

**WUFI®**

# Leitfaden zur Berechnung einer schlaufenförmigen Verlegung von Dampfbremsen

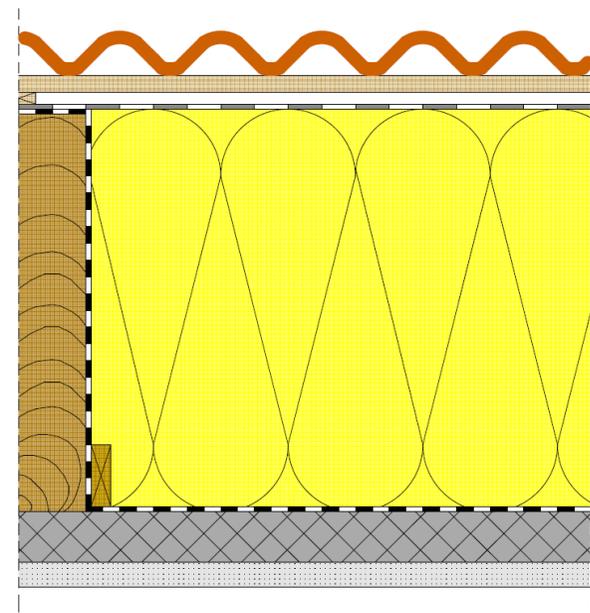
## Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

Dieser Leitfaden stellt eine Hilfestellung zur Berechnung einer schlaufenförmigen Verlegung von Dampfbremsen im Sanierungsfall dar.

Es wird im Folgenden beschrieben, unter welchen Voraussetzungen eine schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen vereinfacht mit der eindimensionalen Version WUFI® Pro berechnet werden kann und wann eine Berechnung mit WUFI® 2D erforderlich ist.

### Dieser Leitfaden gilt für Steildächer mit folgendem Aufbau:

- Ziegeleindeckung
- Unterdeckbahn
- ggf. Holzschalung
- Sparren mit Zwischensparrendämmung
- Dampfbremse (schlaufenförmige Verlegung um die Sparren)
- Innenbeplankung



# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

---

## Voraussetzungen:

Eine vereinfachte Betrachtung der schlaufenförmigen Verlegung von Dampfbremsen mit der eindimensionalen Version WUFI® Pro ist möglich, wenn folgende Punkte eingehalten sind:

- **Sparrenhöhe  $\leq 20$  cm**  
→ entspricht etwa einem R-Wert der Dämmung von  $\leq 6,25$  m<sup>2</sup>K/W
- **$s_d$ -Wert der Unterdeckbahn  $\leq 0,2$  m**
- **Eindeckung aus Ziegeln oder Dachsteinen**  
(rot oder dunkler – keine Blecheindeckung)
- **keine erhöhten Einbaufeuchten**
- **keine Dämmebene unterhalb des Sparrens**

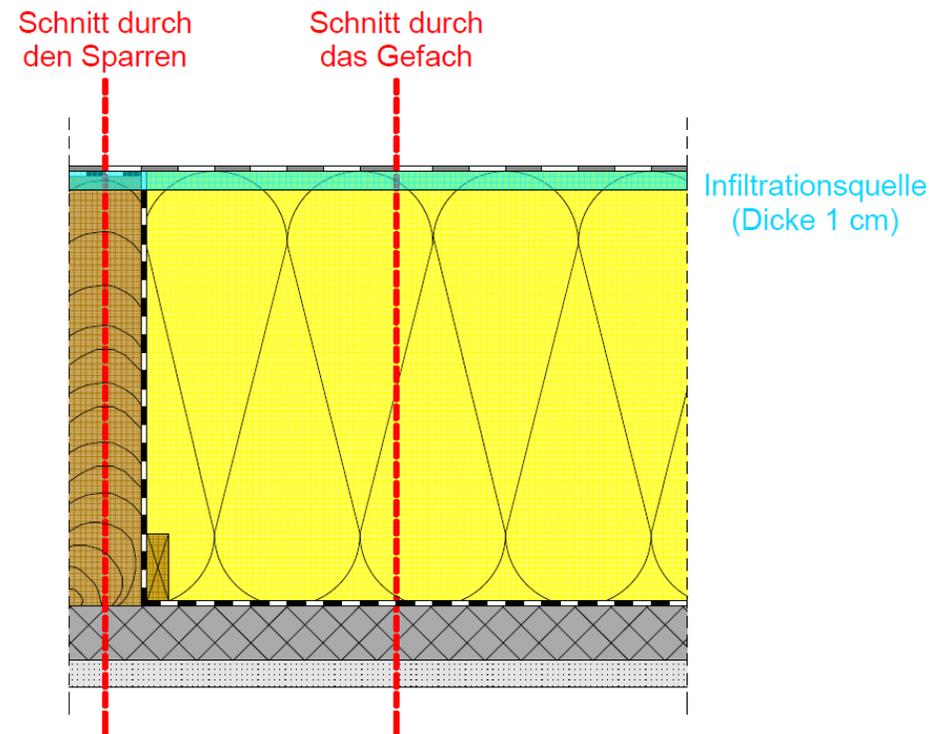
Wenn einer der Punkte nicht eingehalten ist, liegt die 1D-Simulation u.U. nicht mehr auf der sicheren Seite – es sollte dann also ein Nachweis mit der zweidimensionalen Version von WUFI® durchgeführt werden.

# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

## Vorgehen:

Die schlaufenförmige Verlegung der Dampfbremse um den Sparren kann unter den oben genannten Voraussetzungen mit Hilfe von zwei eindimensionalen Schnitten nachgewiesen werden.

Dabei ist sowohl der Schnitt durch das Gefach als auch der Schnitt durch den Sparren zu betrachten.



## Eingabe: Bauteil - Aufbau/Monitorpositionen

### Ziegeleindeckung

Die belüftete Eindeckung wird bei der Simulation nicht angesetzt, sondern es werden effektive Übergangparameter entsprechend Kölsch [1] direkt auf der Oberfläche des Unterdachs angesetzt.

### Unterdeckbahn

Die Unterdeckbahn wird nicht als Bauteilschicht mitberechnet, sondern als  $s_d$ -Wert bei den Oberflächenübergangparametern berücksichtigt.

### Darunter liegender Dachaufbau

Die darunter liegenden Schichten sind in zwei separaten Varianten entsprechend dem Aufbau in der Sparren-Achse und in der Gefach-Achse in WUFI® Pro einzugeben. In der Gefach-Achse liegt die Dampfbremse auf der Innenseite der Dämmschicht, in der Sparren-Achse dagegen außen auf dem Sparren.

## Eingabe: Bauteil - Aufbau/Monitorpositionen

### Feuchtequelle

Die in Abhängigkeit von der Luftdichtheit konvektiv in die Konstruktion eindringende Feuchtemenge ist nach DIN 68800 [2] bei Holzbauteilen immer mit zu beurteilen und wird in der Simulation über das Infiltrationsmodell des IBP berücksichtigt.

Hierbei wird eine Feuchtequelle in den obersten Zentimeter der Dämmung bzw. des Sparrens eingebracht. Die Menge der im Winter eingetragenen Feuchte wird im Programm automatisch aus dem Überdruck aufgrund des thermischen Auftriebs im Gebäude (Temperaturdifferenz zwischen außen und innen sowie angegebener Luftraumhöhe), der Innenraumluftfeuchte und der anzugebenden Luftdichtheit der Gebäudehülle bestimmt [3].

## **Eingabe: Bauteil - Orientierung**

### *Orientierung*

Die maßgebliche Orientierung ist i. d. R. Nord, da hier die geringsten Strahlungsgewinne auftreten. Alternativ kann bei spezifischen Projekten die ungünstigste reale Orientierung verwendet werden.

### *Dachneigung*

Die Neigung des Steildaches ist entsprechend der geplanten Dachneigung anzugeben.

# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

## Eingabe: Bauteil - Oberflächenübergangskoeffizient

### Wärmeübergangskoeffizient an Außenoberfläche

Der Wärmeübergangskoeffizient wird entsprechend den folgenden Tabellen nach Kölsch [1] angesetzt; der Wert für die langwelligen Strahlungsanteile ist mit 0 W/m<sup>2</sup>K anzugeben.

Stark belüftet	$a_{k,e} = 30 \text{ [W/m}^2\text{K]}$
Normal belüftet	$a_{k,e} = 19 \text{ [W/m}^2\text{K]}$
Schwach belüftet	$a_{k,e} = 13,5 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

$a_{k,e}$ : konvektiver Wärmeübergangskoeffizient

Stark belüftet	Traufe völlig geöffnet ohne Gitter o.Ä.	First offen mit geringem Strömungswiderstand	
Normal belüftet	Trauböffnung mit Insektenschutzgitter oder Traufkamm	First mit Gratrolle verschlossen	
Schwach belüftet	Geringer Öffnungsquerschnitt an der Traufe	Geringer Öffnungsquerschnitt am First	Keine Konterlattung vorhanden

## Eingabe: Bauteil - Oberflächenübergangskoeffizient

### $s_d$ -Wert an der Außenoberfläche

Die Unterdeckbahn wird nicht als Bauteilschicht berücksichtigt, sondern als  $s_d$ -Wert bei den Oberflächenübergangsparmetern angegeben.

In der Fachwelt bestehen Zweifel, ob  $s_d$ -Werte von Unterdeckbahnen  $< 0,1$  m aufgrund von Verschmutzungen oder Ablagerungen über einen längeren Zeitraum Bestand haben bzw. ob bei solch kleinen Werten nicht auch andere Faktoren, wie z.B. Reifbildung, eine Rolle spielen. Entsprechend dem Hinweis in der DIN 4108-3, Anhang A [4] sollten demnach  $s_d$ -Werte  $< 0,1$  m in der Berechnung mit einem  $s_d$ -Wert der Unterdeckbahn von  $0,1$  m angesetzt werden.

Hinweis: Bei Dachaufbauten mit einer außenseitigen Holzschalung sollte ein zusätzlicher  $s_d$ -Wert an der Außenoberfläche von  $0,01$  m angesetzt werden. Dies verhindert, dass sich das anfallende Kondensat in der Holzschalung ansammelt (in Realität fällt dieses eher an der Ziegelunterseite an).

# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

## Eingabe: Bauteil - Oberflächenübergangskoeffizient

### Kurzwellige Strahlungsabsorptionszahl

Die kurzwellige Strahlungsabsorptionszahl ist in Abhängigkeit von der Farbgebung der Eindeckung zu wählen (Beispiele in Tabelle links) und ggf. entsprechend Kölsch [1] zu reduzieren (Tabelle rechts).

Zur Bewertung typischer Verhältnisse kann die mittlere Stelle herangezogen werden, insbesondere, wenn sich die kälteste Stelle (30 cm Abstand zur Trauföffnung) noch im Bereich des Dachüberstandes befindet.

Rote Dachziegel	$a = 0,67 - 0,78$
Graue Dachziegel	$a \sim 0,85$
Dunkle Dachziegel	$a = 0,9 - 0,94$

	Kälteste Stelle	Mittlere Stelle	Wärmste Stelle
Stark belüftet	$a_e = a \cdot 0,7$	$a_e = a \cdot 0,9$	$a_e = a$
Normal belüftet	$a_e = a \cdot 0,7$	$a_e = a \cdot 0,9$	$a_e = a$
Schwach belüftet	$a_e = a \cdot 0,75$	$a_e = a \cdot 0,9$	$a_e = a$

$a_e$ : effektiver Absorptionsgrad

# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

---

## Eingabe: Bauteil - Oberflächenübergangskoeffizient

### Langwellige Strahlungsemissionszahl

Die langwellige Strahlungsemission beträgt für eine Ziegeleindeckung 0,9.

Die explizite Strahlungsbilanz ist bei Dächern aufgrund des großen Blickfeldes zum Himmel grundsätzlich einzuschalten, um die Unterkühlung infolge langwelliger Abstrahlung zu berücksichtigen.

### Anhaftender Anteil des Regens

Da die Ziegeleindeckung auch den Niederschlag abhält, muss die Regenwasserabsorption ausgeschaltet werden. Die Einstellung zum  $s_d$ -Wert beeinflusst ausschließlich das Diffusionsverhalten und nicht den Flüssigtransport.

## **Eingabe: Bauteil – Anfangsbedingungen**

### *Anfangstemperatur und –feuchte:*

Als Voreinstellung sollte eine konstante relative Anfangsfeuchte von 80 % und eine Anfangstemperatur von 20 °C angesetzt werden.

Bei erhöhten Einbaufeuchten liegt die vereinfachte Betrachtung mit WUFI® Pro unter Umständen nicht mehr auf der sicheren Seite. In diesen Fällen muss eine Betrachtung der Konstruktion mit WUFI® 2D erfolgen.

## Eingabe: Steuerung

### Zeit / Profile:

Ein Berechnungsstart am 1. Oktober wird empfohlen, da das Bauteil in den anschließenden Wintermonaten zuerst noch weiter auffeuchtet, bevor im Frühjahr eine mögliche Austrocknung einsetzt. Dieses Startdatum stellt also i. d. R. den ungünstigsten Fall dar.

Die Rechendauer ist abhängig davon, wann die Konstruktion den eingeschwungenen Zustand erreicht. Meist ist eine Rechenzeit von 5 Jahren ausreichend.

### Numerik:

Bei der Numerik können die Voreinstellungen übernommen werden.

## Eingabe: Klima

### Außenklima:

Für allgemeine Untersuchungen wird das Außenklima von Holzkirchen mit Nord-Orientierung empfohlen, da dieser Standort kritisch repräsentativ für nach Norden geneigte Dächer in Deutschland ist.

Bei spezifischen Fragestellungen kann auch auf ein für den Gebäudestandort geeignetes Klima zurückgegriffen werden.

### Innenklima:

Je nach Nutzung des Gebäudes wird hier das Innenklima nach EN 15026 mit normaler bzw. hoher Feuchtelast angesetzt. Alternativ kann auch das Innenklima nach WTA-Merkblatt 6-2 [6] verwendet werden.

## Auswertung:

### Schnitt durch den Sparren

Zur Bewertung der Ergebnisse wird der Verlauf der Holzfeuchte in [M.-%] im äußeren Zentimeter des Sparrens betrachtet, da sich hier erfahrungsgemäß im Winter die höchsten Feuchtegehalte einstellen.

### Auswertung nach DIN 68800 [2]

Feuchtetechnisch kritische Verhältnisse bezüglich einer Schädigung des Holzes können bei langfristigem Überschreiten des in der DIN 68800 [2] angegebenen Grenzwertes der Holzfeuchte von 20 M.-% auftreten. Dieser Grenzwert beinhaltet jedoch hohe Sicherheiten und es fehlt eine Vorgabe des Auswertebereichs.

Bleibt der äußere Zentimeter des Sparrens unter diesem Grenzwert, ist keine weitere Auswertung mehr notwendig.



## Auswertung:

### Schnitt durch den Sparren

#### Auswertung nach WTA-Merkblatt 6-8 [7]

Wird der Grenzwert nach DIN 68800 [2] überschritten, kann zusätzlich eine Auswertung nach dem neuen WTA-Merkblatt 6-8 [7] durchgeführt werden. Hier erfolgt die Bewertung von Holzkonstruktionen anhand temperaturabhängiger Grenzwerte für die relative Porenluftfeuchte in einer 1 cm dicken Schicht an der maßgeblichen Position des Holzes. Dies erlaubt eine genauere und realitätsnahe Bewertung.



## Auswertung:

### Schnitt durch den Sparren

Auszug aus dem WTA-Merkblatt 6-8 [7]:

#### 6.4 Bewertung von Simulationsergebnissen

Die Auswertung erfolgt nach zwei Kriterien:

- Die Bewertung bezüglich holzerstörender Pilze erfolgt bei Holz über die mittlere Porenlufffeuchte der maßgebenden (kritischen) 10 mm Schicht.
- Für die Beurteilung der konstruktiven Aspekte (siehe Abschnitt 6.5) wird die mittlere Holzfeuchte der gesamten Materialschicht herangezogen (Holz und Holzwerkstoffe). Bei vielen Holzwerkstoffen ist dies das maßgebende Beurteilungskriterium.

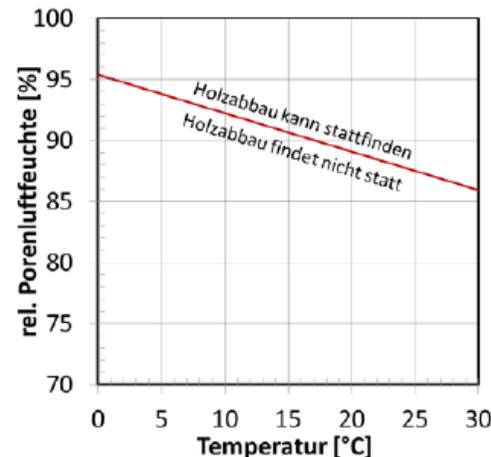


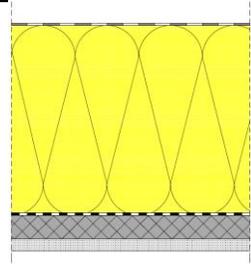
Abbildung 1: Grenzkurve der rel. Porenlufffeuchte bezogen auf die Temperatur einer 10 mm dicken Holzschicht, die im Tagesmittel nicht überschritten werden darf.



# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

## Auswertung:

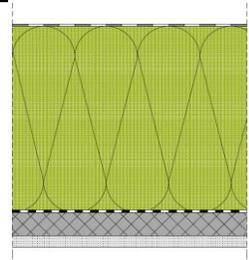
### Schnitt durch das Gefach mit Mineralwolledämmung und Unterdeckbahn



Dieser Querschnitt weist keine feuchteempfindlichen Materialien auf. Lediglich an der Unterdeckbahn kann es aufgrund des im Vergleich zur Dämmung höheren Diffusionswiderstands ggf. zu temporär erhöhten Feuchten oder Tauwasserbildung kommen.

Zur Beurteilung der Ergebnisse werden die an der Unterdeckbahn anfallenden Tauwassermengen herangezogen. Ausgewertet wird hierfür der maximale Wassergehalt in  $[\text{kg}/\text{m}^3]$  im äußeren Bereich der Mineralfaserdämmung. Nähere Informationen hierzu sind im Leitfaden zur Tauwasserauswertung unter [www.wufi.de](http://www.wufi.de) → Downloads beschrieben.

Als Grenzwert wird die in der EN ISO 13788 von 2011 [5] angegebene Tauwassermenge von  $200 \text{ g}/\text{m}^2$  (Umrechnung erforderlich) empfohlen. Ab dieser Menge besteht das Risiko für ein Abfließen des Tauwassers.



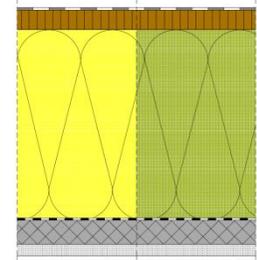
## Auswertung:

### Schnitt durch das Gefach mit Holzfaserdämmung und Unterdeckbahn

Bei Konstruktionen, die eine Holzfaserdämmung zwischen den Sparren aufweisen, erfolgt eine Auswertung der Holzfeuchte in der Holzfaserdämmung.

Ausgewertet wird hierfür die Holzfeuchte in [M.-%] im äußeren Zentimeter der Holzfaserdämmung im eingeschwungenen Zustand. Der Verlauf ist eingeschwungen, wenn sich der Wassergehalt nur noch im Jahresverlauf, jedoch nicht mehr von einem Jahr zum Nächsten ändert.

Als Grenzwert wird der in der DIN 68800 [2] angegebene Wert von 20 M.-% empfohlen, der nicht längerfristig überschritten werden soll. Alternativ kann das Holzfäulerisiko auch nach dem neuen WTA-Merkblatt 6-8 [7] bewertet werden.



## Auswertung:

### Schnitt durch das Gefach mit Dämmung und Holzschalung

Bei Konstruktionen mit außenseitiger Holzschalung wird die Zwischensparrendämmung (Mineralwolle oder Holzfaser) entsprechend den auf Folie 18 + 19 beschriebenen Auswerteverfahren beurteilt.

Die Auswertung der Schalung erfolgt entsprechend dem für den Sparren beschriebenen Verfahren (Folie 15-17). Ausgewertet wird hierfür die Holzfeuchte in [M.-%] im inneren Zentimeter der Holzschalung im eingeschwungenen Zustand. Als Grenzwert wird der in der DIN 68800 [2] angegebene Grenzwert von 20 M.-% empfohlen. Wird diese Grenzfeuchte nicht überschritten, ist keine weitere Auswertung notwendig.

Überschreitet die Holzfeuchte den Grenzwert nach DIN kann zusätzlich eine Auswertung nach dem neuen WTA-Merkblatt 6-8 [7] durchgeführt werden. Dieses erlaubt, wie bereits oben beschrieben, eine genauere Bewertung unter Berücksichtigung der Temperaturverhältnisse.

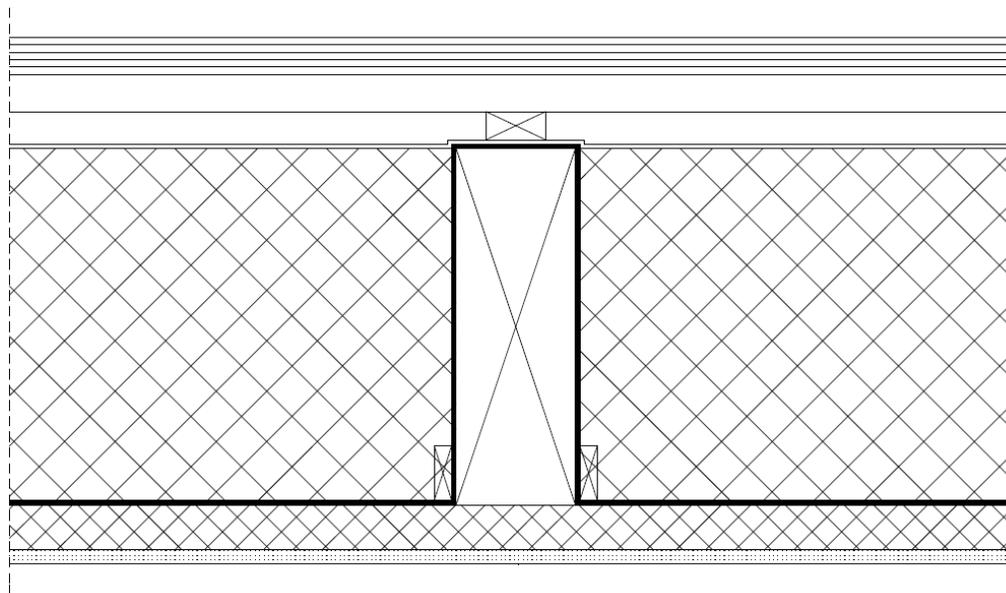
# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

---

## Hinweis:

Die Ausführung der schlaufenförmigen Verlegung von Dampfbremsen im Sanierungsfall soll entsprechend den „Regeln für Dachdeckungen“ des Zentralverbands des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH) [8] erfolgen.

Die Simulationsergebnisse setzen eine fachgerechte und sorgfältige luft- und regendichte Ausführung der Konstruktion voraus.



# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

---

## Literatur:

- [1] Kölsch, Ph.: Hygrothermische Simulation von hinterlüfteten Steildächern mit effektiven Übergangsparametern. 2015.
- [2] DIN 68800: Holzschutz im Hochbau. Beuth Verlag, Berlin 2012.
- [3] Zirkelbach, D.; Künzel, H.M.; Schafaczek, B. und Borsch-Laaks, R.: Dampfkonnektion wird berechenbar – Instationäres Modell zur Berücksichtigung von konvektivem Feuchteintrag bei der Simulation von Leichtbaukonstruktionen. Proceedings 30. AIVC Conference, Berlin 2009.
- [4] DIN 4108-3:2001-07: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung. Beuth Verlag. Berlin 2001.
- [5] DIN EN ISO 13788: 2013: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Oberflächentemperatur zur Vermeidung von kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren - Berechnungsverfahren. Beuth Verlag. Berlin 2001.
- [6] WTA-Merkblatt 6-2-14/D: Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse. Dezember 2014.
- [7] WTA-Merkblatt 6-8-16/D: Feuchtetechnische Bewertung von Holzbauteilen – Vereinfachte Nachweise und Simulationen. 2016.
- [8] Deutsches Dachdeckerhandwerk – Regeln für Dachdeckungen. Herausgeber: Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband für Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V. Verlag Rudolf Müller, 7. Auflage, 2009.

# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

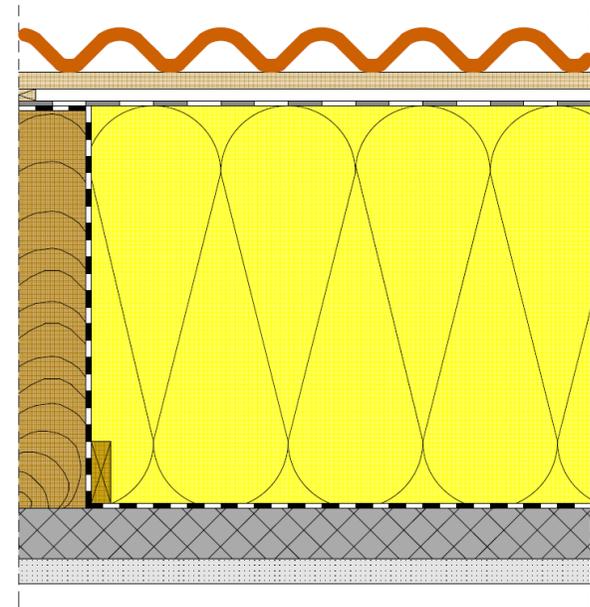
## Beispiel:

Exemplarische hygrothermische Beurteilung einer schlaufenförmigen Verlegung der Dampfbremse um den Sparren anhand eines Steildachs mit 20 cm Sparrenhöhe.

Die belüftete Eindeckung wird bei der Simulation, wie oben beschrieben, nicht angesetzt.

Für die Bewertung der Feuchteverhältnisse wird jeweils ein Schnitt durch den Sparren und durch das Gefach betrachtet.

Für die spätere Auswertung ist es sinnvoll, jeweils 1 cm an der Außenseite der Dämmung bzw. des Sparrens „abzutrennen“. Dies ändert nichts an den Ergebnissen, ermöglicht aber eine einfache Auswertung des 1 cm dicken Bereichs.



# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

---

## Beispiel:

### Aufbau Gefach (von außen nach innen):

- Mineralfaser (Wärmeleit.: 0,04 W/mK) 0,01 m
- Mineralfaser (Wärmeleit.: 0,04 W/mK) 0,19 m
- PA-Folie 0,001 m
- Holzwolleleichtbauplatte 0,03 m
- Innenputz (Gips) 0,015 m

### Aufbau Sparren (von außen nach innen):

- PA-Folie 0,001 m
- Fichte radial 0,01 m
- Fichte radial 0,19 m
- Holzwolleleichtbauplatte 0,03 m
- Innenputz (Gips) 0,015 m

## Beispiel:

### Randbedingungen:

- normal belüftetes Dach
- 45° nach Norden geneigt
- rote Dachziegel
- Unterdeckbahn mit einem  $s_d$ -Wert von 0,2 m
- Außenklima: Holzkirchen
- Innenklima: EN 15026 mit normaler Feuchtelast
- Luftdichtheit der Gebäudehülle:  $q_{50} = 3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$
- Gebäudehöhe: 5 m

# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

## Beispiel:

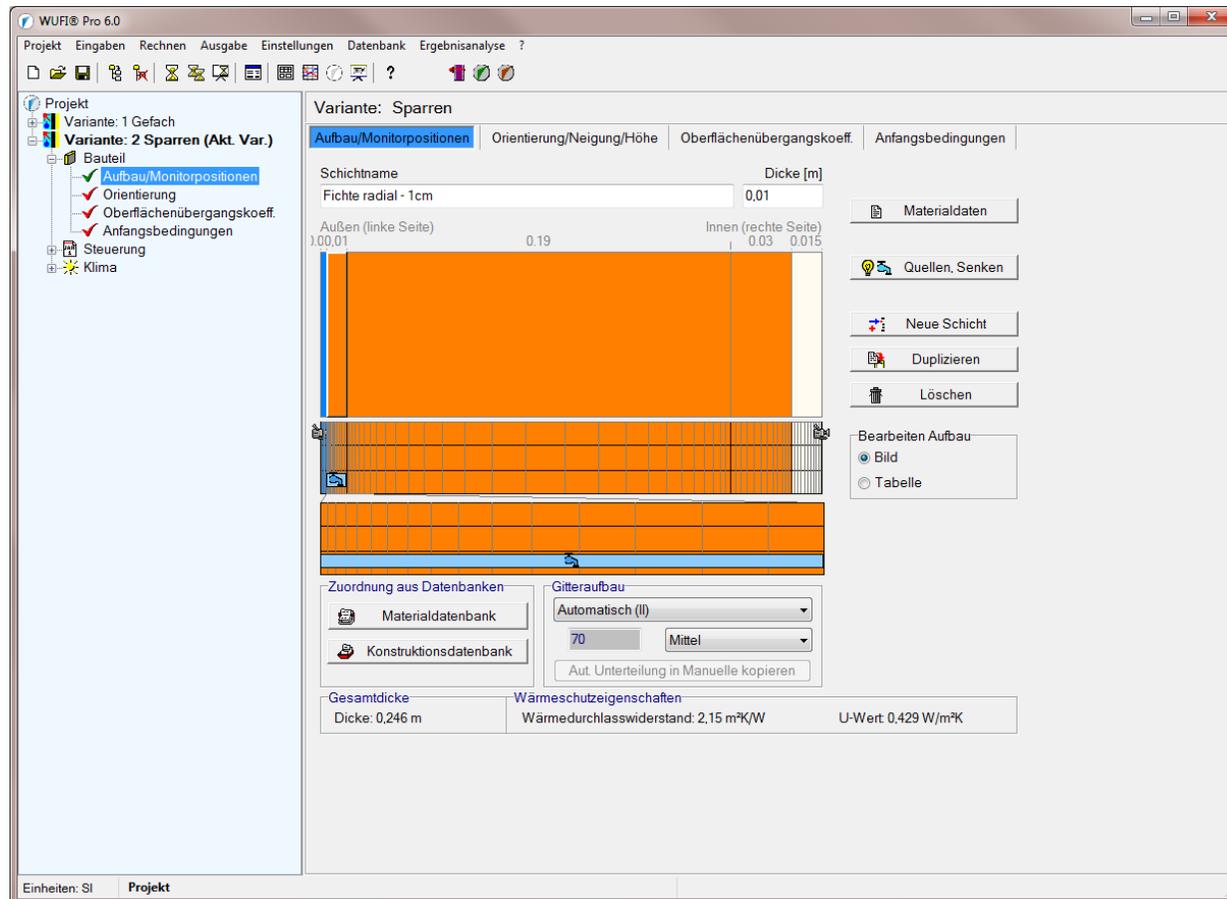
Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen (Gefach)

The screenshot shows the WUFI Pro 6.0 software interface. The main window is titled 'WUFI Pro 6.0' and contains a menu bar (Projekt, Eingaben, Rechnen, Ausgabe, Einstellungen, Datenbank, Ergebnisanalyse) and a toolbar. The left sidebar shows a project tree with 'Projekt' expanded to 'Variante: 1 Gefach (Akt. Var.)', which includes 'Bauteil' (with sub-items: Aufbau/Monitorpositionen, Orientierung, Oberflächenübergangskoeff., Anfangsbedingungen), 'Steuerung', and 'Klima'. The main workspace is titled 'Variante: Gefach' and has four tabs: 'Aufbau/Monitorpositionen' (selected), 'Orientierung/Neigung/Höhe', 'Oberflächenübergangskoeff.', and 'Anfangsbedingungen'. The 'Aufbau/Monitorpositionen' tab shows a cross-section diagram with a yellow layer (Mineralfaser) and an orange layer (Gitteraufbau). The diagram is divided into 'Außen (linke Seite)' and 'Innen (rechte Seite)'. The 'Außen (linke Seite)' has a thickness of 0.01 m and a U-value of 0.19. The 'Innen (rechte Seite)' has a thickness of 0.01 m and a U-value of 0.03. The total thickness is 0.246 m. The 'Wärmeschutzigenschaften' section shows a 'Wärmedurchlasswiderstand' of 5.34 m²K/W and a 'U-Wert' of 0.181 W/m²K. The 'Gitteraufbau' section shows 'Automatisch (I)' and 'Mittel' settings. The 'Zuordnung aus Datenbanken' section shows 'Materialdatenbank' and 'Konstruktionsdatenbank' buttons. The 'Gesamtdicke' section shows 'Dicke: 0.246 m'. The 'Einheiten: SI' and 'Projekt' are displayed at the bottom left, and 'TComboBox\_Auswahl\_Edit' is at the bottom right.

# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

## Beispiel:

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen (Sparren)



# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

## Beispiel:

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

Feuchtequelle jeweils in der äußeren (abgetrennten) 1 cm dicken Schicht der Dämmung bzw. des Sparrens.

Feuchtequelle

Bezeichnung Infiltrationsquelle

Verteilungsbereich

- Ein Element
- Mehrere Elemente
- Ganze Schicht

Quelltyp

- instationär aus Datei
- Anteil des Schlagregens
- Luftinfiltrationsmodell IBP
- konstante monatliche Feuchtelast

Begrenzung des Quellwertes [kg/m<sup>3</sup>]

- keine Begrenzung
- Begrenzung auf max. Wassergehalt
- Begrenzung auf freie Wassersättigung
- Benutzerdefiniert

Durchströmung der Hülle q<sub>50</sub> [m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h]

3 Luftdichtigkeitsklasse B

Höhe der Luftsäule [m] 5

Mechanischer Überdruck durch Lüftungsanlagen [Pa] 0

**Infiltrationsquelle anpassen**

OK Abbrechen Hilfe

# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

## Beispiel:

### Eingabe: Bauteil - Orientierung

The screenshot shows the WUFI Pro 6.0 software interface. The main window is titled 'WUFI Pro 6.0' and has a menu bar with 'Projekt', 'Eingaben', 'Rechnen', 'Ausgabe', 'Einstellungen', 'Datenbank', and 'Ergebnisanalyse'. Below the menu bar is a toolbar with various icons. The left sidebar shows a project tree with 'Projekt' expanded, containing 'Variante: 1 Gefach (Akt. Var.)' and 'Bauteil'. Under 'Bauteil', there are four checked items: 'Aufbau/Monitorpositionen', 'Orientierung', 'Oberflächenübergangskoeff.', and 'Anfangsbedingungen'. Below these are 'Steuerung' and 'Klima'. The main area is titled 'Variante: Gefach' and has four tabs: 'Aufbau/Monitorpositionen', 'Orientierung/Neigung/Höhe' (selected), 'Oberflächenübergangskoeff.', and 'Anfangsbedingungen'. The 'Orientierung/Neigung/Höhe' tab contains two main sections: 'Orientierung' and 'Neigung'. The 'Orientierung' section shows a compass rose with a yellow arrow pointing North (N) and a brown bar pointing West (W). Below the compass is a dropdown menu set to 'Nord'. The 'Neigung' section shows a diagram of a brown bar tilted at an angle, with a yellow arc indicating the angle. Below the diagram is a text input field 'Neigung [°]' with the value '45'. Below these sections is a section titled 'Höhe/Schlagregenkoeffizienten' with a checkbox 'Regenbelastung nach ASHRAE Standard 160' which is unchecked. Below the checkbox are two input fields: 'R1 [-]' with the value '1' and 'R2 [s/m]' with the value '0'. Below these fields is a 'Hinweis:' section with the text 'Regenbelastung = Regen\*(R1 + R2\*vwind)'. At the bottom of the main area, there is a green box with the text 'Orientierung und Neigung anpassen'. The bottom status bar shows 'Einheiten: SI' and 'Projekt' on the left, and 'Neues Projekt' on the right.

# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

## Beispiel:

### Eingabe: Bauteil - Oberflächenübergangskoeffizient

WUFI® Pro 6.0

Projekt Eingaben Rechnen Ausgabe Einstellungen Datenbank Ergebnisanalyse ?

Variante: Gefach

Aufbau/Monitorpositionen Orientierung/Neigung/Höhe **Oberflächenübergangskoeff.** Anfangsbedingungen

**Außenoberfläche (linke Seite)**

Wärmeübergangskoeffizient [W/m²K] 19 Benutzerdefiniert

beinhaltet langwellige Strahlungsanteile [W/m²K] 0

Windabhängig

Sd-Wert [m] 0.2 Benutzerdefiniert  
Hinweis: Dieser Wert hat keinen Einfluss auf die Regenaufnahme

Kurzwellige Strahlungsabsorptionszahl [-] 0.603 Benutzerdefiniert

Langwellige Strahlungsemissionszahl [-] 0.9

Explizite Strahlungsbilanz  Hinweis: diese Option dient u.a. zur Berücksichtigung der Unterkühlung infolge langwelliger Abstrahlung. In sensiblen Fällen sind hinreichend genaue Gegenstrahlungsdaten erforderlich.

Terrestr. kurzw. Reflexionsgrad [-] 0.2 Standardwert

Anhaftender Anteil des Regens [-] ---- Keine Regenwasserabsorption

**Innenoberfläche (rechte Seite)**

Wärmeübergangskoeffizient [W/m²K] 8 (Benutzerdefiniert)

Sd-Wert [m] ---- Keine Beschichtung

Einheiten: SI Keine Rechenergebnisse vorhanden. TComboBox\_Auswahl\_Edit

Wärmeübergangskoeffizient  
für ein normal belüftetes Dach = 19 W/m²K

$s_d$ -Wert der Unterdeckbahn = 0,2 m

Farbgebung der Eindeckung für mittlere Stelle  
( $a_e = a \cdot 0,9 = 0,67 \cdot 0,9 = 0,603$ )

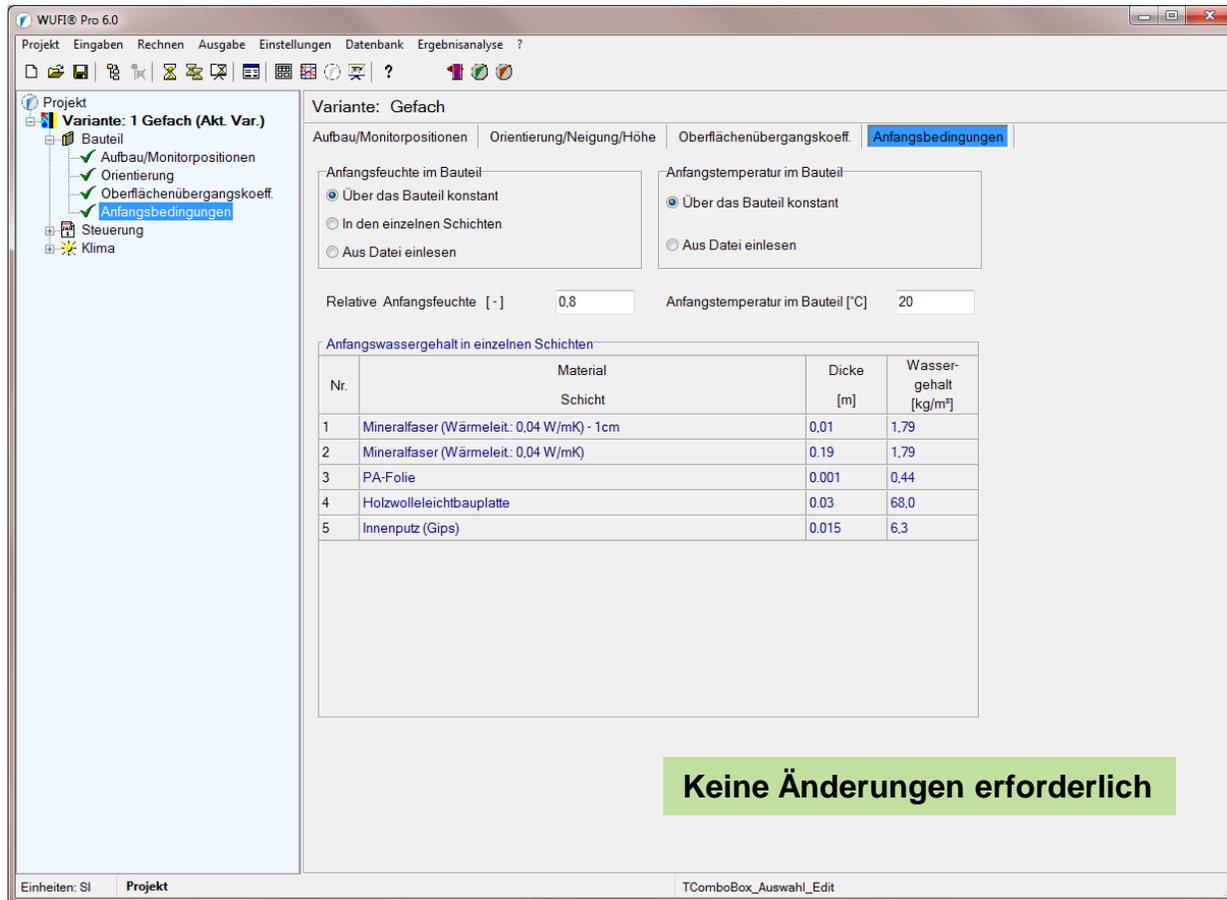
Explizite Strahlungsbilanz einschalten!

Keine Regenwasserabsorption!

# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

## Beispiel:

### Eingabe: Bauteil - Anfangsbedingungen



The screenshot shows the WUFI Pro 6.0 software interface. The main window is titled 'WUFI Pro 6.0' and has a menu bar with 'Projekt', 'Eingaben', 'Rechnen', 'Ausgabe', 'Einstellungen', 'Datenbank', and 'Ergebnisanalyse'. The left sidebar shows a project tree with 'Projekt' expanded to 'Variante: 1 Gefach (Akt. Var.)', which includes 'Bauteil', 'Aufbau/Monitorpositionen', 'Orientierung', 'Oberflächenübergangskoeff.', 'Anfangsbedingungen', 'Steuerung', and 'Klima'. The 'Anfangsbedingungen' tab is selected. The main area shows 'Variante: Gefach' and 'Anfangsbedingungen' settings. The 'Anfangsfeuchte im Bauteil' section has three radio buttons: 'Über das Bauteil konstant' (selected), 'In den einzelnen Schichten', and 'Aus Datei einlesen'. The 'Anfangstemperatur im Bauteil' section has three radio buttons: 'Über das Bauteil konstant' (selected), 'In den einzelnen Schichten', and 'Aus Datei einlesen'. Below these are input fields for 'Relative Anfangsfeuchte [-]' (0,8) and 'Anfangstemperatur im Bauteil [°C]' (20). A table titled 'Anfangswassergehalt in einzelnen Schichten' is shown below. A green box at the bottom right of the interface contains the text 'Keine Änderungen erforderlich'.

Nr.	Material Schicht	Dicke [m]	Wassergehalt [kg/m³]
1	Mineralfaser (Wärmeleit: 0,04 W/mK) - 1cm	0,01	1,79
2	Mineralfaser (Wärmeleit: 0,04 W/mK)	0,19	1,79
3	PA-Folie	0,001	0,44
4	Holzwoolleleichtbauplatte	0,03	68,0
5	Innenputz (Gips)	0,015	6,3

# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

## Beispiel:

Eingabe: Steuerung – Zeit / Profile

The screenshot shows the WUFI Pro 6.0 software interface. The left sidebar displays a project tree with 'Variante: 1 Gefach (Akt. Var.)' selected, and 'Zeit/Profile' highlighted under the 'Steuerung' category. The main window shows the 'Rechendauer / Profile' tab with a table titled 'Start & Ende / Profile' containing the following data:

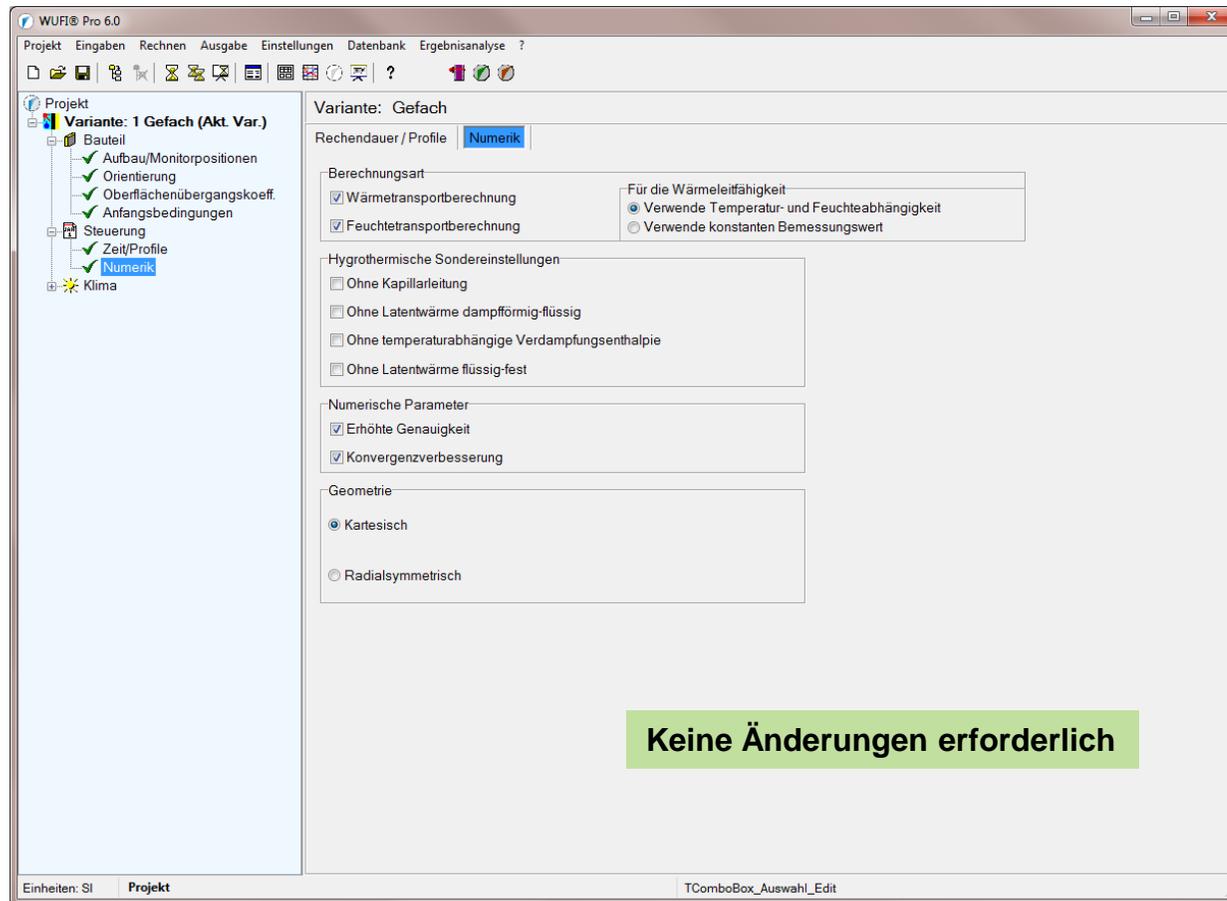
Rechnung	Profile	Datum	Stunde
Start	Profil 1	01.10.2016	00:00:00
Ende	Profil 2	01.10.2021	00:00:00

Below the table, the current calculation range is shown as '28.07.2016 00:00:00'. A green callout box with the text 'Rechenzeitraum anpassen' is positioned over the bottom right of the table area. The 'Rechenzeitschritt [h]' is set to 1. The status bar at the bottom indicates 'Einheiten: SI' and 'Projekt'.

# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

## Beispiel:

### Eingabe: Steuerung – Numerik



# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

## Beispiel:

Eingabe: Klima – Außen (linke Seite)

The screenshot displays the WUFI Pro 6.0 software interface. On the left, a project tree shows 'Variante: 1 Gefach (Akt. Var.)' with sub-items for 'Bauteil', 'Steuerung', and 'Klima'. The 'Klima' section is expanded, showing 'Außen (linke Seite)' and 'Innen (rechte Seite)'. The main window is titled 'Variante: Gefach' and has tabs for 'Außenklima (linke Seite)' and 'Innenklima (rechte Seite)'. A green box highlights the 'Holzkirchen; IBP, Feuchtereferenzjahr' input field and the 'Klima wählen' button. Below this, there are three graphs: 'Temperatur / Relative Feuchte' (Temperature and Relative Humidity), 'Klimaanalyse' (Climate Analysis), and 'Zusätzliche Diagramme' (Additional Diagrams) showing 'Diffuse Solarstrahlung' (Diffuse Solar Radiation). The right side of the interface shows 'Datei Info' (File Info) and 'Klimaelemente' (Climate Elements) with various parameters like 'Temperatur: TA', 'Relative Feuchte: HREL', etc. A green callout box with the text 'Standort auswählen' (Select location) points to the highlighted input field.

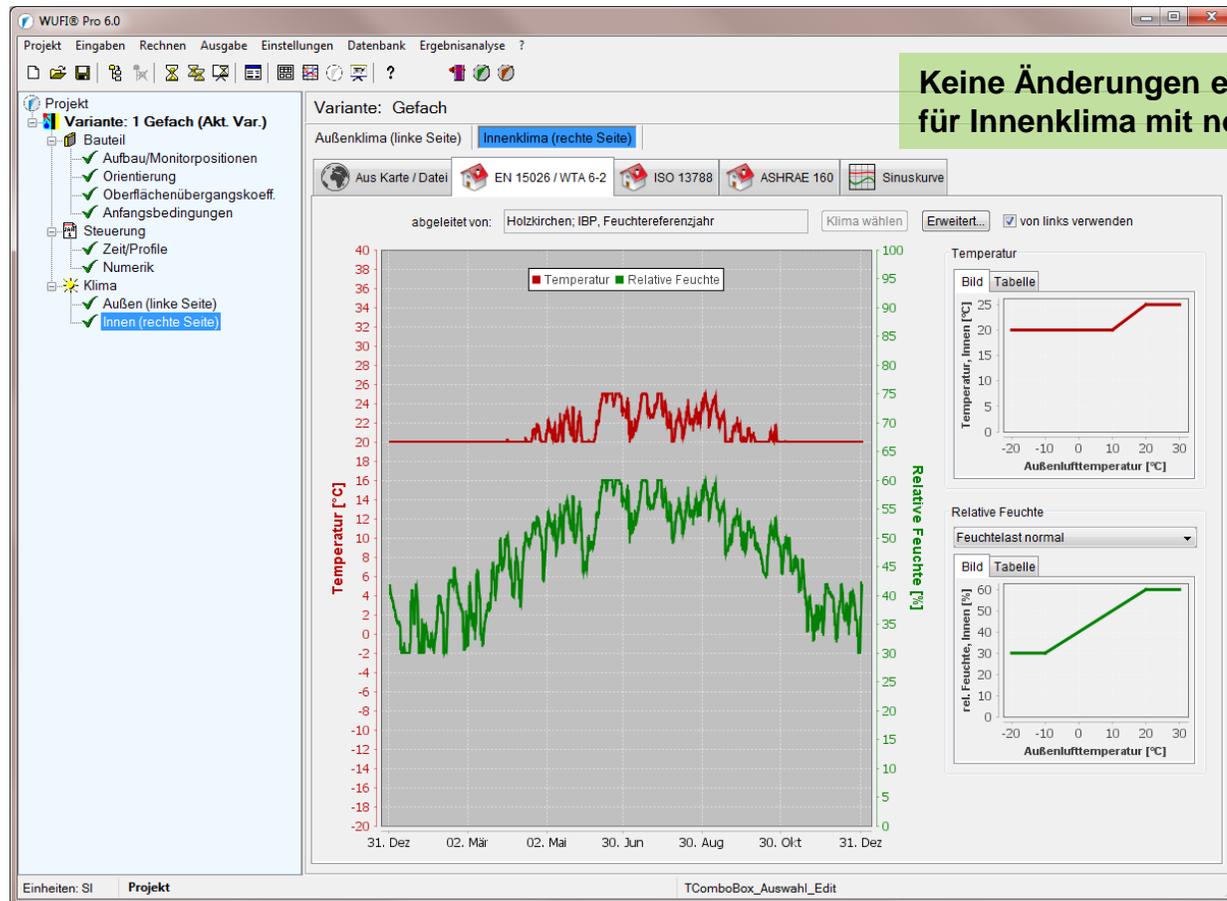
**Standort auswählen**

WUFI® Pro 6.0  
Projekt Eingaben Rechnen Ausgabe Einstellungen Datenbank Ergebnisanalyse ?  
Projekt  
Variante: 1 Gefach (Akt. Var.)  
Bauteil  
Aufbau/Monitorpositionen  
Orientierung  
Oberflächenübergangskoeff.  
Anfangsbedingungen  
Steuerung  
Zeit/Profile  
Numerik  
Klima  
Außen (linke Seite)  
Innen (rechte Seite)  
Variante: Gefach  
Außenklima (linke Seite) Innenklima (rechte Seite)  
Aus Karte / Datei EN 15026 / WTA 6-2 ISO 13788 ASHRAE 160 Sinuskurve  
Holzkirchen; IBP, Feuchtereferenzjahr Klima wählen Erweitert...  
Temperatur / Relative Feuchte Klimaanalyse  
Temperatur [°C]  
Relative Feuchte [%]  
Zusätzliche Diagramme  
Diffuse Solarstrahlung  
ISD [W/m²]  
Datei Info  
Klimaort: Holzkirchen  
Breite [°]: 47,88 Nord  
Länge [°]: 11,73 Ost  
Höhe über NN [m]: 680  
Zeitzone: 1,0  
Anzahl Datenzellen: 8760  
Beschreibung: ...  
Kommentar: ...  
Klimaelemente  
Temperatur: TA  
Relative Feuchte: HREL  
Kurzwellige Strahlung: ISGH, ISD  
Langwellige Strahlung: ILAH  
Wind: WS, WV, WD  
Regen: RN  
Bewölkungsgrad: \_\_\_  
Luftdruck: PSTA  
Einheiten: SI Projekt TComboBox\_Auswahl\_Edit

# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

## Beispiel:

Eingabe: Klima – Innen (rechte Seite)



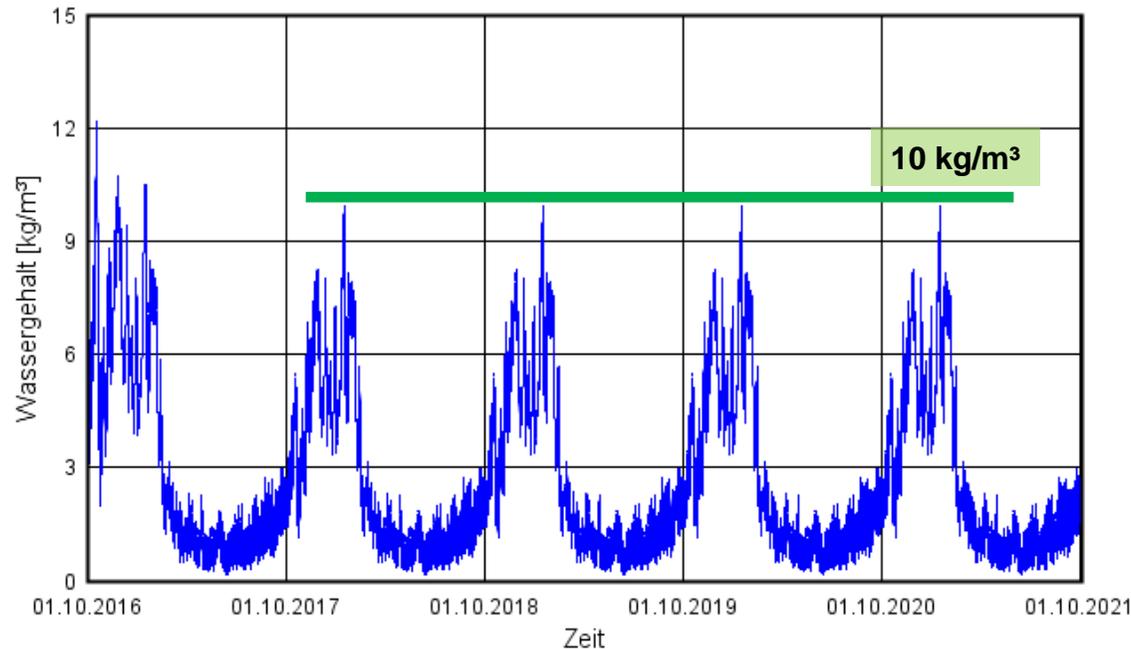
Keine Änderungen erforderlich  
für Innenklima mit normaler Feuchtelast

# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

## Beispiel:

### Auswertung:

Tauwassermenge im äußeren Zentimeter der Mineralfaserdämmung



### Bewertung:

Eingeschwungener Zustand ab dem 2. Jahr.

Maximaler Wassergehalt von  $10 \text{ kg/m}^3$ , was einer maximalen Tauwassermenge von  $100 \text{ g/m}^2$  entspricht.

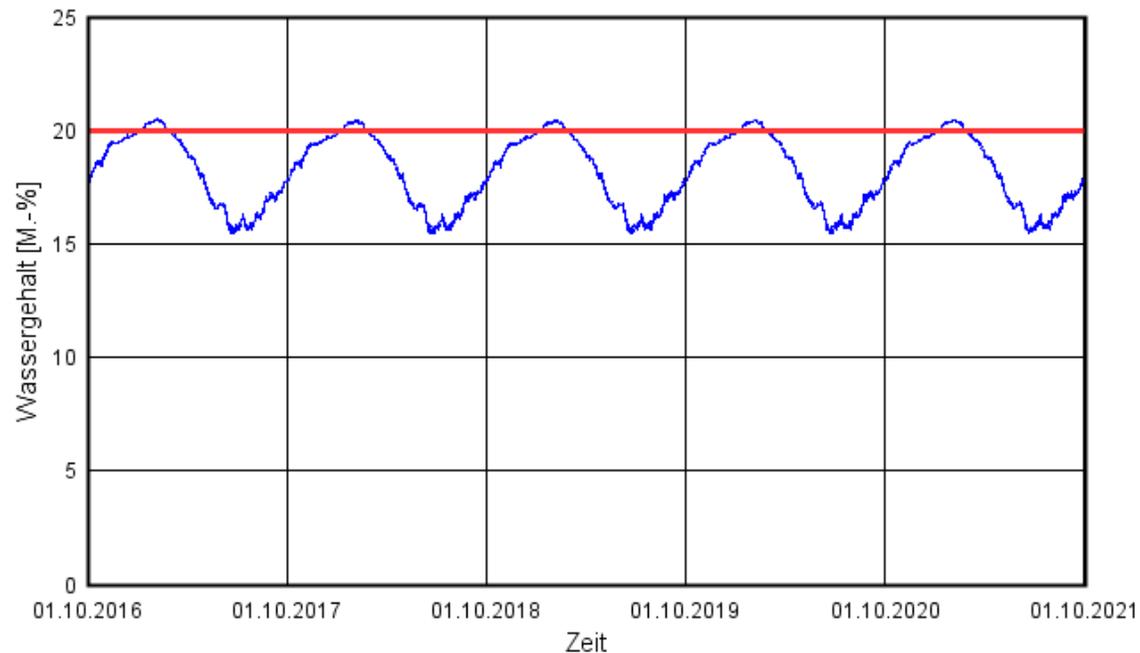
→ Tauwassermenge  $< 200 \text{ g/m}^2$  und somit unkritisch

# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

## Beispiel:

### Auswertung:

Holzfeuchte im äußeren Zentimeter des Sparrens entsprechend DIN 68800



### Bewertung:

Der Wassergehalt im äußeren Zentimeter des Sparrens überschreitet die Grenzfeuchte von 20 M.-% nach DIN 68800 jedes Jahr um etwa 0,5 M.-%.

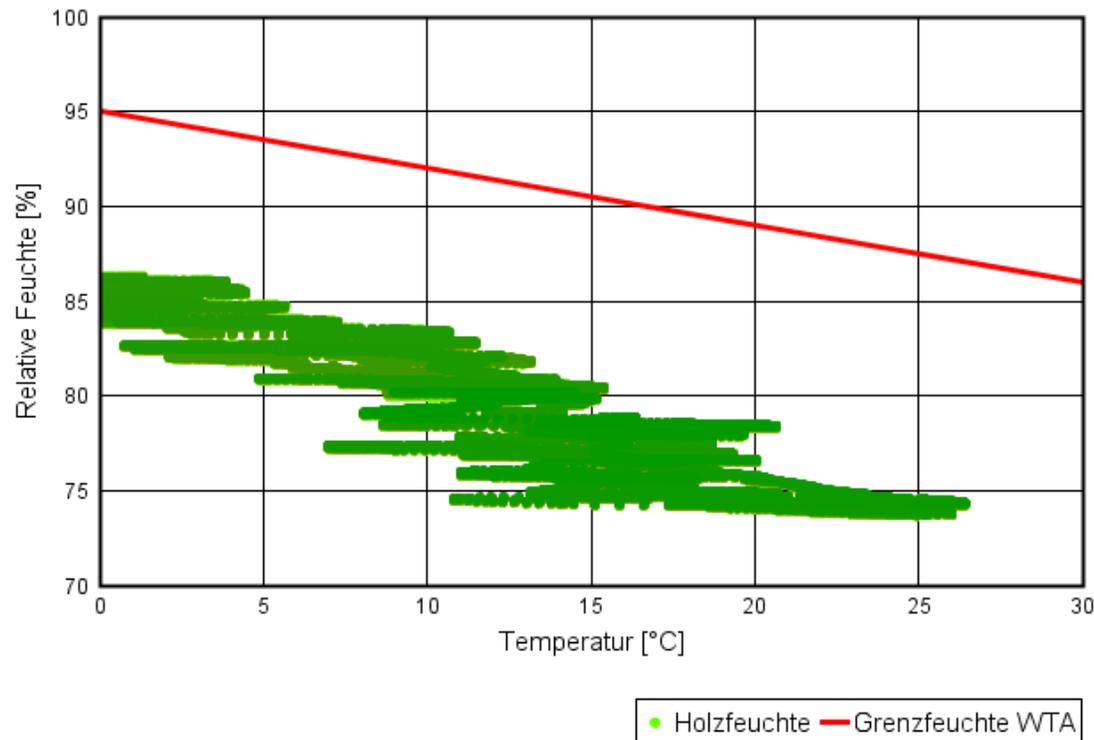
→ Genauere Auswertung nach WTA!

# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

## Beispiel:

### Auswertung:

Holzfeuchte im äußeren Zentimeter des Sparrens entsprechend WTA 6-8



### Bewertung:

Die relative Porenluftfeuchte im äußeren Zentimeter des Sparrens überschreitet die Grenzfeuchte nach WTA nicht.

→ Feuchtetechnisch ist dieser Dachaufbau unproblematisch.

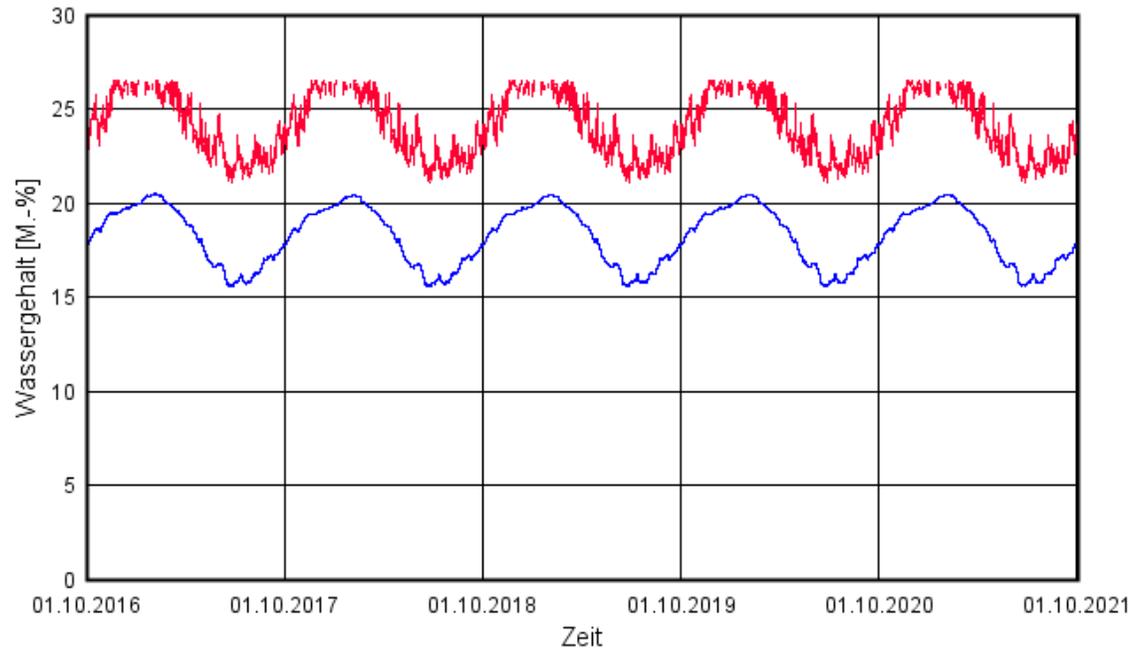
Diese Auswertung ist mit WUFI® Graph ab der Version WUFI® Pro 6.1 möglich.

# Leitfaden: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

## Beispiel:

### Auswertung:

Holzfeuchte im äußeren Zentimeter des Sparrens in Anlehnung an WTA 6-8



— Wassergehalt im Sparren (1 cm außen) — Grenzwassergehalt nach WTA

### Bewertung:

Der Wassergehalt in [M.-%] im äußeren Zentimeter des Sparrens liegt deutlich unter dem Grenzwassergehalt nach WTA.

→ Feuchtetechnisch ist dieser Dachaufbau unproblematisch.

Diese Auswertung ist mit WUFI® Graph ab der Version WUFI® Pro 6.1 möglich.