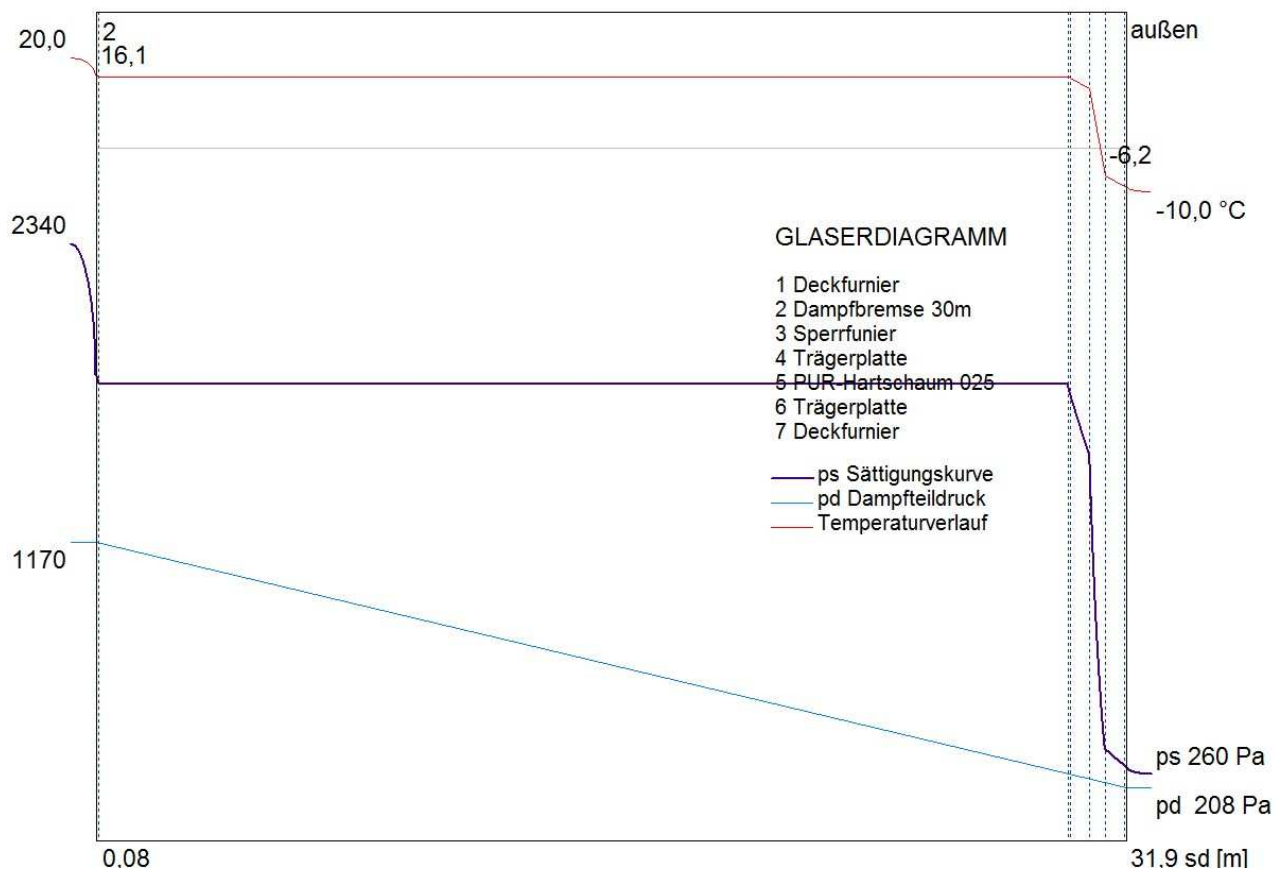
Querschnitt

von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R_{si}				0,13
01 Deckfurnier	0,200	800	1,6	0,01
02 Dampfbremse 30m	0,030	-	-	-
03 Sperrfurnier	0,200	800	1,6	0,01
04 Trägerplatte	1,500	800	12,0	0,07
05 PUR-Hartschaum 025	1,600	30	0,5	0,64
06 Trägerplatte	1,500	800	12,0	0,07
07 Deckfurnier	0,200	800	1,6	0,01
R_{se}				0,04
<hr/>				
d =	5,230	G =	29,3	$R_T = 0,99$

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ (ohne Korrekturen)

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: Aussentür,PU-Kern



Klimabedingungen Normklimadaten DIN 4108

Tauperiode 1440 Stunden	Außenklima	-10,0 °C	$\phi = 80 \%$
	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
Verdunstungsperiode 2160 Stunden	Außenklima	12,0 °C	$\phi = 70 \%$
	Innenklima	12,0 °C	$\phi = 70 \%$

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode		
	T _{gr} [°C]	p _s [Pa]	p _d [Pa]
Raumluft	20,0	2340	1170
1 Deckfurnier	16,1	1830	1170
2 Dampfbremse 30m	15,8	1795	1168
3 Sperrfurnier	15,8	1795	263
4 Trägerplatte	15,5	1762	261
5 PUR-Hartschaum 025	13,2	1518	243
6 Trägerplatte	-6,2	362	228
7 Deckfurnier	-8,5	296	210

	-8,8	288	208
Außenluft	-10,0	260	208

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{\min} [-]	μ_{\max} [-]	$\mu_{\min} \cdot s$ [m]	$\mu_{\max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Deckfurnier	40	40	0,08	0,08	0,08
2 Dampfbremse 30m	-	-	30,00	30,00	30,00
3 Sperrfurnier	40	40	0,08	0,08	0,08
4 Trägerplatte	40	40	0,60	0,60	0,60
5 PUR-Hartschaum 025	30	100	0,48	1,60	-> 0,48
6 Trägerplatte	40	40	0,60	0,60	0,60
7 Deckfurnier	40	40	0,08	0,08	0,08

$\Sigma \mu \cdot s =$					31,92

Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2001

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.5)

$R_{\min} = 0,29 < 0,82 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{\text{vorh}}$, in Ordnung nach DIN 4108-3, A.12

Mindest-Wärmedurchlasswiderstand $R_{\min} = R_{\text{si}} \cdot ((\theta_i - \theta_e) / (\theta_i - \theta_s)) - (R_{\text{si}} + R_{\text{se}})$

Gl. A.12 mit $R_{\text{si}} / R_{\text{se}} = 0,25 / 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ und $\theta_i / \theta_e = 20 / -5 \text{ °C}$ nach DIN 4108-2 Abs.6.2

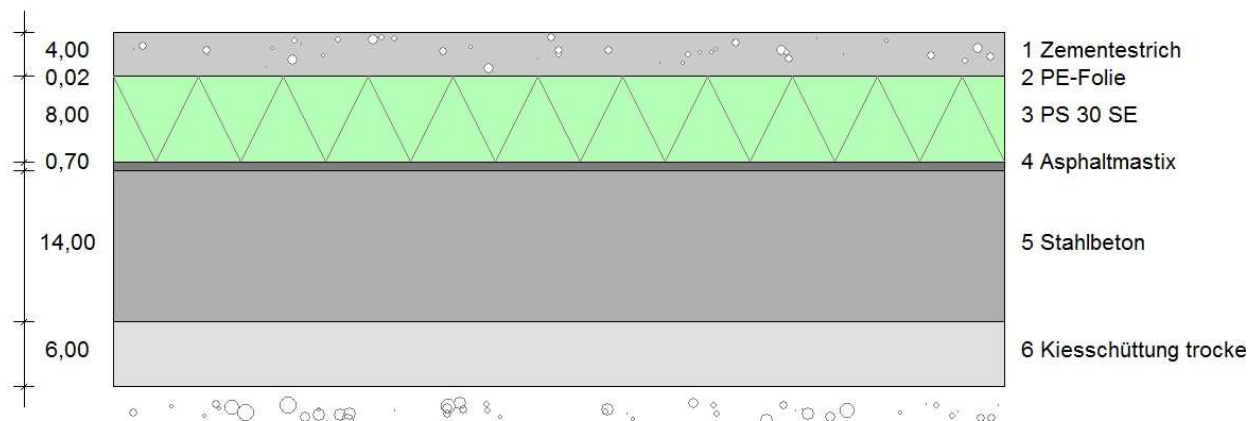
Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.

Diffusionsstromdichte = $0,020 \text{ g/m}^2\text{h}$

Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: KellerbodenGarage



Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich"

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

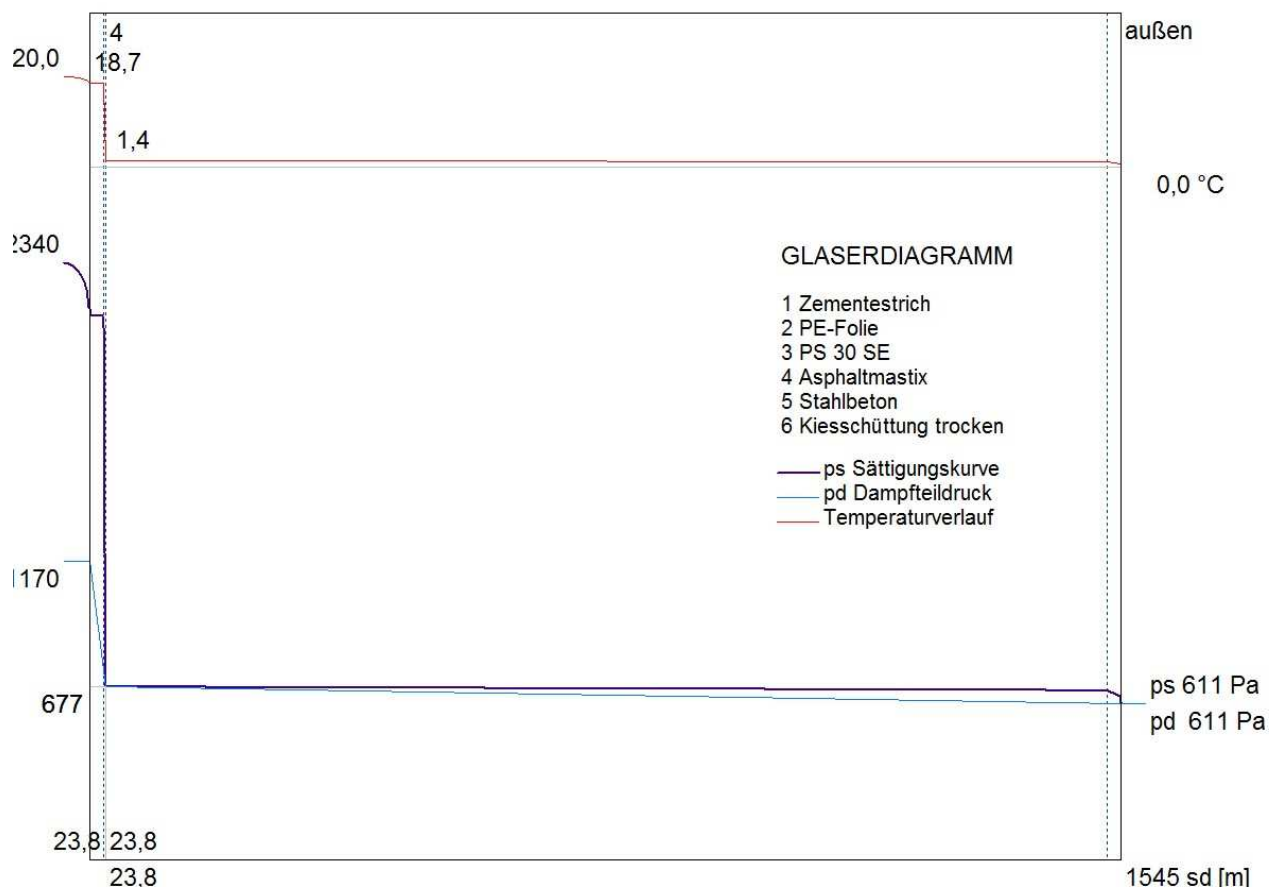
Querschnitt

von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	[kg/m ²]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R_{si}					0,17
01 Zementestrich	4,000	2000	80,0	1,400	0,03
02 PE-Folie	0,020	1000	0,2	–	–
03 PS 30 SE	8,000	30	2,4	0,035	2,29
04 Asphaltmastix	0,700	2000	14,0	0,170	0,04
05 Stahlbeton	14,000	2400	336,0	2,100	0,07
06 Kiesschüttung trocken	6,000	1800	108,0	0,700	0,09
R_{se}					0,00
<hr/>					
	d = 32,720	G = 540,6		$R_T = 2,68$	

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$ (ohne Korrekturen)

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: KellerbodenGarage



Klimabedingungen gegen Erdbreich

Tauperiode	Außenklima	0,0 °C	$\phi = 100 \%$
1440 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	Außenklima	12,0 °C	$\phi = 100 \%$
2160 Stunden	Innenklima	12,0 °C	$\phi = 70 \%$

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T _{gr} [°C]	p _s [Pa]	p _d [Pa]
Raumluft	20,0	2340	1170
1 Zementestrich	18,7	2158	1170
2 PE-Folie	18,5	2132	1158
3 PS 30 SE	18,5	2132	743
4 Asphaltmastix	1,4	677	677
5 Stahlbeton	1,1	662	612
6 Kiesschüttung trocken	0,6	640	611

	0,0	611	611
Außenluft	0,0	611	611

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{\min} [-]	μ_{\max} [-]	$\mu_{\min} \cdot s$ [m]	$\mu_{\max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Zementestrich	15	35	0,60	1,40	-> 0,60
2 PE-Folie	100000	100000	20,00	20,00	20,00
3 PS 30 SE	40	100	3,20	8,00	-> 3,20
4 Asphaltmastix	-	-	1500,00	1500,00	1500,00
5 Stahlbeton	70	150	9,80	21,00	<- 21,00
6 Kiesschüttung trocken	1	1	0,06	0,06	0,06

					$\Sigma \mu \cdot s = 1544,86$

Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2001

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.5)

$R_{\min} = 0,29 < 2,51 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{\text{vorh}}$, in Ordnung nach DIN 4108-3, A.12

Mindest-Wärmedurchlasswiderstand $R_{\min} = R_{\text{si}} \cdot ((\theta_i - \theta_e) / (\theta_i - \theta_s)) - (R_{\text{si}} + R_{\text{se}})$

Gl. A.12 mit $R_{\text{si}} / R_{\text{se}} = 0,25 / 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ und $\theta_i / \theta_e = 20 / -5 \text{ °C}$ nach DIN 4108-2 Abs.6.2

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)

Tauebene vor Schicht "Asphaltmastix"

$$m_{W,T} = 1440 \cdot \left(\frac{1170 - 677}{23,80} - \frac{677 - 611}{1521,06} \right) / 1500 = 19,8 \text{ g/m}^2 \text{ Tauwasser}$$

$$m_{W,V} = 2160 \cdot \left(\frac{1403 - 982}{23,80} + \frac{1403 - 1263}{1521,06} \right) / 1500 = 25,6 \text{ g/m}^2 \text{ Verdunstung}$$

Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich, da

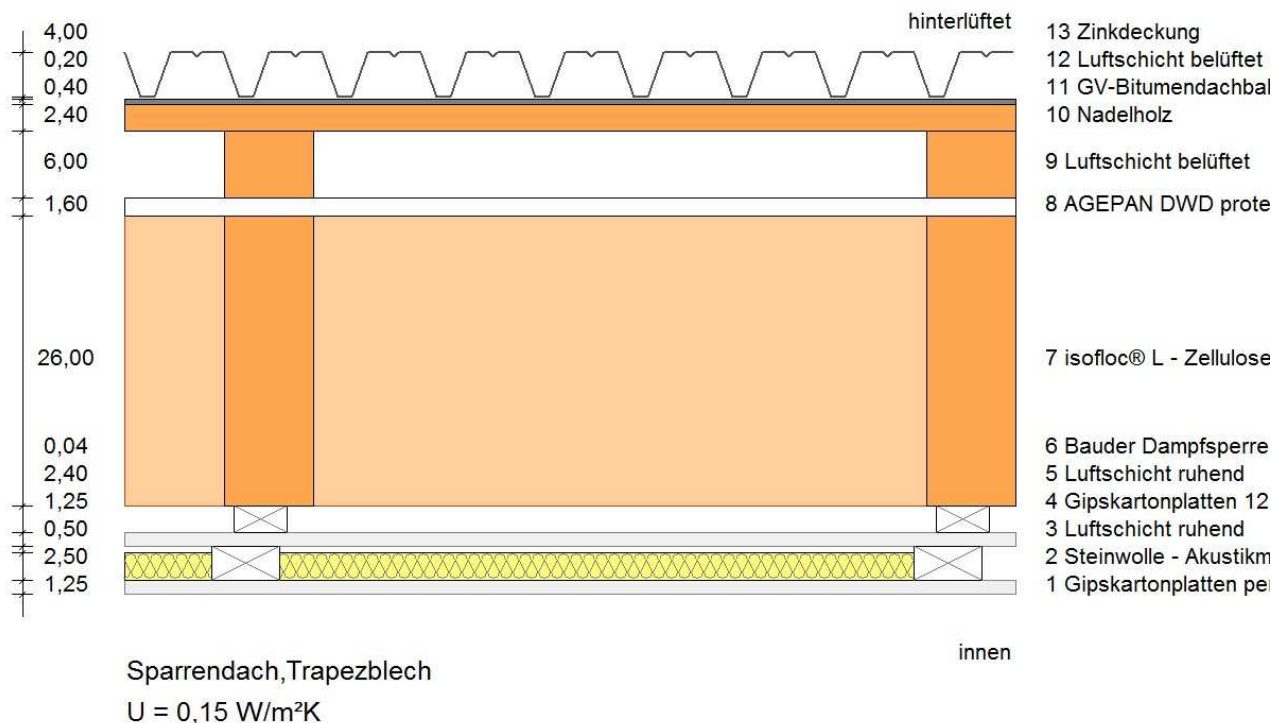
$m_{W,T} < \text{zul } m_{W,T}$ und $m_{W,V} > m_{W,T}$

Mindest- s_d -Wert einer innenliegenden Dampfsperre für eine tauwasserfreie Konstruktion:

$$s_{d,\text{erf}} = s_{de} \cdot (p_i - p_e) / (p_{\text{sw}} - p_e) - s_{di} - s_{de} = 1521,06 \cdot (1170 - 611) / (677 - 611) - 23,80 - 1521,06 = 11338,1 \text{ m}$$

Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: Sparrendach,Trapezblech



Bauteiltyp "Dachdecke hinterlüftet"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,10$ m²K/W

Querschnitt

von innen	s [cm]	ρ [kg/m³]	[kg/m²]	λ [W/mK]	R [m²K/W]
R_{si}					0,10
01 Gipskartonplatten perf.	1,250	900	11,3	0,210	0,06
02 Steinwolle - Akustikmatte	2,500	30	0,8	0,040	0,63
03 Luftschicht ruhend	0,500	1	0,0	-	0,11
04 Gipskartonplatten 12,5 mm	1,250	900	11,3	0,210	0,06
05 Luftschicht ruhend	2,400	1	0,0	-	0,16
06 Bauder Dampfsperre 40	0,040	1000	0,4	-	-
07 isofloc® L - Zellulose	26,000	60	15,6	0,040	6,50
08 AGEPAN DWD protect	1,600	560	9,0	0,080	0,20
09 Luftschicht belüftet	6,000	1	0,1	-	-
10 Nadelholz	2,400	600	14,4	0,130	0,18
11 GV-Bitumendachbahn	0,400	1200	4,8	0,170	0,02
12 Luftschicht belüftet	0,200	1	0,0	-	0,00
13 Zinkdeckung	4,000	-	10,0	-	-
R_{se}					0,10
d =	48,540	G =	77,5	$R_T =$	8,12

$$U_{\text{Gefach}} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil			
8,0 cm	63,0 cm	12,7 %	99,8 kg/m²		
Rahmenanteil von innen	s [cm]	ρ [kg/m³]	[kg/m²]	λ [W/mK]	R [m²K/W]
R _{si}					0,10
01 Gipskartonplatten perf.	1,250	900	11,3	0,210	0,06
02 Grundlattung	3,000	–	–	–	0,00
03 Gipskartonplatten 12,5 mm	1,250	900	11,3	0,210	0,06
04 Grundlattung	2,400	–	–	–	0,00
05 Bauder Dampfsperre 40	0,040	1000	0,4	–	–
06 Nadelholz	26,000	600	156,0	0,130	2,00
07 AGEPAN DWD protect	1,600	560	9,0	0,080	0,20
08 Nadelholz	6,000	600	36,0	0,130	0,46
09 Nadelholz	2,400	600	14,4	0,130	0,18
10 GV-Bitumendachbahn	0,400	1200	4,8	0,170	0,02
11 Luftschicht belüftet	0,200	1	0,0	–	0,00
12 Zinkdeckung	4,000	–	10,0	–	0,00
R _{se}					0,10
	48,540		253,1	R _T =	3,19

$$U_{(R)} = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Weitere Bauteilschicht mit Rahmenanteilen

Bauteilschicht	Rahmenmaterial	λ	b	Achsabstand
02 Steinwolle - Akustikmatte	Nadelholz	0,13 W/mK	4,5 cm	40,0 cm

$$U_m = 77,5\% \cdot 0,123 + 11,3\% \cdot 0,313 + 9,8\% \cdot 0,130 + 1,4\% \cdot 0,362 = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R'_T = 1 / U_m = 6,73 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,10 + 0,06 + 0,50 + 0,00 + 0,06 + 0,01 + 0,00 + 5,05 + 0,20 + 0,00 + 0,18 + 0,02 + 0,00 + 0,00 + 0,10 = 6,29 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\min} = 0,001 \text{ m}^2\text{K/W} \text{ angenommen: Gefach-6 Rahmen-6 Gefach-9 Gefach-13}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T) / 2 = 6,51 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,15 W/m²K** (ohne Korrekturen)

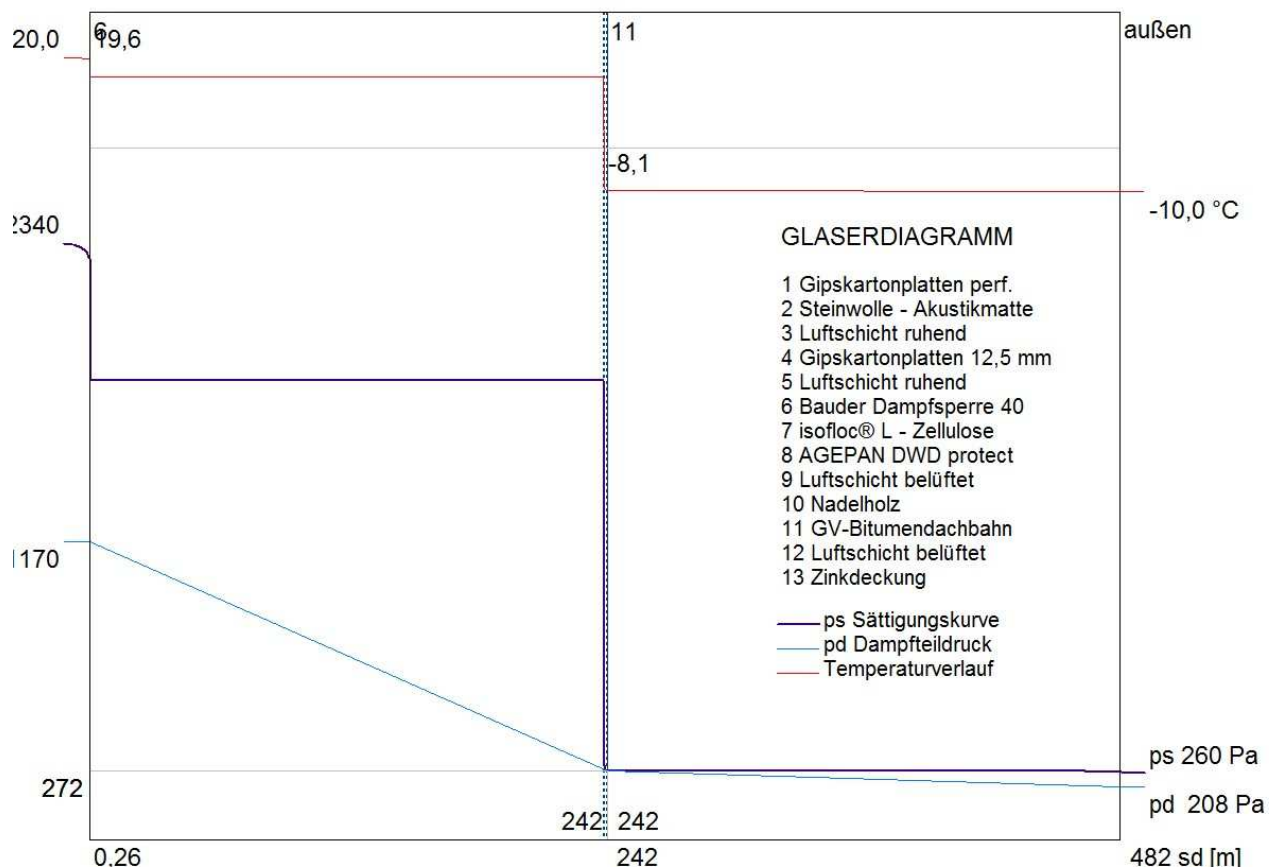
Ersatz oder Erneuerung von Bauteilen in Gebäuden (EnEV)

Ersatz oder erstmaliger Einbau des Flachdachs

$$U \quad 0,15 \leq 0,25 \quad \text{OK}$$

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: Sparrendach, Trapezblech



Klimabedingungen Normklimadaten DIN 4108

Tauperiode	Außenklima	-10,0 °C	$\phi = 80 \%$
1440 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	Außenklima	12,0 °C	$\phi = 70 \%$
2160 Stunden	Innenklima	12,0 °C	$\phi = 70 \%$

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T _{gr} [°C]	p _s [Pa]	p _d [Pa]
Raumluft	20,0	2340	1170
1 Gipskartonplatten perf.	19,6	2283	1170
2 Steinwolle - Akustikmatte	19,4	2254	1170
3 Luftschicht ruhend	17,1	1950	1170
4 Gipskartonplatten 12,5 mm	16,7	1901	1170
5 Luftschicht ruhend	16,5	1878	1169
6 Bauder Dampfsperre 40	15,9	1806	1169
7 isofloc® L - Zellulose	15,9	1806	277

8	AGEPAN DWD protect	-8,1	306	276
9	Luftschicht belüftet	-8,9	286	276
10	Nadelholz	-8,9	286	276
11	GV-Bitumendachbahn	-9,5	272	272
12	Luftschicht belüftet	-9,6	269	208
13	Zinkdeckung	-9,6	269	208
		-9,6	269	208
	Außenluft	-10,0	260	208

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{\min} [-]	μ_{\max} [-]	$\mu_{\min} \cdot s$ [m]	$\mu_{\max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Gipskartonplatten perf.	8	8	0,10	0,10	0,10
2 Steinwolle - Akustikmatte	1	1	0,03	0,03	0,03
3 Luftschicht ruhend	1	1	0,01	0,01	0,01
4 Gipskartonplatten 12,5 mm	8	8	0,10	0,10	0,10
5 Luftschicht ruhend	1	1	0,02	0,02	0,02
6 Bauder Dampfsperre 40	600000	600000	240,00	240,00	240,00
7 isofloc® L - Zellulose	1	2	0,26	0,52	-> 0,26
8 AGEPAN DWD protect	11	11	0,18	0,18	0,18
9 Luftschicht belüftet	1	1	0,06	0,06	0,06
10 Nadelholz	40	40	0,96	0,96	0,96
11 GV-Bitumendachbahn	20000	60000	80,00	240,00	<- 240,00
12 Luftschicht belüftet	1	1	0,00	0,00	0,00
13 Zinkdeckung	-	-	-	-	-
$\Sigma \mu \cdot s =$					481,71

Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2001

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.5)

$R_{\min} = 0,29 < 7,92 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{\text{vorh}}$, in Ordnung nach DIN 4108-3, A.12

Mindest-Wärmedurchlasswiderstand $R_{\min} = R_{\text{si}} \cdot ((\theta_i - \theta_e) / (\theta_i - \theta_{\text{si}})) - (R_{\text{si}} + R_{\text{se}})$

Gl. A.12 mit $R_{\text{si}} / R_{\text{se}} = 0,25 / 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ und $\theta_i / \theta_e = 20 / -5 \text{ °C}$ nach DIN 4108-2 Abs.6.2

Ergänzende Informationen

Die Taupunkttemperatur der Raumluft (20,0°C 50%) beträgt $\theta_s = 9,3 \text{ °C}$ (DIN 4108-3, Tab A.2)

Die Oberflächentemperatur bei $\theta_e = -15\text{ °C}$ ist $\theta_{\text{oi}, -15\text{ °C}} = \theta_i - R_{\text{si}} / R_T \cdot (\theta_i - \theta_e) = 19,6 \text{ °C}$

Überträgt man das Kriterium zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung an Wärmebrücken ($f_{\text{Rsi}} \geq 0,7$)

mit genormten Randbedingungen nach DIN 4108-2 auf den eindimensionalen Fall, dann erhält man:

mit $R_{\text{si}} / R_{\text{se}} = 0,25 / 0,04$ und $R_T = 8,21 \text{ m}^2\text{K/W} \Rightarrow f_{\text{Rsi}, 1D} = 0,97 \geq 0,7$

\Rightarrow Das Kriterium zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung an Wärmebrücken wird eingehalten.

Mit $\theta_i / \theta_e = 20 / -5 \text{ °C}$ und $\phi_i = 50\%$ erhält man vorh. $\theta_{\text{si}} = 19,2 \text{ °C}$ und zul. $\theta_{\text{si}, 80\%} = 12,6 \text{ °C}$

(mit $\theta_i / \theta_e = +20,0 / -10,0 \text{ °C}$ und $\phi_i = 50\%$ wird vorh. $\theta_{\text{si}} = 19,1 \text{ °C}$ und $\theta_{\text{si}, 80\%} = 12,6 \text{ °C}$)

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)

Taubene vor Schicht "GV-Bitumendachbahn"

$$m_{W, T} = 1440 \cdot \left(\frac{1170 - 272}{241,71} - \frac{272 - 208}{240,00} \right) / 1500 = 3,3 \text{ g/m}^2 \text{ Tauwasser}$$

$$m_{W, V} = 2160 \cdot \left(\frac{1403 - 982}{241,71} + \frac{1403 - 982}{240,00} \right) / 1500 = 5,0 \text{ g/m}^2 \text{ Verdunstung}$$

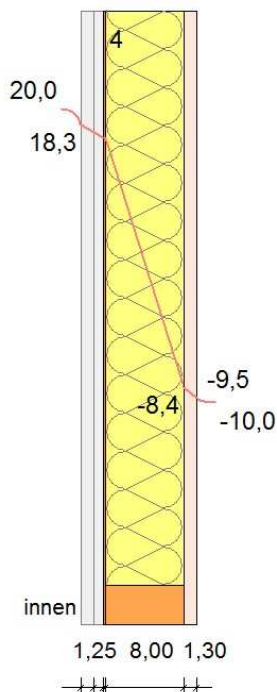
Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich, da
 $m_{W,T} < \text{zul } m_{W,T}$ und $m_{W,V} > m_{W,T}$

Mindest- s_d -Wert einer innenliegenden Dampfsperre für eine tauwasserfreie Konstruktion:

$$s_{d,erf} = s_{de} * (p_i - p_e) / (p_{sw} - p_e) - s_{di} - s_{de} = 240,00 * (1170 - 208) / (272 - 208) - 241,71 - 240,00 = 3125,8 \text{ m}$$

Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: Holztafelbau, Sperrholz



Holztafelbau, Sperrholz

$U = 0,47 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen

- 1 GKF-Feuerschutzplatten
- 2 GKB-Bauplatten
- 3 Dampfbremse 30m
- 4 Steinwolle 040 30 kg/cbm
- 5 Sperrholz DIN 68705

Bauteiltyp "Außenwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	[kg/m ²]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R_{si}					0,13
01 GKF-Feuerschutzplatten	1,250	900	11,3	0,210	0,06
02 GKB-Bauplatten	0,950	900	8,6	0,210	0,05
03 Dampfbremse 30m	0,030	-	-	-	-
04 Steinwolle 040 30 kg/cbm	8,000	30	2,4	0,040	2,00
05 Sperrholz DIN 68705	1,300	800	10,4	0,150	0,09
R_{se}					0,04
<hr/>					
	d = 11,530	G = 32,6		$R_T = 2,36$	

$U_{\text{Gefach}} = 0,42 \text{ W/m}^2\text{K}$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand		zusammengesetztes Bauteil
4,0 cm	62,5 cm	6,4 %	35,5 kg/m ²

Rahmenanteil von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	[kg/m ²]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
R_{si}					0,13
01 GKF-Feuerschutzplatten	1,250	900	11,3	0,210	0,06
02 GKB-Bauplatten	0,950	900	8,6	0,210	0,05
03 Dampfbremse 30m	0,030	-	-	-	-
04 Nadelholz	8,000	600	48,0	0,130	0,62
05 Sperrholz DIN 68705	1,300	800	10,4	0,150	0,09
R_{se}					0,04
	11,530		78,2	$R_T =$	0,98

$$U_{(R)} = 1,02 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R'_T = 1 / (93,60\% \cdot 1/2,361 + 6,40\% \cdot 1/0,977) = 2,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,13+0,06+0,05+0,00+1,75+0,09+0,04 = 2,11 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{min} = 0.001 \text{ m}^2\text{K/W angenommen: Gefach-3 Rahmen-3}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 2,14 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,47 W/m²K** (ohne Korrekturen)

Wärmeschutznachweis nach DIN 4108-2:1981 für beheizte Aufenthaltsräume (veraltet)

$$U_{Gefach} \ 0,42 \leq 0,64 \quad \text{erfüllt die Anforderungen nach DIN 4108, T2 (leichte Bauart).}$$

Temperaturamplitudenverhältnis und Phasenverschiebung

für das Gefach und den Rahmen

von innen	c [J/kgK]	f_0	Rahmen	c [J/kgK]	f_0
1 GKF-Feuerschutzplatten	830	0,14	GKF-Feuerschutzplatten	830	0,14
2 GKB-Bauplatten	830	0,11	GKB-Bauplatten	830	0,11
3 Dampfbremse 30m	1000	-	Dampfbremse 30m	1000	-
4 Steinwolle 040 30 kg/cb	830	0,38	Nadelholz	2100	1,50
5 Sperrholz DIN 68705	2100	0,26	Sperrholz DIN 68705	2100	0,26

$$TAV = 0,3532 \text{ (35\%)}, \text{ Temperaturamplitudendämpfung } 1/TAV = 3$$

$$\text{Phasenverschiebung } \varphi = 1,350 \text{ rad (5,2 Stunden)}$$

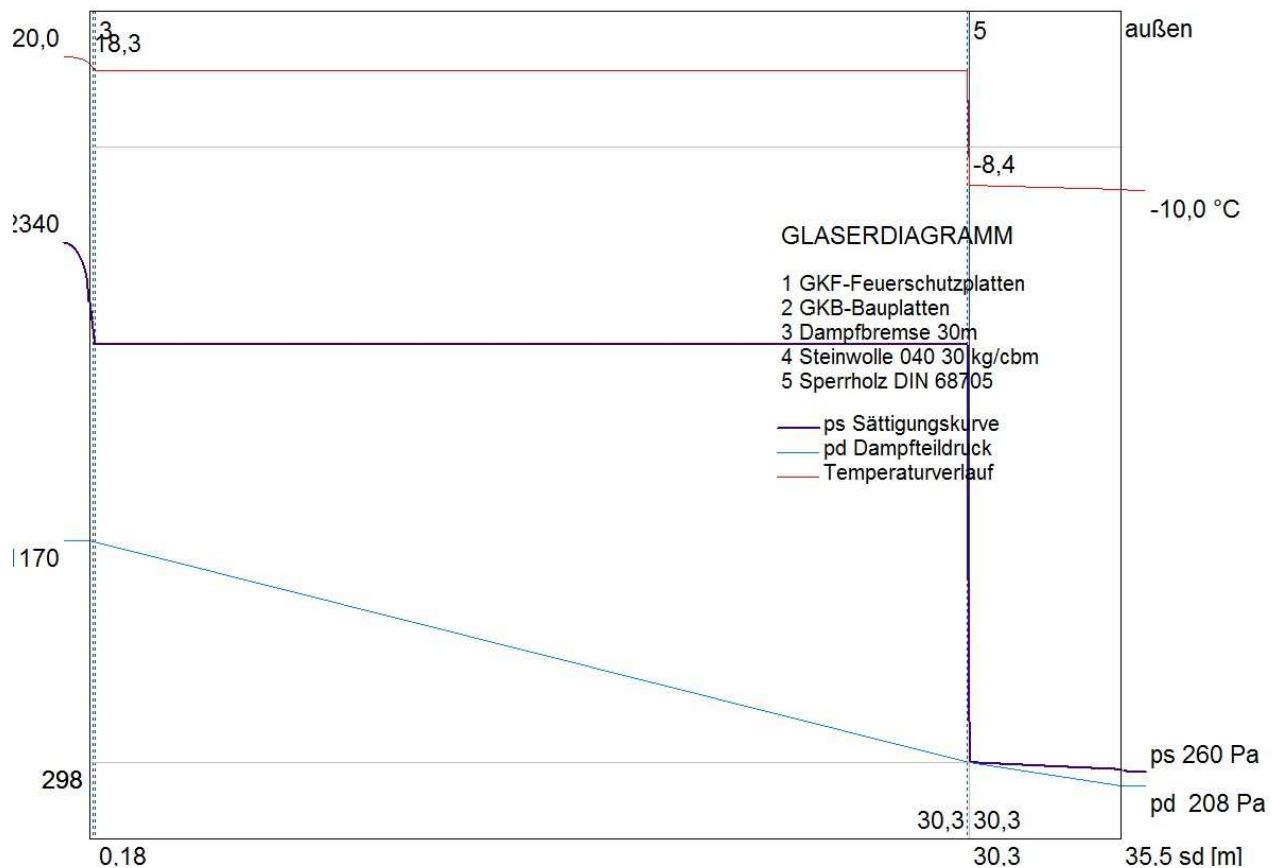
Die im Tagesverlauf an der äußeren Bauteiloberfläche auftretende Temperaturschwankung wird um 65 % gedämpft, z.B. bei $\Delta\vartheta_e = 60^\circ\text{C}$ auf $\Delta\vartheta_i = 21,2^\circ\text{C}$. Das Temperaturmaximum erreicht um 17:09 Uhr die innere Bauteiloberfläche (siehe auch dynamische Berechnung des Temperaturdurchgangs).

$$TAV_{Rahmen} = 0,2854 \text{ (29\%)}, \text{ Temperaturamplitudendämpfung } 1/TAV_R = 4$$

$$\text{Phasenverschiebung } \varphi_R = 1,995 \text{ rad (7,6 Stunden)}$$

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Projekt Feuerw_1Zone
Bauteil: Holztafelbau, Sperrholz



Klimabedingungen

Tauperiode	Außenklima	-10,0 °C	ϕ = 80 %
1440 Stunden	Innenklima	20,0 °C	ϕ = 50 %
Verdunstungsperiode	Außenklima	12,0 °C	ϕ = 70 %
2160 Stunden	Innenklima	12,0 °C	ϕ = 70 %

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2340	1170
1 GKF-Feuerschutzplatten	18,3	2105	1170
2 GKB-Bauplatten	17,6	2014	1167
3 Dampfbremse 30m	17,0	1937	1165
4 Steinwolle 040 30 kg/cbm	17,0	1937	301
5 Sperrholz DIN 68705	-8,4	298	298
	-9,5	272	208
Außenluft	-10,0	260	208

.....
Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{\min} [-]	μ_{\max} [-]	$\mu_{\min} \cdot s$ [m]	$\mu_{\max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 GKF-Feuerschutzplatten	8	8	0,10	0,10	0,10
2 GKB-Bauplatten	8	8	0,08	0,08	0,08
3 Dampfbremse 30m	-	-	30,00	30,00	30,00
4 Steinwolle 040 30 kg/cbm	1	1	0,09	0,09	0,09
5 Sperrholz DIN 68705	50	400	0,65	5,20	<- 5,20
				$\Sigma \mu \cdot s =$	35,46

