

WUFI®

Leitfaden zur Berechnung einer schlaufenförmigen Verlegung von Dampfbremsen

Stand: Juli 2024

Leitfaden: schlaufenförmigen Verlegung von Dampfbremsen

Inhalt:

Voraussetzungen für 1D-Betrachtung	Folie 3 - 5
Vorgehensweise	
• Eingabe - Bauteilaufbau	Folie 7
• Eingabe - Feuchtequelle	Folie 8
• Eingabe - Orientierung / Neigung	Folie 9
• Eingabe - Oberflächenübergangkoeffizient	Folie 10 – 13
• Eingabe - Anfangsbedingungen	Folie 14
• Eingabe - Steuerung	Folie 15
• Eingabe - Klima	Folie 16 - 17
• Auswertung	Folie 18 – 23
Hinweise	Folie 24
Literatur	Folie 25
Beispiel: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen	Folie 26 - 43

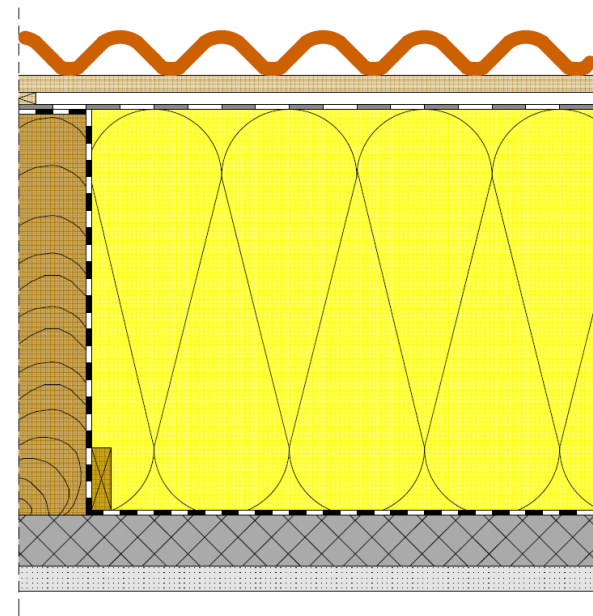
Voraussetzungen für 1D-Betrachtung

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



Voraussetzungen für 1D-Betrachtung

Eine vereinfachte Betrachtung der schlaufenförmigen Verlegung von Dampfbremsen mit der eindimensionalen Version WUFI® Pro ist möglich, wenn die Voraussetzungen auf der nächsten Folie eingehalten sind.

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.

Voraussetzungen für 1D-Betrachtung

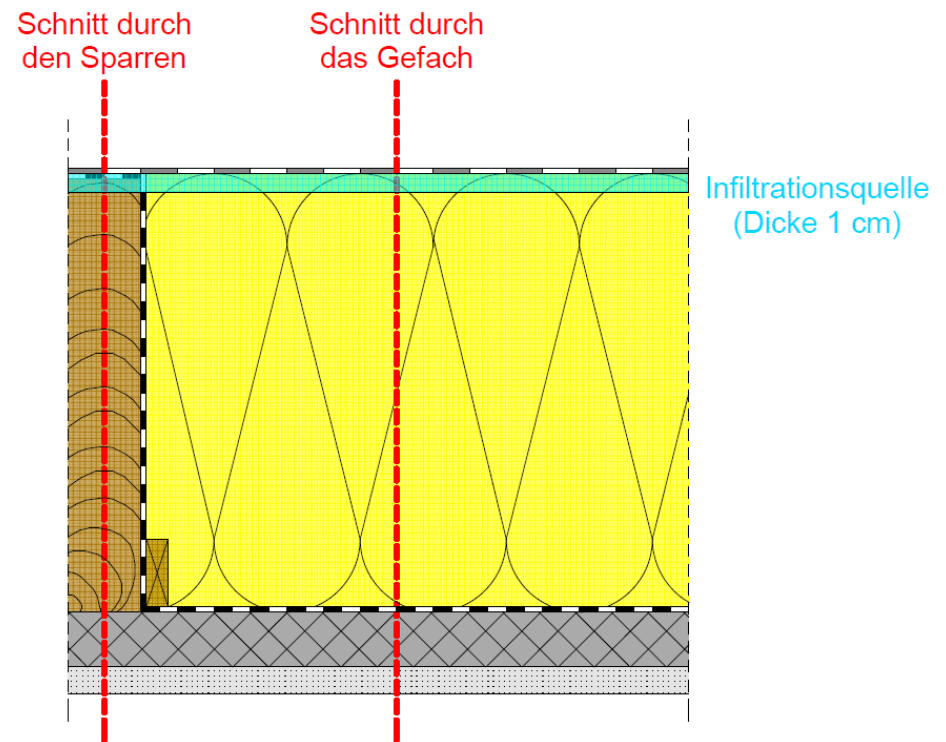
Voraussetzungen:

- Sparrenhöhe ≤ 20 cm
→ entspricht etwa einem R-Wert der Dämmung von $\leq 6,25$ m²K/W
- s_d -Wert der Unterdeckbahn maximal 0,2 bis 0,3 m
(bei außenseitiger Holzschalung sind höhere s_d -Werte möglich)
- Eindeckung aus Ziegeln oder Dachsteinen
(rot oder dunkler – keine Blecheindeckung)
- keine erhöhten Feuchtegehalte im Sparren
- keine Dämmebene unterhalb des Sparrens – eine Dämmung im Gefach unterhalb der Dampfbremse (zum Schutz der Bahn vor herausragenden Nägeln) ist aber möglich
- Bei Überdämmung: geringe oder normale Feuchtelast im Innenraum und eine Dicke der Überdämmung von ≥ 5 cm

Vorgehensweise

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.



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.

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].

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.

Bauteil - Oberflächenübergangskoeffizient

Wärmeübergangskoeffizient an Außenoberfläche

Der Wärmeübergangskoeffizient wird entsprechend den folgenden Tabellen nach Kölsch [1] angesetzt; der Wert für die langwelligigen Strahlungsanteile ist mit 0 W/m²K 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

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).

Vorgehensweise: Eingabe - Oberflächenübergangskoeffizient

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

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.

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.

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.

Klima

Außenklima:

Es sollte ein für den Gebäudestandort geeignetes Klima verwendet werden.

Hier bieten sich die hygrothermischen Referenzjahre (HRY) an, welche im Rahmen eines Forschungsprojekts [3] für 11 Standorte in Deutschland erstellt wurden. Diese Standorte sind für die jeweilige Klimaregion typisch. Nähere Informationen hierzu in der WUFI®-Hilfe (F1) → Thema: Hygrothermische Referenzjahre

Der Standort Holzkirchen gilt für viele Anwendungsgebiete als kritisch repräsentativ für Deutschland. Allerdings können vor allem bei der Beurteilung von Dächern Standorte mit weniger Strahlung ggf. ungünstiger sein.

Klima

Innenklima:

Standardmäßig empfehlen wir für die Bemessung das Innenklima mit normaler Feuchtelast + 5% nach WTA-Merkblatt 6-2 [6].

Alternativ kann je nach Nutzung des Gebäudes auch das Innenklima nach EN 15026 mit normaler bzw. hoher Feuchtelast angesetzt werden.

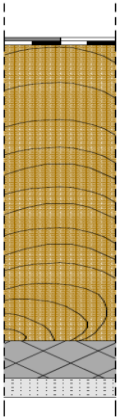
Schnitt durch den Sparren

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.

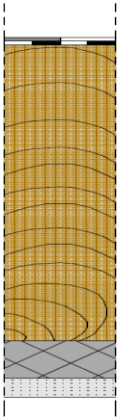
Bleibt der äußere Zentimeter des Sparrens unter diesem Grenzwert, ist keine weitere Auswertung mehr notwendig.



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.



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.

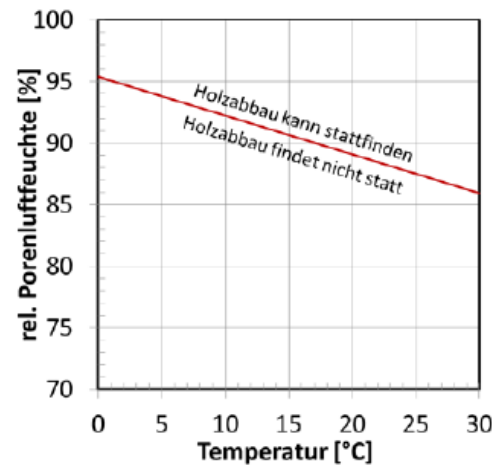
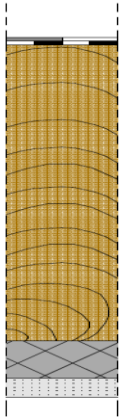
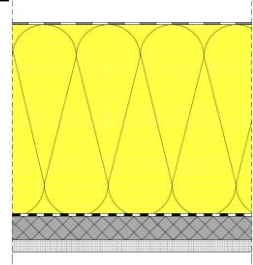


Abbildung 1: Grenzkurve der rel. Porenlufffeuchte bezogen auf die Temperatur einer 10 mm dicken Holzschicht, die im Tagesmittel nicht überschritten werden darf.



Schnitt durch das Gefach mit Mineralwolledämmung und Unterdeckbahn

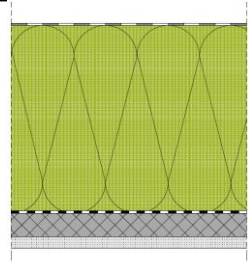


Dieser Querschnitt weist keine feuchteempfindlichen Materialien auf. Lediglich an der Unterdeckbahn kann es aufgrund des im Vergleich zur Dämmung höheren Diffusionswiderstands ggf. zu temporär erhöhten Feuchten oder Tauwasserbildung kommen.

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 → Downloads beschrieben.

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

Schnitt durch das Gefach mit Holzfaserdämmung und Unterdeckbahn

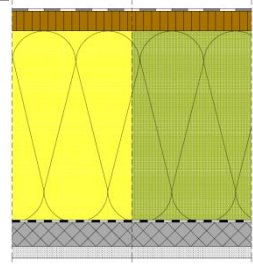


Bei Konstruktionen, die eine Holzfaserdämmung zwischen den Sparren aufweisen, erfolgt eine Auswertung der Holzfeuchte in der Holzfaserdämmung.

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.

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.

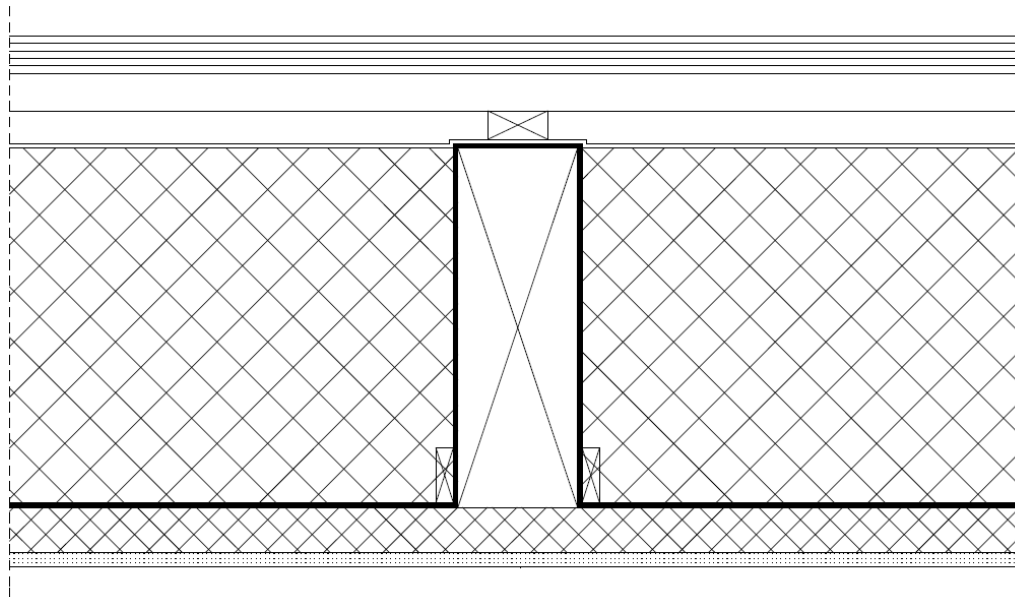
Die Auswertung der Schalung erfolgt entsprechend dem für den Sparren beschriebenen Verfahren (Folie 15-17). Ausgewertet wird hierfür die Holzfeuchte in [M.-%] im inneren Zentimeter der Holzschalung im eingeschwungenen Zustand. Als Grenzwert wird der in der DIN 68800 [2] angegebene Grenzwert von 20 M.-% 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.

Hinweise

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.



- [1] Kölsch, Ph.: Hygrothermische Simulation von hinterlüfteten Steildächern mit effektiven Übergangsparametern. 2015.
- [2] DIN 68800-2: Holzschutz – Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau. Beuth Verlag, Februar 2022.
- [3] Zirkelbach, D.; Künzel, H.M.; Schafaczek, B. und Borsch-Laaks, R.: Dampfkonvektion wird berechenbar – Instationäres Modell zur Berücksichtigung von konvektivem Feuchteeintrag bei der Simulation von Leichtbaukonstruktionen. Proceedings 30. AIVC Conference, Berlin 2009.
- [4] DIN 4108-3: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung. Beuth Verlag, Oktober 2018.
- [5] DIN EN ISO 13788: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Oberflächentemperatur zur Vermeidung von kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren - Berechnungsverfahren. Beuth Verlag, Mai 2013.
- [6] WTA-Merkblatt 6-2: Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse. Dezember 2014.
- [7] WTA-Merkblatt 6-8: Feuchtetechnische Bewertung von Holzbauteilen – Vereinfachte Nachweise und Simulationen. August 2016.
- [8] Deutsches Dachdeckerhandwerk – Regeln für Dachdeckungen. Herausgeber: Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband für Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V. Verlag Rudolf Müller, 13. Auflage, April 2022.

Beispiel: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

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
- Holzwoleleichtbauplatte 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
- Holzwoleleichtbauplatte 0,03 m
- Innenputz (Gips) 0,015 m

Beispiel: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

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: $q_{50} = 3 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{h}$
- Höhe der Luftsäule: 5 m

Beispiel: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen (Gefach)

WUFI® Pro 6.0

Projekt Eingaben Rechnen Ausgabe Einstellungen Datenbank Ergebnisanalyse ?

Projekt

- Variante: 1 Gefach (Akt. Var.)
 - Bauteil
 - Aufbau/Monitorpositionen
 - Orientierung
 - Oberflächenübergangskoeff.
 - Anfangsbedingungen
 - Steuerung
 - Klima

Variante: Gefach

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

Schichtname: Mineralfaser (Wärmeleit: 0,04 W/mK) - 1cm | Dicke [m]: 0,01

Außen (linke Seite): 0,01 | 0,19 | Innen (rechte Seite): 0,001 0,03 0,015

Zuordnung aus Datenbanken: Materialdatenbank, Konstruktionsdatenbank

Gitteraufbau: Automatisch (II), 70, Mittel

Aut. Unterteilung in Manuelle kopieren

Gesamtdicke: Dicke: 0,246 m | Wärmeschutzigenschaften: Wärmedurchlasswiderstand: 5,34 m²K/W | U-Wert 0,181 W/m²K

Einheiten: SI | Projekt | TComboBox_Auswahl_Edit

Beispiel: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen (Sparren)

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. On the left side, there is a project tree with the following structure:

- Projekt
 - Variante: 1 Gefach
 - Variante: 2 Sparren (Akt. Var.)
 - Bauteil
 - Aufbau/Monitorpositionen (selected)
 - Orientierung
 - Oberflächenübergangskoeff.
 - Anfangsbedingungen
 - Steuerung
 - Klima

Beispiel: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

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

Quellentyp

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

Begrenzung des Quellwertes [kg/m³]

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

Durchströmung der Hülle q50 [m³/m²h]

3 Luftdichtigkeitsklasse B

Höhe der Luftsäule [m] 5

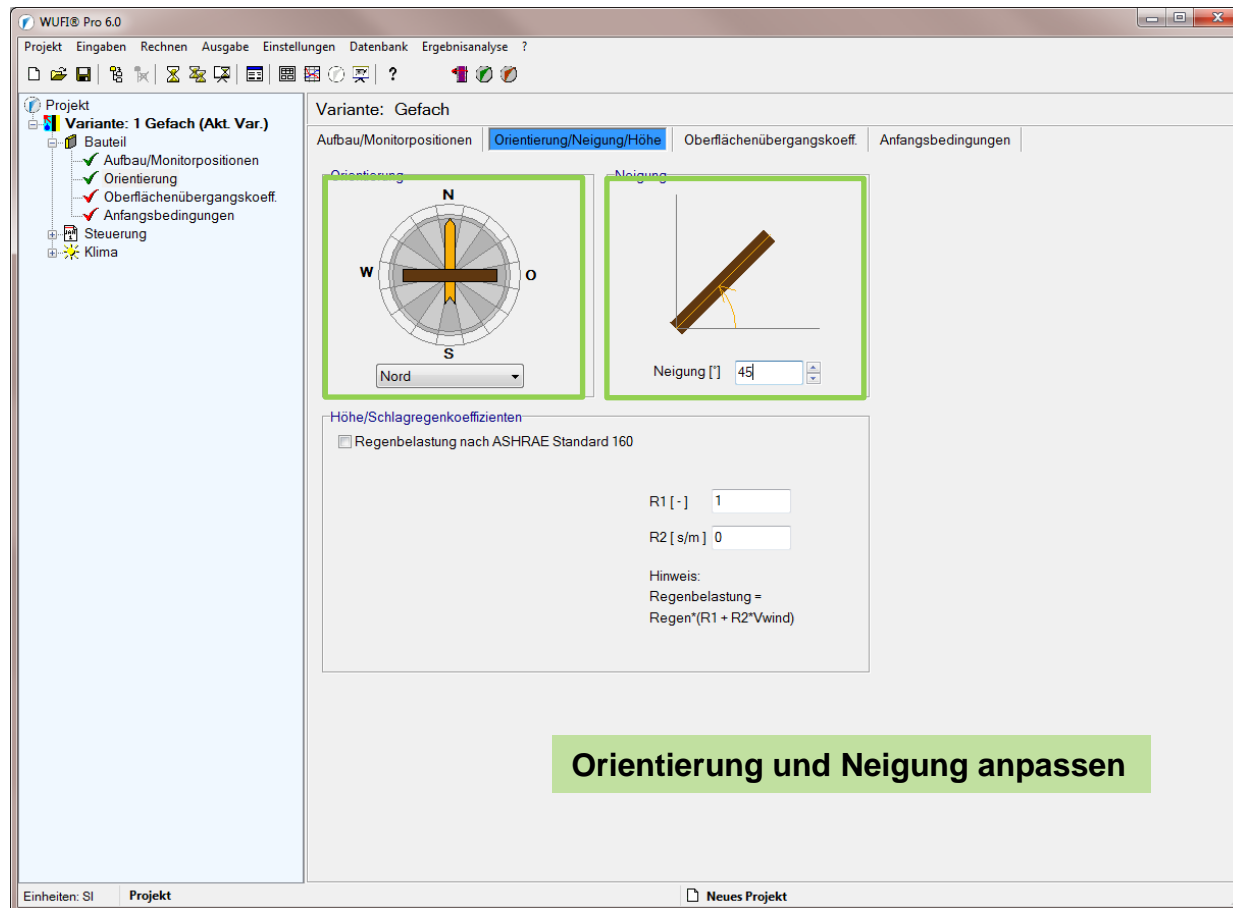
Mechanischer Überdruck durch Lüftungsanlagen [Pa] 0

Infiltrationsquelle anpassen

OK Abbrechen Hilfe

Beispiel: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

Eingabe: Bauteil - Orientierung



Beispiel: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

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!

Beispiel: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

Eingabe: Bauteil - Anfangsbedingungen

The screenshot shows the WUFI Pro 6.0 software interface. The left sidebar displays a project tree with 'Bauteil' selected, showing sub-items: 'Aufbau/Monitorpositionen', 'Orientierung', 'Oberflächenübergangskoeff.', 'Anfangsbedingungen', 'Steuerung', and 'Klima'. The main window is titled 'Variante: Gefach' and has tabs for 'Aufbau/Monitorpositionen', 'Orientierung/Neigung/Höhe', 'Oberflächenübergangskoeff.', and 'Anfangsbedingungen'. The 'Anfangsbedingungen' tab is active, showing options for initial moisture and temperature in the component. The 'Relative Anfangsfeuchte [-]' is set to 0,8 and 'Anfangstemperatur im Bauteil [°C]' is set to 20. Below this is a table for 'Anfangswassergehalt in einzelnen Schichten'.

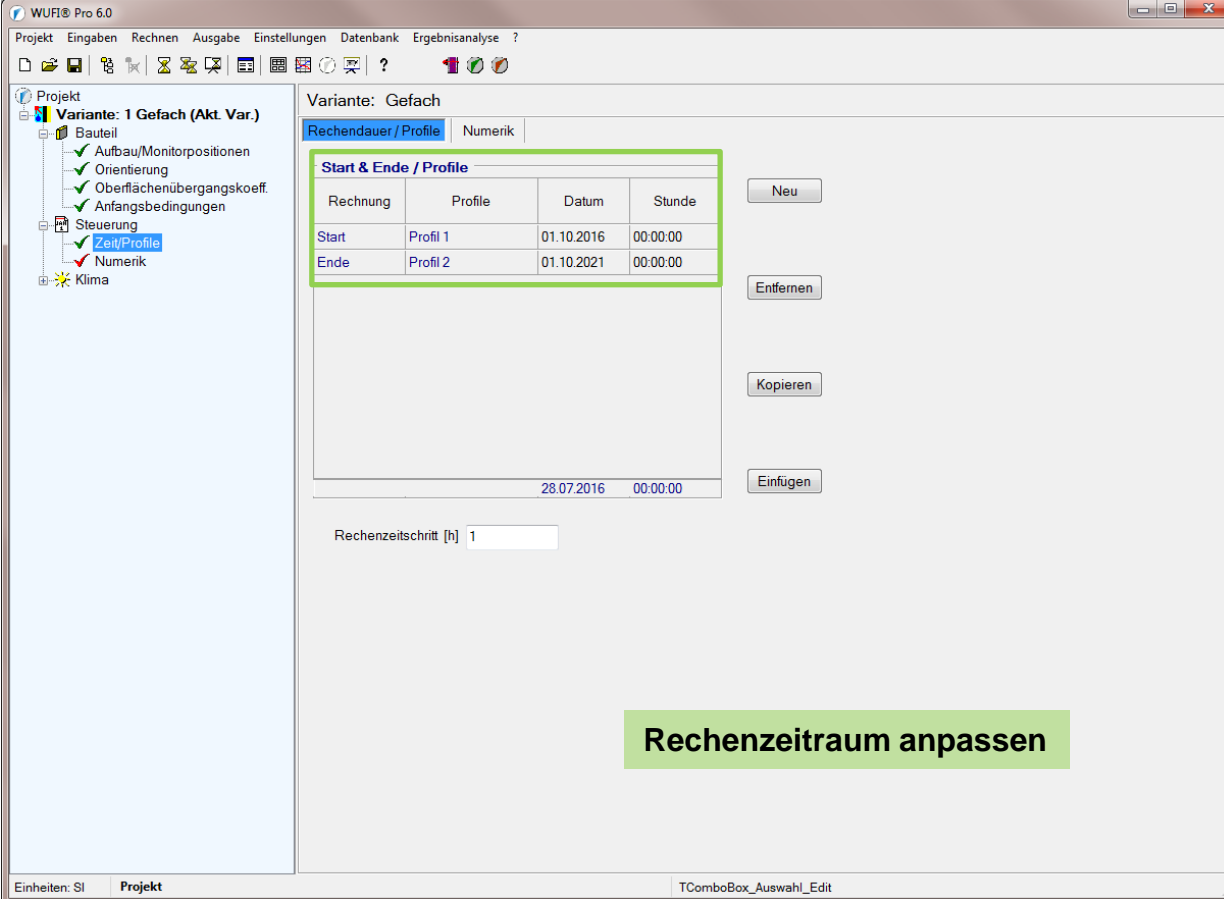
Nr.	Material Schicht	Dicke [m]	Wassergehalt [kg/m³]
1	Mineralfaser (Wärmeleit: 0.04 W/mK) - 1cm	0.01	1.79
2	Mineralfaser (Wärmeleit: 0.04 W/mK)	0.19	1.79
3	PA-Folie	0.001	0.44
4	Holzwoolleleichtbauplatte	0.03	68.0
5	Innenputz (Gips)	0.015	6.3

Einheiten: SI Projekt TComboBox_Auswahl_Edit

Keine Änderungen erforderlich

Beispiel: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

Eingabe: Steuerung – Zeit / Profile



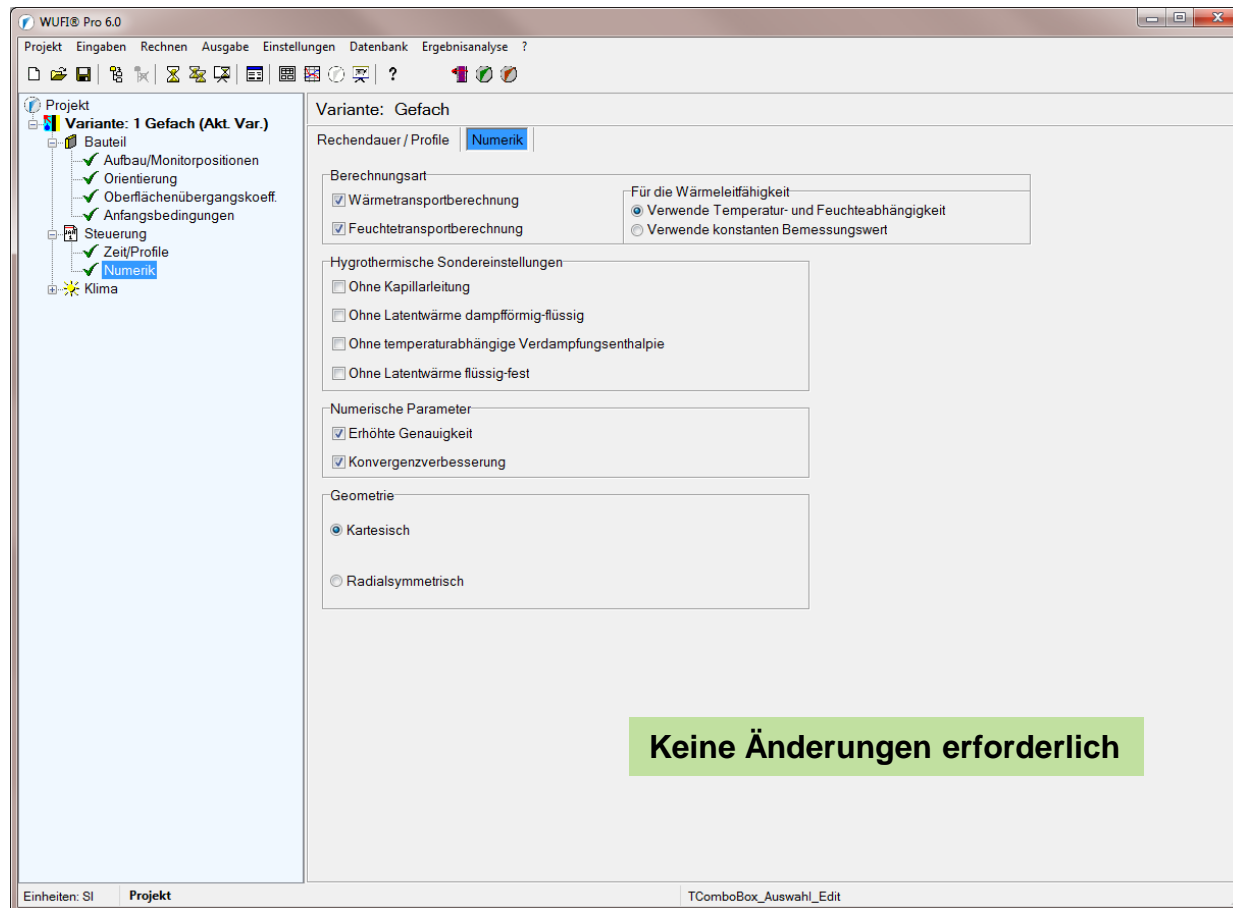
The screenshot shows the WUFI Pro 6.0 software interface. The left sidebar displays a project tree with 'Variante: 1 Gefach (Akt. Var.)' selected. Under 'Steuerung', 'Zeit/Profile' is highlighted. The main window shows the 'Rechenzeitraum / Profile' table with the following data:

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, there is a text input field for 'Rechenzeitschritt [h]' with the value '1'. A green callout box at the bottom right of the interface contains the text 'Rechenzeitraum anpassen'.

Beispiel: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

Eingabe: Steuerung – Numerik



Beispiel: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

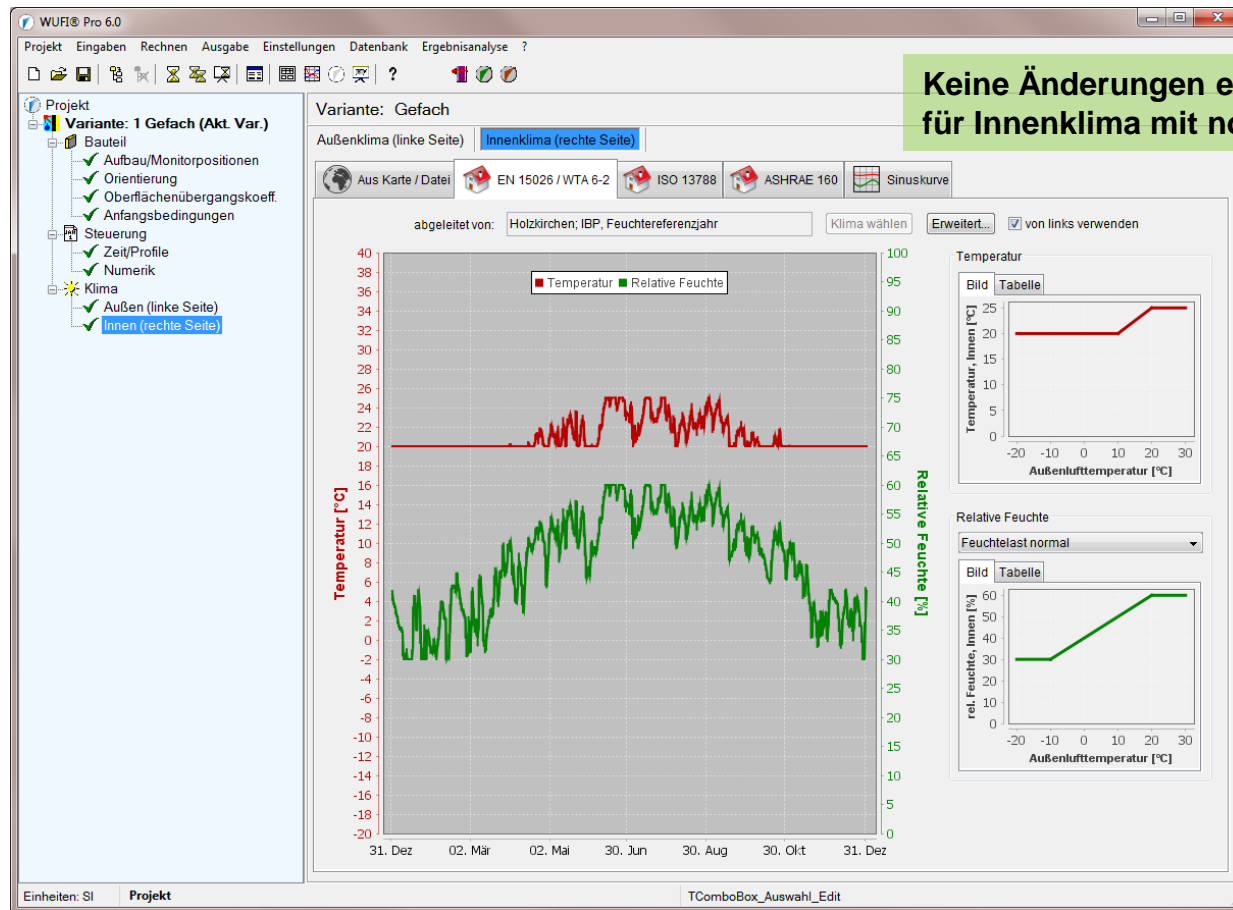
Eingabe: Klima – Außen (linke Seite)

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. On the left, a project tree shows the current variant '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 area is titled 'Variante: Gefach' and has tabs for 'Außenklima (linke Seite)' and 'Innenklima (rechte Seite)'. Below the tabs, there are buttons for 'Aus Karte / Datei', 'EN 15026 / WTA 6-2', 'ISO 13788', 'ASHRAE 160', and 'Sinuskurve'. A text input field contains 'Holzkirchen; IEP, Feuchtereferenzjahr', and a 'Klima wählen' button is highlighted with a green box. To the right of this box is an 'Erweitert...' button. Below these are three graphs: 'Temperatur / Relative Feuchte' (Temperature / Relative Humidity), 'Klimaanalyse' (Climate Analysis), and 'Zusätzliche Diagramme' (Additional Diagrams). The first graph shows temperature in °C and relative humidity in % over a year. The second graph shows relative humidity in % over a year. The third graph shows 'Diffuse Solarstrahlung' (Diffuse Solar Radiation) in W/m² over a year. On the right side, there is a 'Datei Info' (File Info) panel with fields for 'Klimaort' (Holzkirchen), 'Breite' (47,88 Nord), 'Länge' (11,73 Ost), 'Höhe über NN' (680), 'Zeitzone' (1,0), 'Anzahl Datenzeilen' (8760), 'Beschreibung', and 'Kommentar'. Below this is a 'Klimaelemente' (Climate Elements) panel with fields for 'Temperatur' (TA), 'Relative Feuchte' (HREL), 'Kurzwellige Strahlung' (ISGH, ISD), 'Langwellige Strahlung' (ILAH), 'Wind' (WS, WV, WD), 'Regen' (RN), 'Bewölkungsgrad', and 'Luftdruck' (PSTA). At the bottom, there are 'Einheiten: SI' and 'Projekt' labels, and a 'TComboBox_Auswahl_Edit' control.

Standort auswählen

Beispiel: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

Eingabe: Klima – Innen (rechte Seite)



Keine Änderungen erforderlich für Innenklima mit normaler Feuchtelast

Beispiel: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

Auswertung: Numerik

Gefach

Letzter Rechenlauf	
Zeit der Rechnung	07.12.2016 12:52:52
Rechenzeit	1 min,21 sek
Beginn / Ende der Rechnung	01.10.2015 / 01.10.2020
Anzahl der Konvergenzfehler	0
Numerische Qualitätsprüfung	
Integral der Ströme, linke Seite (kl,dl)	[kg/m ²] 0,0 -3,36
Integral der Ströme, rechte Seite (kr,dr)	[kg/m ²] -7,6E-9 -1,77
Bilanz 1	[kg/m ²] -1,03
Bilanz 2	[kg/m ²] -1,08



Sparren

Letzter Rechenlauf	
Zeit der Rechnung	07.12.2016 12:54:14
Rechenzeit	1 min,10 sek
Beginn / Ende der Rechnung	01.10.2015 / 01.10.2020
Anzahl der Konvergenzfehler	0
Numerische Qualitätsprüfung	
Integral der Ströme, linke Seite (kl,dl)	[kg/m ²] 0,0 -1,1
Integral der Ströme, rechte Seite (kr,dr)	[kg/m ²] 3E-7 1,98
Bilanz 1	[kg/m ²] -2,56
Bilanz 2	[kg/m ²] -2,56

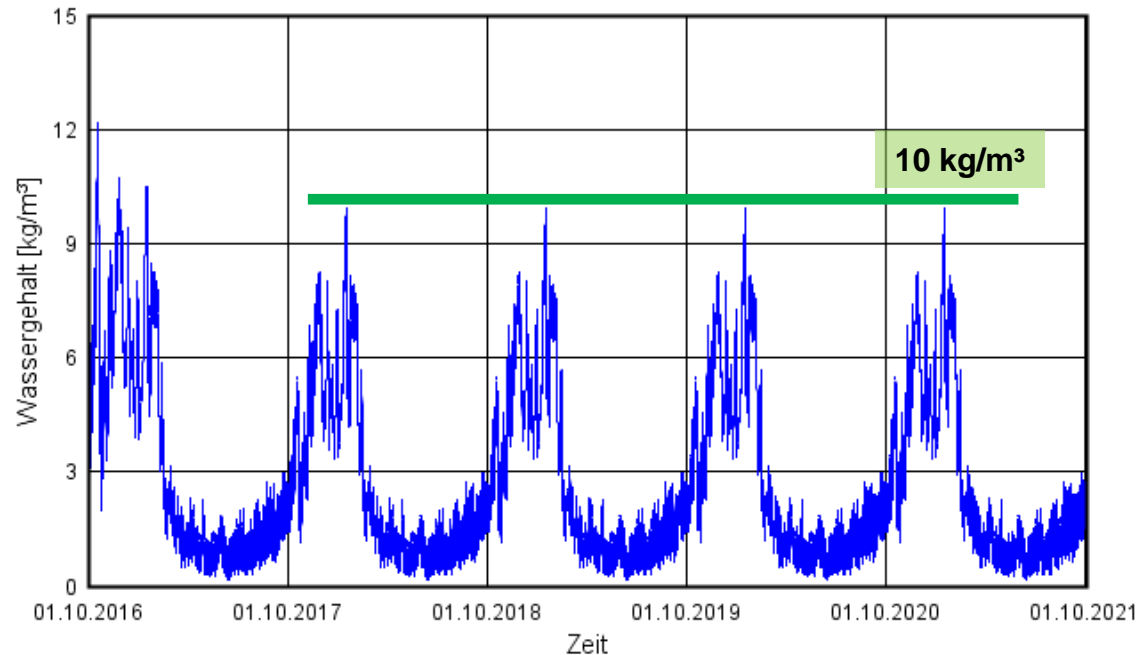


Keine Konvergenzfehler
und
geringe Bilanzunterschiede

Beispiel: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

Auswertung:

Tauwassermenge im äußeren Zentimeter der Mineralfaserdämmung



Bewertung:

Eingeschwungener Zustand ab dem 2. Jahr.

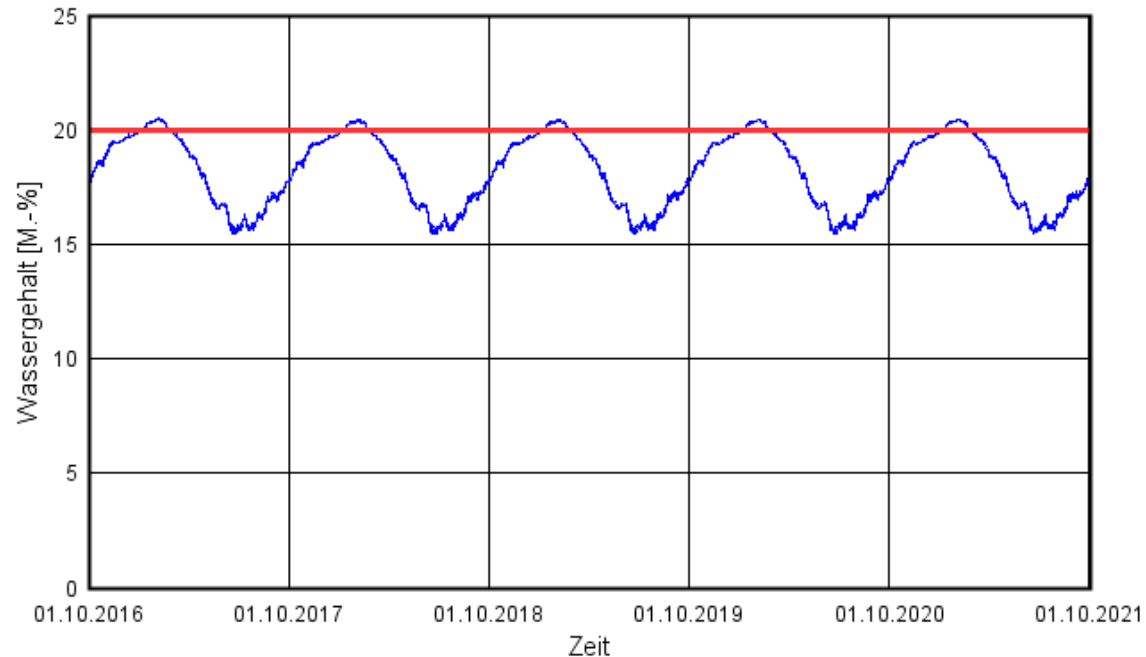
Maximaler Wassergehalt von 10 kg/m^3 , was einer maximalen Tauwassermenge von 100 g/m^2 entspricht.

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

Beispiel: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

Auswertung:

Holzfeuchte im äußeren Zentimeter des Sparrens entsprechend DIN 68800



Bewertung:

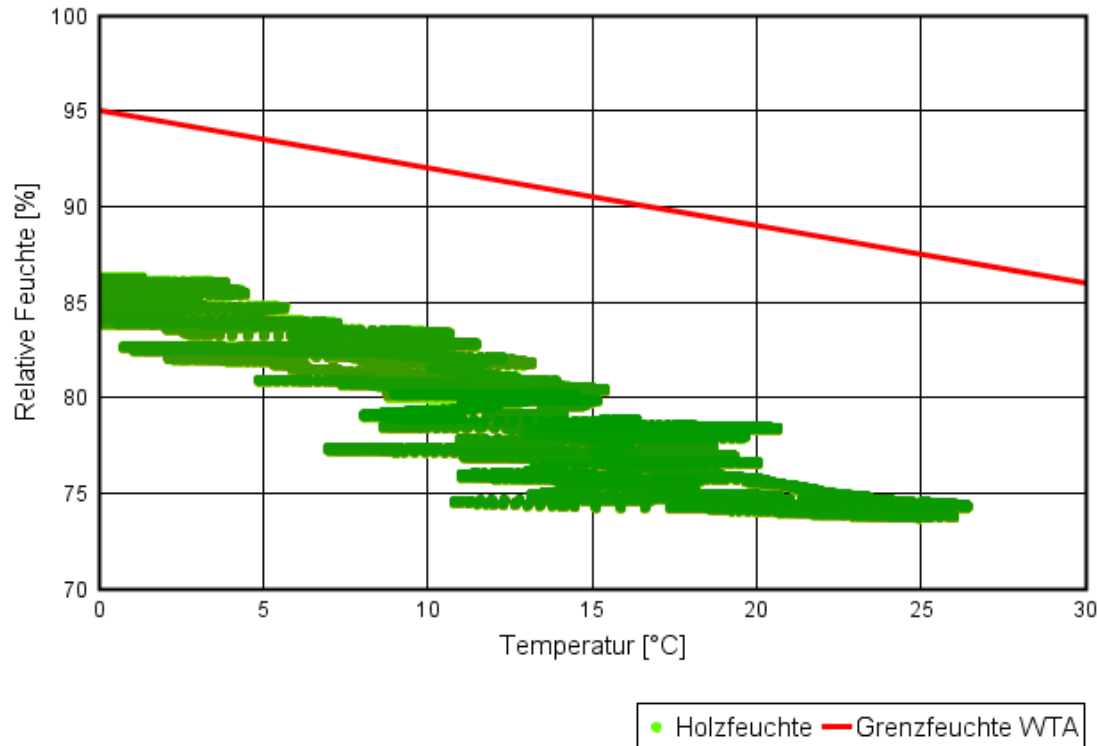
Der Wassergehalt im äußeren Zentimeter des Sparrens überschreitet die Grenzfeuchte von 20 M.-% nach DIN 68800 jedes Jahr um etwa 0,5 M.-%.

→ Genauere Auswertung nach WTA!

Beispiel: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

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.

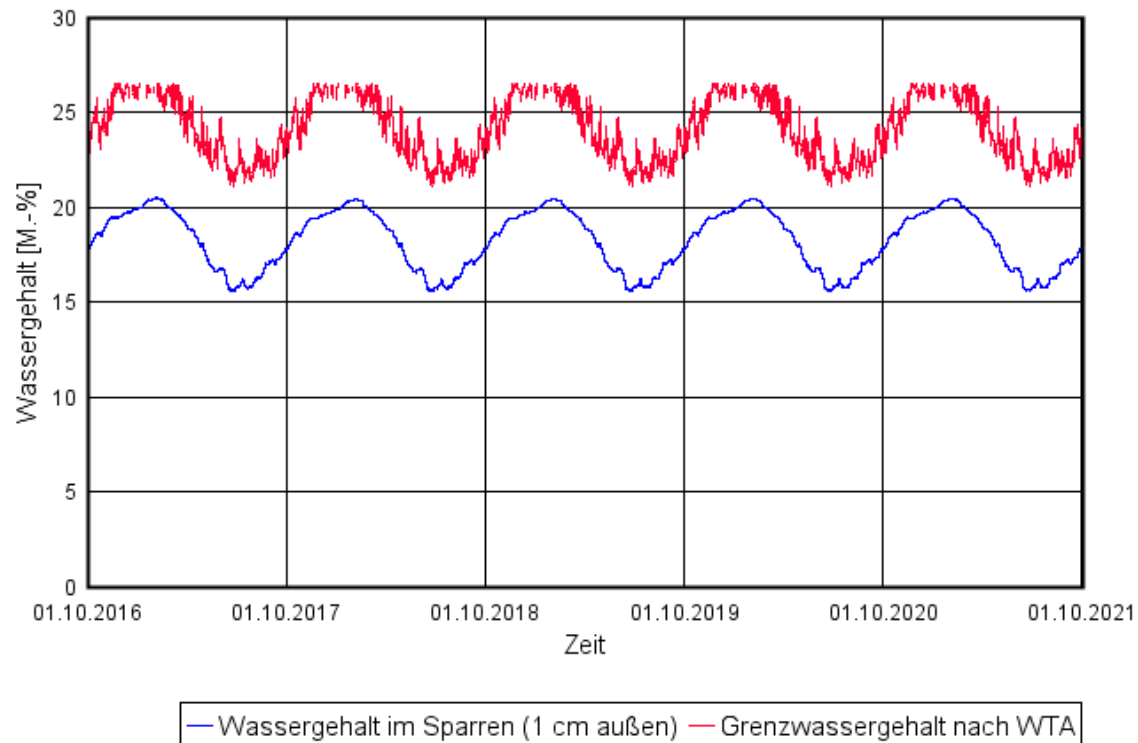
→ Feuchtetechnisch ist dieser Dachaufbau unproblematisch.

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

Beispiel: schlaufenförmige Verlegung von Dampfbremsen

Auswertung:

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



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.