



## Dach mit Hinterlüftung 0.167

Dachkonstruktion  
erstellt am 9.6.2020

### Wärmeschutz

$U = 0,167 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

MuKEn14 Neubau\*:  $U < 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

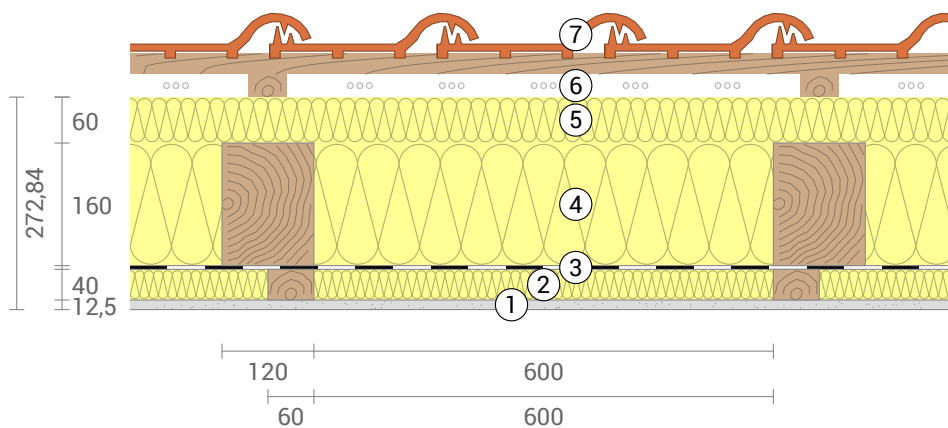


### Feuchteschutz

Trocknungsreserve:  $2504 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$   
Kein Tauwasser

### Hitzeschutz

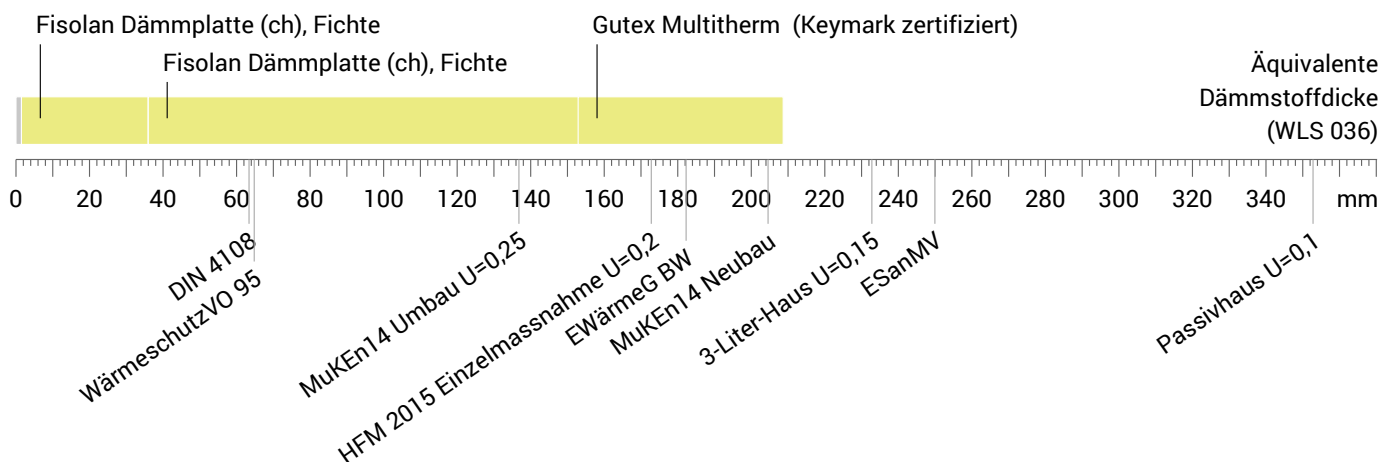
Temperaturamplitudendämpfung: 14  
Phasenverschiebung: 11,2 h  
Wärmekapazität innen:  $36 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



- ① Fermacell Gipsfaser-Platte 12,5mm (12,5 mm)
- ② Fisolan Dämmplatte (40 mm)
- ③ Ampatex Variano 3
- ④ Fisolan Dämmplatte (160 mm)
- ⑤ Gutex Multitherm (60 mm)
- ⑥ Hinterlüftung
- ⑦ Falzziegel inkl. Lattung

## 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  $0,036 \text{ W}/\text{mK}$ .



Raumluft:  $20,0^\circ\text{C} / 50\%$       Außenluft:  $-5,0^\circ\text{C} / 80\%$       Oberflächentemp.:  $18,3^\circ\text{C} / -4,8^\circ\text{C}$       sd-Wert: 10,3 m      Dicke: 40,6 cm      Gewicht:  $93 \text{ kg}/\text{m}^2$       Wärmekapazität:  $63 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

- MuKEn14 Neubau       MuKEn14 Umbauten       HFM 2015       ESanMV



Dach mit Hinterlüftung 0.167, U=0,167 W/(m²K)

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

#	Material	Dicke [cm]	$\lambda$ [W/mK]	R [m²K/W]
	Wärmeübergangswiderstand innen (Rsi)			0,100
1	Fermacell Gipsfaser-Platte 12,5mm	1,25	0,320	0,039
2	Fisolan Dämmplatte (ch)	4,00	0,036	1,111
	Fichte (9,1%)	4,00	0,130	0,308
3	Ampatex Variano 3	0,03	0,230	0,001
4	Fisolan Dämmplatte (ch)	16,00	0,036	4,444
	Fichte (17%)	16,00	0,130	1,231
5	Gutex Multitherm (Keymark zertifiziert)	6,00	0,041	1,463
	Wärmeübergangswiderstand außen (Rse)			0,100
	Gesamtes Bauteil	40,584		

Die Wärmeübergangswiderstände wurden gemäß DIN 6946 Tabelle 7 gewählt.

Rsi: Wärmestromrichtung aufwärts

Rse: Wärmestromrichtung aufwärts, außen: Hinterlüftete Dachhaut

Oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes  $R_{\text{tot,upper}} = 6,208 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes  $R_{\text{tot,lower}} = 5,713 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Prüfe Anwendbarkeit:  $R_{\text{tot,upper}} / R_{\text{tot,lower}} = 1,087$  (maximal erlaubt: 1,5)

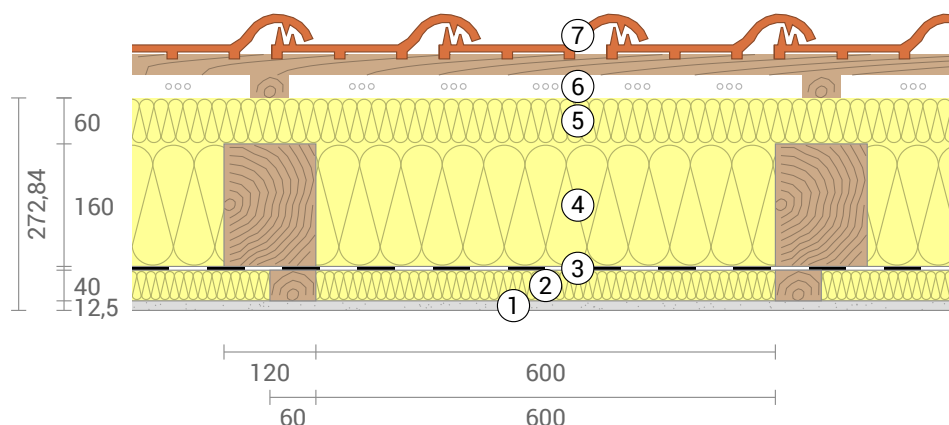
Das Verfahren darf angewendet werden.

Wärmedurchgangswiderstand  $R_{\text{tot}} = (R_{\text{tot,upper}} + R_{\text{tot,lower}})/2 = 5,960 \text{ m}^2\text{K/W}$

Abschätzung des maximalen relativen Fehlers nach Absatz 6.7.2.5: 4,1%

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Das Bauteil enthält mehrere inhomogene Schichten unterschiedlicher Gesamtbreite. Für sämtliche Berechnungen wurde angenommen, dass sich die Schichtenanordnung in der Breite alle 72 cm wiederholt. Dies trifft jedoch mindestens für Schicht 2 mit einer Gesamtbreite von 66 cm nicht zu und kann eine erhöhte Ungenauigkeit des U-Werts verursachen.





Dach mit Hinterlüftung 0.167, U=0,167 W/(m²K)

## Ökobilanz

Wärmeverlust: 14 kWh/m² pro Heizperiode



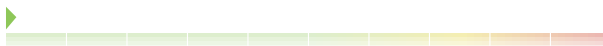
Wärmemenge, die durch einen Quadratmeter dieses Bauteils während der Heizperiode entweicht. Bitte beachten: Wegen interner und solarer Gewinne ist der Heizwärmebedarf geringer als der Wärmeverlust.

Primärenergie (nicht erneuerbar): 164 kWh/m²



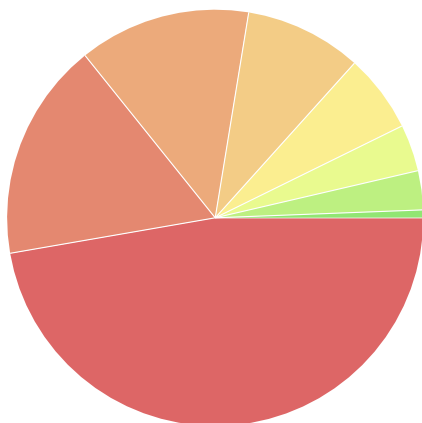
Nicht erneuerbare Primärenergie (=Energie aus fossilen Brennstoffen und Kernenergie) die zur Produktion der verwendeten Baustoffe aufgewendet wurde ("cradle to gate").

Treibhauspotential: -2,4 kg CO2 Äqv./m²



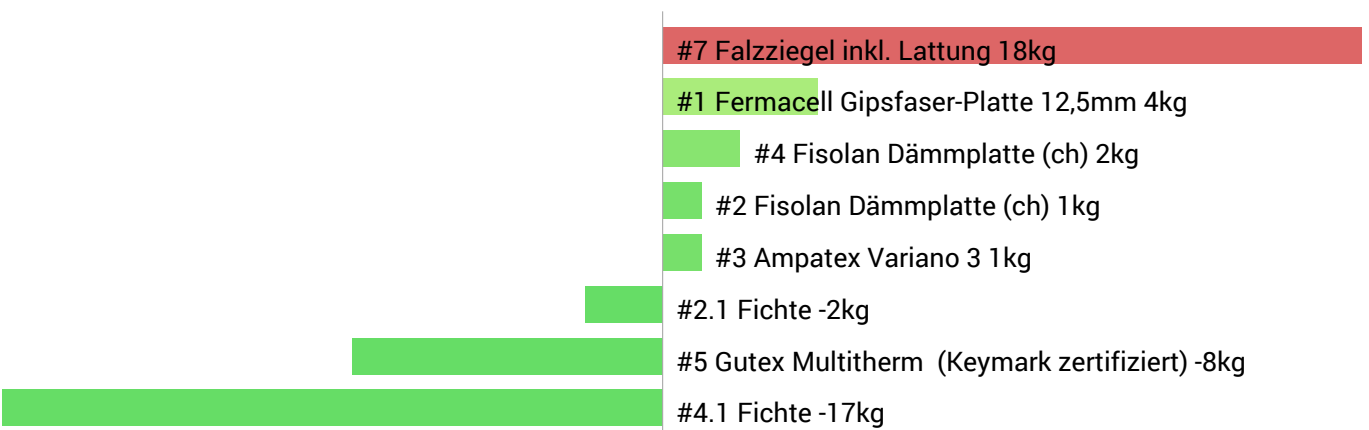
Sehr gut: Für die Produktion der verwendeten Baustoffe wurden der Atmosphäre insgesamt mehr Treibhausgase entzogen als zugeführt.

Zusammensetzung des nicht erneuerbaren Primärenergieaufwands der Herstellung:



- Falzziegel inkl. Lattung 47%
- Gutex Multitherm (60 mm) 17%
- Fisolan Dämmplatte (160 mm) 13%
- Fermacell Gipsfaser-Platte 12,5mm (12,5 mm) 9%
- Fichte (160x120) 6%
- Fisolan Dämmplatte (40 mm) 4%
- Ampatex Variano 3 3%
- Fichte (40x60) 1%

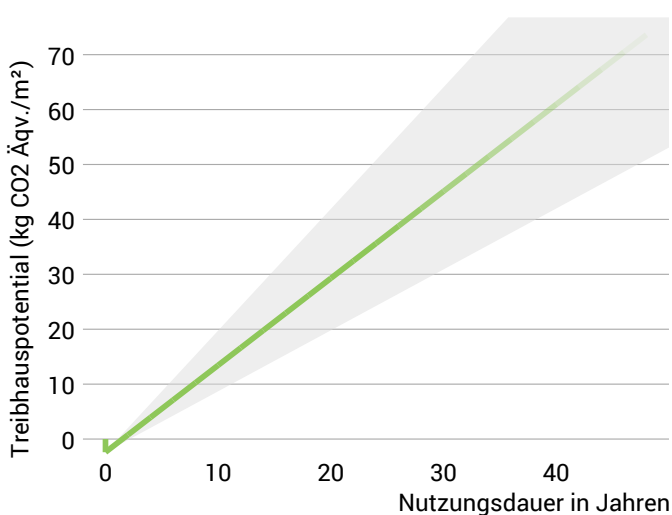
Zusammensetzung des Treibhauspotentials der Herstellung:





Dach mit Hinterlüftung 0.167, U=0,167 W/(m<sup>2</sup>K)

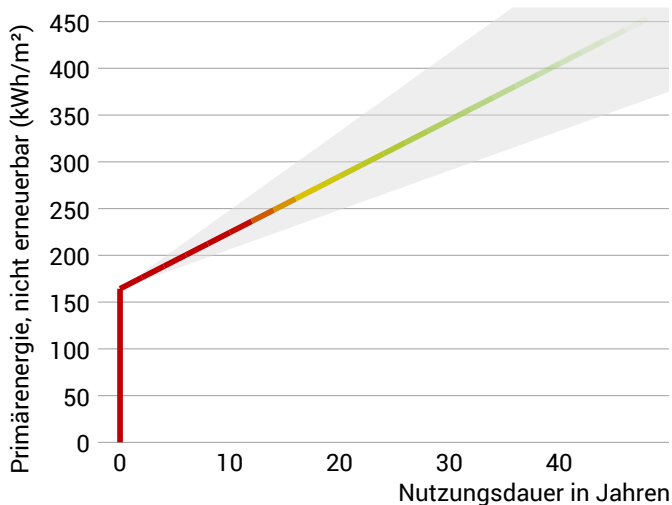
## Treibhauspotential und Primärenergie für Bau und Nutzung



Die **Abbildung links** zeigt im senkrechten Teil der Kurve das Treibhauspotential der Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes entstehenden Treibhausgasemissionen (durch die Beheizung) sind durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Die **Abbildung links unten** zeigt im senkrechten Teil der Kurve den nicht erneuerbaren Primärenergieaufwand für die Herstellung des Bauteils. Die während der Nutzung des Gebäudes benötigte Primärenergie (durch die Beheizung) ist durch die schräg nach oben verlaufende Kurve dargestellt.

Je länger das Bauteil unverändert genutzt wird, umso umweltfreundlicher ist es, weil der Herstellungsaufwand weniger zu den Gesamtemissionen beiträgt (angedeutet durch die Farbe der Kurve).



Wegen unbekannter solarer und interner Gewinne kann der Heizwärmebedarf nur geschätzt werden. Dementsprechend sind Primärenergieaufwand und Treibhauspotential während der Nutzungsphase nur ungenau bekannt. Für die Abschätzung wurde angenommen, dass solare und interne Gewinne mit 4 kWh/a/m<sup>2</sup> Bauteilfläche beitragen. Die hellgrauen Fläche kennzeichnen den Bereich, in dem die Kurve mit großer Sicherheit liegt. Für die Wärmeerzeugung wurde ein Primärenergieaufwand von 0,60 kWh pro kWh Wärme und ein Treibhauspotential von 0,16 kg CO<sub>2</sub> Äqv/m<sup>2</sup> pro kWh Wärme angesetzt. Wärmequelle: Wärmepumpe (Luft).

### Hinweise

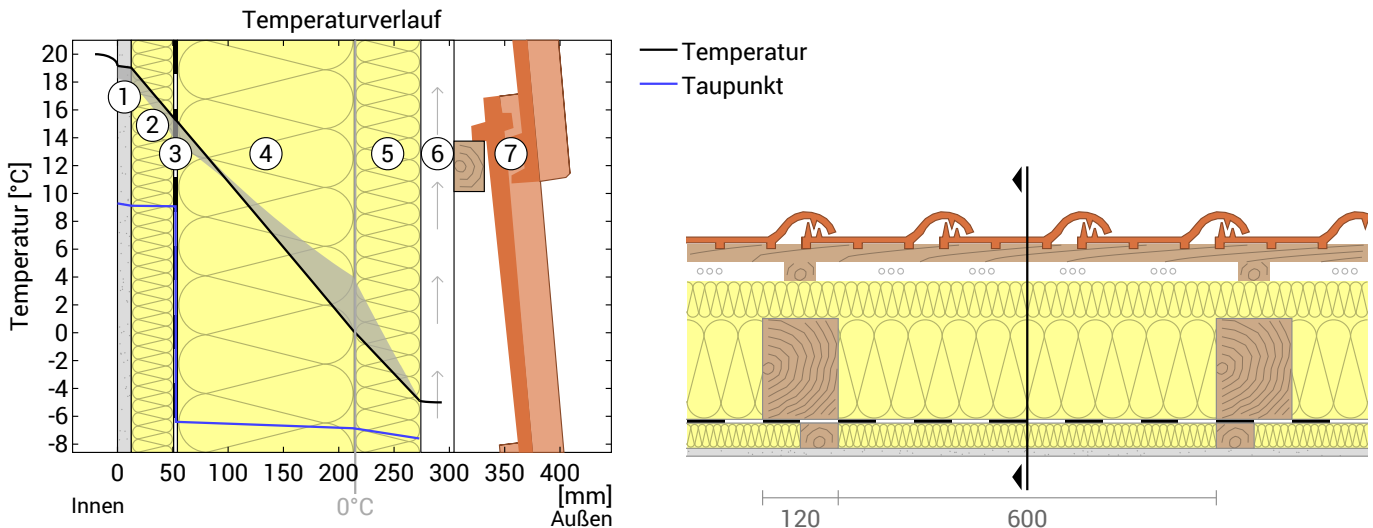
Berechnet für den Standort Bern, Heizperiode von Mitte Oktober bis Ende April. Die Berechnung basiert auf monatlichen Temperatur-Mittelwerten. Quelle: [www.klimadiagramme.de](http://www.klimadiagramme.de)

Die dieser Berechnung zugrunde liegenden Klima- und Energiedaten können zum Teil starke Schwankungen aufweisen und im Einzelfall erheblich vom tatsächlichen Wert abweichen.



Dach mit Hinterlüftung 0.167, U=0,167 W/(m²K)

## Temperaturverlauf



- ① Fermacell Gipsfaser-Platte 12,5mm... ④ Fisolan Dämmplatte (160 mm) ⑦ Falzziegel inkl. Lattung  
 ② Fisolan Dämmplatte (40 mm) ⑤ Gutex Multitherm (60 mm)  
 ③ Ampatex Variano 3 ⑥ Hinterlüftung

**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	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m²]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*		0,250	18,3	20,0	
1	1,25 cm Fermacell Gipsfaser-Platte 12,5mm	0,320	0,039	18,0	19,2	14,4
2	4 cm Fisolan Dämmplatte (ch)	0,036	1,111	13,7	19,0	1,0
	4 cm Fichte (9,1%)	0,130	0,308	14,1	18,1	1,5
3	0,034 cm Ampatex Variano 3	0,230	0,001	13,7	15,3	0,1
4	16 cm Fisolan Dämmplatte (ch)	0,036	4,444	0,2	15,3	3,7
	16 cm Fichte (17%)	0,130	1,231	3,2	14,8	12,0
5	6 cm Gutex Multitherm (Keymark zertifiziert)	0,041	1,463	-4,9	4,1	8,4
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	-5,0	-4,8	
6	Hinterlüftung (Außenluft)			-5,0	-5,0	0,0
7	Falzziegel inkl. Lattung			-5,0	-5,0	51,5
	40,584 cm Gesamtes Bauteil		5,982			92,6

\*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 4108-3 für Feuchteschutz und Temperaturverlauf. Die Werte für die U-Wert-Berechnung finden Sie auf der Seite 'U-Wert-Berechnung'.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 18,3°C 19,0°C 19,2°C  
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -4,9°C -4,8°C -4,8°C



Dach mit Hinterlüftung 0.167, U=0,167 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 den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

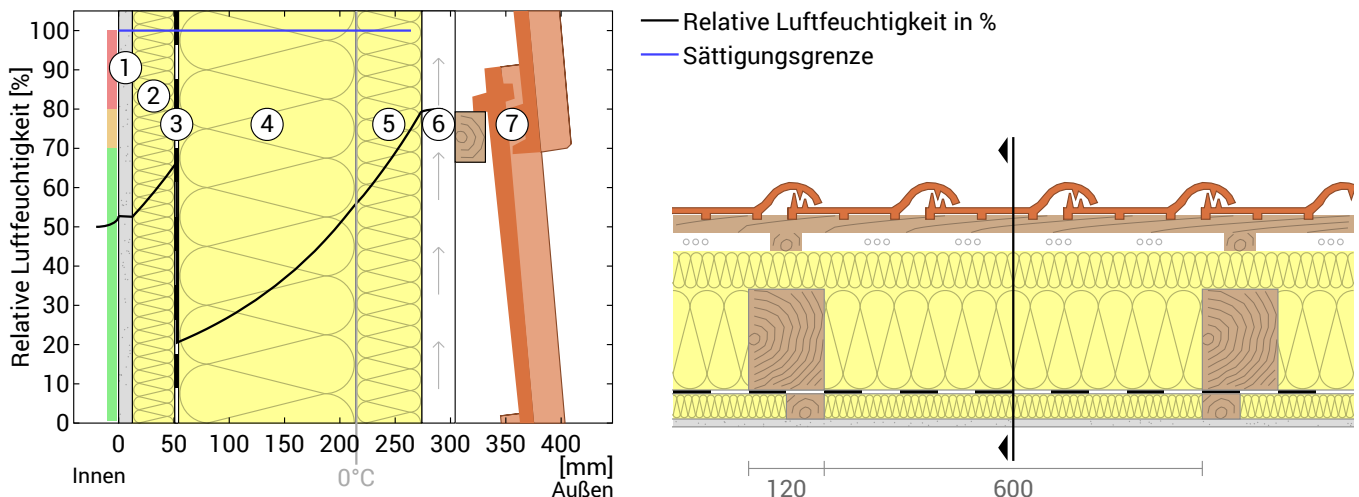
Trocknungsreserve gemäß Ubakus 2D-FE-Verfahren: 2504 g/(m²a)  
Von der DIN 68800-2 mindestens gefordert: 250 g/(m²a)

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m²]	Tauwasser [Gew.-%]	Gewicht [kg/m²]
1	1,25 cm Fermacell Gipsfaser-Platte 12,5mm	0,16	-		14,4
2	4 cm Fisolan Dämmplatte (ch)	0,04	-		1,0
	4 cm Fichte (9,1%)	0,80	-	-	1,5
3	0,034 cm Ampatex Variano 3	9,22	-		0,1
4	16 cm Fisolan Dämmplatte (ch)	0,16	-		3,7
	16 cm Fichte (17%)	8,00	-	-	12,0
5	6 cm Gutex Multitherm (Keymark zertifiziert)	0,24	-		8,4
	40,584 cm Gesamtes Bauteil	10,33			92,6

## Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 18,3 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 56% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



- ① Fermacell Gipsfaser-Platte 12,5mm...      ④ Fisolan Dämmplatte (160 mm)      ⑦ Falzziegel inkl. Lattung
- ② Fisolan Dämmplatte (40 mm)              ⑤ Gutex Multitherm (60 mm)
- ③ Ampatex Variano 3                            ⑥ Hinterlüftung

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.



**fisolan.ch**

Dämmstoffe aus  
100% Schafwolle

Was willst Du mehr!

Dach mit Hinterlüftung 0.167, U=0,167 W/(m²K)

## Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2014 Anhang A

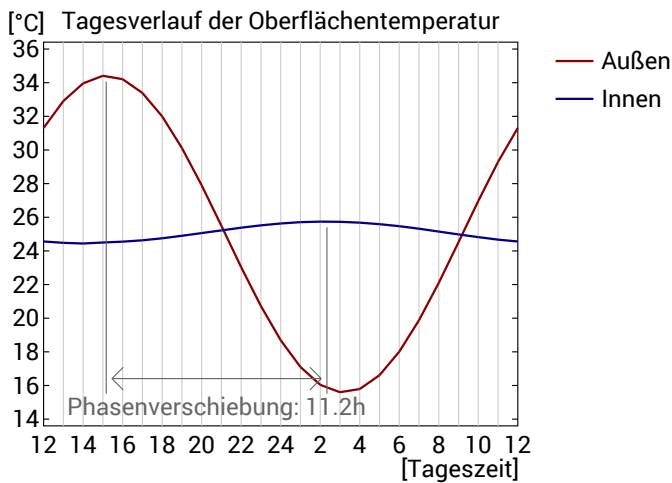
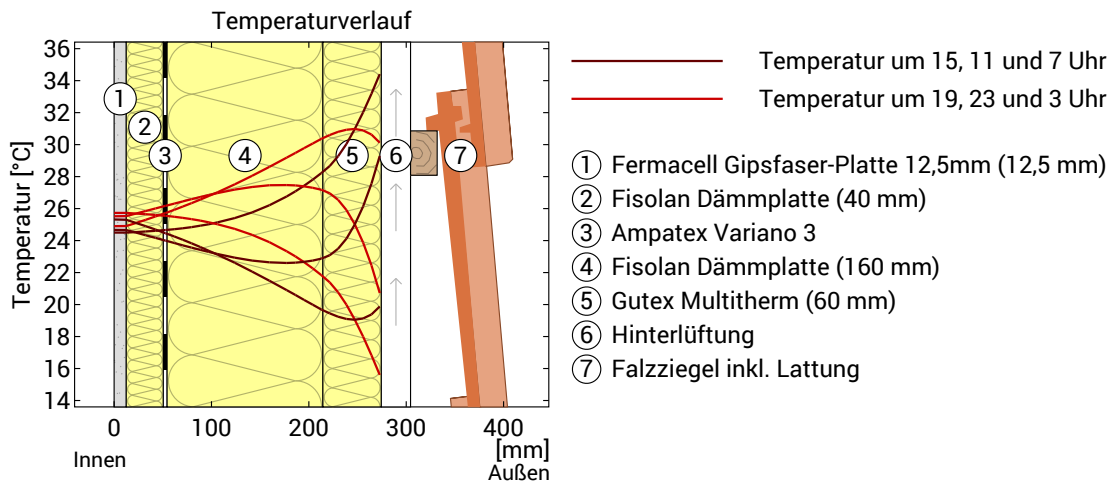
Dieses Bauteil enthält eine Dampfbremse mit variablem sd-Wert (Ampatex Variano 3). DIN 4108-3 ist bei variablen sd-Werten nicht anwendbar.



Dach mit Hinterlüftung 0.167, U=0,167 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*	11,2 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	63 kJ/m²K
Amplitudendämpfung**	14,4	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	36 kJ/m²K
TAV***	0,070		

\* 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.





# fisolan.ch

Dämmstoffe aus  
100% Schafwolle

Was willst Du mehr!

Dach mit Hinterlüftung 0.167,  $U=0,167 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

## Hinweise

### Schichten unterschiedlicher Breite

Das Bauteil enthält mehrere inhomogene Schichten unterschiedlicher Gesamtbreite. Für sämtliche Berechnungen wurde angenommen, dass sich die Schichtenanordnung in der Breite alle 72 cm wiederholt. Dies trifft jedoch mindestens für Schicht 2 mit einer Gesamtbreite von 66 cm nicht zu und kann eine erhöhte Ungenauigkeit des U-Werts verursachen.

### Hinterlüftungsebene

Die Stärke der Hinterlüftungsebene beträgt 3 cm. Als Faustwert gilt: Mindestens 3 cm. Ist die Neigung der Hinterlüftungsebene kleiner als  $40^\circ$ , z.B. bei (Flach-)Dächern, muss ein größerer Wert gewählt werden. Gleiches gilt wenn Lufteintritt und Luftaustritt besonders weit auseinander liegen.

Der für die Berechnung relevante Teil Ihres Bauteils endet an der Innenseite der Hinterlüftungsebene. Weiter außen liegende Schichten müssen nicht eingegeben werden.

Balken und Träger, die die Hinterlüftungsebene durchstoßen, werden nur bis zur Innenseite der Hinterlüftungsebene berücksichtigt.

Beachten Sie: Der U-Wert-Rechner geht grundsätzlich davon aus, dass eine Hinterlüftungsebene ausreichend von Außenluft durchströmt wird. Ob dies tatsächlich der Fall ist, hängt nicht nur von der Dicke der Hinterlüftungsebene ab, sondern auch von deren Breite und Länge sowie möglichen Hindernissen am Luft Ein- und Auslass und kann vom U-Wert-Rechner nicht beurteilt werden.