

# dach

Flachdach  
erstellt am 10.8.2019

## Wärmeschutz

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

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

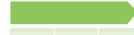


sehr gut

mangelhaft

## Feuchteschutz

Feuchtegehalt Holz: +1,3%  
Trocknet 21 Tage  
Tauwasser: 80 g/m<sup>2</sup>



sehr gut

mangelhaft

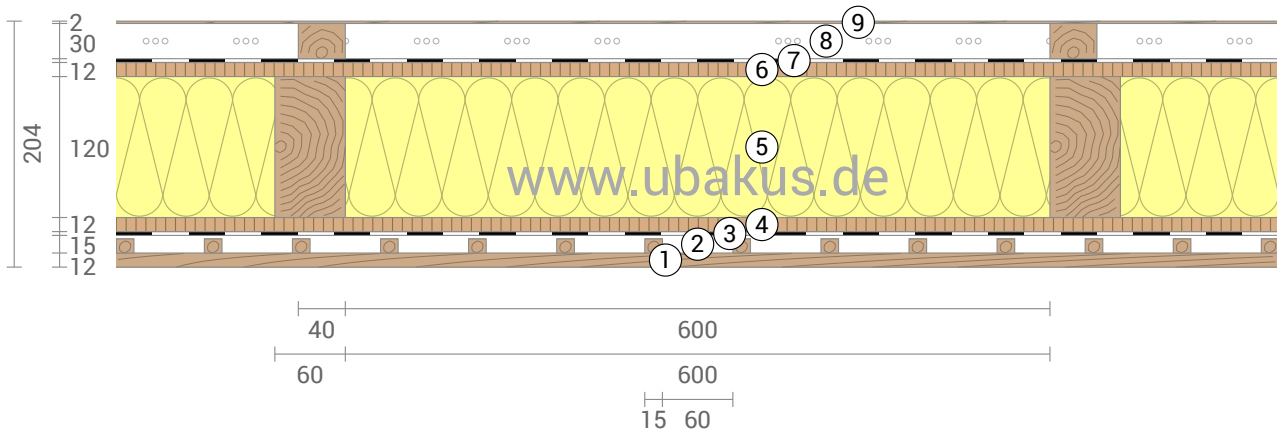
## Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 6,2  
Phasenverschiebung: 7,5 h  
Wärmekapazität innen: 29 kJ/m<sup>2</sup>K



sehr gut

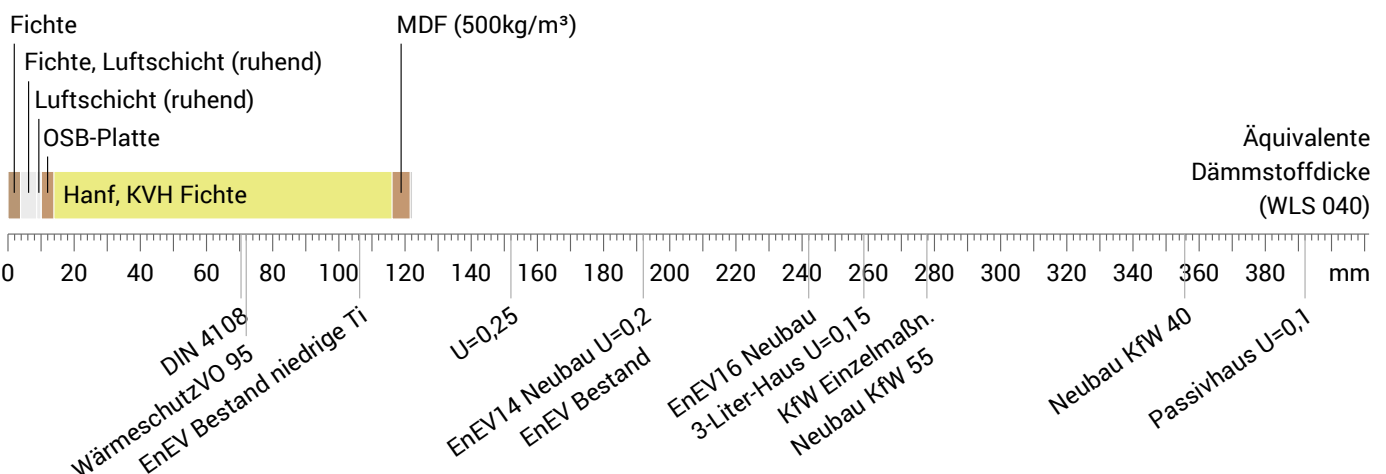
mangelhaft



- |                       |                      |   |
|-----------------------|----------------------|---|
| ① Fichte (12 mm)      | ④ OSB-Platte (12 mm) | ⑦ Folie, PP                                 |
| ② Luftschicht (15 mm) | ⑤ Hanf (120 mm)      | ⑧ Hinterlüftung (30 mm)                     |
| ③ Dampfbremse $sd=10$ | ⑥ MDF (12 mm)        | ⑨ Blechfalzdach, Titanzink anthrazit (2 mm) |

## Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,040 W/mK.



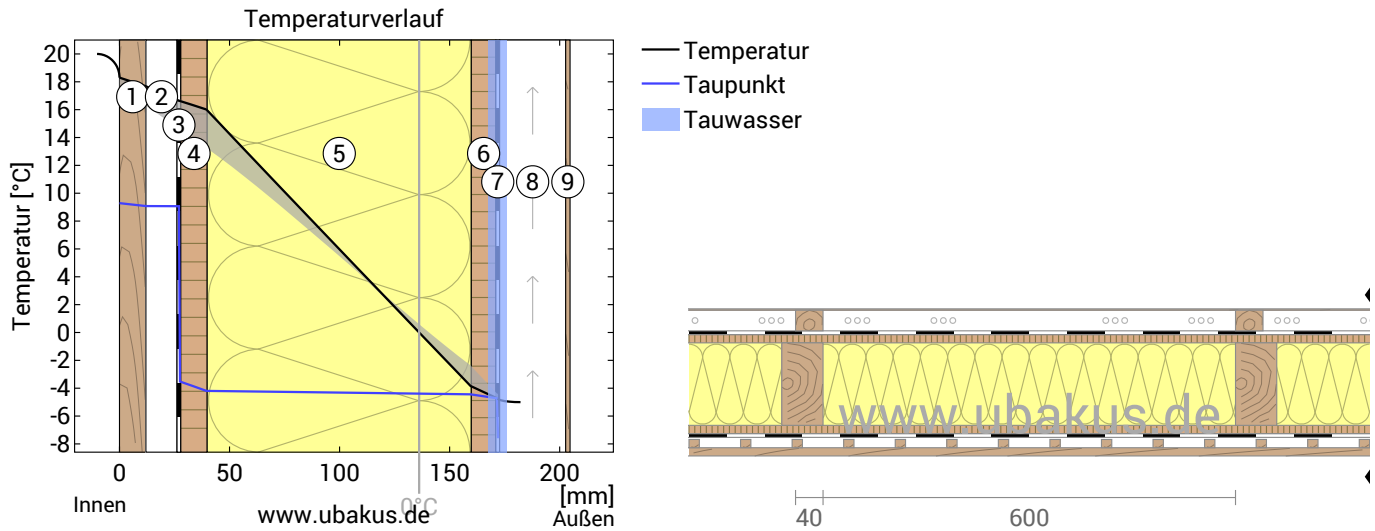
Raumluft: 20,0°C / 50%  
Außenluft: -5,0°C / 80%  
Oberflächentemp.: 17,3°C / -4,7°C

sd-Wert: 16,1 m

Dicke: 20,4 cm  
Gewicht: 47 kg/m<sup>2</sup>  
Wärmekapazität: 52 kJ/m<sup>2</sup>K

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

## Temperaturverlauf



- |                       |                      |   |
|-----------------------|----------------------|---|
| ① Fichte (12 mm)      | ④ OSB-Platte (12 mm) | ⑦ Folie, PP                             |
| ② Luftschicht (15 mm) | ⑤ Hanf (120 mm)      | ⑧ Hinterlüftung (30 mm)                 |
| ③ Dampfbremse $sd=10$ | ⑥ MDF (12 mm)        | ⑨ Blechfalzdach, Titanzink anthrazit... |

**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.

## Schichten (von innen nach außen)

#	Material	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]
				min	max	
Wärmeübergangswiderstand*						
1	1,2 cm Fichte	0,130	0,092	16,3	18,3	5,4
2	1,5 cm Luftschicht (ruhend)	0,094	0,160	14,5	17,7	0,0
	1,2 cm Fichte (Breite: 1,5 cm)	0,130	0,092	17,0	17,7	1,1
3	0,05 cm Dampfbremse $sd=10$	0,220	0,002	14,5	16,7	0,1
4	1,2 cm OSB-Platte	0,130	0,092	13,2	16,7	7,8
5	12 cm Hanf	0,040	3,000	-3,9	16,1	3,9
	12 cm KVH Fichte (9,1%)	0,130	0,923	-2,9	13,9	5,2
6	1,2 cm MDF (500kg/m <sup>3</sup> )	0,090	0,133	-4,7	-2,4	6,0
7	0,05 cm Folie, PP	0,220	0,002	-4,7	-4,4	0,5
Wärmeübergangswiderstand*						
8	3 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
9	0,2 cm Blechfalzdach, Titanzink anthrazit			-5,0	-5,0	15,8
20,4 cm Gesamtes Bauteil			3,241			46,7

\*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):	17,3°C	18,1°C	18,3°C
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max):	-4,7°C	-4,7°C	-4,4°C

dach, U=0,31 W/(m²K)

## 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 0,080 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 21 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Tauwasser [Gew.-%]	Gewicht [kg/m²]
1	1,2 cm Fichte	0,24	-	-	5,4
2	1,5 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	-	0,0
	1,2 cm Fichte (Breite: 1,5 cm)	0,24	-	-	1,1
3	0,05 cm Dampfbremse sd=10	10,00	-	-	0,1
4	1,2 cm OSB-Platte	0,36	-	-	7,8
5	12 cm Hanf	0,12	-	-	3,9
	12 cm KVH Fichte (9,1%)	4,80	-	-	5,2
6	1,2 cm MDF (500kg/m³)	0,13	0,080	1,3	6,0
7	0,05 cm Folie, PP	5,00	-	-	0,5
	20,4 cm Gesamtes Bauteil	16,12	0,080		46,7

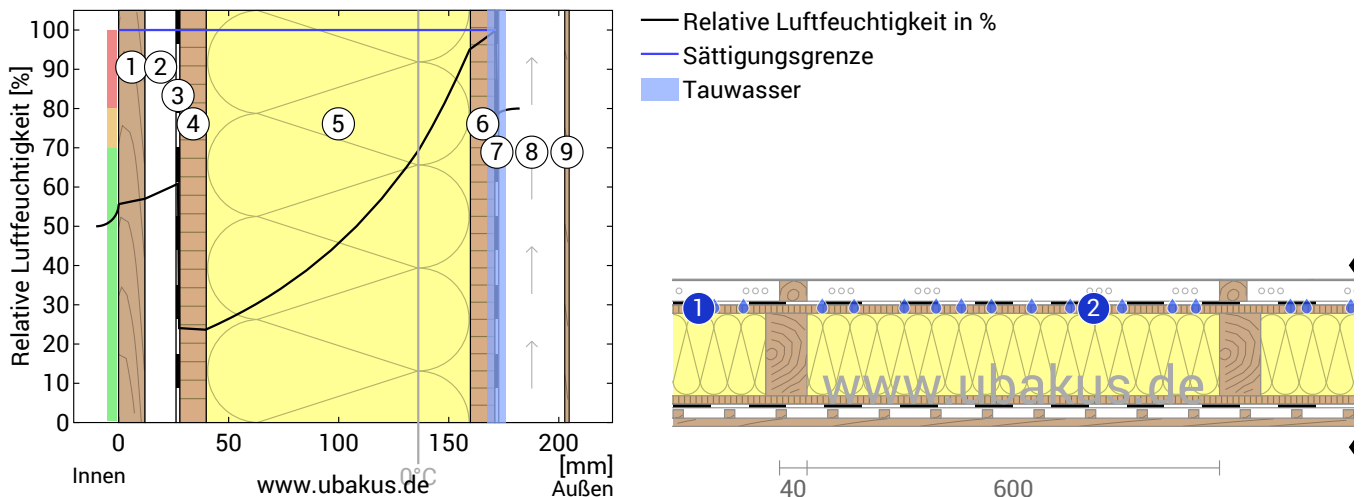
## Tauwasserebenen

- ① Tauwasser: 0,02 kg/m² Betroffene Schichten: Folie, PP, MDF (500kg/m³)
- ② Tauwasser: 0,04 kg/m² Betroffene Schichten: Folie, PP, MDF (500kg/m³)
- ③ Tauwasser: 0,019 kg/m² Betroffene Schichten: Folie, PP, MDF (500kg/m³)

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur der Wandinnenseite beträgt 17,3 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 59% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



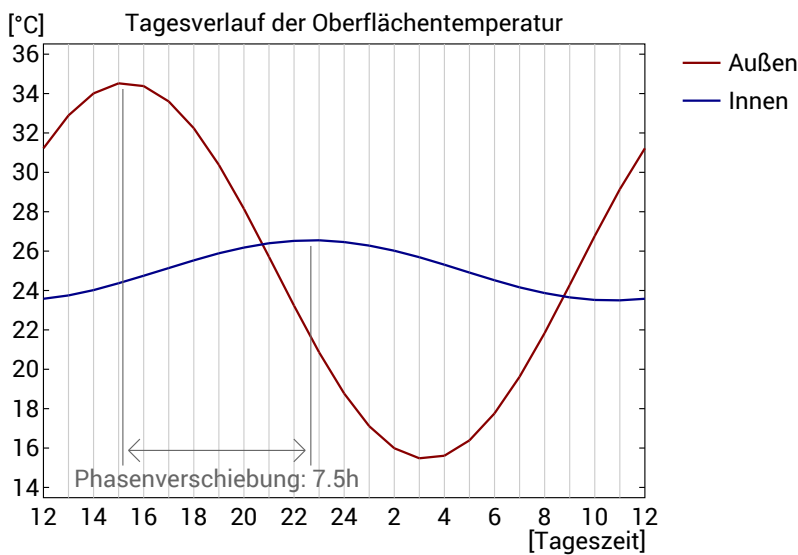
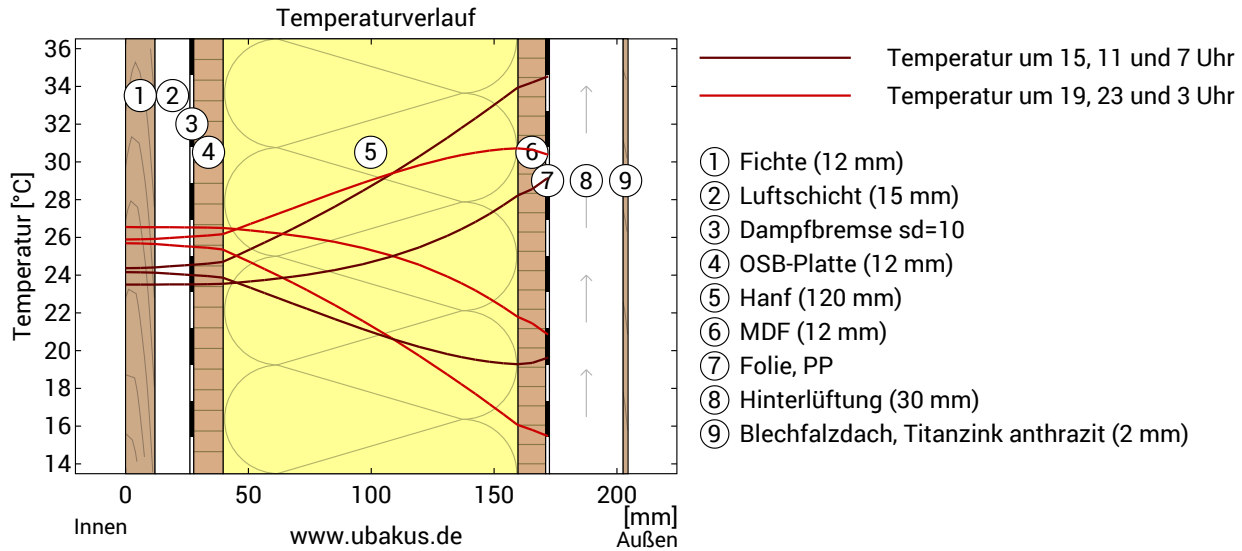
- ① Fichte (12 mm)
- ② Luftschicht (15 mm)
- ③ Dampfbremse sd=10
- ④ OSB-Platte (12 mm)
- ⑤ Hanf (120 mm)
- ⑥ MDF (12 mm)
- ⑦ Folie, PP
- ⑧ Hinterlüftung (30 mm)
- ⑨ Blechfalzdach, Titanzink anthrazit...

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.

dach, U=0,31 W/(m²K)

## 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*	7,5 h	Wärmespeicherkapazität (gesamtes Bauteil):	52 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	6,3	Wärmespeicherkapazität der inneren Schichten:	29 kJ/m²K
TAV***	0,160		

\* 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/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.