

## Bauteilnachweis EnEV2016 nach DIN 4108-6 und DIN 4701-10

- für Gebäude mit normalen Innentemperaturen -

Objekt                      Wurster Str. 2 EnEV 2016  
ENEV 2016 Bauteilnachweis Nichtwohn  
Wurster Str.2  
27637 Nordholz- Spieka

Auftraggeber            Firma RouxIT GmbH&Co.KG

Aussteller                iBN ingenieurbüro Nitzschke  
Dipl.-Ing. Kai Nitzschke

Tzschimmerstr. 30  
01309 Dresden

Telefon            : 0351-3109826/ 0172-3491442  
Telefax            : 0351-3122640  
e-mail             : info@ibn-net.de

23.07.2018

(Datum)

(Unterschrift)

## 1. Allgemeine Projektdaten

Projekt : Wurster Str. 2 EnEV 2016  
 Wurster Str.2  
 27637 Nordholz- Spieka  
 ENEV 2016 Bauteilnachweis Nichtwohn

Gebäudetyp : Wohngebäude  
 Innentemperatur : normale Innentemperatur  
 Anzahl Vollgeschosse : 2  
 Anzahl Wohneinheiten : 1

## 2. Berechnungsgrundlagen

Berechnungsverfahren : Jahres-Heizwärmebedarf des Gebäudes mittels Monatsbilanzierung  
 Jahres-Primärenergiebedarf mittels ausführlichem Berechnungsverfahren


Rechenprogramm : - Energieberater 18599 3D 9.2.4 - Hottgenroth Software -

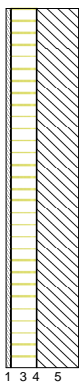
Folgende Normen und Verordnungen wurden im Rechenprogramm berücksichtigt:

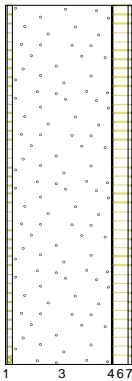
**Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 18. November 2013**

<b>DIN EN 832 : 2003-06</b>	<b>Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Berechnung des Heizenergiebedarfs - Wohngebäude</b>
<b>DIN V 4108-6 : 2003-06</b>	<b>Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden Teil 6 : Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs</b>
<b>DIN V 4108-6 Ber 1 : 2004-03</b>	<b>Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden Teil 6 : Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs Berichtigungen zu DIN V 4108-6:2003-06</b>
<b>DIN V 4701-10 : 2003-08</b>	<b>Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen Teil 10 : Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung</b>
<b>DIN SPEC 4701-10/A1: 2012-07</b>	<b>Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen Teil 10 : Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung; Änderung A1</b>
DIN EN ISO 13370 : 1998-12	Wärmeübertragung über das Erdreich - Berechnungsverfahren
DIN EN ISO 6946 : 2008-04	Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren
DIN EN ISO 10077-1 : 2006-12	Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten - Teil 1 : Vereinfachtes Verfahren
DIN V 4701-12 : 2004-02	Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen im Bestand - Teil 12: Wärmeerzeuger und Trinkwassererwärmung
DIN 4108-2 : 2013-02	Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
DIN 4108-3 : 2001-07	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung
DIN V 4108-4 : 2004-07	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte
DIN 4108-5 : 1981-08	Wärmeschutz im Hochbau - Berechnungsverfahren
DIN 4108 Bbl 2 : 2006-03	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Wärmebrücken - Planungs- und Ausführungsbeispiele
DIN EN 12524 : 2000-07	Baustoffe und -produkte - Wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften - Tabellierte Bemessungswerte


## 3. U - Wert - Ermittlung


Bauteil:		neue Außenwände $U \leq 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$				Fläche / Ausrichtung :		0,00 m <sup>2</sup>	N
	Nr.	Baustoff				Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand
						cm	W/(mK)	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> K/W
	1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk (Katalog "DIN 4108-4 / DIN 12524", Din-Kennung: 1.1.1)				1,00	1,000	1800,0	0,01
	2	Porenbeton-Plansteine PP, DM (700 kg/m <sup>3</sup> ) PP6 Lambda $\leq 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)				11,50	0,180	700,0	0,64
	3	Sandwichplatten mit gasdiffusionsdichter Schicht (DIN 13165 - WLG 035) (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)				10,00	0,035	30,0	2,86
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!					R <sub>zul.</sub> = 1,20			R = 3,51
	Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust		wirksame Wärmespeicherfähigkeit			R <sub>si</sub> = 0,13
	0,00 m <sup>2</sup>		0,0 %	101,5 kg/m <sup>2</sup>		10cm-Regel : 0 Wh/K 3cm-Regel : 0 Wh/K			R <sub>se</sub> = 0,04
U - Wert 0,27 W/m <sup>2</sup> K									


Bauteil:		Bodenplatte - Verbesserung/ Änderung $U \leq 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$				Fläche :		0,00 m²	
	Nr.	Baustoff				Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand
						cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Gipsfaserplatten (DR)/ Trockenestrich (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)				2,00	0,580	-	0,03
	2	Polyethylenfolie 0,25 mm (DIN 12524) (Katalog "DIN 4108-4 / DIN 12524", Din-Kennung: 7.5.2)				0,025	0,330	960,0	0,00
	3	Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 035 - > 30 kg/m³) (Katalog "DIN 4108-4 / DIN 12524", Din-Kennung: 5.5.1.1.3)				12,00	0,035	30,0	3,43
	4	nackte Bitumenbahn (DIN 52129) (Katalog "DIN 4108-4 / DIN 12524", Din-Kennung: 7.3.2)				0,50	0,170	1200,0	0,03
	5	Beton hohe Rohdichte (DIN 12524 - 2400 kg/m³) (Katalog "DIN 4108-4 / DIN 12524", Din-Kennung: 2.1.4)				20,00	2,000	2400,0	0,10
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!					R <sub>zul.</sub> = 0,90			R = 3,59
Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse		spezif. Transmissionswärmeverlust		wirksame Wärmespeicherfähigkeit		R <sub>si</sub> = 0,17	
0,00 m²		0,0 %		0,00 W/K		10cm-Regel : 3cm-Regel :		R <sub>se</sub> = 0,00	
		489,8 kg/m²		0,0 %		0 Wh/K 0 Wh/K		U - Wert 0,27 W/m²K	

Bauteil:		Flachdach (Bestand + NEU) mit Abhangdecke $U_{\leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}}$				Fläche / Ausrichtung :		0,00 m <sup>2</sup>	N
	Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand			
			cm	W/(mK)	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> K/W			
	1	Gipskartonplatten (DIN 18180) (Katalog "DIN 4108-4 / DIN 12524", Din-Kennung: 3.5.1)	1,25	0,250	900,0	0,05			
	2	Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (DIN 18165-1 - WLG 040) (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	4,00	0,040	260,0	1,00			
	3	ruhende Luftschicht (horizontal) bis 300mm Dicke (Katalog "DIN 4108-4 / DIN 12524", Din-Kennung: L.5.3.1.2)	80,00		1,0	---			
	4	Stahlblech/ Trapezblech (DIN 12524) (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	0,07	50,000	7800,0	0,00			
	5	Dampfsperre Bitumendachbahn mit Alu - Einlage (DIN 52128) (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	0,30	0,170	1200,0	0,02			
	6	Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 035 - > 30 kg/m <sup>3</sup> ) (Katalog "DIN 4108-4 / DIN 12524", Din-Kennung: 5.5.1.1.3)	12,00	0,035	30,0	3,43			
	7	Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 055) (Katalog "DIN 4108-4 / DIN 12524", Din-Kennung: 5.8.5)	3,00	0,055	290,0	0,55			
	8	Kunststoff-Dachbahn ECB (DIN 16729 - 2,0K) (Katalog "DIN 4108-4 / DIN 12524", Din-Kennung: 7.3.4)	0,30	0,200	700,0	0,02			
Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!			R <sub>zul.</sub> = 1,75			R = 5,06			
Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust		wirksame Wärmespeicherfähigkeit		R <sub>si</sub> = 0,10		
							R <sub>se</sub> = 0,04		
0,00 m <sup>2</sup>		0,0 %	45,9 kg/m <sup>2</sup>	0,00 W/K	0,0 %	10cm-Regel : 3cm-Regel :	0 Wh/K 0 Wh/K	U - Wert 0,19 W/m <sup>2</sup> K	

### 3. U - Wert - Ermittlung (Fortsetzung)

Fenster:		Neue Fenster $U \leq 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Raumtemp. $> 19^\circ\text{C}$ ) (Fenstergröße= Referenzmaß)		Anzahl / Ausrichtung : 1 N	
	Verglasung:	2-Scheiben Iso $U_g \leq 1,1$	$A_g = 1,27 \text{ m}^2$	$U_g = 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	
	Rahmen:	Aluminium, mit thermischer Trennung $U_f \leq 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	$A_f = 0,55 \text{ m}^2$	$U_f = 1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$	
	Randverbund:	Aluminium	$l_g = 4,54 \text{ m}$	$\Psi_g = 0,07 \text{ W/m K}$	
			<b>Fläche</b> $A_w = 1,82 \text{ m}^2$	<b>U-Wert</b> $U_w = 1,39 \text{ W/m}^2\text{K}$	

Fenster:		Pfosten-Riegel-Konstruktion $U \leq 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Raumtemp. $> 19^\circ\text{C}$ ) (Fenstergröße= Referenzmaß)		Anzahl / Ausrichtung : 1 N	
	Verglasung:	2- Scheiben - Iso	$A_g = 2,26 \text{ m}^2$	$U_g = 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	
	Rahmen:	Pfosten-Riegel - Rahmen: $U_f \leq 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$	$A_f = 0,97 \text{ m}^2$	$U_f = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$	
	Randverbund:	Aluminium	$l_g = 6,17 \text{ m}$	$\Psi_g = 0,07 \text{ W/m K}$	
			<b>Fläche</b> $A_w = 3,23 \text{ m}^2$	<b>U-Wert</b> $U_w = 1,38 \text{ W/m}^2\text{K}$	

Fenster:		Außentür/ Eingangstür $U \leq 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$		Anzahl / Ausrichtung : 1 N	
	Verglasung:	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	$A_g = 1,88 \text{ m}^2$	$U_g = 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$	
	Rahmen:	Aluminium, ohne thermische Trennung	$A_f = 0,80 \text{ m}^2$	$U_f = 2,50 \text{ W/m}^2\text{K}$	
	Randverbund:	Aluminium	$l_g = 5,80 \text{ m}$	$\Psi_g = 0,07 \text{ W/m K}$	
			<b>Fläche</b> $A_w = 2,68 \text{ m}^2$	<b>U-Wert</b> $U_w = 1,74 \text{ W/m}^2\text{K}$	

### neue Außenwände $U \leq 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$

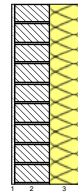
#### Schichtenaufbau (von warm nach kalt)

Nr.	Bezeichnung	Dicke cm	$\lambda$ W/m·K	R m <sup>2</sup> K/W	$\mu_1$ –	$\mu_2$ –	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ kJ/kg·K
1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	1,00	1,000	0,01	15	35	1800	1,00
2	Porenbeton-Plansteine PP, DM (700 kg/m <sup>3</sup> ) PP6 Lambda $\leq 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$	11,50	0,180	0,64	5,0	10	700	1,00
3	Sandwichplatten mit gasdiffusionsdichter Schicht (DIN 13165 - WLG 035)	10,00	0,035	2,86	100000	100000	30	1,00

#### U-Wert-Berechnung nach DIN EN ISO 6946

Wärmedurchgangswiderstand  $R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{se} = 3,68 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1/R_T = 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$



#### Wärmeübergangswiderstände

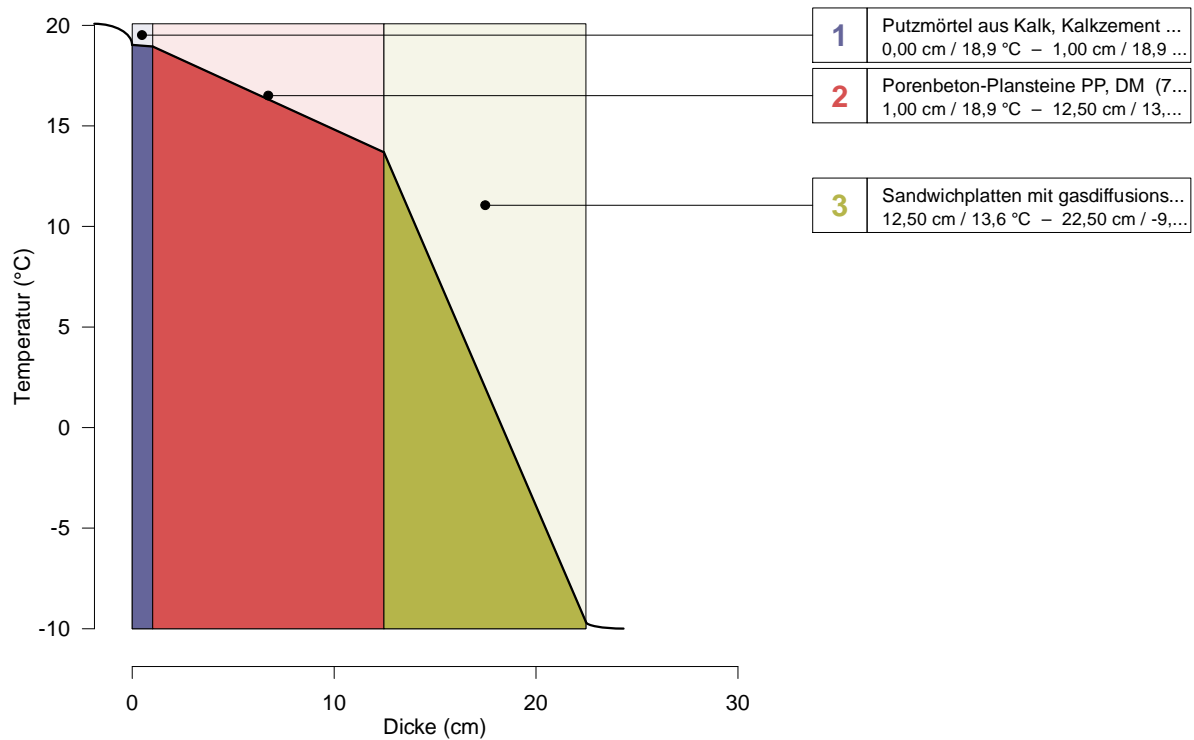
Wärmeübergangswiderstand innen $R_{si}$	0,13 m <sup>2</sup> K/W
Wärmeübergangswiderstand außen $R_{se}$	0,04 m <sup>2</sup> K/W
Wärmestromrichtung	horizontal
Bauteil grenzt an	Außenluft

#### Zusammenfassung

U-Wert	0,27 W/m <sup>2</sup> K
Wärmedurchlasswiderstand	3,51 m <sup>2</sup> K/W
Mindestwärmedurchlasswiderstand nach DIN 4108-2	1,20 m <sup>2</sup> K/W
Wirksame Wärmespeicherfähigkeit CP 3 cm	32,00 kJ/m <sup>2</sup> K
Wirksame Wärmespeicherfähigkeit CP 10 cm	81,00 kJ/m <sup>2</sup> K
Spezif. Bauteilmasse	101,50 kg/m <sup>2</sup>
Dicke	22,50 cm

neue Außenwände  $U \leq 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ 

## Temperaturverteilung



## Feuchteberechnung nach DIN EN ISO 13788

## Randbedingungen: Außen- und Innenklima

Monat	$\theta_e$ in °C	$\varphi_e$ in %	$\theta_i$ in °C	$\varphi_i$ in %	N in Tagen
Januar	-1,3	80,0	20,0	56,9	31
Februar	0,6	80,0	20,0	58,8	28
März	4,1	80,0	20,0	58,3	31
April	9,5	80,0	20,0	60,6	30
Mai	12,9	75,0	20,0	61,3	31
Juni	15,7	75,0	20,0	65,4	30
Juli	18,0	75,0	20,0	70,0	31
August	18,3	75,0	20,0	70,7	31
September	14,4	80,0	20,0	66,8	30
Oktober	9,1	80,0	20,0	60,3	31
November	4,7	80,0	20,0	58,4	30
Dezember	1,3	80,0	20,0	58,6	31

neue Außenwände  $U \leq 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ 

## Wasserdampfdiffusionsberechnung

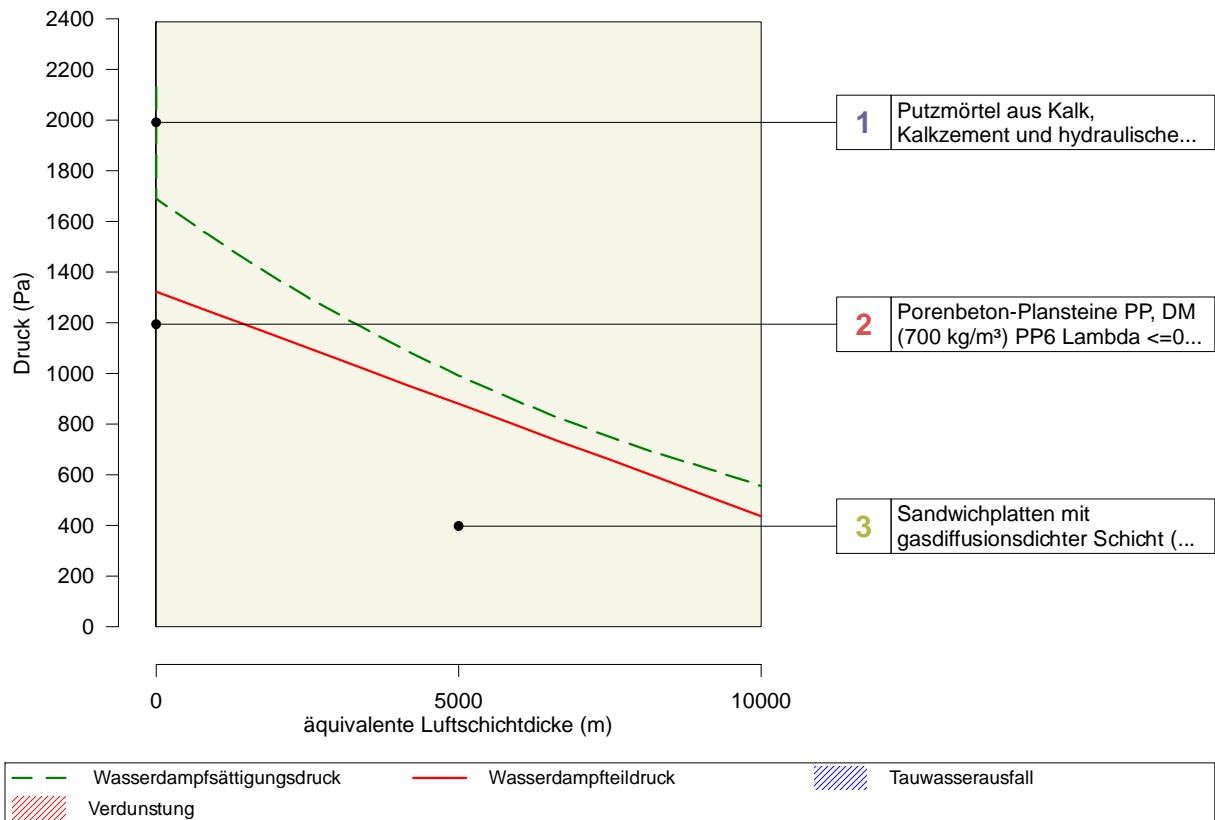
Monat: Januar (kritischster Monat)

Außentemperatur $\theta_e$ : -1,30°C												
Bereich		Temperatur $\theta$		Wärmeüberg.		Rel. Luftfeuchte $\phi$		W.-Sättigungsdruck $p_{\text{sat}}$			W.-Teildruck $p$	
		in °C		in m² K/W		in %		in Pa			in Pa	
innen		$\theta_i = 20,00$		$R_{\text{si}} = 0,25$		$\phi_i = 56,90$		$p_{\text{sat, i}} = 2336,95$			$p_i = 1329,75$	
außen		$\theta_e = -1,30$		$R_{\text{se}} = 0,04$		$\phi_e = 80,00$		$p_{\text{sat, e}} = 548,20$			$p_e = 438,80$	
Differenz		$\Delta\theta = -21,30$									$\Delta p = 890,95$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Schicht	$d_j$	$\lambda_{n,j}$	$R_{t,j}$	$(\Delta\theta)_j$	$\theta_{j,j+1}$	$p_{\text{sat, j,j+1}}$	$\mu_j$	$s_{d, j}$	$(\Delta p)_j$	$p_{j,j+1}$	$p > p_{\text{sat}}$
		m	W/(m K)	m² K/W	K	°C	Pa	-	m	Pa	Pa	
i	Innenluft	-	-	-	-	20,00	2337,0	-	-	-		
0	WUW innen	-	-	0,250	1,40			-	-	-		
1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement u...	0,010	1,000	0,010	0,06	18,60	2141,6				1329,8	
2	Porenbeton-Plansteine PP, DM (7...	0,038	0,180	0,213	1,19	18,54	2134,1	15	0,150	0,0		1329,7
3	Porenbeton-Plansteine PP, DM (7...	0,038	0,180	0,213	1,19	17,35	1979,5	5	0,192	0,0		1329,7
4	Porenbeton-Plansteine PP, DM (7...	0,038	0,180	0,213	1,19	16,15	1834,9	5	0,192	0,0		1329,7
5	Sandwichplatten mit gasdiffusions...	0,008	0,035	0,238	1,34	14,96	1699,6	5	0,192	0,0		1329,7
6	Sandwichplatten mit gasdiffusions...	0,008	0,035	0,238	1,34	13,62	1558,8	100000	833,333	74,2		1255,4
7	Sandwichplatten mit gasdiffusions...	0,008	0,035	0,238	1,34	12,28	1428,3	100000	833,333	74,2		1181,2
8	Sandwichplatten mit gasdiffusions...	0,008	0,035	0,238	1,34	10,95	1307,5	100000	833,333	74,2		1107,0
9	Sandwichplatten mit gasdiffusions...	0,008	0,035	0,238	1,34	9,61	1195,8	100000	833,333	74,2		1032,7
10	Sandwichplatten mit gasdiffusions...	0,008	0,035	0,238	1,34	8,28	1092,6	100000	833,333	74,2		958,5
11	Sandwichplatten mit gasdiffusions...	0,008	0,035	0,238	1,34	6,94	997,2	100000	833,333	74,2		884,2
12	Sandwichplatten mit gasdiffusions...	0,008	0,035	0,238	1,34	5,60	909,3	100000	833,333	74,2		810,0
13	Sandwichplatten mit gasdiffusions...	0,008	0,035	0,238	1,34	4,27	828,3	100000	833,333	74,2		735,8
14	Sandwichplatten mit gasdiffusions...	0,008	0,035	0,238	1,34	2,93	753,8	100000	833,333	74,2		661,5
15	Sandwichplatten mit gasdiffusions...	0,008	0,035	0,238	1,34	1,60	685,2	100000	833,333	74,2		587,3
16	Sandwichplatten mit gasdiffusions...	0,008	0,035	0,238	1,34	0,26	622,2	100000	833,333	74,2		513,0
17	WUW außen	-	-	0,040	0,22	-1,08	558,5	100000	833,333	74,2		438,8
a	Außenluft	-	-	-	-	-1,30	548,2	-	-	-		

neue Außenwände  $U \leq 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ 

## Diffusions-Diagramm

Monat: Januar (kritischster Monat)



## Zusammenfassung / Fazit

## 1. Kritische Feuchte auf Innenoberflächen

Keine Bildung von kritischer Oberflächenfeuchte.

Temperaturfaktor  $f_{Rsi}$  des Bauteils: 0,93

Kritischer Monat: Februar

höchster erforderlicher Temperaturfaktor  $f_{Rsi,max}$ : 0,75

Der höchste erforderliche Temperaturfaktor wird immer überschritten.

## 2. Tauwasserbildung im Bauteilinneren

Das Bauteil ist frei von Tauwasserbildung im Bauteilinneren



## Bodenplatte

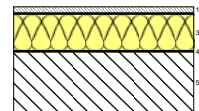
### Schichtenaufbau (von warm nach kalt)

Nr.	Bezeichnung	Dicke cm	$\lambda$ W/m·K	R m²K/W	$\mu_1$ –	$\mu_2$ –	$\rho$ kg/m³	$c_p$ kJ/kg·K
1	Gipsfaserplatten (DR)/ Trockenestrich	2,00	0,580	0,03	20	50	0	0,00
2	Polyethylenfolie 0,25 mm (DIN 12524)	0,025	0,330	0,00	400000	400000	960	1,50
3	Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 035 - > 30 kg/m³)	12,00	0,035	3,43	40	100	30	1,50
4	nackte Bitumenbahn (DIN 52129)	0,50	0,170	0,03	2000	20000	1200	1,50
5	Beton hohe Rohdichte (DIN 12524 - 2400 kg/m³)	20,00	2,000	0,10	80	130	2400	1,00

### U-Wert-Berechnung nach DIN EN ISO 6946

Wärmedurchgangswiderstand  $R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_5 + R_{se} = 3,76 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1/R_T = 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$



### Wärmeübergangswiderstände

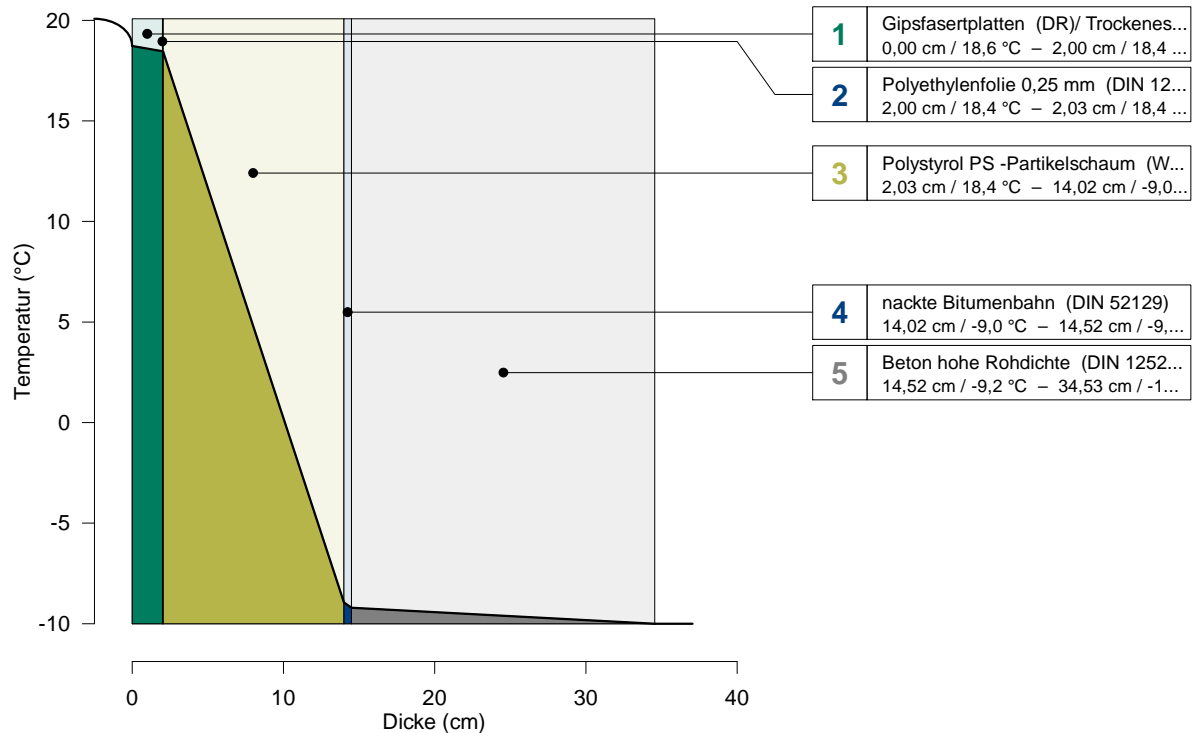
Wärmeübergangswiderstand innen $R_{si}$	0,17 m²K/W
Wärmeübergangswiderstand außen $R_{se}$	0,00 m²K/W
Wärmestromrichtung	abwärts
Bauteil grenzt an	Erdreich

### Zusammenfassung

U-Wert	0,27 W/m²K
Wärmedurchlasswiderstand	3,59 m²K/W
Mindestwärmedurchlasswiderstand nach DIN 4108-2	0,90 m²K/W
Wirksame Wärmespeicherfähigkeit CP 3 cm	0,36 kJ/m²K
Wirksame Wärmespeicherfähigkeit CP 10 cm	0,36 kJ/m²K
Spezif. Bauteilmasse	489,84 kg/m²
Dicke	34,53 cm

## Bodenplatte

### Temperaturverteilung



### Feuchteberechnung nach DIN EN ISO 13788

#### Randbedingungen: Außen- und Innenklima

Monat	$\theta_e$ in °C	$\varphi_e$ in %	$\theta_i$ in °C	$\varphi_i$ in %	N in Tagen
Januar	-1,3	80,0	20,0	56,9	31
Februar	0,6	80,0	20,0	58,8	28
März	4,1	80,0	20,0	58,3	31
April	9,5	80,0	20,0	60,6	30
Mai	12,9	75,0	20,0	61,3	31
Juni	15,7	75,0	20,0	65,4	30
Juli	18,0	75,0	20,0	70,0	31
August	18,3	75,0	20,0	70,7	31
September	14,4	80,0	20,0	66,8	30
Oktober	9,1	80,0	20,0	60,3	31
November	4,7	80,0	20,0	58,4	30
Dezember	1,3	80,0	20,0	58,6	31

## Bodenplatte

### Wasserdampfdiffusionsberechnung

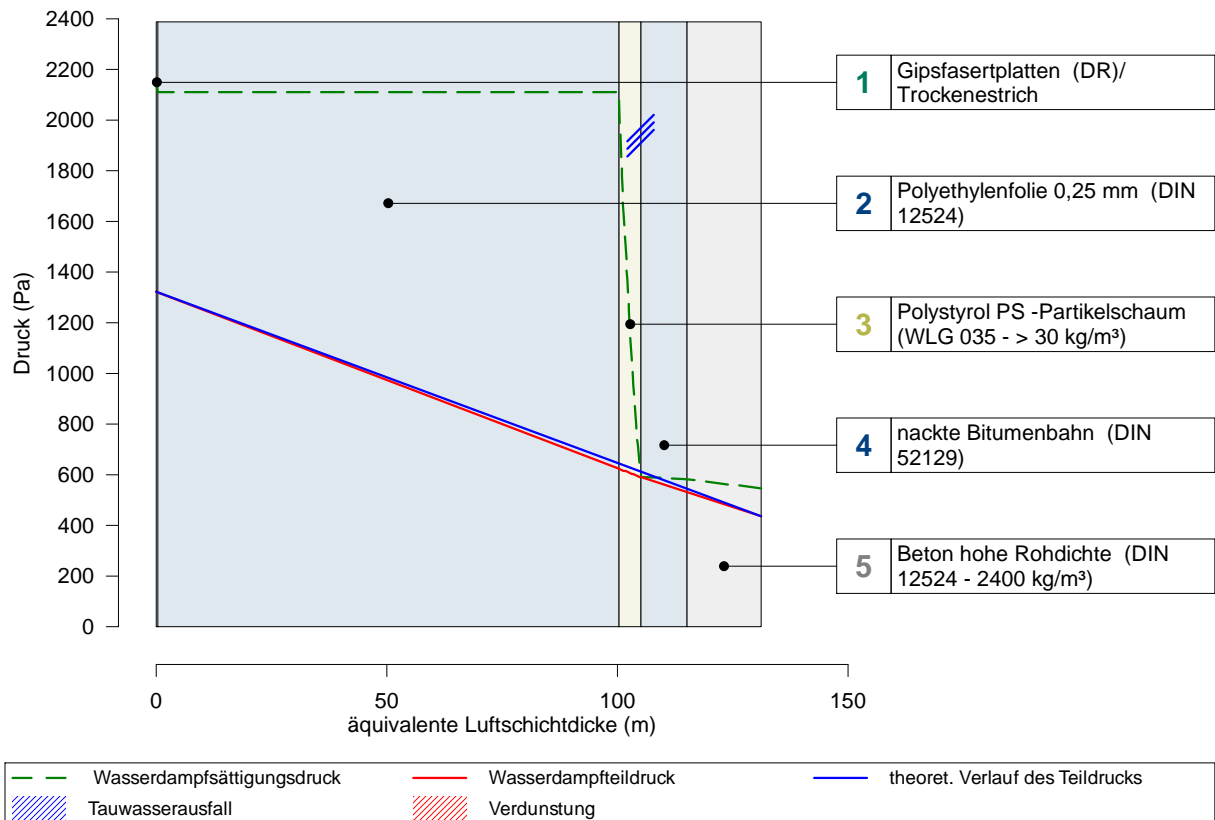
Monat: Januar (kritischster Monat)

Außentemperatur $\theta_e$ : -1,30°C												
Bereich		Temperatur $\theta$		Wärmeüberg.		Rel. Luftfeuchte $\phi$		W.-Sättigungsdruck $p_{sat}$		W.-Teildruck $p$		
		in °C		in m² K/W		in %		in Pa		in Pa		
innen		$\theta_i = 20,00$		$R_{si} = 0,25$		$\phi_i = 56,90$		$p_{sat,i} = 2336,95$		$p_i = 1329,75$		
außen		$\theta_e = -1,30$		$R_{se} = 0,04$		$\phi_e = 80,00$		$p_{sat,e} = 548,20$		$p_e = 438,80$		
Differenz		$\Delta\theta = -21,30$								$\Delta p = 890,95$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Schicht	$d_j$	$\lambda_{n,j}$	$R_{t,j}$	$(\Delta\theta)_j$	$\theta_{j+1}$	$p_{sat,j+1}$	$\mu_j$	$s_{d,j}$	$(\Delta p)_j$	$p_{j+1}$	$p > p_{sat}$
		m	W/(m K)	m² K/W	K	°C	Pa	-	m	Pa	Pa	
i	Innenluft	-	-	-	-	20,00	2337,0	-	-	-		
0	WUW innen	-	-	0,250	1,37			-	-	-		
1	Gipsfaserplatten (DR)/ Trocken...	0,020	0,580	0,034	0,19	18,63	2145,8				1329,8	
2	Polyethylenfolie 0,25 mm (DIN 12...	0,000	0,330	0,001	0,00	18,44	2120,5	20	0,400	2,7	1327,0	
3	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	1,34	18,44	2120,0	400000	100,000	679,1	648,0	
4	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	1,34	17,09	1948,0	40	0,343	2,3	645,6	
5	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	1,34	15,75	1788,3	40	0,343	2,3	643,3	
6	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	1,34	14,41	1640,3	40	0,343	2,3	641,0	
7	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	1,34	13,06	1503,1	40	0,343	2,3	638,6	
8	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	1,34	11,72	1376,0	40	0,343	2,3	636,3	
9	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	1,34	10,38	1258,5	40	0,343	2,3	634,0	
10	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	1,34	9,03	1150,0	40	0,343	2,3	631,7	
11	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	1,34	7,69	1049,7	40	0,343	2,3	629,3	
12	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	1,34	6,35	957,2	40	0,343	2,3	627,0	
13	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	1,34	5,00	872,0	40	0,343	2,3	624,7	
14	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	1,34	3,66	793,6	40	0,343	2,3	622,3	
15	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	1,34	2,32	721,4	40	0,343	2,3	620,0	
16	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	1,34	0,97	655,1	40	0,343	2,3	617,7	
17	nackte Bitumenbahn (DIN 52129)	0,005	0,170	0,029	0,16	-0,37	592,1	40	0,343	2,3	615,4	ja
18	Beton hohe Rohdichte (DIN 1252...	0,200	2,000	0,100	0,77	-0,53	584,3	2000	10,000	67,9	547,5	
19	WUW außen	-	-	0,040	0,00	-1,30	548,2	80	16,000	108,7	438,8	
a	Außenluft	-	-	-	-	-1,30	548,2	-	-	-		

## Bodenplatte

### Diffusions-Diagramm

Monat: Januar (kritischster Monat)



### Zusammenfassung / Fazit

#### 1. Kritische Feuchte auf Innenoberflächen

Keine Bildung von kritischer Oberflächenfeuchte.

Temperaturfaktor  $f_{Rsi}$  des Bauteils: 0,94

Kritischer Monat: Februar

höchster erforderlicher Temperaturfaktor  $f_{Rsi,max}$ : 0,75

Der höchste erforderliche Temperaturfaktor wird immer überschritten.

#### 2. Tauwasserbildung im Bauteilinneren

Das Bauteil ist nicht frei von Tauwasserbildung im Bauteilinneren.

Das gebildete Tauwasser verdunstet in den Sommermonaten vollständig.

## Bodenplatte

Tauwasserbildung/Verdunstung  $g_c$  und akkumulierte Tauwassermenge  $M_a$  in g/m<sup>2</sup>

Position		Monat												
s <sub>d</sub>	Schicht		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
105,20	zwischen Schicht 3 und 4	g <sub>c</sub>	1	0	-2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 035 - > ... – nackte Bitumenbahn (DIN 52129)	M <sub>a</sub>	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

## Flachdach (Bestand + NEU)

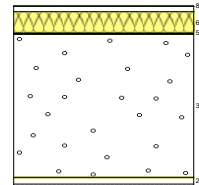
### Schichtenaufbau (von warm nach kalt)

Nr.	Bezeichnung	Dicke cm	$\lambda$ W/m·K	R m²K/W	$\mu_1$ –	$\mu_2$ –	$\rho$ kg/m³	$c_p$ kJ/kg·K
1	Gipskartonplatten (DIN 18180)	1,25	0,250	0,05	8,0	8,0	900	1,00
2	Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (DIN 18165-1 - WLG 040)	4,00	0,040	1,00	1,0	1,0	260	1,00
3	ruhende Luftschicht (horizontal) bis 300mm Dicke	80,00	0,000	0,00	1,0	1,0	1	1,00
4	Stahlblech/ Trapezblech (DIN 12524)	0,07	50,000	0,00	1000000	1000000	7800	0,45
5	Dampfsperre Bitumendachbahn mit Alu - Einlage (DIN 52128)	0,30	0,170	0,02	500000	500000	1200	1,50
6	Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 035 - > 30 kg/m³)	12,00	0,035	3,43	40	100	30	1,50
7	Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 055)	3,00	0,055	0,55	5,0	5,0	290	2,10
8	Kunststoff-Dachbahn ECB (DIN 16729 - 2,0K)	0,30	0,200	0,01	50000	75000	700	1,50

### U-Wert-Berechnung nach DIN EN ISO 6946

Wärmedurchgangswiderstand  $R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_8 + R_{se} = 5,20 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1/R_T = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$



### Wärmeübergangswiderstände

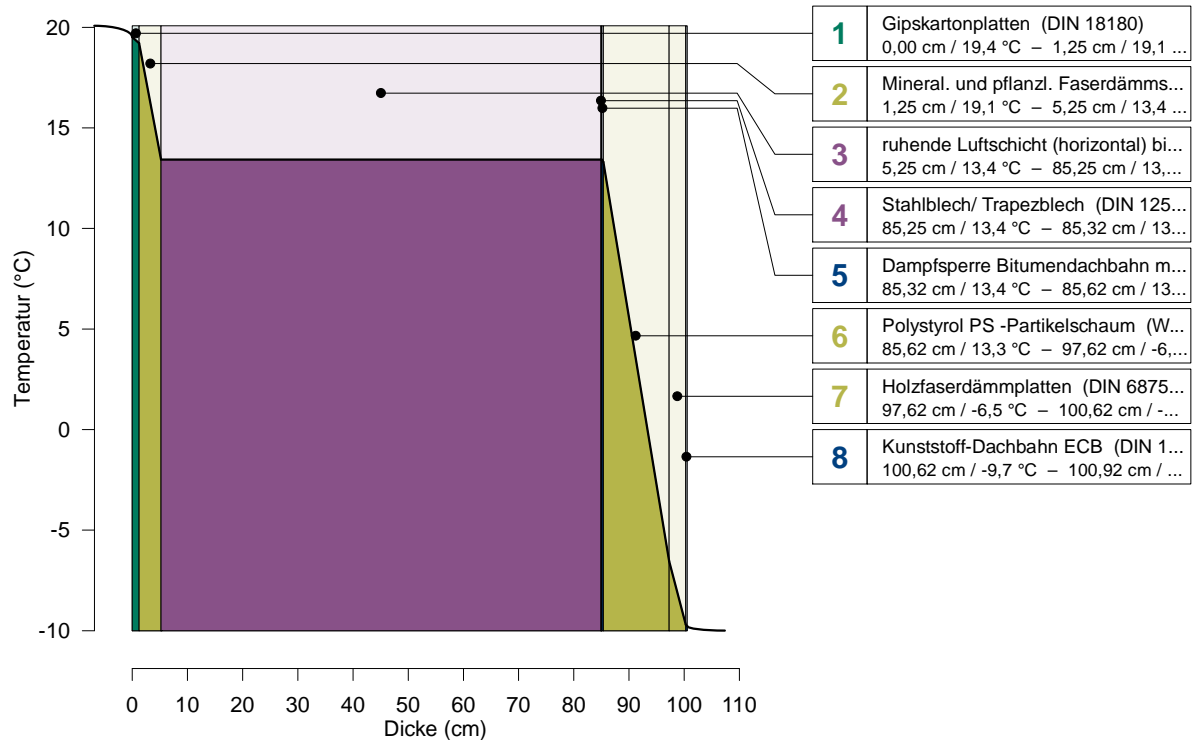
Wärmeübergangswiderstand innen $R_{si}$	0,10 m²K/W
Wärmeübergangswiderstand außen $R_{se}$	0,04 m²K/W
Wärmestromrichtung	aufwärts
Bauteil grenzt an	Außenluft

### Zusammenfassung

U-Wert	0,19 W/m²K
Wärmedurchlasswiderstand	5,06 m²K/W
Mindestwärmedurchlasswiderstand nach DIN 4108-2	1,75 m²K/W
Wirksame Wärmespeicherfähigkeit CP 3 cm	11,25 kJ/m²K
Wirksame Wärmespeicherfähigkeit CP 10 cm	11,25 kJ/m²K
Spezif. Bauteilmasse	45,91 kg/m²
Dicke	100,92 cm

## Flachdach (Bestand + NEU)

### Temperaturverteilung



### Feuchteberechnung nach DIN EN ISO 13788

#### Randbedingungen: Außen- und Innenklima

Monat	$\theta_e$ in °C	$\varphi_e$ in %	$\theta_i$ in °C	$\varphi_i$ in %	N in Tagen
Januar	-1,3	80,0	20,0	56,9	31
Februar	0,6	80,0	20,0	58,8	28
März	4,1	80,0	20,0	58,3	31
April	9,5	80,0	20,0	60,6	30
Mai	12,9	75,0	20,0	61,3	31
Juni	15,7	75,0	20,0	65,4	30
Juli	18,0	75,0	20,0	70,0	31
August	18,3	75,0	20,0	70,7	31
September	14,4	80,0	20,0	66,8	30
Oktober	9,1	80,0	20,0	60,3	31
November	4,7	80,0	20,0	58,4	30
Dezember	1,3	80,0	20,0	58,6	31

## Flachdach (Bestand + NEU)

### Wasserdampfdiffusionsberechnung

Monat: Januar (kritischster Monat)

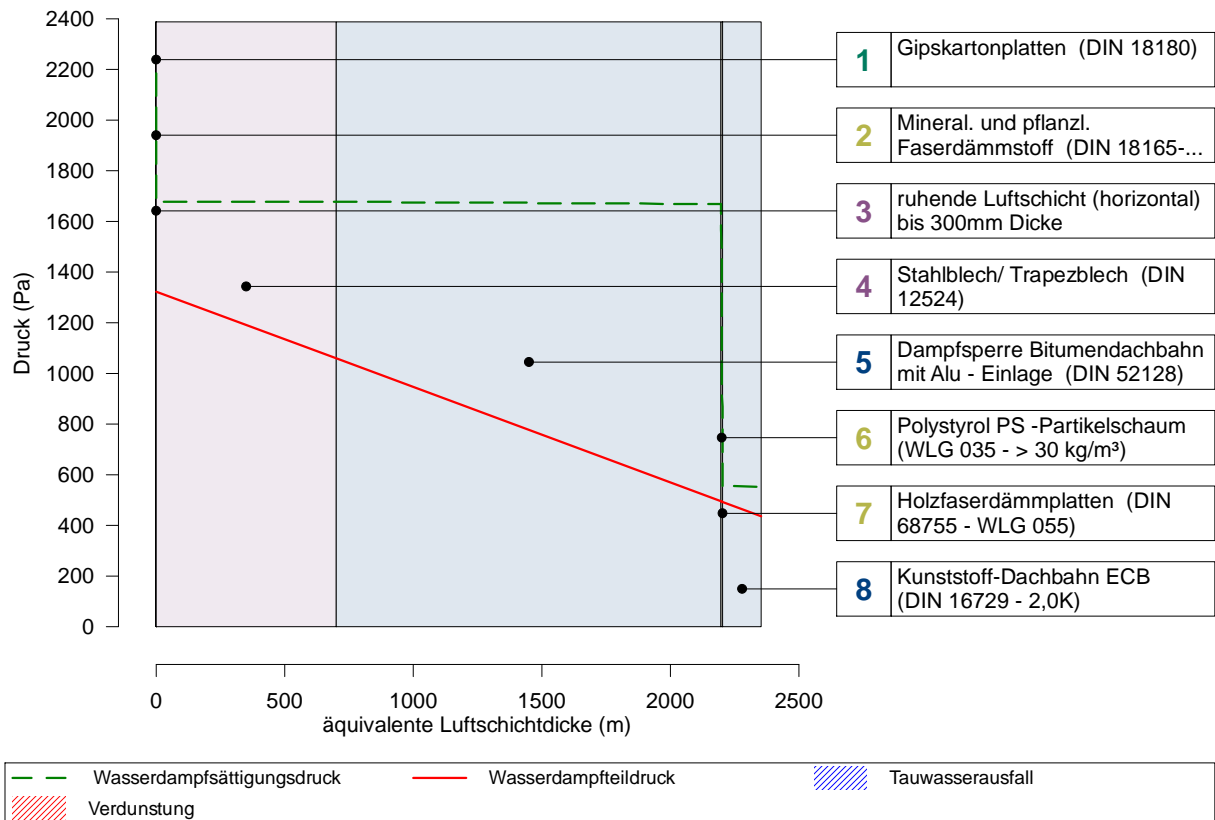
Außentemperatur $\theta_e$ : -1,30°C												
Bereich		Temperatur $\theta$		Wärmeüberg.		Rel. Luftfeuchte $\phi$		W.-Sättigungsdruck $p_{sat}$		W.-Teildruck $p$		
		in °C		in m² K/W		in %		in Pa		in Pa		
innen		$\theta_i = 20,00$		$R_{si} = 0,25$		$\phi_i = 56,90$		$p_{sat,i} = 2336,95$		$p_i = 1329,75$		
außen		$\theta_e = -1,30$		$R_{se} = 0,04$		$\phi_e = 80,00$		$p_{sat,e} = 548,20$		$p_e = 438,80$		
Differenz		$\Delta\theta = -21,30$								$\Delta p = 890,95$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Schicht		$d_j$	$\lambda_{n,j}$	$R_{t,j}$	$(\Delta\theta)_j$	$\theta_{j+1}$	$p_{sat,j+1}$	$\mu_j$	$s_{d,j}$	$(\Delta p)_j$	$p_{j+1}$	$p > p_{sat}$
		m	W/(m K)	m² K/W	K	°C	Pa	-	m	Pa	Pa	
i	Innenluft	-	-	-	-	20,00	2337,0	-	-	-		
0	WUW innen	-	-	0,250	1,00	19,00	2196,7	-	-	-	1329,8	
1	Gipskartonplatten (DIN 18180)	0,013	0,250	0,050	0,20	18,80	2169,6	8	0,100	0,0	1329,7	
2	Mineral. und pflanzl. Faserdämmst...	0,010	0,040	0,250	1,00	17,81	2038,2	1	0,010	0,0	1329,7	
3	Mineral. und pflanzl. Faserdämmst...	0,010	0,040	0,250	1,00	16,81	1913,8	1	0,010	0,0	1329,7	
4	Mineral. und pflanzl. Faserdämmst...	0,010	0,040	0,250	1,00	15,82	1796,2	1	0,010	0,0	1329,7	
5	Mineral. und pflanzl. Faserdämmst...	0,010	0,040	0,250	1,00	14,82	1684,9	1	0,010	0,0	1329,7	
6	ruhende Luftschicht (horizontal) bis...	0,800	0,000	0,000	0,00	14,82	1684,9	1	0,010	0,0	1329,7	
7	Stahlblech/ Trapezblech (DIN 125...	0,001	50,000	0,000	0,00	14,82	1684,9	1000000	700,000	264,8	1064,9	
8	Dampfsperre Bitumendachbahn mi...	0,003	0,170	0,018	0,07	14,75	1677,2	500000	1500,000	567,5	497,4	
9	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	0,98	13,78	1574,6	40	0,343	0,1	497,3	
10	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	0,98	12,80	1477,4	40	0,343	0,1	497,2	
11	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	0,98	11,82	1385,6	40	0,343	0,1	497,0	
12	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	0,98	10,85	1298,8	40	0,343	0,1	496,9	
13	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	0,98	9,87	1216,9	40	0,343	0,1	496,8	
14	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	0,98	8,90	1139,5	40	0,343	0,1	496,6	
15	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	0,98	7,92	1066,5	40	0,343	0,1	496,5	
16	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	0,98	6,95	997,6	40	0,343	0,1	496,4	
17	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	0,98	5,97	932,7	40	0,343	0,1	496,3	
18	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	0,98	4,99	871,5	40	0,343	0,1	496,1	
19	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	0,98	4,02	813,9	40	0,343	0,1	496,0	
20	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	0,98	3,04	759,7	40	0,343	0,1	495,9	
21	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	0,98	2,07	708,7	40	0,343	0,1	495,7	
22	Polystyrol PS -Partikelschaum (W...	0,009	0,035	0,245	0,98	1,09	660,8	5	0,050	0,0	495,6	
23	Holzfaserdämmplatten (DIN 6875...	0,010	0,055	0,182	0,72	0,37	627,0	5	0,050	0,0	495,6	
24	Holzfaserdämmplatten (DIN 6875...	0,010	0,055	0,182	0,72	-0,36	592,8	5	0,050	0,0	495,6	
25	Holzfaserdämmplatten (DIN 6875...	0,010	0,055	0,182	0,72	-1,08	558,3	50000	150,000	56,7	495,5	
26	Kunststoff-Dachbahn ECB (DIN 1...	0,003	0,200	0,015	0,06	-1,14	555,5	-	-	-	438,8	
27	WUW außen	-	-	0,040	0,16							
a	Außenluft	-	-	-	-	-1,30	548,2	-	-	-		



## Flachdach (Bestand + NEU)

### Diffusions-Diagramm

Monat: Januar (kritischster Monat)



### Zusammenfassung / Fazit

#### 1. Kritische Feuchte auf Innenoberflächen

Keine Bildung von kritischer Oberflächenfeuchte.

Temperaturfaktor  $f_{Rsi}$  des Bauteils: 0,95

Kritischer Monat: Februar

höchster erforderlicher Temperaturfaktor  $f_{Rsi,max}$ : 0,75

Der höchste erforderliche Temperaturfaktor wird immer überschritten.

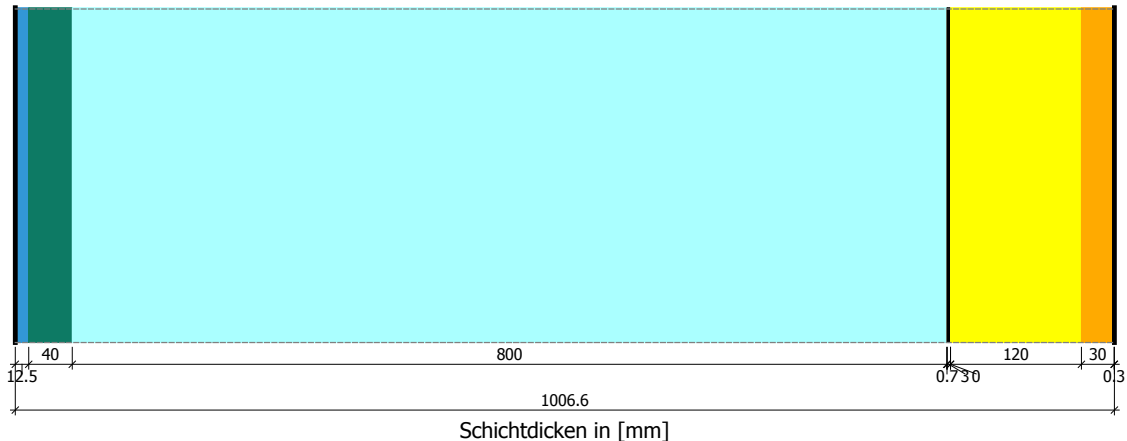
#### 2. Tauwasserbildung im Bauteilinneren

Das Bauteil ist frei von Tauwasserbildung im Bauteilinneren

**Projekt:** Wurster Straße 2  
**Konstruktion:** Flachdach  
**Berater/-in:** Kai Nitzschke  
**Firma:** iBN ingenieurbüro Nitzschke



## Konstruktionsskizze



## Materialeigenschaften

	Material	d [mm]	$\rho$ [kg/m³]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [---]	$w_{80}$ [m³/m³]	$w_{sat}$ [m³/m³]	$A_w$ [kg/m²h <sup>1/2</sup> ]
1	Gipskartonplatte	12,5	850	0,2400	8,0	0,0180	0,4000	24,0000
2	Mineralwolle	40,0	195	0,0400	1,0	0,0002	0,9200	0,0000
3	Luftraum (nicht belüftet)	800,0	1,23	4,4444	0,0	0,0000	1,0000	0,0000
4	Stahl	0,7	7800	47,0000	200000,0	0,0000	0,0000	0,0001
	Bitumen	3,0	1200	0,1450	15000,0	0,0000	0,0026	0,0000
6	Aluminium-Folie	0,1	2800	235,0000	10000,0	0,0000	0,0000	0,0000
7	Polystyrolplatte - expandiert	120,0	23	0,0350	96,0	0,0006	0,9300	0,0006
8	Holzfaserplatte	30,0	300	0,0550	5,0	0,0528	0,4200	4,0440
9	Kunststoff-Dachbahn ECB	0,3	725	0,2000	11000,0	0,0016	0,0120	0,0060

d - Schichtdicke,  $\lambda$  - Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit,  $\mu$  - Dampfdiffusionswiderstandsfaktor,  $w_{80}/w_{sat}$  - Feuchtegehalt bei 80% relativer Luftfeuchte bzw. Sättigung,  $A_w$  - Wasseraufnahmekoeffizient, Schichten von links nach rechts

## Klimadaten

Winterklima			
Klima auf der Warmseite		Klima auf der Kaltseite	
Temperatur	20 °C	Temperatur	-5 °C
Relative Luftfeuchte	50 %	Relative Luftfeuchte	80 %

Dauer der Kondensationsperiode (Winter): 90 Tage

Sommerklima			
Klima auf der Warmseite		Klima auf der Kaltseite	
Temperatur	15 °C	Temperatur	15 °C
Relative Luftfeuchte	71 %	Relative Luftfeuchte	71 %

Dauer der Trocknungsperiode (Sommer): 90 Tage

## Übergangswiderstände

Warmseite:

$$R_{si} = 0,250 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Kaltseite:

$$R_{se} = 0,040 \text{ m}^2\text{K/W}$$

## Widerstände für Wärmetransport, Dampfdiffusion und Flüssigwassertransport

	Schicht / Material	R [m <sup>2</sup> K/W]	r <sub>v</sub> [m/s]	r <sub>w</sub> [m <sup>2</sup> s/kg]
1	Gipskartonplatte	0,052	5,4e+08	84,8
2	Mineralwolle	1,000	2,16e+08	6,23e+22
3	Luft Raum (nicht belüftet)	0,230	5,4e+07	1e+30
4	Stahl	0,000	7,56e+11	4,56e-05
5	Bitumen	0,021	2,43e+11	1,03e+14
6	Aluminium-Folie	0,000	2,7e+09	786
7	Polystyrolplatte - expandiert	3,429	6,22e+10	1,93e+13
8	Holzfasерplatte	0,545	8,1e+08	6,02e+03
9	Kunststoff-Dachbahn ECB	0,002	2,07e+10	715
	<b>Summe der Widerstände (feuchteabhängig)</b>	<b>5,279</b>	<b>1,09e+12</b>	

Wärmedurchgangswiderstand (feuchteabhängig):

$$R_T = 5,569 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Wärmedurchgangskoeffizient (feuchteabhängig):

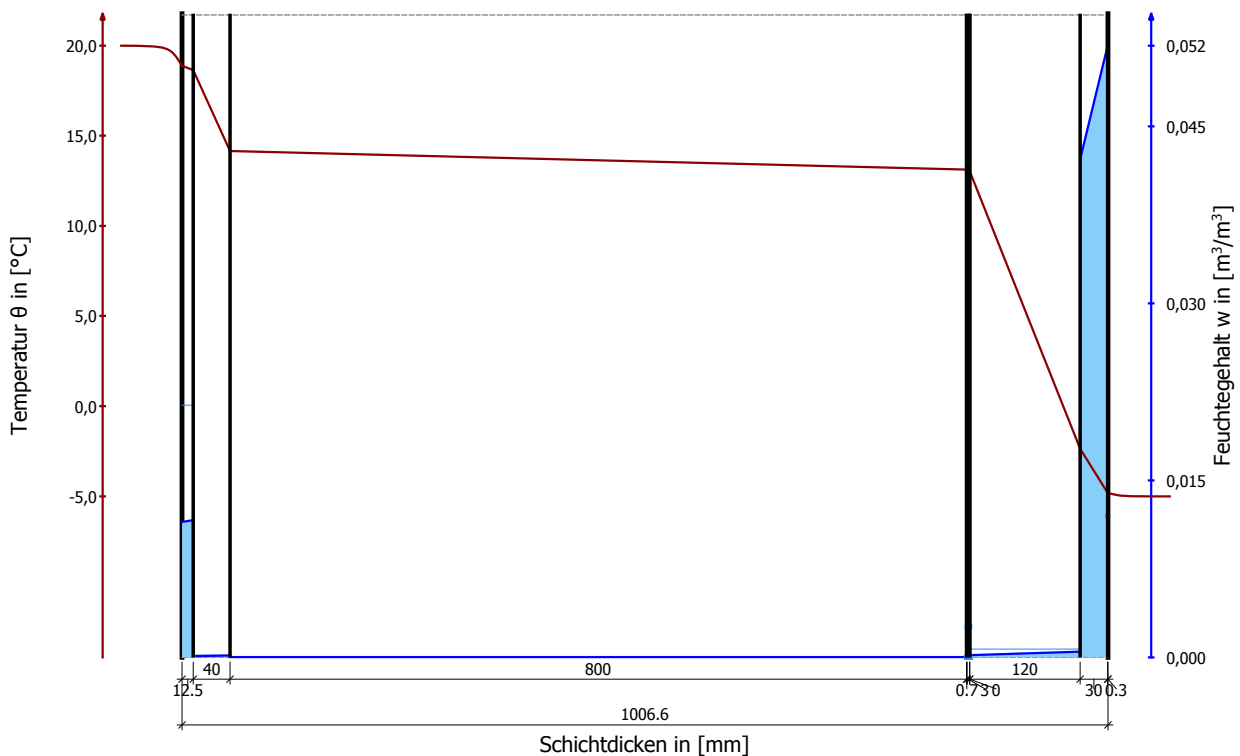
$$U = 0,180 \text{ W/m}^2\text{K}$$

## Temperaturen, Dampfdrücke und Feuchtegehalte

	Schicht / Material	θ [°C]	p <sub>sat</sub> [Pa]	p [Pa]	w [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	d <sub>c</sub> [mm]	M <sub>c</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]
	Luftschicht (Warmseite)	20,0	2338,2	1169,1			
		18,9	2180,9	1169,1			
1	Gipskartonplatte				0,011		
					0,012		
2	Mineralwolle	18,6	2149,3	1168,7	0,000		
					0,000		
3	Luft Raum (nicht belüftet)	14,2	1615,8	1168,5	0,000		
					0,000		
4	Stahl	13,1	1510,9	1168,5	0,000		
					0,000		
5	Bitumen	13,1	1510,9	578,5	0,000		
					0,000		
6	Aluminium-Folie	13,0	1501,8	388,9	0,000		
					0,000		
7	Polystyrolplatte - expandiert	13,0	1501,8	386,8	0,000		
					0,000		
8	Holzfasерplatte	-2,4	502,6	338,3	0,042		
					0,052		
9	Kunststoff-Dachbahn ECB	-4,8	408,4	337,6	0,002		
					0,002		
	Luftschicht (Kaltseite)	-4,8	408,1	321,5			
		-5,0	401,9	321,5			

θ - Temperatur, p<sub>sat</sub> - Sättigungsdampfdruck, p - Dampfdruck, w - Feuchtegehalt, d<sub>c</sub> - Dicke der Kondensationsschicht, M<sub>c</sub> - Kondensatmasse

## Temperatur- und Feuchteprofil



Kondensat (überhygroskopischer Feuchtegehalt) dunkelblau.

## Zusammenfassung der Ergebnisse

Wärmedurchgangskoeffizient der Konstruktion (feuchteabhängig)

$U = 0,180 \quad \text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

Wärmedurchgangskoeffizient der Konstruktion (trocken)

$U = 0,180 \quad \text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

Wärmedurchlasswiderstand der Konstruktion (trocken)

$R = 5,279 \quad \text{m}^2\text{K}/\text{W}$

Keine Kondensation.

DIN 4108-2 2013 Tab. 3 Zeile 1, Wärmedurchlasswiderstand  $R \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

**Anforderung erfüllt**

DIN 4108-3 (wasseraufnahmefähig)  $M_c \leq 1,0 \text{ kg}/\text{m}^2$

**Anforderung erfüllt**

Trocknungszeit im Sommer  $t_{ev} < 90 \text{ d}$

**Anforderung erfüllt**

## Ergebnisse nach DIN 4108-3 (Glaser Schema)

### Kondensationsperiode (Winter)

Dauer	90 Tage
Innenklima (links)	20 $^{\circ}\text{C}$ / 50 %
Außenklima (rechts)	-5 $^{\circ}\text{C}$ / 80 %

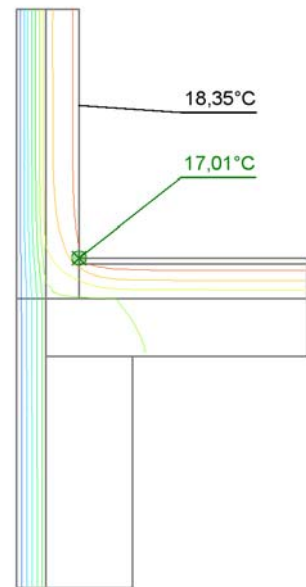
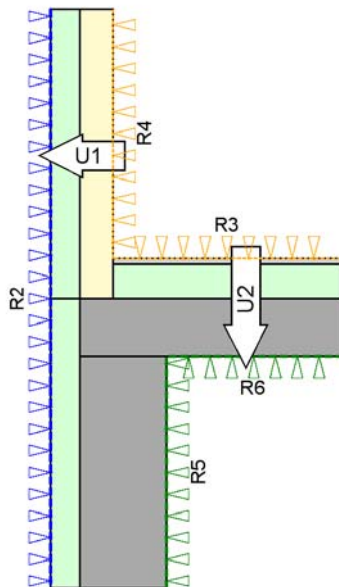
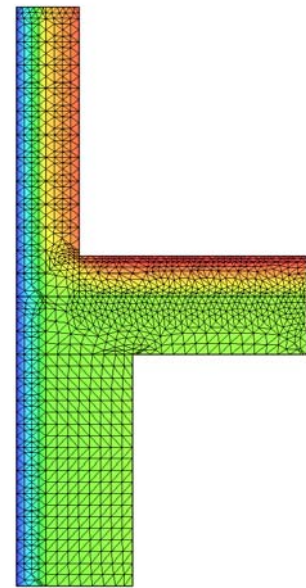
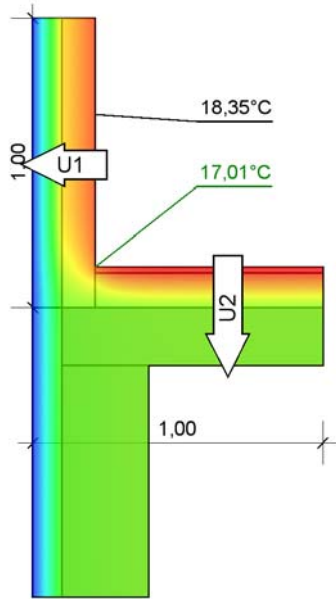
Kondensatmenge (nach Glaser)  $w_T = 0,000 \text{ kg}/\text{m}^2$

### Trocknungsperiode (Sommer)

Dauer	90 Tage
Innenklima (links)	15 $^{\circ}\text{C}$ / 71 %
Außenklima (rechts)	15 $^{\circ}\text{C}$ / 71 %
Kondensationsbereich	15 $^{\circ}\text{C}$ / 100 %

Potentielle Trocknungsmenge  $w_v = 0,000 \text{ kg}/\text{m}^2$   
Trocknungszeit (nach Glaser)  $t_{ev} = 0,0 \text{ Tage}$

Wärmebrückenberechnung ( $f$ -Wert)



Nr.	Name	Länge	U-Wert	Korrekturfaktor
U1	U1	1,000 m	0,27 W/(m²K)	F_e (1,00)
U2	U2	1,000 m	0,27 W/(m²K)	F_e (1,00)

**Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 ist erfüllt.**

$$f_{RSI} = 0,88 > 0,7$$

**Datum: 23.7.2018**Materiallegende:

	Name	Lambda
	Normalbeton (2400)	2,100 W/(mK)
	Polystyrol Partikelschaum PS15 (WLG 035)	0,035 W/(mK)
	Polystyrol-Extruderschaum (WLG 040)	0,040 W/(mK)
	Porenbeton Blocksteine 700	0,180 W/(mK)
	Gipsfaserplatten	0,500 W/(mK)

Randbedingungen und Wärmeströme:

Nr	Temp	Rsi/Rse	Länge	Wärmestrom
R 1	--	--	0,96 m	--
R 2	-5,00 °C	0,04	2,00 m	-11,954 W/m
R 3	20,00 °C	0,25	0,79 m	2,618 W/m
R 4	20,00 °C	0,25	0,86 m	6,131 W/m
R 5	10,00 °C	0,00	0,80 m	0,000 W/m
R 6	10,00 °C	0,00	0,60 m	0,000 W/m

Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2

kritische Oberflächentemperatur (T <sub>si</sub> )	+17,01 °C
f-Wert	0,88

# Psi-Therm 2011

Datum: 23.7.2018

## Eingabedaten - Materialbereiche


Bild		Name	Lambda	
	M1	Normalbeton (2400)	2,100 W/(mK)	
Name		Nr	X	Y
Kontur		1	-0,27 m	-0,37 m
		2	-0,57 m	-0,37 m
		3	-0,57 m	-1,17 m
		4	-0,27 m	-1,17 m
Kontur		1	+0,33 m	-0,17 m
		2	-0,57 m	-0,17 m
		3	-0,57 m	-0,37 m
		4	+0,33 m	-0,37 m


Bild		Name	Lambda	
	M2	Polystyrol Partikelschaum PS15 (WLG 035)	0,035 W/(mK)	
Name		Nr	X	Y
Kontur		1	-0,57 m	+0,83 m
		2	-0,67 m	+0,83 m
		3	-0,67 m	-0,17 m
		4	-0,57 m	-0,17 m
Kontur		1	+0,33 m	-0,05 m
		2	-0,46 m	-0,05 m
		3	-0,46 m	-0,17 m
		4	+0,33 m	-0,17 m


Bild		Name	Lambda	
	M3	Polystyrol-Extruderschaum (WLG 040)	0,040 W/(mK)	
Name		Nr	X	Y
Kontur		1	-0,57 m	-0,17 m
		2	-0,67 m	-0,17 m
		3	-0,67 m	-1,17 m
		4	-0,57 m	-1,17 m



Bild		Name	Lambda	
	M4	Porenbeton Blocksteine 700	0,180 W/(mK)	
Name		Nr	X	Y
Kontur		1	-0,46 m	+0,83 m
		2	-0,57 m	+0,83 m
		3	-0,57 m	-0,17 m
		4	-0,46 m	-0,17 m

Bild		Name	Lambda	
	M5	Gipsfaserplatten	0,500 W/(mK)	
Name		Nr	X	Y
Kontur		1	+0,33 m	-0,03 m
		2	-0,46 m	-0,03 m
		3	-0,46 m	-0,05 m
		4	+0,33 m	-0,05 m

# **Psi-Therm 2011**

**Datum: 23.7.2018**

## Eingabedaten - Randbereiche

	Name	Temperature	Rsi/Rse	Länge
R2	Außenwand, Dach, Wärmestrom horizontal und vertikal	-5,00 °C	0,04	2,00 m
		X	Y	
Anfangspunkt		-0,67 m	+0,83 m	
Endpunkt		-0,67 m	-1,17 m	

	Name	Temperature	Rsi/Rse	Länge
R3	Wärmestrom abwärts zu unbeheizten Räumen	+20,00 °C	0,25	0,79 m
		X	Y	
Anfangspunkt		+0,33 m	-0,03 m	
Endpunkt		-0,46 m	-0,03 m	

	Name	Temperature	Rsi/Rse	Länge
R4	Aussenwände, Innenwände, Decken beidseits beheizt	+20,00 °C	0,25	0,86 m
		X	Y	
Anfangspunkt		-0,46 m	-0,03 m	
Endpunkt		-0,46 m	+0,83 m	

	Name	Temperature	Rsi/Rse	Länge
R5	Außen freie Eingabe	+10,00 °C	0,00	0,80 m
		X	Y	
Anfangspunkt		-0,27 m	-1,17 m	
Endpunkt		-0,27 m	-0,37 m	

	Name	Temperature	Rsi/Rse	Länge
R6	Außen freie Eingabe	+10,00 °C	0,00	0,60 m
		X	Y	
Anfangspunkt		-0,27 m	-0,37 m	
Endpunkt		+0,33 m	-0,37 m	

## Eingabedaten - U-Werte

	Name	U-Wert	Fx
U1	U1	0,27	1,00
X		Y	Ausrichtung
-0,46 m		+0,32 m	180 °

	Name	U-Wert	Fx
U2	U2	0,27	1,00
X		Y	Ausrichtung
-0,00 m		-0,03 m	90 °



```

*****
f - WERT  BERECHNUNG
*****

N E T Z G E N E R I E R U N G
Vereinigen der Wärmebrückenbereiche... fertig
Generierung der Elementzellen
    Es wurden : 509  Elementzellen erzeugt.
Topologie optimieren... fertig
E N D E :  N E T Z G E N E R I E R U N G
Zusammensetzen der Finite-Elemente-Struktur... fertig
    Anzahl der Elemente____: 588
    Anzahl der Knoten____: 341
S T A R T :  F I N I T E  -  E L E M E N T E  -  B E R E C H N U N G
Matrizen initialisieren...Anzahl der Knoten: 341
Zusammenbau der Steifigkeitsmatrix und des Lastvektors... fertig
    Begin der Iteration. Nach dem Verfahren der konjugierten Gradienten:
...fertig, das Gleichungssystem wurde gelöst.
    Anzahl der Iterationen: 119
    Die Temperaturen in den Netzknoten sind berechnet.
E N D E :  F I N I T E  -  E L E M E N T E  -  B E R E C H N U N G
*****
***  K O N V E R G E N Z  -  T E S T  *****
***  Nach DIN10211:2008-04, A.2  *****
    Konvergenz - Struktur erzeugen... fertig
    Anzahl der Elemente____: 2352
    Anzahl der Knoten____: 1269
S T A R T :  F I N I T E  -  E L E M E N T E  -  B E R E C H N U N G
Matrizen initialisieren...Anzahl der Knoten: 1269
Zusammenbau der Steifigkeitsmatrix und des Lastvektors... fertig
    Begin der Iteration. Nach dem Verfahren der konjugierten Gradienten:
...fertig, das Gleichungssystem wurde gelöst.
    Anzahl der Iterationen: 246
    Die Temperaturen in den Netzknoten sind berechnet.
E N D E :  F I N I T E  -  E L E M E N T E  -  B E R E C H N U N G
Innere Wärmeströme:
    aus der Basisberechnung      [W/m]: 4,944
    aus der Konvergenzberechnung [W/m]: 4,94
Konvergenz [%]: 0,1 <= 1
=====
*****
***  O B E R F L Ä C H E N T E M P E R A T U R E N  *****
Randbedingungen
Randbedingung      Typ      Wärmestrom      Länge      Temperatur      Rs(i,e)
Berechnung der Wärmeströme
    1      Neumann      0,00      0,96      --      --
    5      Dirichlet      0,00      0,80      10,00      0,00
    6      Dirichlet      0,00      0,60      10,00      0,00
    2      Robin      -11,95      2,00      -5,00      0,04
    4      Robin      6,13      0,86      20,00      0,25
    3      Robin      2,62      0,79      20,00      0,25
Minmale Oberflächentemperaturen:
    Im Innenbereich:  17,01[C]  bei Position : X  -0,46[m] Y  -0,03[m]
    =====
    Im Außenbereich:  -4,80[C]  bei Position : X  -0,68[m] Y  -0,13[m]
    =====

```

Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 für 2 Temperatur-Randbedingungen :

kritische Oberflächentemperatur (Tsi): 17,01 [C]

Raumtemperatur (Ti) : 20,00 [C]

Außentemperatur (Te) : -5,00 [C]

$f_{Rsi} = (T_{si} - T_e) / (T_i - T_e) = 0,88 > 0.7$

=====

\*\*\*\*\*

\*\*\* E N D E der BERECHNUNG \*\*\*

\*\*\*\*\*