

## Bauphysikalische Berechnungen

### Bauteilaufbau: Dachaufbau Fraunhofer

#### Berechnung des oberen Grenzwertes des Wärmedurchgangswiderstandes $R_T'$

Bereich 1 Breite: 8,0 cm (f=0,094)	Dicke <b>d</b>	$\lambda$	R	maßg. $\mu$	äquiv. Dicke	Temp.- Verlauf	Satt- dampf- druck
<b>Baustoffe</b>	[cm]	[W/mK]	[m²K/W]	[ - ]	[m]	[°C]	[Pa]
Wärmeübergang innen			0,100				
Gipskarton-Platten DIN 18180	1,3	0,250	0,052				
Luftschicht lotrecht 20-500mm	2,4		0,170				
Dampfsperre	0,02	0,350	0,001				
Fichte	18,0	0,130	1,385				
Pavatex Isolair	3,5	0,050	0,700				
Luftschicht lotrecht 20-500mm	3,5		0,170				
Beton 2000	1,5	1,350	0,011				
Wärmeübergang außen			0,040				
$R_T = \Sigma(d_i/\lambda_i) =$			2,628				

Bereich 2 Breite: 77,0 cm (f=0,906)	Dicke <b>d</b>	$\lambda$	R	maßg. $\mu$	äquiv. Dicke	Temp.- Verlauf	Satt- dampf- druck
<b>Baustoffe</b>	[cm]	[W/mK]	[m²K/W]	[ - ]	[m]	[°C]	[Pa]
Wärmeübergang innen			0,100				
Gipskarton-Platten DIN 18180	1,3	0,250	0,052				
Luftschicht lotrecht 20-500mm	2,4		0,170				
Dampfsperre	0,02	0,350	0,001				
Thermo-Hanf Premium	18,0	0,040	4,500				
Pavatex Isolair	3,5	0,050	0,700				
Luftschicht lotrecht 20-500mm	3,5		0,170				
Beton 2000	1,5	1,350	0,011				
Wärmeübergang außen			0,040				
$R_T = \Sigma(d_i/\lambda_i) =$			5,744				

$$R_T' = 1/\Sigma(f/R) = 5,167 \text{ m}^2\text{K/W}$$

#### Berechnung des unteren Grenzwertes des Wärmedurchgangswiderstandes $R_T''$

Schicht Nr.	d [cm]	$\lambda_a$ [W/mK]	$f_a$ [%]	$\lambda_b$ [W/mK]	$f_b$ [%]	$\lambda_c$ [W/mK]	$f_c$ [%]	$\lambda_d$ [W/mK]	$f_d$ [%]	$R_j$ [m²K/W]
1	1,30	0,250	9,4	0,250	90,6					0,052
2	2,40	0,141	9,4	0,141	90,6					0,170
3	0,02	0,350	9,4	0,350	90,6					0,001
4	18,00	0,130	9,4	0,040	90,6					3,714
5	3,50	0,050	9,4	0,050	90,6					0,700
6	3,50	0,206	9,4	0,206	90,6					0,170
7	1,50	1,350	9,4	1,350	90,6					0,011

$$R_T'' = R_{si} + \Sigma R_j + R_{se} = 4,957 \text{ m}^2\text{K/W}$$

#### Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U

$$R_T = (R_T' + R_T'') / 2 = (5,167 + 4,957) / 2 = 5,062 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_T = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$$

#### Wirksame Wärmekapazität des Bauteils (10-cm-Regel)

$$C_{\text{wirkt,i}} = 6,37 \text{ Wh/m}^2\text{K} \cdot 10,00 \text{ m}^2 = 64 \text{ Wh/K}$$

$$C_{\text{wirkt,e}} = 13,23 \text{ Wh/m}^2\text{K} \cdot 10,00 \text{ m}^2 = 132 \text{ Wh/K}$$

#### Wirksame Wärmekapazität des Bauteils für die Berechnung der Nachtabsenkung (3-cm-Regel)

$$C_{\text{wirkt,i}} = 3,25 \text{ Wh/m}^2\text{K} \cdot 10,00 \text{ m}^2 = 33 \text{ Wh/K}$$

$$C_{\text{wirkt,e}} = 8,33 \text{ Wh/m}^2\text{K} \cdot 10,00 \text{ m}^2 = 83 \text{ Wh/K}$$

#### Berechnung des Temperaturamplitudenverhältnisses und der Phasenverschiebung

Bereich 1 (Breite: 8,0 cm)

Schicht	d	$\lambda_a$	$\rho$	S	D	U
Nr.	[cm]	[W/mK]	[kg/m³]	[W/m²K]	[-]	[W/m²K]
innen						10,000
1	1,3	0,250	900	4,0	0,2097	7,135
2	2,4	0,141	0	0,0	0,0000	3,224
3	0,02	0,350	250	21,0	0,0120	3,471
4	18,0	0,130	500	2,7	3,7955	2,741
5	3,5	0,050	240	1,3	0,9445	1,376
6	3,5	0,206	0	0,0	0,0000	1,115
7	1,5	1,350	2000	14,0	0,1552	3,242
außen				25,000		0,000

$$\text{Temperaturamplitudendämpfung } \Theta = 0,9 \cdot (\Pi(S_k + U_{k-1}) / (S_k + U_k)) \cdot \exp(\Sigma(D_k / \sqrt{2})) = 42,4$$

$$\text{Temperaturamplitudenverhältnis } v = 1 / \Theta = 0,024$$

$$\text{Phasenverschiebung } \eta = 1/15 \cdot (40,5 \cdot \Sigma D_k - \arctan(\alpha_i / (\alpha_i + U_1 \cdot \sqrt{2}))) + \arctan(U_n / (U_n + \alpha_a \cdot \sqrt{2}))) = 53,0 \text{ h}$$

Bereich 2 (Breite: 77,0 cm)

Schicht	d	$\lambda_a$	$\rho$	S	D	U
Nr.	[cm]	[W/mK]	[kg/m³]	[W/m²K]	[-]	[W/m²K]
innen						10,000
1	1,3	0,250	900	4,0	0,2097	7,135
2	2,4	0,141	0	0,0	0,0000	3,224
3	0,02	0,350	250	21,0	0,0120	3,471
4	18,0	0,040	33	0,4	1,7578	0,391
5	3,5	0,050	240	1,3	0,9445	1,308
6	3,5	0,206	0	0,0	0,0000	1,070
7	1,5	1,350	2000	14,0	0,1552	3,199
außen				25,000		0,000

$$\text{Temperaturamplitudendämpfung } \Theta = 0,9 \cdot (\Pi(S_k + U_{k-1}) / (S_k + U_k)) \cdot \exp(\Sigma(D_k / \sqrt{2})) = 18,5$$

$$\text{Temperaturamplitudenverhältnis } v = 1 / \Theta = 0,054$$

$$\text{Phasenverschiebung } \eta = 1/15 \cdot (40,5 \cdot \Sigma D_k - \arctan(\alpha_i / (\alpha_i + U_1 \cdot \sqrt{2}))) + \arctan(U_n / (U_n + \alpha_a \cdot \sqrt{2}))) = 32,0 \text{ h}$$