

Flachdach mit Begrünung

Flachdach
erstellt am 7.4.2025

Wärmeschutz

$U = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

EnEV Bestand*: $U < 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



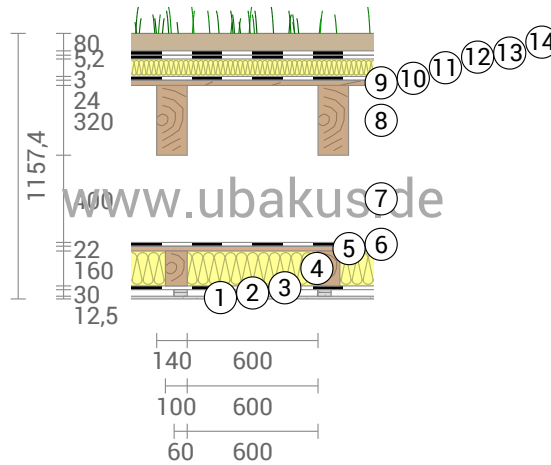
Feuchteschutz

Trocknet 7 Tage
Feuchtegehalt Holz: +0,0%
Tauwasser: 4,3 g/m²



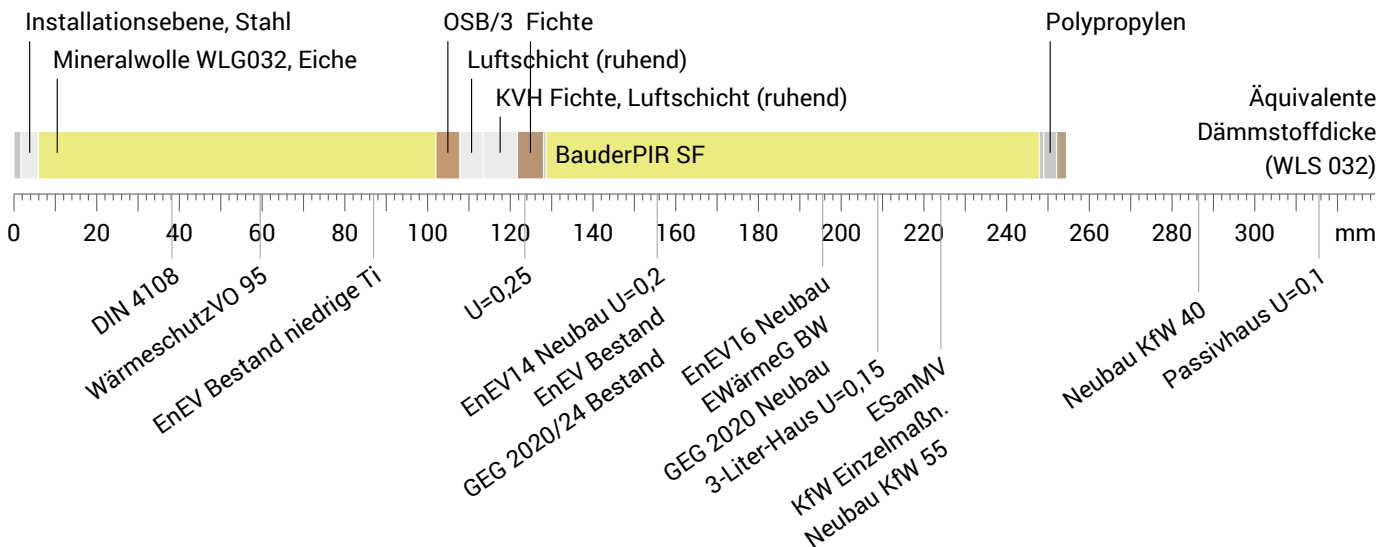
Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 76
Phasenverschiebung: 15,5 h
Wärmekapazität innen: 78 kJ/m²K



- | | | |
|--------------------------------|------------------------|--|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ⑥ Wetguard 200 SA | ⑪ BauderPIR SF (80 mm) |
| ② Installationsebene (30 mm) | ⑦ Luftschicht (400 mm) | ⑫ BauderPLANT E |
| ③ Folie, PE | ⑧ Luftschicht (320 mm) | ⑬ Polypropylen |
| ④ Mineralwolle WLG032 (160 mm) | ⑨ Fichte (24 mm) | ⑭ Extensive Begrünung verdichtet (80 mm) |
| ⑤ OSB/3 (22 mm) | ⑩ BauderTEC KSA DUO | |

Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten



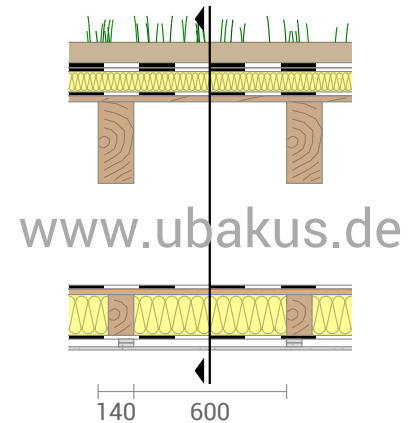
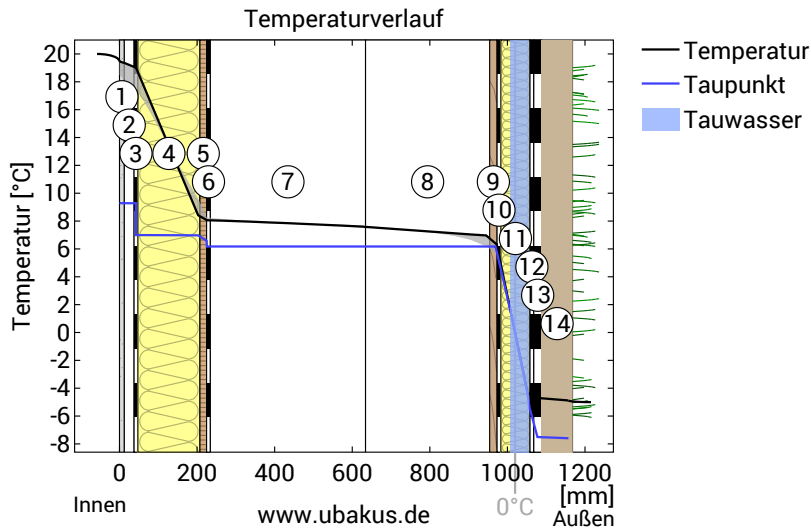
Raumluft: 20,0°C / 50%
Außenluft: -5,0°C / 80%
Oberflächentemp.: 18,5°C / -4,9°C

sd-Wert: 1994,0 m

Dicke: 115,7 cm
Gewicht: 258 kg/m²
Wärmekapazität: 310 kJ/m²K

Flachdach mit Begrünung, $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Temperaturverlauf



- | | | |
|--------------------------------|------------------------|--|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ⑥ Wetguard 200 SA | ⑪ BauderPIR SF (80 mm) |
| ② Installationsebene (30 mm) | ⑦ Luftschicht (400 mm) | ⑫ BauderPLANT E |
| ③ Folie, PE | ⑧ Luftschicht (320 mm) | ⑬ Polypropylen |
| ④ Mineralwolle WLG032 (160 mm) | ⑨ Fichte (24 mm) | ⑭ Extensive Begrünung verdichtet (80 mm) |
| ⑤ OSB/3 (22 mm) | ⑩ BauderTEC KSA DUO | |

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

Flachdach mit Begrünung, $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*		0,100	18,5	20,0	
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,050	18,1	19,5	8,5
2	3 cm Installationsebene	0,188	0,160	17,6	19,4	0,0
	3 cm Stahl (0,091%)	50,000	0,001	17,8	18,1	0,2
	0,06 cm Stahl (Breite: 6 cm)	50,000	0,000	17,7	17,8	0,5
	0,06 cm Stahl (Breite: 6 cm)	50,000	0,000	18,1	18,4	0,5
3	0,02 cm Folie, PE	0,400	0,001	17,6	19,0	0,2
4	16 cm Mineralwolle WLG032	0,032	5,000	8,4	19,0	2,7
	16 cm Eiche (14%)	0,180	0,889	9,3	17,8	18,7
5	2,2 cm OSB/3	0,130	0,169	8,1	9,6	13,6
6	0,05 cm Wetguard 200 SA	0,200	0,003	8,0	8,3	0,3
7	40 cm Luftschicht (ruhend)	2,500	0,160	7,6	8,3	0,5
8	32 cm Luftschicht (ruhend)	1,688	0,190	6,8	7,7	0,3
	32 cm KVH Fichte (19%)	0,130	2,462	6,2	7,7	31,9
9	2,4 cm Fichte	0,130	0,185	5,7	7,0	10,8
10	0,3 cm BauderTEC KSA DUO	0,170	0,018	5,7	6,4	3,3
11	8 cm BauderPIR SF	0,023	3,478	-4,4	6,3	2,2
12	0,52 cm BauderPLANT E	0,170	0,031	-4,4	-4,3	5,7
13	2 cm Polypropylen	0,220	0,091	-4,7	-4,4	18,2
14	8 cm Extensive Begrünung verdichtet	1,400	0,057	-4,9	-4,7	140,0
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,9	
	115,74 cm Gesamtes Bauteil		8,079			258,1

*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden $R_{si}=0,25$ und $R_{se}=0,04$ gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,5°C 19,2°C 19,5°C
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,9°C -4,9°C -4,9°C

Flachdach mit Begrünung, $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt: innen: 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: -5°C und 80% Luftfeuchtigkeit. Dieses Klima entspricht DIN 4108-3.

Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,0043 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 7 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser		Gewicht [kg/m ²]
			[kg/m ²]	[Gew.-%]	
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,05	~0		8,5
2	3 cm Installationsebene	0,01	~0		0,0
	3 cm Stahl (0,091%)	30,00	-		0,2
	0,06 cm Stahl (Breite: 6 cm)	1500	-		0,5
	0,06 cm Stahl (Breite: 6 cm)	1500	-		0,5
3	0,02 cm Folie, PE	20,00	-		0,2
4	16 cm Mineralwolle WLG032	0,16	-		2,7
	16 cm Eiche (14%)	8,00	-	-	18,7
5	2,2 cm OSB/3	3,30	-	-	13,6
6	0,05 cm Wetguard 200 SA	3,50	-		0,3
7	40 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	0,0050		0,5
8	32 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	0,0024		0,3
	32 cm KVH Fichte (19%)	12,80	~0	-	31,9
9	2,4 cm Fichte	0,48	0,0044	0,0	10,8
10	0,3 cm BauderTEC KSA DUO	60,00	-		3,3
11	8 cm BauderPIR SF	1500	~0		2,2
12	0,52 cm BauderPLANT E	104,00	-		5,7
13	2 cm Polypropylen	200,00	-		18,2
14	8 cm Extensive Begrünung verdichtet	8,00	-		140,0
	115,74 cm Gesamtes Bauteil	1.993,96	0,0043		258,1

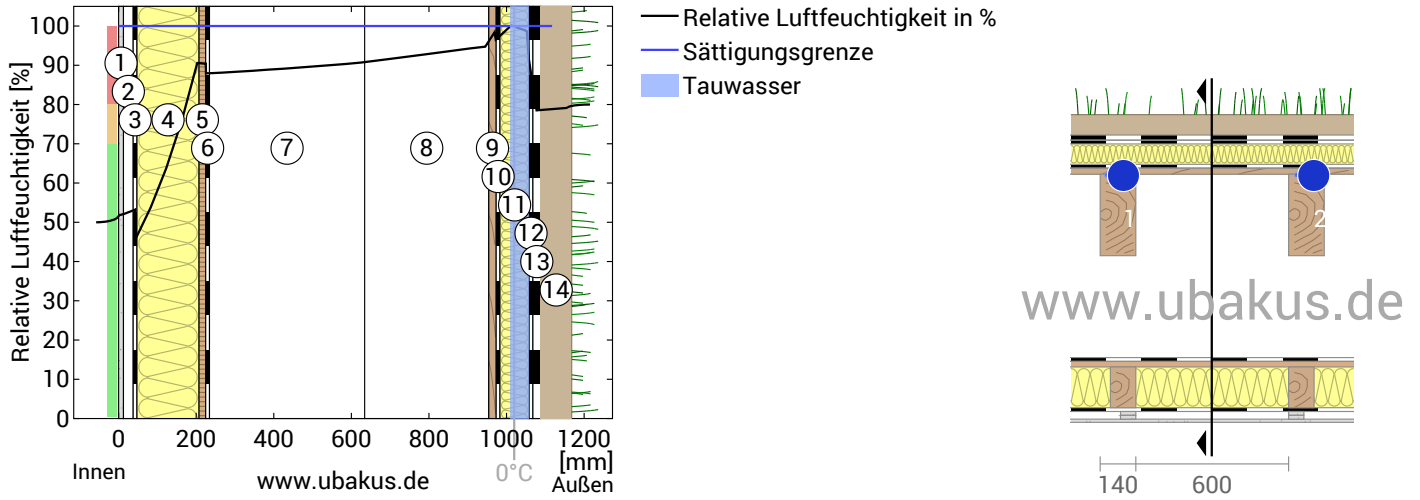
Tauwasserebenen

- ① Tauwasser: 0,002 kg/m² Betroffene Schichten: BauderTEC KSA DUO, Fichte
- ② Tauwasser: 0,002 kg/m² Betroffene Schichten: BauderTEC KSA DUO, Fichte
- ③ Tauwasser: ~0 kg/m² Betroffene Schichten: BauderPIR SF

Flachdach mit Begrünung, $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt $18,5 \text{ °C}$ was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein. Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



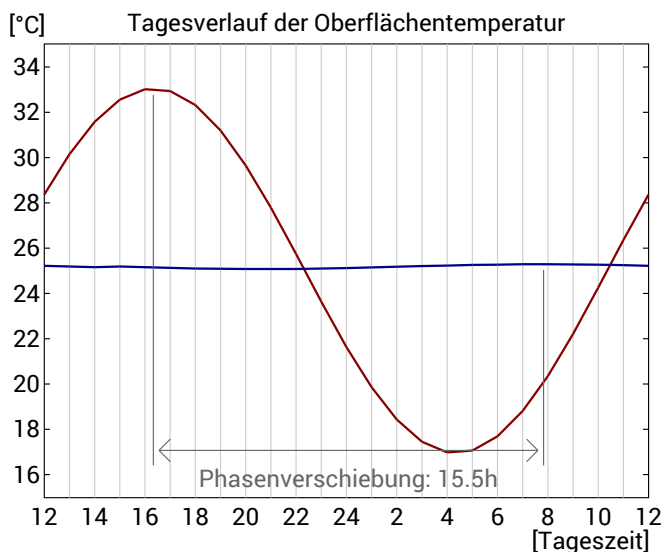
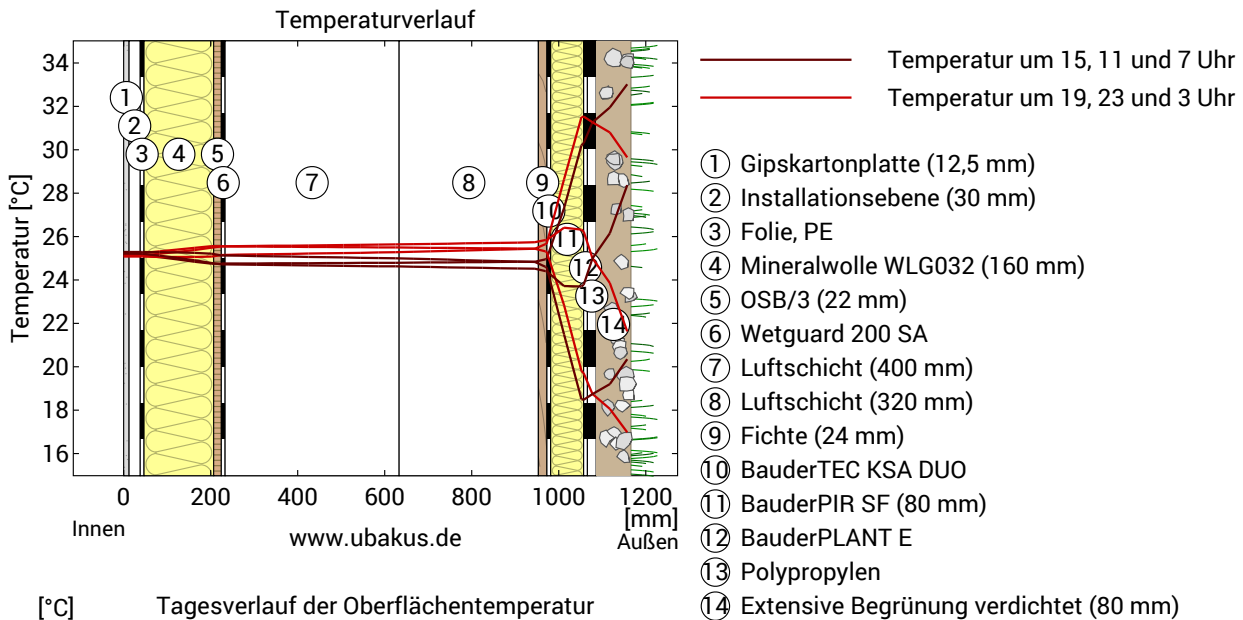
- | | | |
|--------------------------------|------------------------|--|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ⑥ Wetguard 200 SA | ⑪ BauderPIR SF (80 mm) |
| ② Installationsebene (30 mm) | ⑦ Luftschicht (400 mm) | ⑫ BauderPLANT E |
| ③ Folie, PE | ⑧ Luftschicht (320 mm) | ⑬ Polypropylen |
| ④ Mineralwolle WLG032 (160 mm) | ⑨ Fichte (24 mm) | ⑭ Extensive Begrünung verdichtet (80 mm) |
| ⑤ OSB/3 (22 mm) | ⑩ BauderTEC KSA DUO | |

Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

Flachdach mit Begrünung, $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



Obere Abbildung: Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

Untere Abbildung: Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	15,5 h	Wärmespeicherkapazität (gesamtes Bauteil):	310 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	75,8	Wärmespeicherkapazität der inneren Schichten:	78 kJ/m ² K
TAV***	0,013		

* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.

** Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.

*** Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: $TAV = 1/\text{Amplitudendämpfung}$

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.