

WUFI®

Leitfaden zur Verwendung der Infiltrationsquelle in WUFI®

Stand: Juli 2024

Inhalt:

Schadensursache Dampfkonvektion

Folie 3 - 6

DIN 68800-2

Folie 7

Vorgehensweise

- Eingabe - Bauteilaufbau
- Eingabe - Feuchtequelle
- Eingabe - Orientierung / Neigung
- Eingabe - Oberflächenübergangkoeffizient
- Eingabe - Anfangsbedingungen
- Eingabe - Steuerung
- Eingabe - Klima
- Auswertung - Allgemein
- Auswertung - Holzfäule

Folie 9

Folie 10 – 16

Folie 17

Folie 18 – 19

Folie 20

Folie 21

Folie 22 - 23

Folie 24 – 26

Folie 27 - 29

Literatur

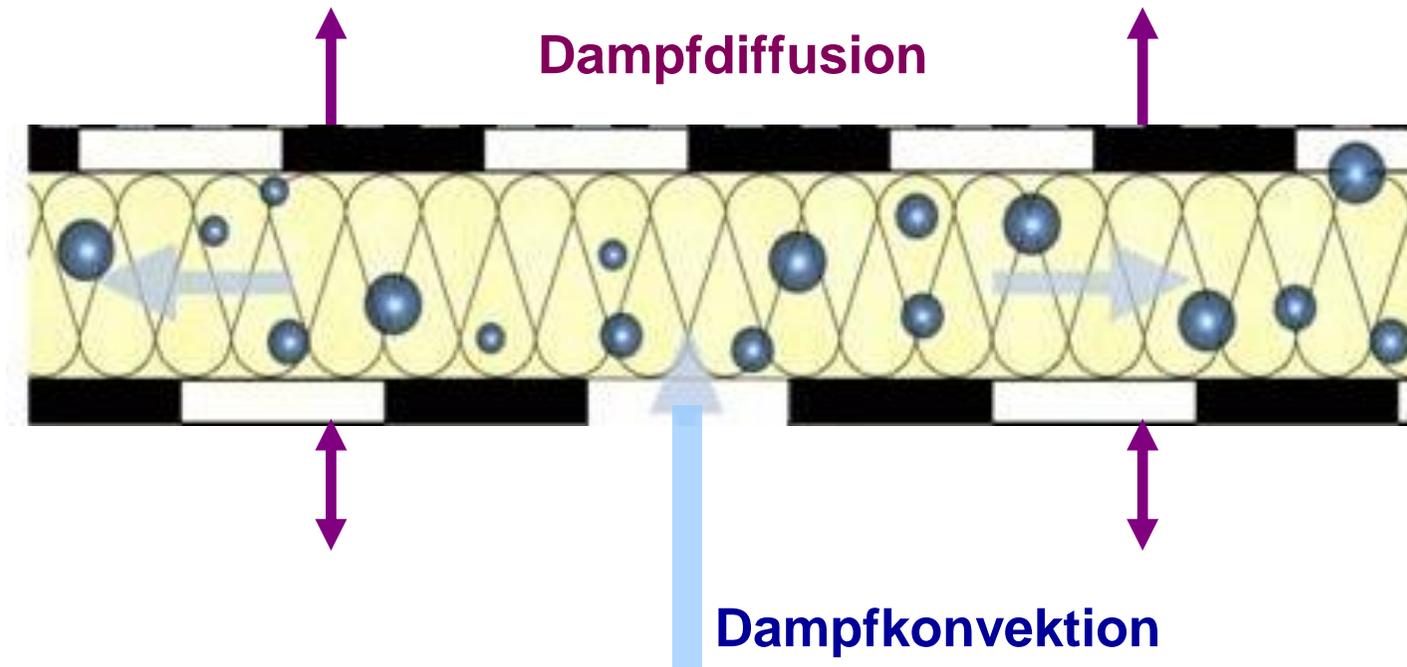
Folie 30

Beispiel: Flachdach in Holzleichtbauweise

Folie 31 - 51

Schadensursache Dampfkonzektion

Feuchteintrag über Dampfkonzektion aufgrund von kleinen, nicht vermeidbaren Undichtheiten.

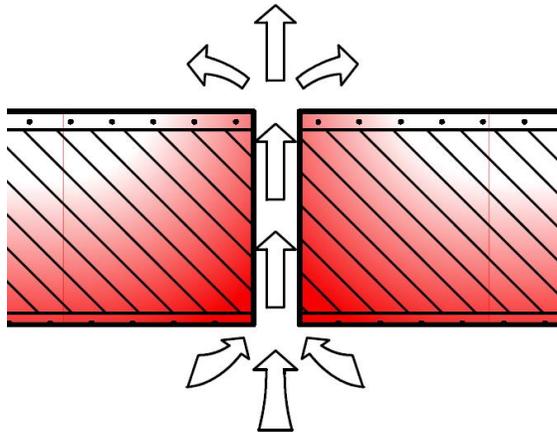


Problem: Feuchteintrag durch Konzektion > Trocknung durch Diffusion

Schadensursache Dampfkonvektion

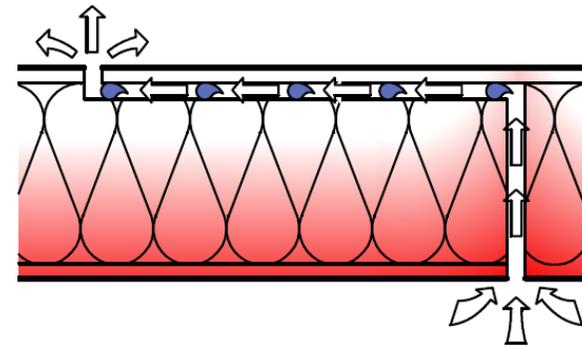
Welche Leckagen führen zu einer Bauteilbefeuchtung?

„Wärme“-Leckage



Erwärmung des Bauteils bei stärkerer Durchströmung
→ i.d.R. geringe Befeuchtung

„Feuchte“-Leckage



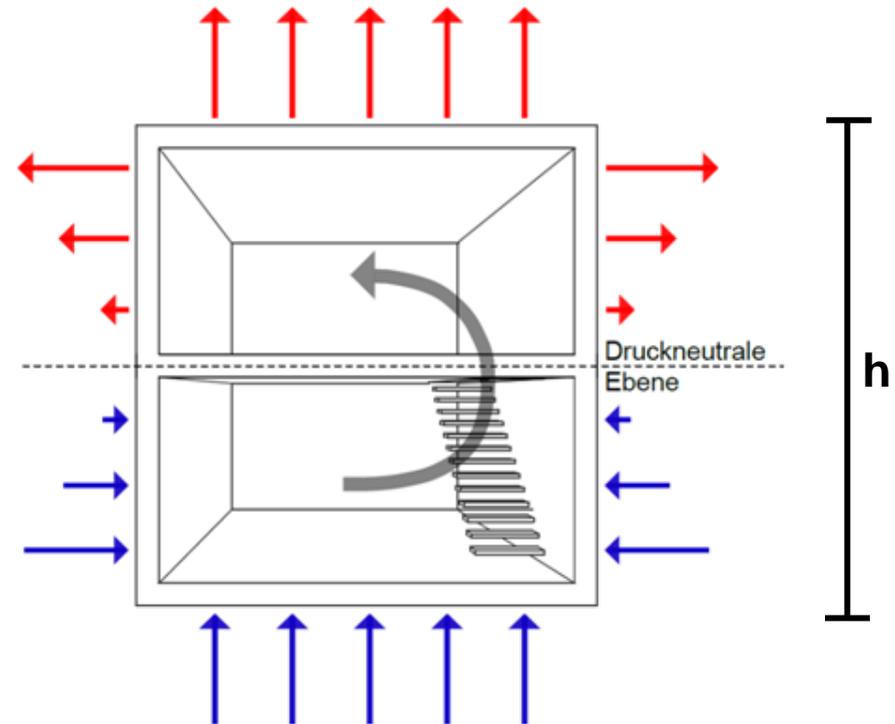
Abkühlung des Luftstroms bei langsamer Durchströmung
→ ggf. starke Befeuchtung

Tauwasser durch Dampfkonvektion nur bei Feuchteleakagen,
wenn $P_i > P_e$ und $\theta_{\text{Quellposition}} < \text{Taupunkttemperatur der Raumluft}$ ist.

Schadensursache Dampfkonvektion

Überdruck infolge thermischen Auftriebs ist proportional zur:

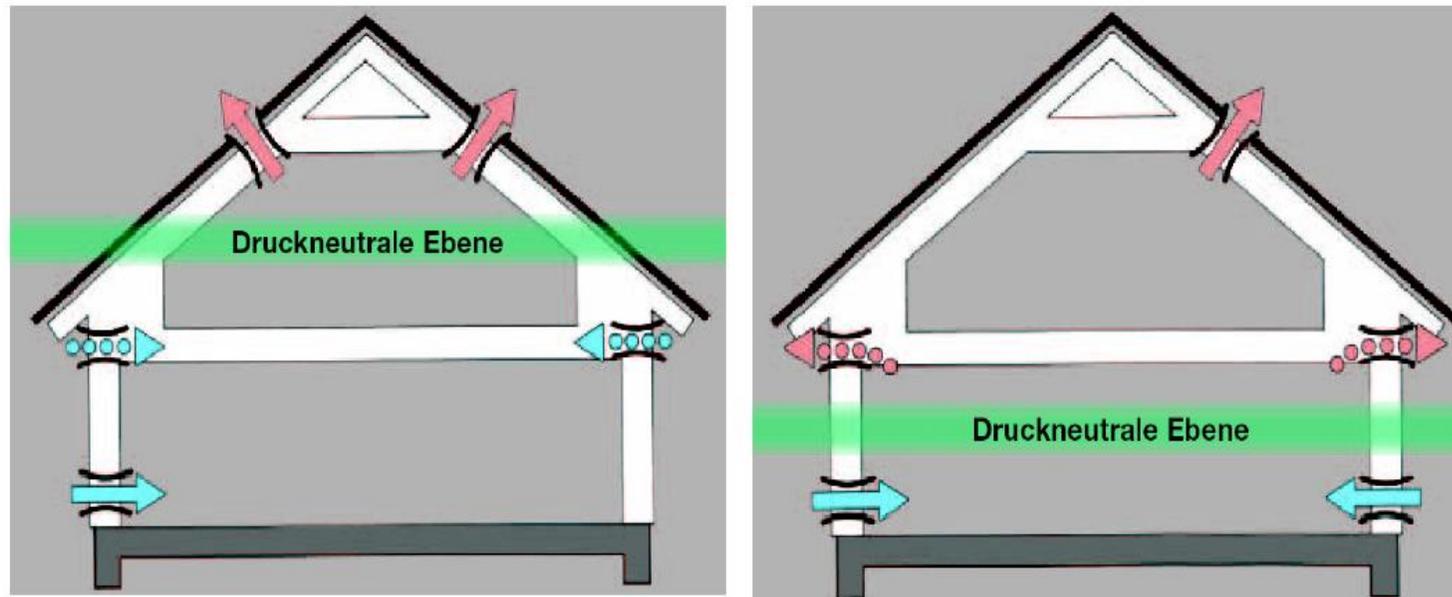
- Temperaturdifferenz zwischen innen und außen
- Höhe des zusammenhängenden Luftraums innen



Überdruck durch thermischen Auftrieb (wirkt im Winter permanent)

Schadensursache Dampfkonzektion

- Durchströmung im Überdruckbereich von innen nach außen (Befeuchtung)
- Durchströmung im Unterdruckbereich von außen nach innen (Trocknung)



→ Keine Feuchteprobleme durch Konvektion im unteren Bereich des Gebäudes

Seit 2012 schreibt die DIN 68800-2 [1] die Berücksichtigung der Infiltrationsfeuchte bei Leichtbaukonstruktionen vor.

5.2.4 Tauwasser

Eine unzuträgliche Veränderung des Feuchtegehaltes durch Tauwasser aus Wasserdampfdiffusion oder Wasserdampfkvektion ist zu verhindern.

Es ist sicherzustellen, dass an Kaltwasser führenden Leitungen innerhalb von Bauteilen kein Tauwasser ausfällt.

Die Bauteile der Gebäudehülle sind gegen Wasserdampfkvektion luftdicht auszubilden.

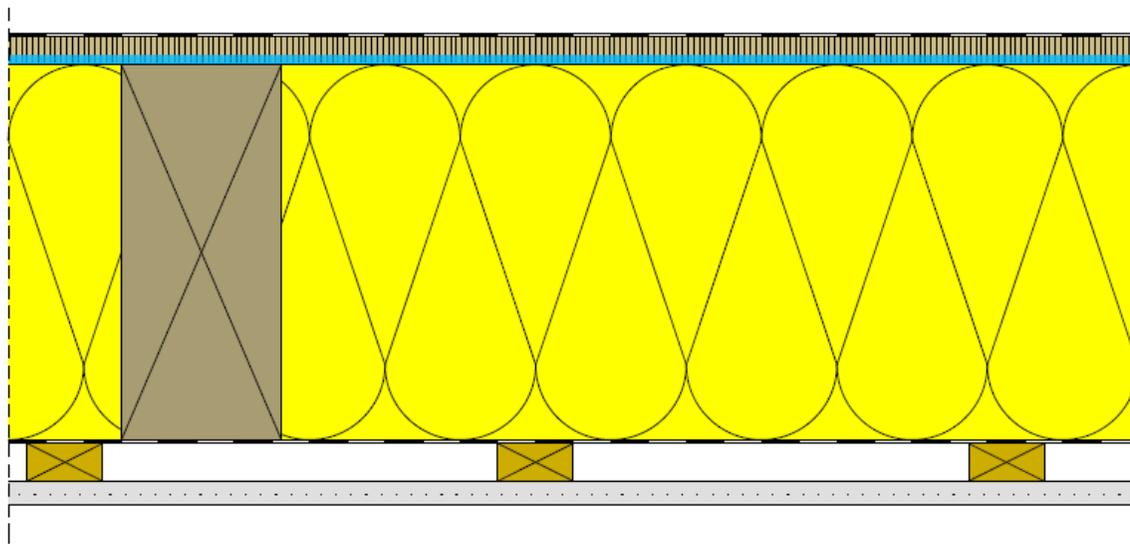
Der Tauwasserschutz für die raumseitige Oberfläche und für den Querschnitt der Bauteile ist nach DIN 4108-3 oder DIN EN 15026 nachzuweisen. Ein solcher Nachweis ist für die Konstruktionen nach Anhang A nicht erforderlich, mit Ausnahme der in Bild A.23 dargestellten Balkone/Terrassen.

Für beidseitig geschlossene Bauteile der Gebäudehülle ist bei der Berechnung mit den Verfahren nach DIN 4108-3 (Glaser-Verfahren) zur Berücksichtigung eines konvektiven Feuchteintrages und von Anfangsfeuchten eine zusätzliche rechnerische Trocknungsreserve $\geq 250 \text{ g}/(\text{m}^2\text{a})$ bei Dächern und $\geq 100 \text{ g}/(\text{m}^2\text{a})$ bei Wänden und Decken nachzuweisen. Beim Nachweis mit numerischen Simulationsverfahren nach DIN EN 15026 ist der konvektive Feuchteeintrag entsprechend der geplanten Luftdurchlässigkeit mit dem q_{50} -Wert nach DIN 4108-7 in Rechnung zu stellen. Die rechnerische Berücksichtigung eines konvektiven Feuchteintrages und von Anfangsfeuchten ist nicht erforderlich für Konstruktionen nach Anhang A und für Bauteile mit wasserdampfdiffusionsäquivalenten Luftschichtdicken nach Tabelle 1.

ANMERKUNG Bauteile der Gebäudehülle sind alle Bauteile, die an kältere Bereiche grenzen, wie z. B. Bauteile der Außenwände, der Dächer, der Wände oder Decken zum Erdreich, zu unbeheizten Kellern oder Dachräumen.

Vorgehensweise

Im Folgenden werden alle notwendigen Eingabedaten zur Berechnung eines Flachdachaufbaus in Holzleichtbauweise beschrieben, wobei ausführlich auf die Infiltrationsquelle eingegangen wird. Auch das Vorgehen bei der Bewertung derartiger Konstruktionen wird erläutert.



Infiltrationsquelle
(innere 5 mm der Holzschalung)

Bauteil - Aufbau/Monitorpositionen

Dachbahn

Die Dachbahn wird i.d.R. nicht als Bauteilschicht mitberechnet, sondern als s_d -Wert in den Oberflächenübergangsparemtern berücksichtigt.

Darunter liegender Dachaufbau

Die darunter liegenden Schichten sind entsprechend dem Aufbau in der Gefach-Achse einzugeben.

Hinweis: Für die Bewertung der Feuchteverhältnisse wird der Schnitt durch das Gefach betrachtet, da dort die kritischsten Verhältnisse auftreten. Aufgrund der Wärmebrückenwirkung des Sparrens stellen sich im Kontaktbereich Dämmung und Sparren tendenziell niedrigere Feuchten ein als in Gefachmitte.

Bauteil - Aufbau/Monitorpositionen

Feuchtequelle

Die in Abhängigkeit von der Luftdichtheit konvektiv in die Konstruktion eindringende Feuchtemenge ist nach DIN 68800 [1] bei Holzbauteilen immer zu berücksichtigen und wird in der Simulation über das Infiltrationsmodell des IBP angesetzt.

Die Feuchtequelle ist im Bauteilaufbau an der Position anzusetzen, an der in der Praxis das Tauwasser ausfallen wird - i.d.R. ist dies vor der zweiten luftdichten Ebene. Die Feuchtequelle ist so zu dimensionieren, dass das anfallende Tauwasser auch aufgenommen werden kann (empfohlen wird hier eine Dicke von 0,5 bis 1 cm). Tendenziell ist es sinnvoll, die Feuchtequelle in das Material zu setzen, in das sich das anfallende Tauwasser reinsaugen würde (z.B. Holzschalung).

Bauteil - Aufbau/Monitorpositionen

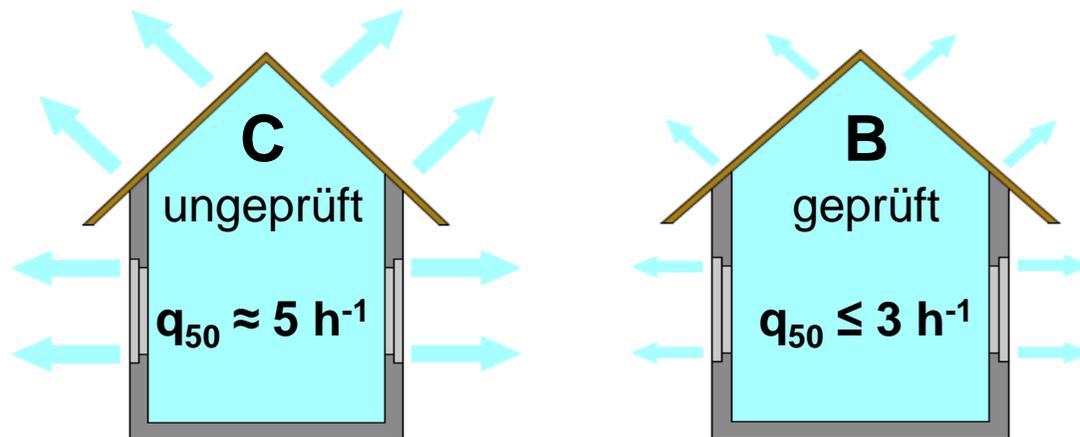
Feuchtequelle

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 [2].

Im Folgenden werden die einzelnen einzugebenden Parameter näher beschrieben.

Luftinfiltrationsmodell IBP:

Durchströmung der Hülle q_{50} [m^3/m^2h]



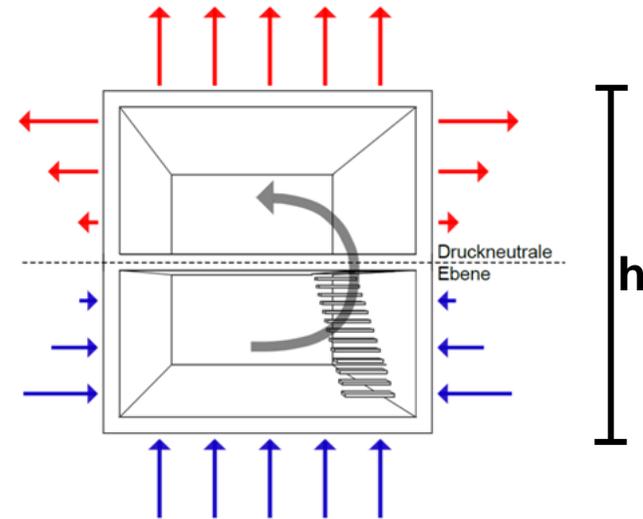
Bei Einfamilienhäusern in etwa Zahlenwertgleichheit von q_{50} - und n_{50} -Wert, ansonsten Umrechnung erforderlich.

Nach DIN 4108-3 ist die Luftdichtheitsklasse C für ungeprüfte Gebäude zu verwenden. Bei einem gemessenen q_{50} -Wert $\leq 3 \text{ m}^3/(m^2h)$ kann die Luftdichtheitsklasse B angesetzt werden.

Luftinfiltrationsmodell IBP:

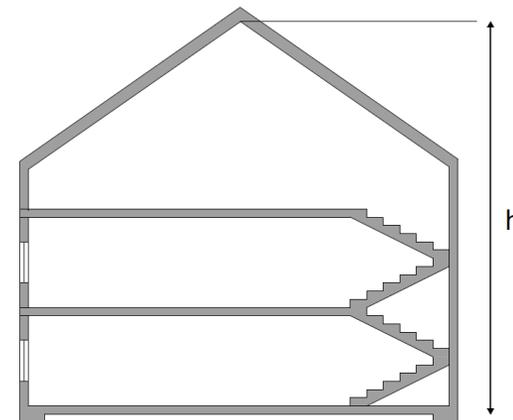
Höhe der Luftsäule [m]:

Entspricht der Höhe des zusammenhängenden beheizten Luftraums innen.



Beispiel: Einfamilienhäuser
mit offenem Treppenhaus

→ hier ist die gesamte
Gebäudehöhe (h) anzusetzen
(ggf. inkl. beheiztem Keller)

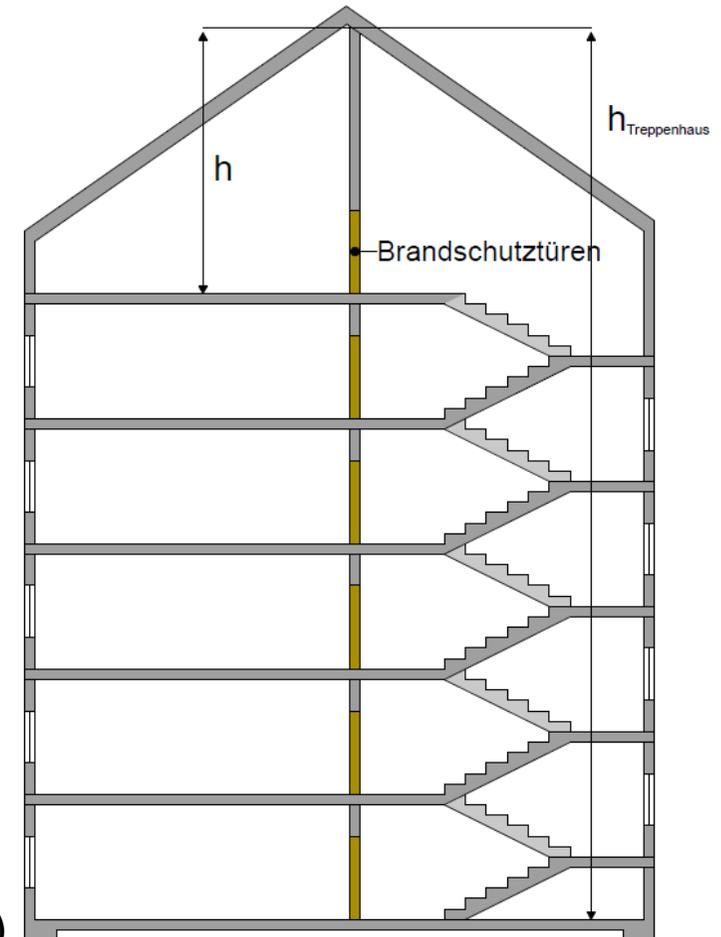


Luftinfiltrationsmodell IBP:

Beispiel: Mehrfamilienhäuser mit „separatem“ Treppenhaus

→ da die Teilbereiche mit Brandschutztüren abgetrennt sind, kann hier die Höhe des oberen Stockwerks (h) angesetzt werden.

Im Treppenhaus wäre die Höhe des zusammenhängenden Luftraums zwar deutlich größer ($h_{\text{Treppenhaus}}$), allerdings ist das Treppenhaus meist ungeheizt, so dass sich ein wesentlich kleinerer Druckunterschied zwischen innen und außen einstellt. Weiterhin ist die Feuchtebelastung im Treppenhaus i.d.R. niedriger (könnte über geeignetes Klima berücksichtigt werden)



Luftinfiltrationsmodell IBP:

Mechanischer Überdruck durch Lüftungsanlagen [Pa]:

Hier besteht die Möglichkeit, Über- oder Unterdrücke, die durch vorhandene raumluftechnische Anlagen erzeugt werden, zu berücksichtigen.

Der angegebene Wert wird konstant auf die Druckdifferenz zwischen Innen und Außen angesetzt.

Luftinfiltrationsmodell IBP:

Zusammenfassung:

Berücksichtigung der Dampfkonvektion durch Leckagen bei der Feuchteschutzbeurteilung durch hygrothermische Simulation.

Der Feuchteeintrag durch Dampfkonvektion wird für jeden Zeitschritt situationsspezifisch ermittelt in Abhängigkeit von:

- den instationären Randbedingungen (Innen- und Außenklima)
- der Temperatur an der gewählten Position der konvektiven Tauwasserebene
- der Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle
- der Höhe des zusammenhängenden Raumluftvolumens

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 Flachdaches ist entsprechend der geplanten Dachneigung anzugeben.

Bauteil - Oberflächenübergangskoeffizient

Wärmeübergangskoeffizient an Außenoberfläche

Der Wärmeübergangskoeffizient für Flachdächer beträgt i.d.R. 19 W/m²K.

s_d-Wert an der Außenoberfläche

Hier ist der s_d-Wert der Dachbahn anzugeben, wenn diese nicht als eigene Bauteilschicht berücksichtigt wird.

Hinweis: Wird die Dachbahn im Aufbau als separate Bauteilschicht berücksichtigt, ist hier kein s_d-Wert anzugeben.

Anhaftender Anteil des Regens

Wird die Dachbahn als s_d-Wert in den Oberflächenübergangsparemtern berücksichtigt, muss die Regenwasserabsorption ausgeschaltet werden. Die Einstellung zum s_d-Wert beeinflusst ausschließlich das Diffusionsverhalten und nicht den Flüssigtransport.

Bauteil - Oberflächenübergangskoeffizient

Kurzwellige Strahlungsabsorptionszahl

Die kurzwellige Strahlungsabsorptionszahl ist entsprechend der Farbgebung der Dachbahn zu wählen.

Langwellige Strahlungsemissionszahl

Die langwellige Strahlungsemission beträgt für Dachbahnen i.d.R. 0,9.

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

Bauteil – Anfangsbedingungen

Anfangstemperatur und -feuchte:

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

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 i.d.R. den ungünstigsten Fall dar.

Der Berechnungszeitraum ist abhängig davon, wann die Konstruktion ihren eingeschwungenen Zustand erreicht. Meist ist ein Zeitraum von 5 Jahren ausreichend. Ist der eingeschwungene Zustand nach der Berechnung noch nicht zu erkennen, muss der Zeitraum verlängert werden.

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 [5].

Alternativ kann je nach Nutzung des Gebäudes auch das Innenklima nach EN 15026 [4] mit normaler bzw. hoher Feuchtelast angesetzt werden.

Allgemein:

Überprüfung der numerischen Qualität des Ergebnisses anhand von Konvergenzfehlern und Bilanzen!

siehe: [Leitfaden zur Ergebnisauswertung](#)

In der Konstruktion darf sich langfristig keine Feuchte anreichern!

Bewertung des Gesamtwassergehalts (GWG):

- i.d.R. nur qualitative Beurteilung der Feuchtebilanz
- GWG sinkt: Bauteil trocknet aus
- GWG ändert sich nur noch im Jahresverlauf:
eingeschwungener Zustand (dynamisches Gleichgewicht) ist erreicht
- GWG steigt langfristig an:
permanente Feuchteakkumulation in der Konstruktion

Allgemein:

Bewertung des Wassergehalts in den einzelnen Materialschichten:

- Qualitative Bewertung der Feuchtebilanz
- Quantitative Beurteilung des erreichten Feuchteniveaus
- Anfänglicher Anstieg kann auf eine Umverteilung der Anfangsfeuchte in der Konstruktion zurückzuführen sein.
- Langfristiger Anstieg des Wassergehalts deutet auf eine Feuchteakkumulation in der Materialschicht hin.
- bei feuchteempfindlichen Materialien (z.B. Holz und Holzwerkstoffe...) dürfen die jeweiligen Grenzwerte nicht überschritten werden

Allgemein:

Identifizieren kritischer Positionen innerhalb der Konstruktion:

- Mit Hilfe von Animation1D (Film) möglich
- Extremwerte in der relativen Feuchte und im Wassergehalt stellen oft kritische Positionen dar (z.B. an Schichtgrenzen)

Holzfäule - Auswertung nach DIN 68800 [1]

Feuchtetechnisch kritische Verhältnisse bezüglich einer Schädigung des Holzes können bei langfristigem Überschreiten des in der DIN 68800 [1] angegebenen Grenzwertes der Holzfeuchte von 20 M.-% für Holz und 18 M.-% für Holzwerkstoffe auftreten.

Diese Grenzwerte beinhalten jedoch hohe Sicherheiten und es fehlt eine Vorgabe des Auswertebereichs.

Bleibt der Wassergehalt in der Schalung unter diesen Grenzwerten, ist keine weitere Auswertung mehr notwendig.

Holzfäule - Auswertung nach WTA-Merkblatt 6-8 [6]

Werden die Grenzwerte nach DIN 68800 [1] überschritten, kann zusätzlich eine Auswertung nach dem neuen WTA-Merkblatt 6-8 [6] durchgeführt werden.

Hier erfolgt die Bewertung von Holzkonstruktionen anhand temperaturabhängiger Grenzwerte. Das Tagesmittel der relativen Porenluftfeuchte gemittelt über die kritischsten 10 mm des Holzes darf 95 % bei 0 °C und 86 % bei 30 °C nicht überschreiten

Dies erlaubt eine genauere und realitätsnahe Bewertung.

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

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.

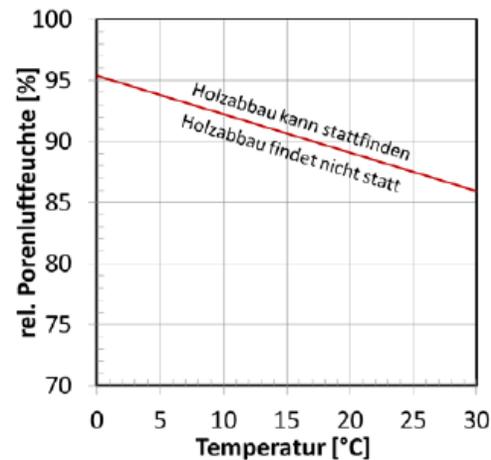
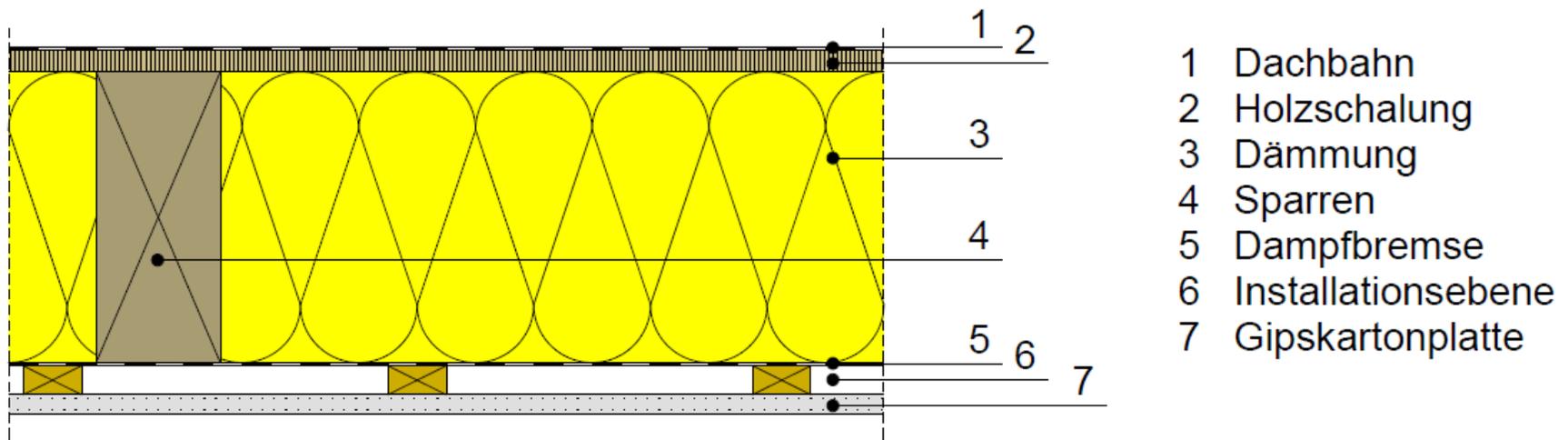


Abbildung 1: Grenzkurve der rel. Porenlufffeuchte bezogen auf die Temperatur einer 10 mm dicken Holzschicht, die im Tagesmittel nicht überschritten werden darf.

- [1] DIN 68800-2: Holzschutz – Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau. Beuth Verlag, Februar 2022.
- [2] Zirkelbach, D.; Künzel, H.M.; Schafaczek, B. und Borsch-Laaks, R.: Dampfkonzektion wird berechenbar – Instationäres Modell zur Berücksichtigung von konvektivem Feuchteeintrag bei der Simulation von Leichtbaukonstruktionen. Proceedings 30. AIVC Conference, Berlin 2009.
- [3] Forschungsbericht: Energieoptimiertes Bauen: Klima- und Oberflächenübergangsbedingungen für die hygrothermische Bauteilsimulation. IBP-Bericht HTB-021/2016. Durchgeführt im Auftrag vom Projektträger Jülich (PTJ UMW). Juli 2016.
- [4] DIN EN 15026: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation. Beuth Verlag, Dezember 2023.
- [5] WTA-Merkblatt 6-2: Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse. Dezember 2014.
- [6] WTA-Merkblatt 6-8: Feuchtetechnische Bewertung von Holzbauteilen – Vereinfachte Nachweise und Simulationen. August 2016.

Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Exemplarische hygrothermische Beurteilung eines Flachdachs in Holzleichtbauweise.



Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Aufbau (von außen nach innen):

- Dachbahn ($s_d = 300\text{m}$)
- OSB-Platte (Dichte: 615 kg/m^3) 0,022 m
- Mineralfaser (Wärmeleit.: $0,04 \text{ W/mK}$) 0,24 m
- feuchtevariable Dampfbremse (PA-Folie) 0,001 m
- Luftschicht (25 mm) 0,025 m
- Gipskartonplatte 0,0125 m

Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Randbedingungen:

- Flachdach (3° nach Norden geneigt)
- dunkle Dachbahn:
 - kurzwellige Strahlungsabsorptionszahl: 0,8
 - langwellige Strahlungsemissionszahl: 0,9
- 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: Flachdach in Holzbauweise

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

The screenshot shows the WURF Pro 6.1 software interface. The main window is titled 'Variante: Flachdach'. The left sidebar shows a project tree with 'Bauteil' expanded, containing 'Aufbau/Monitorpositionen', 'Orientierung', 'Oberflächenübergangskoeff.', 'Anfangsbedingungen', 'Steuerung', and 'Klima'. The main area is divided into several sections:

- Aufbau/Monitorpositionen:** Shows a cross-section diagram of a flat roof. The top layer is yellow, representing 'Gipskartonplatte' with a thickness of 0,0125 m. Below it is a blue layer. The diagram is labeled with 'Außen (linke Seite) 0,022', '0,24', and 'Innen (rechte Seite) 0,000,0210,0125'.
- Materialdaten:** A button to access material data.
- Quellen, Senken:** A button to manage sources and sinks.
- Neue Schicht:** A button to add a new layer.
- Duplizieren:** A button to duplicate a layer.
- Löschen:** A button to delete a layer.
- Bearbeiten Aufbau:** A section with radio buttons for 'Bild' (selected) and 'Tabelle'.
- Zuordnung aus Datenbanken:** A section with buttons for 'Materialdatenbank' and 'Konstruktionsdatenbank'.
- Gitteraufbau:** A section with a dropdown menu set to 'Automatisch (I)' and a 'Fein' button.
- Gesamtdicke:** A section showing 'Dicke: 0,301 m'.
- Wärmeschutzigenschaften:** A section showing 'Wärmedurchlasswiderstand: 6,36 m²K/W' and 'U-Wert: 0,153 W/m²K'.

At the bottom left, it says 'Einheiten: SI' and 'Keine Rechenergebnisse vorhanden.'.

Bauteilaufbau eingeben

Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

Feuchtequelle in den inneren 5 mm der OSB-Platte.

The screenshot shows the WUFI Pro 6.1 software interface. The main window displays a cross-section of a flat roof assembly. The assembly consists of several layers, with the OSB-Platte (OSB board) highlighted in yellow. A moisture source is indicated in the inner 5 mm of the OSB-Platte. The interface includes a project tree on the left, a main workspace with a cross-section, and a right-hand panel with various controls. A green box highlights the 'Quellen, Senken' button in the right-hand panel. Another green box highlights the 'Bauteilschicht markieren' button in the bottom left corner. A dialog box titled 'Hygrothermische Quellen' is open, showing a table for defining moisture sources. The 'Neue Feuchtequelle...' button is highlighted in green. The dialog box also includes buttons for 'Neue Wärmequelle...', 'Neue Luftwechselquelle...', 'Bearbeiten...', and 'Löschen'. The 'OK', 'Abbrechen', and 'Hilfe' buttons are visible at the bottom of the dialog box.

Quellen und Senken

Bauteilschicht markieren

Neue Feuchtequelle

Hygrothermische Quellen

Schicht/Materialname: OSB-Platte (Dichte: 615 kg/m³)

Nr.	Typ	Bezeichnung
-----	-----	-------------

Buttons: Neue Wärmequelle ..., Neue Feuchtequelle..., Neue Luftwechselquelle ..., Bearbeiten..., Löschen

Buttons: OK, Abbrechen, Hilfe

Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Eingabe: Bauteil - Aufbau / Monitorpositionen

Feuchtequelle in den inneren
5 mm der OSB-Platte.

Feuchtequelle

Bezeichnung Infiltrationsquelle

Verteilungsbereich

- Ein Element
- Mehrere Elemente
- Ganze Schicht

Quellentyp

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

Begrenzung des Quellwertes [kg/m³]

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

Starttiefe in Schicht [m] 0,017

Endtiefe in Schicht [m] 0,022

Durchströmung der Hülle q50 [m³/m²h] 3

Luftdichtigkeitsklasse B

Höhe der Luftsäule [m] 5

Mechanischer Überdruck durch Lüftungsanlagen [Pa] 0

OK Abbrechen Hilfe

Innere 5 mm der OSB-Platte

Infiltrationsquelle anpassen

Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Eingabe: Bauteil - Orientierung

WUFI® Pro 6.1
Projekt Eingaben Rechnen Ausgabe Einstellungen Datenbank Ergebnisanalyse ?

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

Variante: Flachdach
Aufbau/Monitorpositionen **Orientierung/Neigung/Höhe** Oberflächenübergangskoeff. Anfangsbedingungen

Orientierung
N
W O
S
Nord

Neigung
Neigung [] 3

Höhe/Schlagregenkoeffizienten
 Regenbelastung nach ASHRAE Standard 160
R1 [-] 1
R2 [s/m] 0
Hinweis:
Regenbelastung =
Regen * (R1 + R2 * Vwind)

Einheiten: SI Keine Rechenergebnisse vorhanden.

Orientierung und Neigung anpassen

Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Eingabe: Bauteil - Oberflächenübergangskoeffizient

WUFI® Pro 6.1
Projekt Eingaben Rechnen Ausgabe Einstellungen Datenbank Ergebnisanalyse ?

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

Variante: Flachdach
Aufbau/Monitorpositionen | Orientierung/Neigung/Höhe | Oberflächenübergangskoeff. | Anfangsbedingungen

Außenoberfläche (linke Seite)
Wärmeübergangskoeffizient [W/m²K] 19.0 Dach
beinhaltet langwellige Strahlungsanteile [W/m²K] 6.5
Windabhängig

Sd-Wert [m] 300 Benutzerdefiniert
Hinweis: Dieser Wert hat keinen Einfluss auf die Regenaufnahme

Kurzwellige Strahlungsabsorptionszahl [-] 0.8 Dunkel
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] 8.0 (Dach)
Sd-Wert [m] ... Keine Beschichtung

Einheiten: SI Keine Rechenergebnisse vorhanden.

Wärmeübergangskoeffizient
für ein Flachdach = 19 W/m²K

s_d -Wert der Dachbahn = 300 m

Farbgebung der Dachbahn
(hier: $a = 0,8$ für dunkle Dachbahn)

Explizite Strahlungsbilanz einschalten!

Keine Regenwasserabsorption!

Oberflächenübergangskoeffizienten anpassen!

Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Eingabe: Bauteil - Anfangsbedingungen

The screenshot shows the WUFI Pro 6.1 software interface. The main window is titled 'Variante: Flachdach' and has several tabs: 'Aufbau/Monitorpositionen', 'Orientierung/Neigung/Höhe', 'Oberflächenübergangskoeff.', and 'Anfangsbedingungen'. The 'Anfangsbedingungen' tab is active and highlighted in blue. It contains two sections, each enclosed in a green box:

- Anfangsfeuchte im Bauteil:** Radio buttons for 'Über das Bauteil konstant' (selected), 'In den einzelnen Schichten', and 'Aus Datei einlesen'. Below is a text input field for 'Relative Anfangsfeuchte [-]' with the value '0,8'.
- Anfangstemperatur im Bauteil:** Radio buttons for 'Über das Bauteil konstant' (selected) and 'Aus Datei einlesen'. Below is a text input field for 'Anfangstemperatur im Bauteil [°C]' with the value '20'.

Below these sections is a table titled 'Anfangswassergehalt in einzelnen Schichten':

Nr.	Material Schicht	Dicke [m]	Wassergehalt [kg/m³]
1	OSB-Platte (Dichte: 615 kg/m³)	0,022	92,0
2	Mineralfaser (Wärmeleit: 0,04 W/mK)	0,24	1,79
3	PA-Folie	0,001	0,44
4	Luftschicht 25 mm	0,025	1,88
5	Gipskartonplatte	0,0125	6,3

At the bottom of the window, it says 'Einheiten: SI' and 'Keine Rechenergebnisse vorhanden.'.

Keine Änderungen erforderlich

Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Eingabe: Steuerung – Zeit / Profile

The screenshot shows the WURF Pro 6.1 software interface. The left sidebar displays a project tree with 'Variante: 1 Flachdach (Akt. Var.)' selected. Under 'Steuerung', 'Zeit/Profile' is highlighted. The main window shows a table for 'Start & Ende / Profile' with the following data:

Rechnung	Profile	Datum	Stunde
Start	Profil 1	01.10.2017	00:00:00
Ende	Profil 2	01.10.2022	00:00:00

Below the table, there is a summary row showing '06.04.2017 00:00:00'. A text input field for 'Rechenzeitschritt [h]' is set to '1'. A green callout box with the text 'Rechenzeitraum anpassen' points to the table. The status bar at the bottom indicates 'Einheiten: SI' and 'Keine Rechenergebnisse vorhanden.'.

Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Eingabe: Steuerung – Numerik

The screenshot shows the WUFI Pro 6.1 software interface. The main window is titled 'Variante: Flachdach'. On the left, a project tree shows the following structure:

- Projekt
 - Variante: 1 Flachdach (Akt. Var.)
 - Bauteil
 - Aufbau/Monitorpositionen
 - Orientierung
 - Oberflächenübergangskoeff.
 - Anfangsbedingungen
 - Steuerung
 - Zeit/Profile
 - Numerik**
 - Klima

The right-hand pane displays the configuration for 'Variante: Flachdach'. The 'Rechendauer / Profile' tab is selected, and the 'Numerik' sub-tab is active. The settings are as follows:

- Berechnungsart:**
 - Wärmehtransportberechnung
 - Feuchtetransportberechnung
- Hygrothermische Sondereinstellungen:**
 - Ohne Kapillarleitung
 - Ohne Latentwärme dampfförmig-flüssig
 - Ohne temperaturabhängige Verdampfungsenthalpie
 - Ohne Latentwärme flüssig-fest
 - Ohne Temperatur- und Feuchteabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit
- Numerische Parameter:**
 - Erhöhte Genauigkeit
 - Konvergenzverbesserung
- Adaptive Zeitschrittsteuerung:**
 - Einschalten
- Geometrie:**
 - Kartesisch
 - Radialsymmetrisch

A green callout box at the bottom right of the interface contains the text: **Keine Änderungen erforderlich**.

Einheiten: SI Keine Rechenergebnisse vorhanden.

Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Eingabe: Klima – Außen (linke Seite)

The screenshot displays the WURF Pro 6.1 software interface. The main window is titled 'Variante: Flachdach' and is split into 'Außenklima (linke Seite)' and 'Innenklima (rechte Seite)'. A green callout box labeled 'Standort auswählen' points to the 'Klima wählen...' button. The interface shows three charts: 'Temperatur [°C]' (red line), 'Relative Feuchte [%]' (green line), and 'Diffuse Solarstrahlung' (black bar chart). The right sidebar contains 'Datei-Info' and 'Klimaelemente' sections.

Standort auswählen

Temperatur / Relative Feuchte

Holzkirchen; IBP, Feuchterferenzjahr

Klima wählen... Erweiter...

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:	...

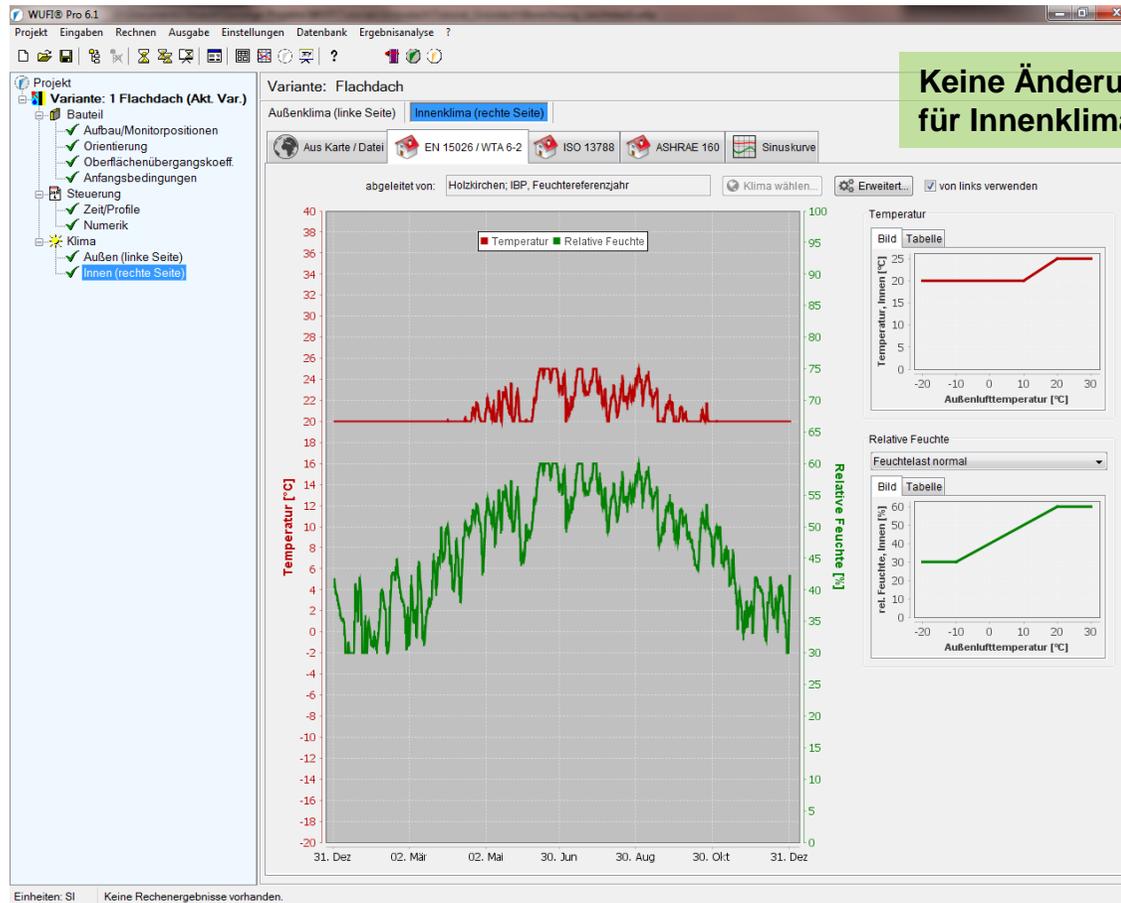
Klimaelemente

Temperatur:	TA
Relative Feuchte:	HREL
Kurzweilige Strahlung:	ISGH, ISD
Langweilige Strahlung:	ILAH
Wind:	WS, WV, WD
Regen:	RN
Bewölkungsgrad:	---
Luftdruck:	PSTA

Einheiten: SI Keine Rechenergebnisse vorhanden.

Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Eingabe: Klima – Innen (rechte Seite)



Keine Änderungen erforderlich für Innenklima mit normaler Feuchtelast

Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Auswertung:
Numerik

Letzter Rechenlauf

Rechenverlauf

Datum/Zeit der Rechnung	06.05.2024 12:31:55		
Rechenzeit	1 min, 1 sek		
Beginn / Ende der Rechnung	01.10.2017 / 01.10.2022		
Anzahl der Konvergenzfehler	0		

Numerische Qualitätsprüfung

Integral der Ströme, linke Seite (kl,dl)	[kg/m ²]	-0,02	0,02
Integral der Ströme, rechte Seite (kr,dr)	[kg/m ²]	1,4E-7	1,38
Bilanz 1	[kg/m ²]	-0,89	
Bilanz 2	[kg/m ²]	-0,89	

Wassergehalt [kg/m²]

	Start	Ende	Min.	Max.
Gesamtwassergehalt	2,58	1,66	1,6	2,66

Wassergehalt [kg/m³]

Schicht/Material	Start	Ende	Min.	Max.
------------------	-------	------	------	------

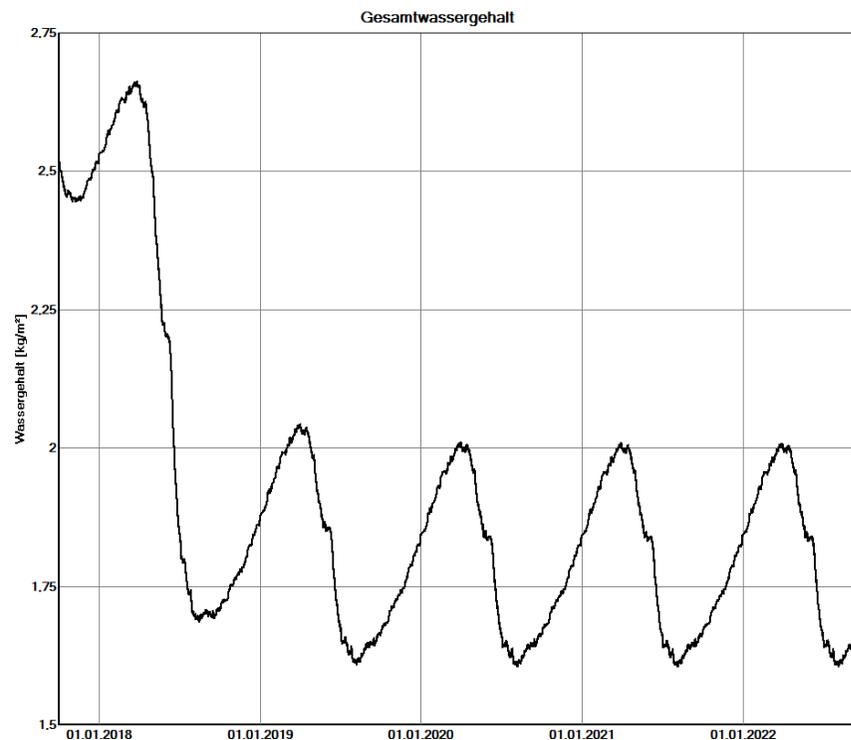
Ben ? Hilfe



Keine Konvergenzfehler und keine Bilanzunterschiede

Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Auswertung anhand der Schnellgrafiken: Gesamtwassergehalt



Bewertung:

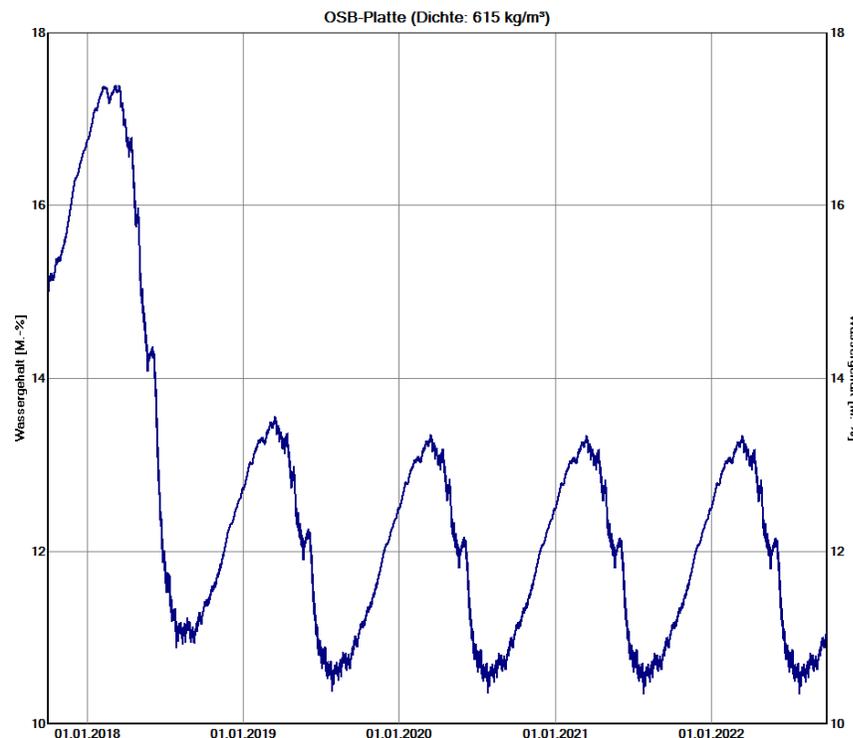
Gesamtwassergehalt sinkt und erreicht nach 3 Jahren den eingeschwungenen Zustand

→ OK

→ detailliertere Auswertung der einzelnen Schichten

Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Auswertung anhand der Schnellgrafiken: Wassergehalt in der OSB-Platte



Bewertung:

Wassergehalt in der OSB-Platte sinkt und erreicht ebenfalls nach 3 Jahren den eingeschwungenen Zustand.

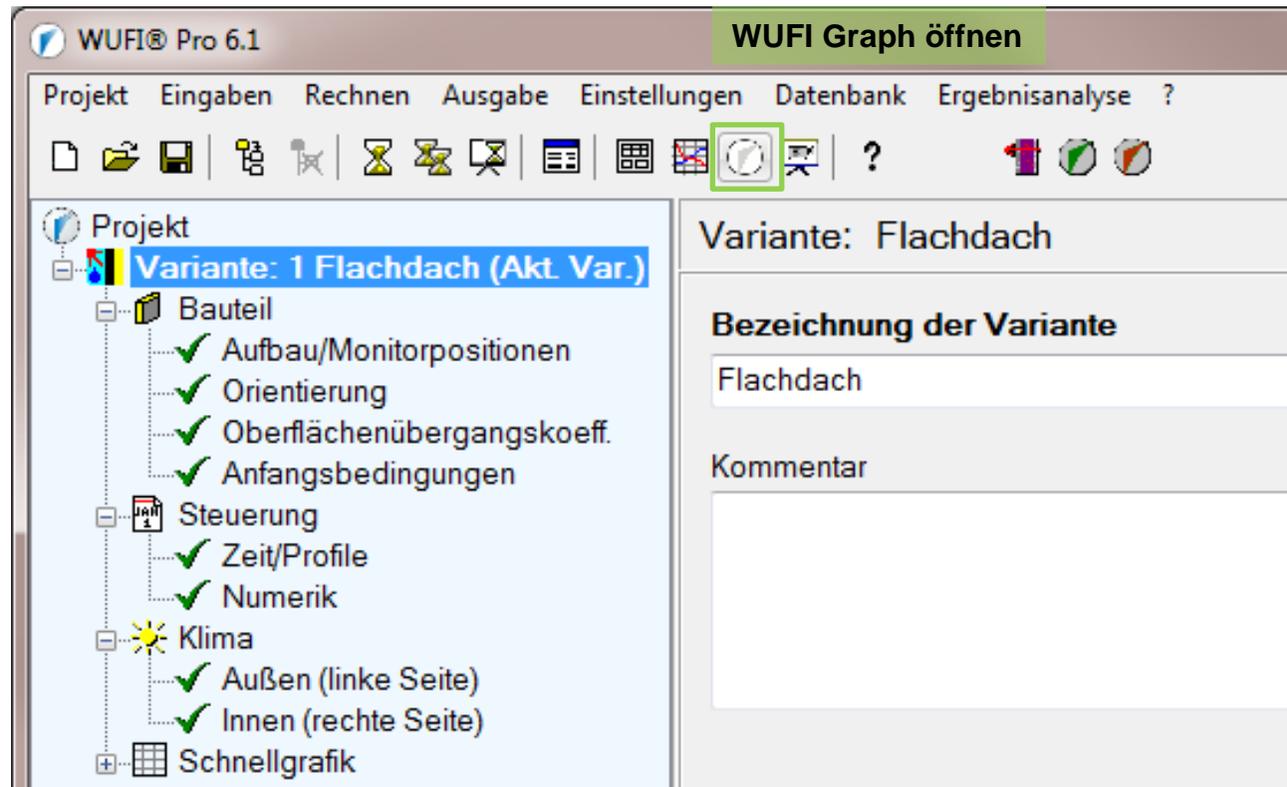
Der Grenzwert von 18 M.-% nach DIN 68800 für Holzwerkstoffe wird eingehalten → unkritisch!

→ beispielhaft wird dennoch die Auswertung der Holzfeuchte nach WTA dargestellt

Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Auswertung anhand WUFI Graph:

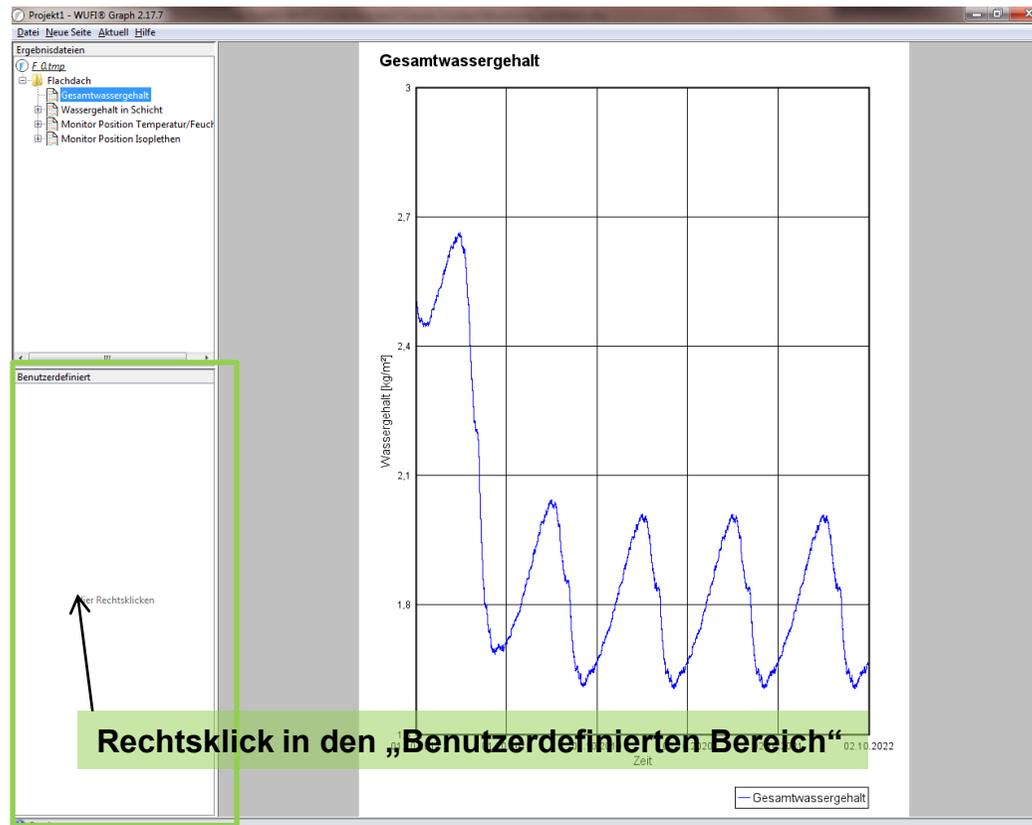
Holzfeuchte in der OSB-Platte entsprechend WTA 6-8



Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Auswertung anhand WUFI Graph:

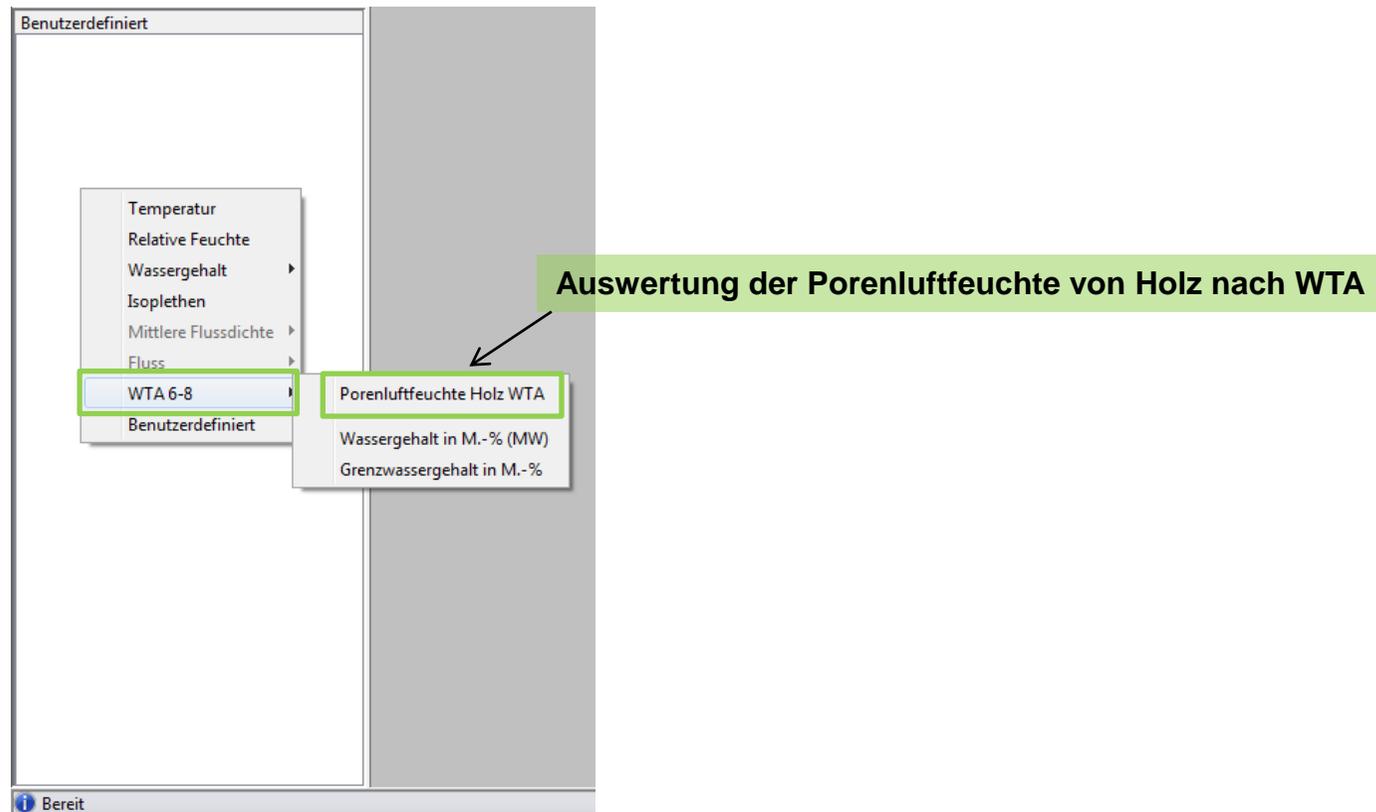
Holzfeuchte in der OSB-Platte entsprechend WTA 6-8



Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Auswertung anhand WUFI Gaph:

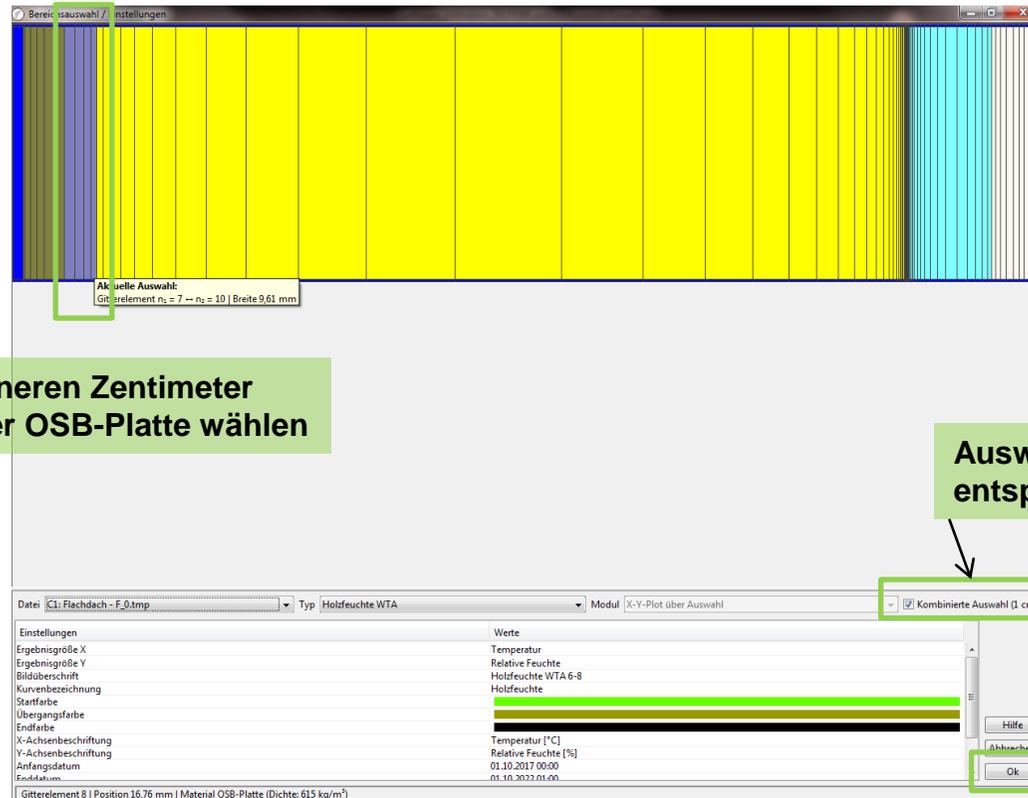
Holzfeuchte in der OSB-Platte entsprechend WTA 6-8



Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Auswertung anhand WUFI Gaph:

Holzfeuchte in der OSB-Platte entsprechend WTA 6-8



Inneren Zentimeter der OSB-Platte wählen

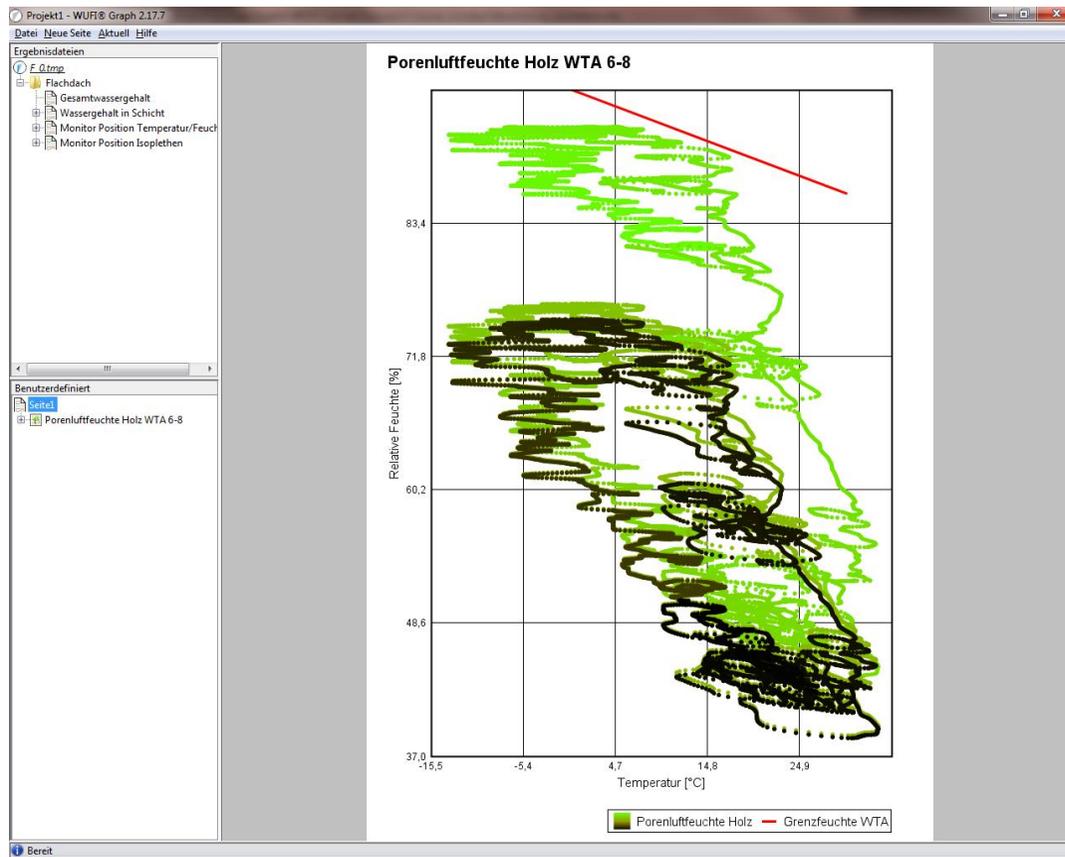
Auswahlbereich von 1 cm entspr. WTA ist voreingestellt

Mit „OK“ bestätigen

Beispiel: Flachdach in Holzbauweise

Auswertung anhand WUFI Graph:

Holzfeuchte in der OSB-Platte entsprechend WTA 6-8



Bewertung:

Die relative Porenlufffeuchte im inneren Zentimeter der OSB-Platte überschreitet die Grenzfeuchte nach WTA nicht.

→ feuchtetechnisch unproblematisch