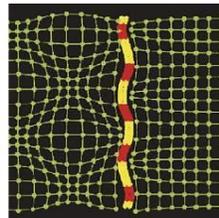
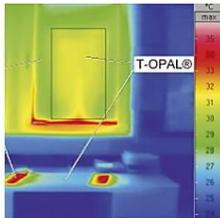
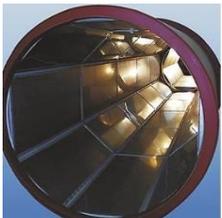


Handhabung typischer Konstruktionen

WUFI® Tutorial

Stand: Juli 2024

Auf Wissen bauen



Inhalt

Flachdach (Folie 3 ff.)

Geneigtes Dach (Folie 11 ff.)

Außenwand mit WDVS (Folie 20 ff.)

Außenwand mit Innendämmung (Folie 28 ff.)

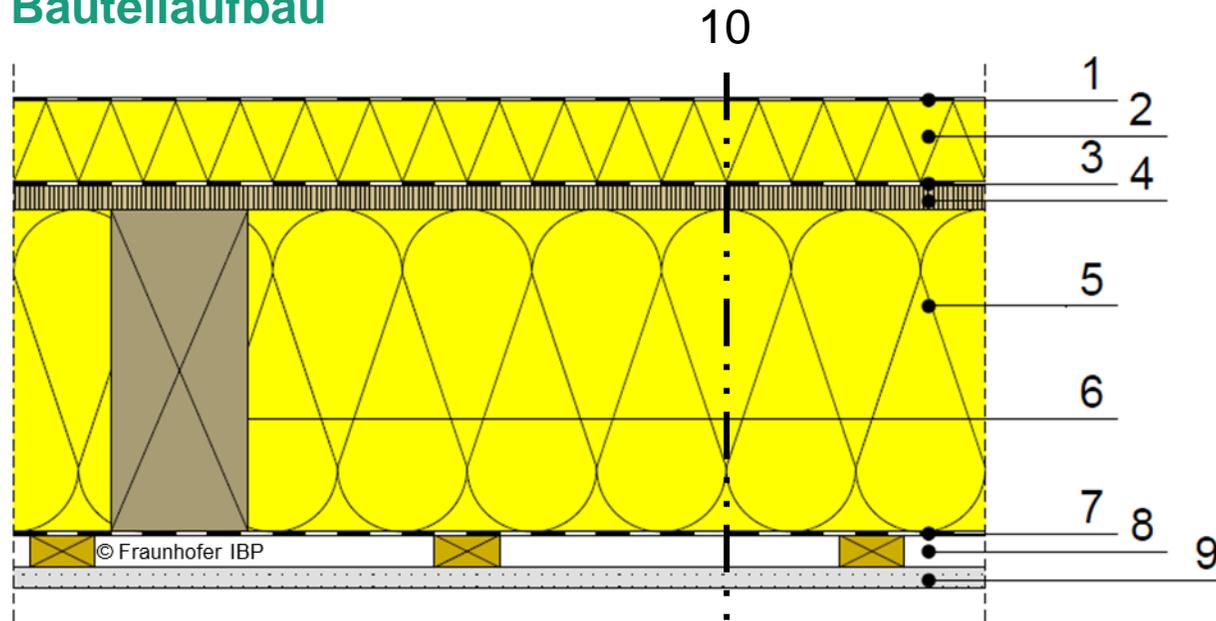
Hinterlüftete Holzständerkonstruktion (Folie 42 ff.)

Kellerwand ohne stehendes Wasser (Folie 54 ff.)

Innenbauteil (Folie 64 ff.)

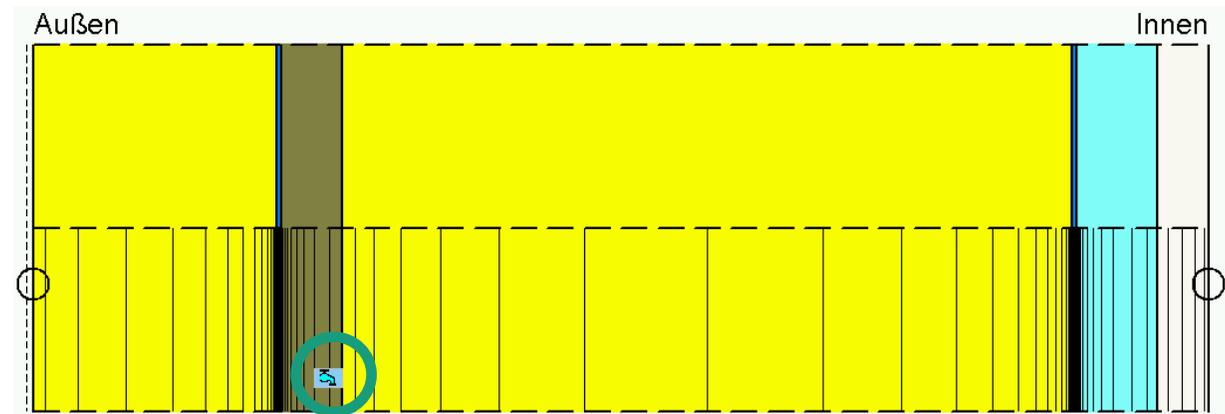
Flachdach

Bauteilaufbau



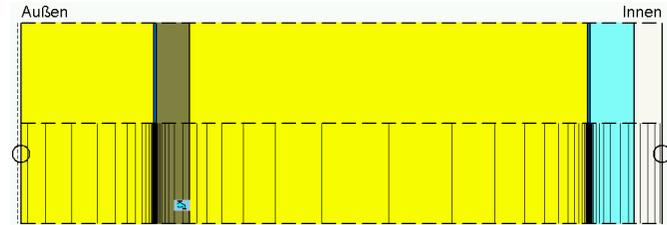
- 1 Dachbahn
- 2 Überdämmung
- 3 Dampfbremse
- 4 Holzschalung
- 5 Dämmung
- 6 Sparren
- 7 Dampfbremse
- 8 Installationsebene
- 9 Gipskartonplatte
- 10 betrachteter Schnitt

Aufbau in WUFI



Flachdach

Wichtige Eingaben



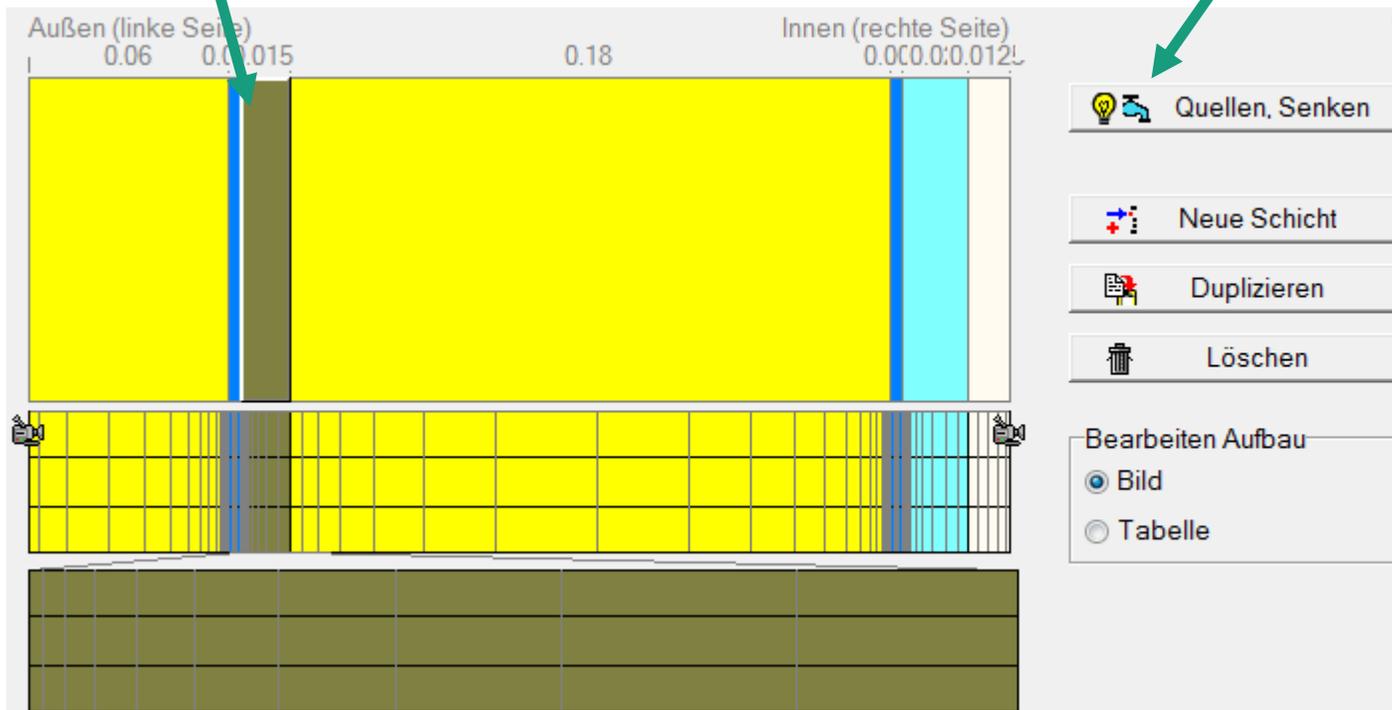
- Infiltrationsquelle auf der kalte Seite der Konstruktion einfügen (Position, an der Tauwasserausfall zu erwarten ist)
→ abhängig von der Luftdichtheit des Gebäudes und der Gebäudehöhe
- Orientierung / Neigung entsprechend Planung
- Wärmeübergangswiderstand „Dach“
- Dachbahn kann als äußerer s_d -Wert berücksichtigt werden (numerisch günstiger)
→ dann keine Dachbahn in den Bauteilaufbau einfügen
→ Regenwasserabsorption auf 0 setzen (Anhaftender Anteil des Regens)
- Kurzwellige Strahlungsabsorption je nach Farbe der Dachoberfläche
- Langwellige Strahlungsemission je nach Material der Dachoberfläche
- explizite Strahlungsbilanz einschalten

Flachdach

Eingabe Feuchtequelle

1. Schicht auswählen*

2. „Quellen, Senken“ wählen

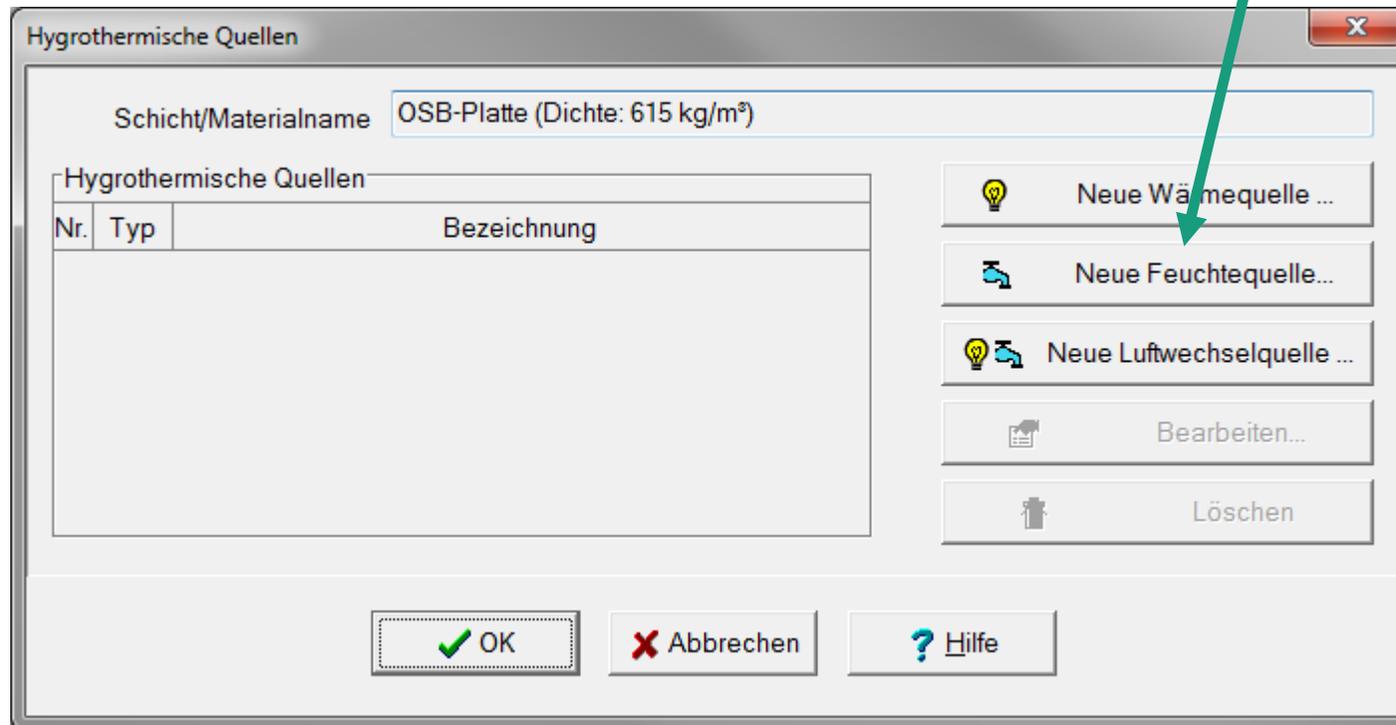


*) Material, in/an dem Tauwasserausfall aufgrund von Konvektion zu erwarten ist. Infiltrationsquelle entweder in die inneren 5 mm der Schalung oder – wenn keine Schalung vorhanden – in die äußeren 5 mm der Zwischensparrendämmung

Flachdach

Eingabe Feuchtequelle

3. „Neue Feuchtequelle“ wählen



Flachdach

Eingabe Feuchtequelle

- Infiltrationsquelle

Feuchtequelle

Bezeichnung

Verteilungsbereich

Ein Element

Mehrere Elemente

Ganze Schicht

Starttiefe in Schicht [m]

Endtiefe in Schicht [m]

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

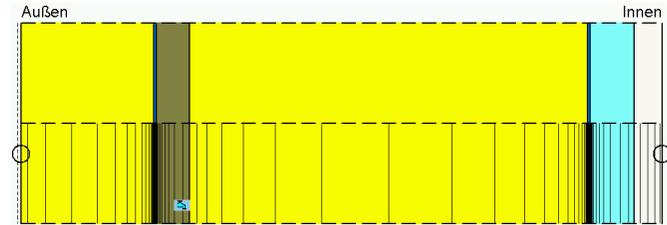
Durchströmung der Hülle q50 [m³/m²h]

Höhe der Luftsäule [m]

Mechanischer Überdruck durch Lüftungsanlagen [Pa]

Flachdach

Auswertung*



- Numerische Qualität des Ergebnisses anhand von Konvergenzfehlern und Bilanzen prüfen! (siehe: [Leitfaden zur Ergebnisauswertung](#))
- Gesamtwassergehalt (Feuchteakkumulation in der gesamten Konstruktion)
- Wassergehalt in der Schalung prüfen
- Bei einer Konstruktion ohne Holzwerkstoffe oder feuchteempfindlichen Materialien: Überprüfung der Tauwassermenge (weitere Informationen hierzu im [Leitfaden zur Tauwasserauswertung](#))

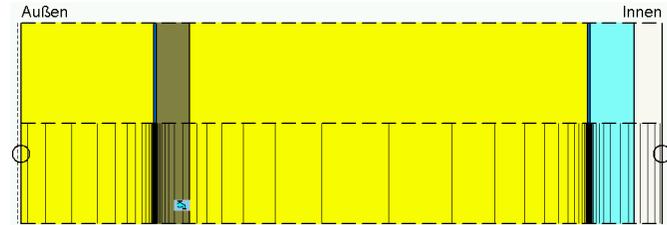
Weiterhin Überprüfung auf feuchtebedingte Änderung der Wärmeleitfähigkeit: Tabelle „Wärmeleitfähigkeit, feuchteabhängig“ in Materialkennwerten.

- Eventuell Feuchteakkumulation in der Überdämmung prüfen

*) Achtung: Aufzählung nicht unbedingt vollständig. Je nach Randbedingungen können weitere kritische Positionen auftreten → Film überprüfen

Flachdach

Zusatzinformationen



- Vorsicht bei hellen Dachbahnen:
Trocknungspotential der Konstruktion stark reduziert
- Verschattung / Gründach muss berücksichtigt werden (weitere Informationen hierzu im Artikel [Verschattung von Holzflachdächern](#) bzw. im [Leitfaden zur Berechnung von extensiv begrünten Dächern](#))
- Bei Berücksichtigung der Dachbahn als äußerer s_d -Wert wird nur die Diffusion, nicht aber das Saugverhalten beeinflusst
→ Berechnung ohne Regenwasseraufnahme!
- Bei einem gedämmten Sparrendach ist i.d.R. der Schnitt durch das Gefach maßgeblich
- Blechdach: Eindeckung wird als äußerer s_d -Wert an der Oberfläche angesetzt, Absorption und Emission entsprechend Eindeckung
 - nicht abgedichtete Falze: effektiver s_d -Wert ca. 25 m – 75 m
 - abgedichtete Falze: effektiver s_d -Wert > 300 m

Inhalt

Flachdach (Folie 3 ff.)

Geneigtes Dach (Folie 11 ff.)

Außenwand mit WDVS (Folie 20 ff.)

Außenwand mit Innendämmung (Folie 28 ff.)

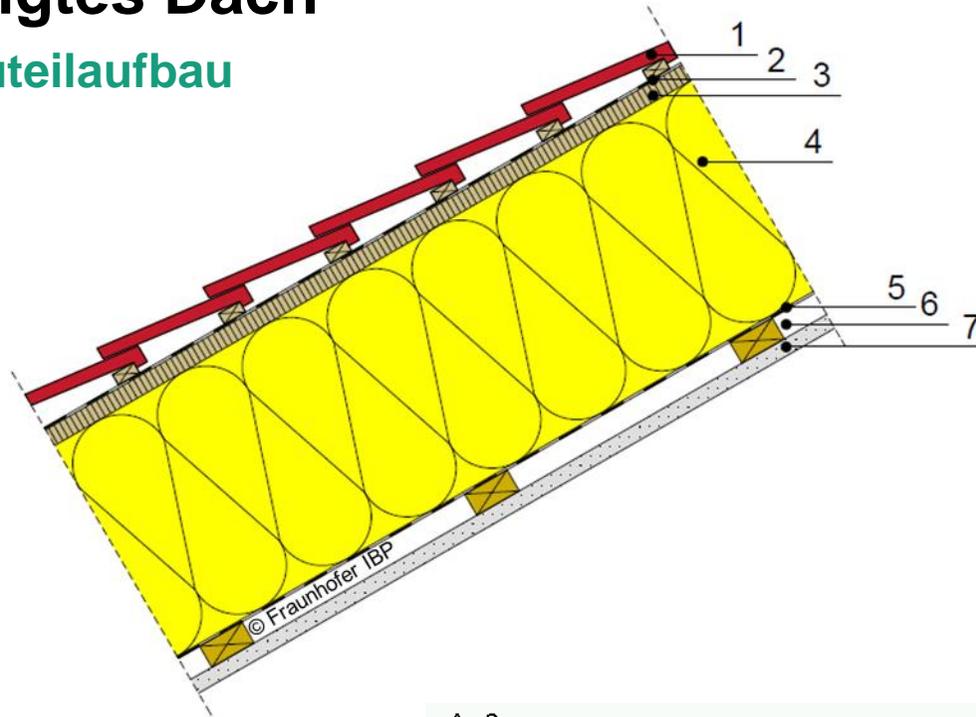
Hinterlüftete Holzständerkonstruktion (Folie 42 ff.)

Kellerwand ohne stehendes Wasser (Folie 54 ff.)

Innenbauteil (Folie 64 ff.)

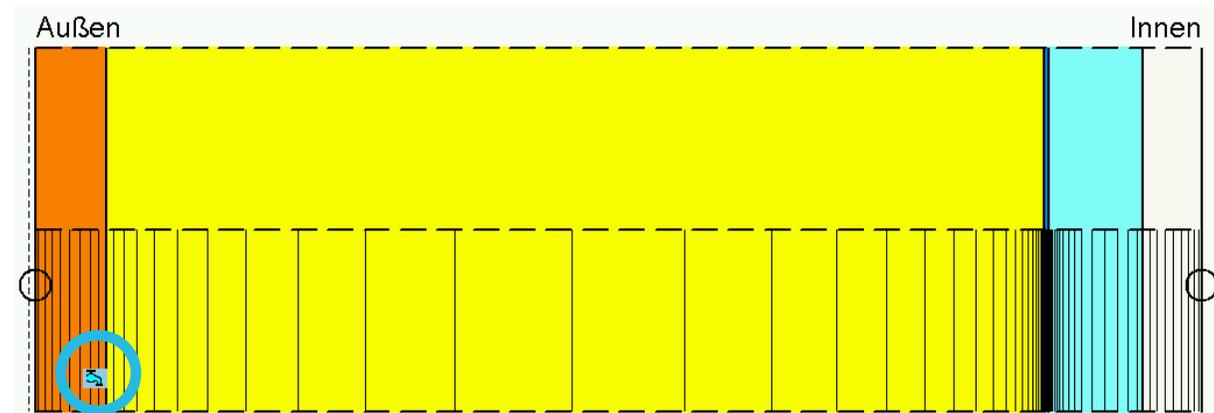
Geneigtes Dach

Bauteilaufbau



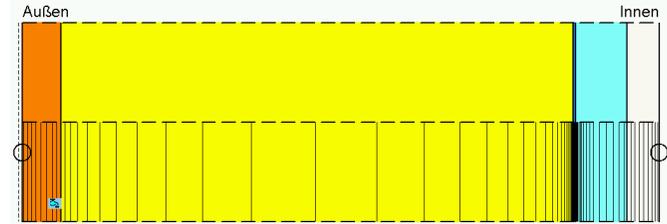
- 1 Eindeckung und Lattung
- 2 Witterungsschutzbahn
- 3 Holzschalung
- 4 Dämmung
- 5 Dampfbremse
- 6 Installationsebene
- 7 Gipskartonplatte

Aufbau in WUFI



Geneigtes Dach

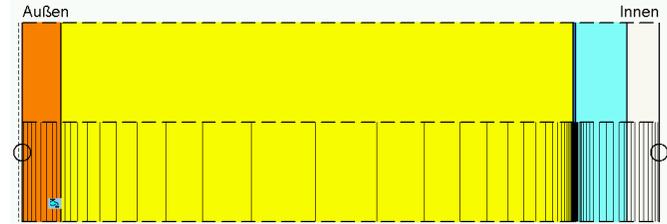
Wichtige Eingaben



- Infiltrationsquelle auf der kalten Seite der Konstruktion einfügen
(Position, an der Tauwasserausfall zu erwarten ist)
→ abhängig von der Luftdichtheit des Gebäudes und der Gebäudehöhe
- Maßgebliche Orientierung: i.d.R. Nord
- belüftete Eindeckung wird bei der Berechnung weggelassen
→ Regenwasserabsorption auf 0 setzen (Anhaftender Anteil des Regens)
- Witterungsschutzbahn kann als äußerer s_d -Wert berücksichtigt werden
→ dann keine Dachbahn in den Bauteilaufbau einfügen

Geneigtes Dach

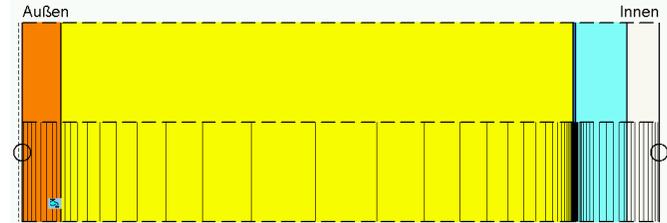
Wichtige Eingaben



- Wärmeübergangskoeffizient entsprechend der Tabelle auf Folie 14 aus [Hygrothermische Simulation von hinterlüfteten Steildächern](#) ansetzen, Wert für die langwelligigen Strahlungsanteile mit $0 \text{ W/m}^2\text{K}$ angeben.
- Kurzwellige Strahlungsabsorption je nach Farbe der Eindeckung, ggf. entsprechend der Tabelle auf Folie 14 reduzieren
- Langwellige Strahlungsemission je nach Material der Eindeckung
- explizite Strahlungsbilanz einschalten

Geneigtes Dach

Wichtige Eingaben



	Kälteste Stelle	Mittlere Stelle	Wärmste Stelle
Stark belüftet	$a_{k,e} = 30 \text{ [W/m}^2\text{K]}$		
	$a_e = a \cdot 0,7$	$a_e = a \cdot 0,9$	$a_e = a$
Normal belüftet	$a_{k,e} = 19 \text{ [W/m}^2\text{K]}$		
	$a_e = a \cdot 0,7$	$a_e = a \cdot 0,9$	$a_e = a$
Schwach belüftet	$a_{k,e} = 13,5 \text{ [W/m}^2\text{K]}$		
	$a_e = a \cdot 0,75$	$a_e = a \cdot 0,9$	$a_e = a$

© Fraunhofer IBP

mit $a_{k,e}$: konvektiver Wärmeübergangskoeffizient und a_e : effektiver Absorptionsgrad

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

© Fraunhofer IBP

Geneigtes Dach

Eingabe Feuchtequelle

- Infiltrationsquelle

Vorgehensweise:
siehe „Flachdach“

Feuchtequelle

Bezeichnung

Verteilungsbereich

Ein Element

Mehrere Elemente

Ganze Schicht

Starttiefe in Schicht [m]

Endtiefe in Schicht [m]

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]

Höhe der Luftsäule [m]

Mechanischer Überdruck durch Lüftungsanlagen [Pa]

Geneigtes Dach

Eingabe Oberflächenübergang

Aufbau/Monitorpositionen	Orientierung/Neigung/Höhe	Oberflächenübergangskoeff.	Anfangsbedingungen
Außenoberfläche (linke Seite)			
Wärmeübergangskoeffizient [W/m ² K]	19	Benutzerdefiniert	
beinhaltet langwellige Strahlungsanteile [W/m ² K]	0		
Windabhängig	<input type="checkbox"/>	...	
Sd-Wert [m]	0,2	Benutzerdefiniert	Hinweis: Dieser Wert hat keinen Einfluss auf die Regenaufnahme
Kurzwellige Strahlungsabsorptionszahl [-]	0,47	Benutzerdefiniert	
Langwellige Strahlungsemissionszahl [-]	0,9		
Explizite Strahlungsbilanz	<input checked="" type="checkbox"/>	...	Hinweis: diese Option dient u.a. zur Berücksichtigung der Unterkühlung infolge langwelliger Abstrahlung. In sensitiven Fällen sind hinreichend genaue Gegenstrahlungsdaten erforderlich.
Terrestr. kurzw. Reflexionsgrad [-]	0,2	Standardwert	
Anhaftender Anteil des Regens [-]	----	Keine Regenwasserabsorption	
Innenoberfläche (rechte Seite)			
Wärmeübergangskoeffizient [W/m ² K]	8	(Benutzerdefiniert)	
Sd-Wert [m]	----	Keine Beschichtung	

Wärmeübergangskoeffizient

„Benutzerdefiniert“

hier: 19 W/m²K für ein normal belüftetes Dach

Langwellige Strahlungsanteile: 0 W/m²K

s_d-Wert der Witterungsschutzbahn

hier: s_d = 20 cm

Farbgebung der Eindeckung

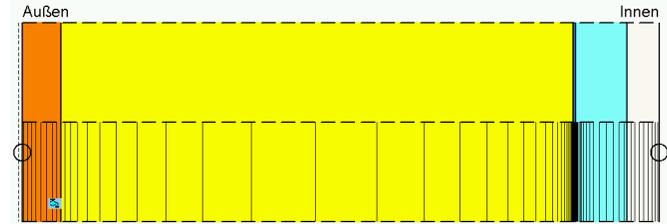
hier: roter Dachziegel (a = 0,67)

kälteste Stelle (a_e = a · 0,7 = 0,47)

Explizite Strahlungsbilanz einschalten!

Geneigtes Dach

Auswertung*



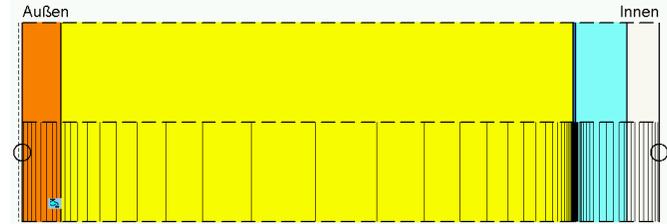
- Numerische Qualität des Ergebnisses anhand von Konvergenzfehlern und Bilanzen prüfen! (siehe: [Leitfaden zur Ergebnisauswertung](#))
- Gesamtwassergehalt: Feuchteakkumulation in der gesamten Konstruktion
- Wassergehalt in der Schalung prüfen
- Bei einer Konstruktion ohne Holzwerkstoffe oder feuchteempfindlichen Materialien: Überprüfung der Tauwassermenge (weitere Informationen hierzu im [Leitfaden zur Tauwasserauswertung](#))

Weiterhin Überprüfung auf feuchtebedingte Änderung der Wärmeleitfähigkeit: Tabelle „Wärmeleitfähigkeit, feuchteabhängig“ in Materialkennwerten.

*) Achtung: Aufzählung nicht unbedingt vollständig. Je nach Randbedingungen können weitere kritische Positionen auftreten → Film überprüfen

Geneigtes Dach

Zusatzinformationen



- Wärmeübergangskoeffizient entsprechend den neuesten Untersuchungen von Kölsch ([Hygrothermische Simulation von hinterlüfteten Steildächern](#))
- Bei Berücksichtigung der Dachbahn als äußerer s_d -Wert wird nur die Diffusion, nicht aber das Saugverhalten beeinflusst
→ Berechnung ohne Regenwasseraufnahme!
- Blechdach: Eindeckung wird als äußerer s_d -Wert an der Oberfläche angesetzt, Absorption und Emission entsprechend Eindeckung
 - nicht abgedichtete Falze: effektiver s_d -Wert ca. 25 m – 75 m
 - abgedichtete Falze: effektiver s_d -Wert > 300 m

Inhalt

Flachdach (Folie 3 ff.)

Geneigtes Dach (Folie 11 ff.)

Außenwand mit WDVS (Folie 20 ff.)

Außenwand mit Innendämmung (Folie 28 ff.)

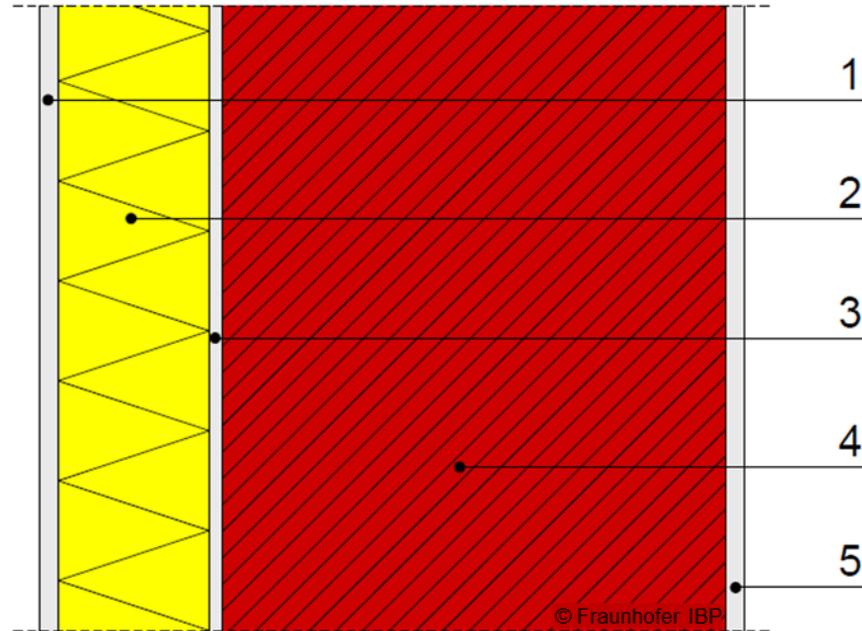
Hinterlüftete Holzständerkonstruktion (Folie 42 ff.)

Kellerwand ohne stehendes Wasser (Folie 54 ff.)

Innenbauteil (Folie 64 ff.)

Außenwand mit WDVS

Bauteilaufbau



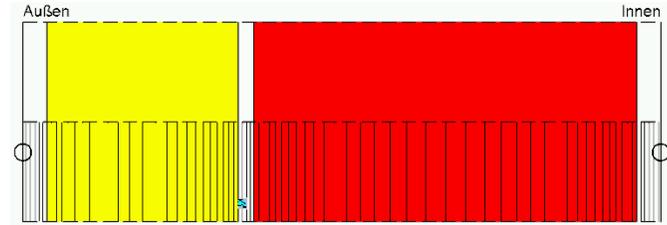
- 1 Außenputz
- 2 Außendämmung
- 3 Putz
- 4 Mauerwerk
- 5 Innenputz

Aufbau in WUFI



Außenwand mit WDVS

Wichtige Eingaben



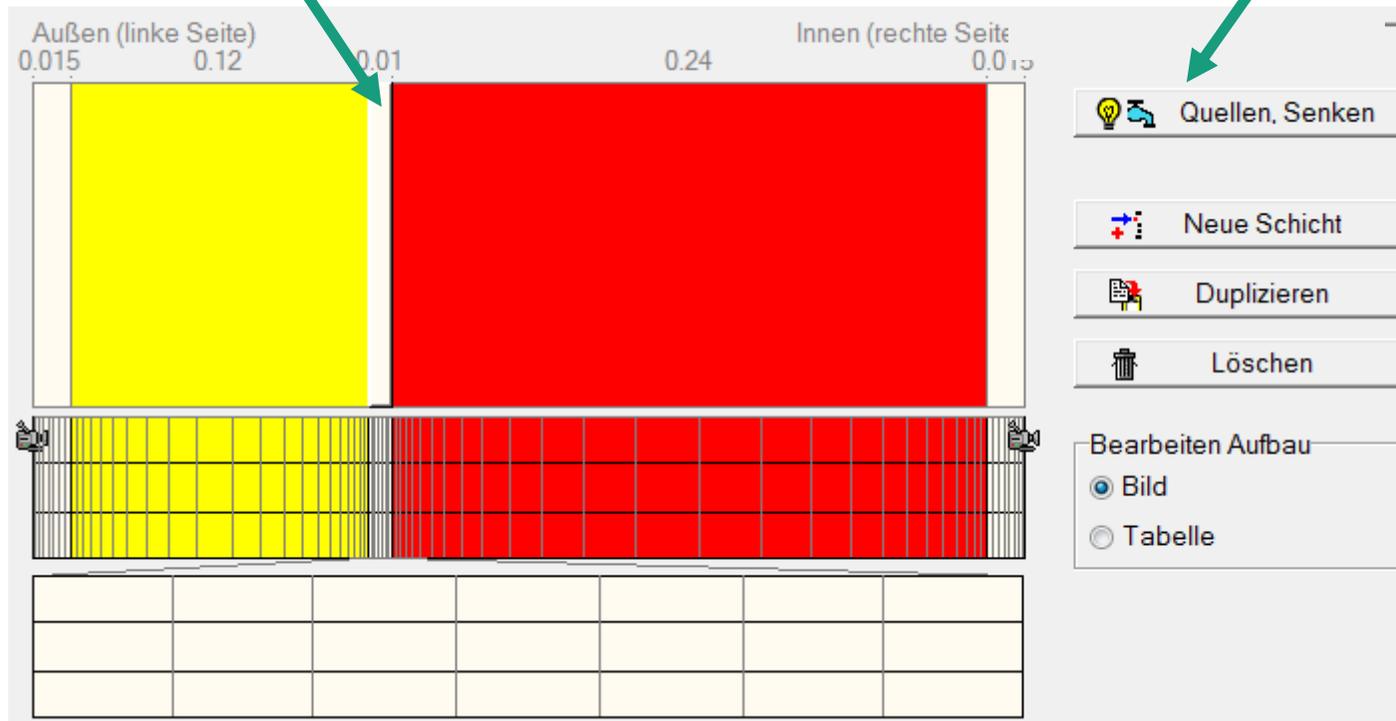
- Feuchtequelle hinter das WDVS: 1 % des Schlagregens
- Maßgebliche Orientierungen: Haupt-Schlagregenseite und Nord
- Kurzwellige Strahlungsabsorption je nach Farbe des Außenputzes
- Langwellige Strahlungsemission für Putz (wenn nicht bekannt: 0,9)
- Wenn das kurzfristige hygrothermische Verhalten der Außenoberfläche bewertet werden soll, explizite Strahlungsbilanz einschalten
- Regenaufnahme gemäß Bauteiltyp / Neigung (senkrechte Wand: 0,7)

Außenwand mit WDVS

Eingabe Feuchtequelle

1. Schicht auswählen*

2. „Quellen, Senken“ wählen

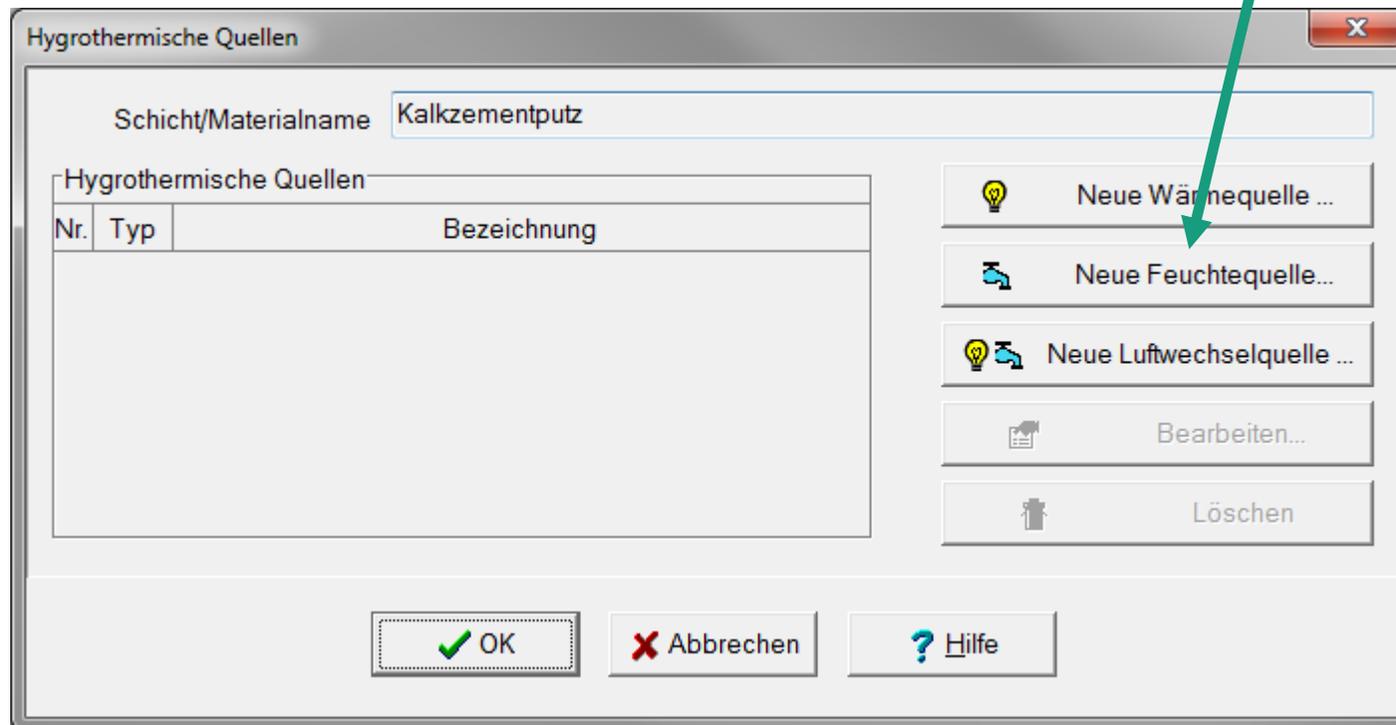


*) Schlagregenquelle wird in die äußeren 5 mm der an das WDVS angrenzenden Schicht eingebracht.

Außenwand mit WDVS

Eingabe Feuchtequelle

3. „Neue Feuchtequelle“ wählen



Außenwand mit WDVS

Eingabe Feuchtequelle

- Schlagregenquelle

Feuchtequelle

Bezeichnung Schlagregenquelle

Verteilungsbereich

- Ein Element
- Mehrere Elemente
- Ganze Schicht

Starttiefe in Schicht [m] 0

Endtiefe in Schicht [m] 0,005

Quelltyp

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

Begrenzung des Quellwertes [kg/m³]

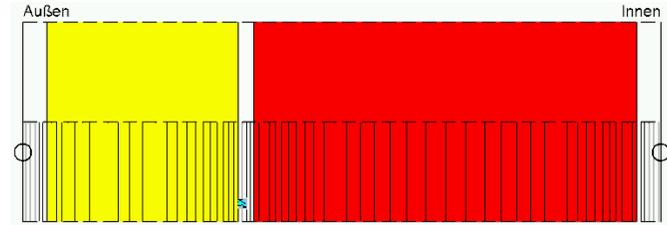
- keine Begrenzung
- Begrenzung auf max. Wassergehalt
- Begrenzung auf freie Wassersättigung
- Benutzerdefiniert

Anteil [%] 1

OK Abbrechen Hilfe

Außenwand mit WDVS

Auswertung*



- Numerische Qualität des Ergebnisses anhand von Konvergenzfehlern und Bilanzen prüfen! (siehe: [Leitfaden zur Ergebnisauswertung](#))
- Gesamtwassergehalt: Feuchteakkumulation in der gesamten Konstruktion
- Wassergehalt der Wärmedämmung prüfen
→ Beeinträchtigung der Wärmeleitfähigkeit
- Relative Feuchte an der Trennschicht Außenputz / Dämmung im Winter
→ Frostgefahr
- Bei feuchtwarmen Außenklima relative Feuchte zwischen Dämmung und Wand prüfen (Tauwasser, Kleberbeständigkeit)

*) Achtung: Aufzählung nicht unbedingt vollständig. Je nach Randbedingungen können weitere kritische Positionen auftreten → Film überprüfen

Außenwand mit WDVS

Zusatzinformationen



- Feststellung der Haupt-Schlagregenseite über Klimaaanalyse (in Mitteleuropa häufig West)
- Die Schlagregenquelle hinter dem Wärmedämmverbundsystem ist in der DIN 4108-3 Anhang D geregelt und berücksichtigt kritische Positionen z.B. unter Fensterlaibungen

DIN 4108-3:2024 Anhang D:

„Dazu ist 1% des auf der Bauteiloberfläche auftreffenden Schlagregens als Feuchtequelle auf der Unterkonstruktion aufzubringen. Die Feuchtequelle muss in den außenseitigen 5mm der feuchteempfindlichen Unterkonstruktion angewendet werden. Ist die entsprechende Materialschicht dünner, muss die Feuchtequelle auf die gesamte Materialschicht angewendet werden. Ist die erste Schicht der Unterkonstruktion eine Wind- und Bewitterungsschutzschicht, z.B. Folie/Unterspannbahn, ist keine Feuchtequelle anzusetzen.“

Inhalt

Flachdach (Folie 3 ff.)

Geneigtes Dach (Folie 11 ff.)

Außenwand mit WDVS (Folie 20 ff.)

Außenwand mit Innendämmung (Folie 28 ff.)

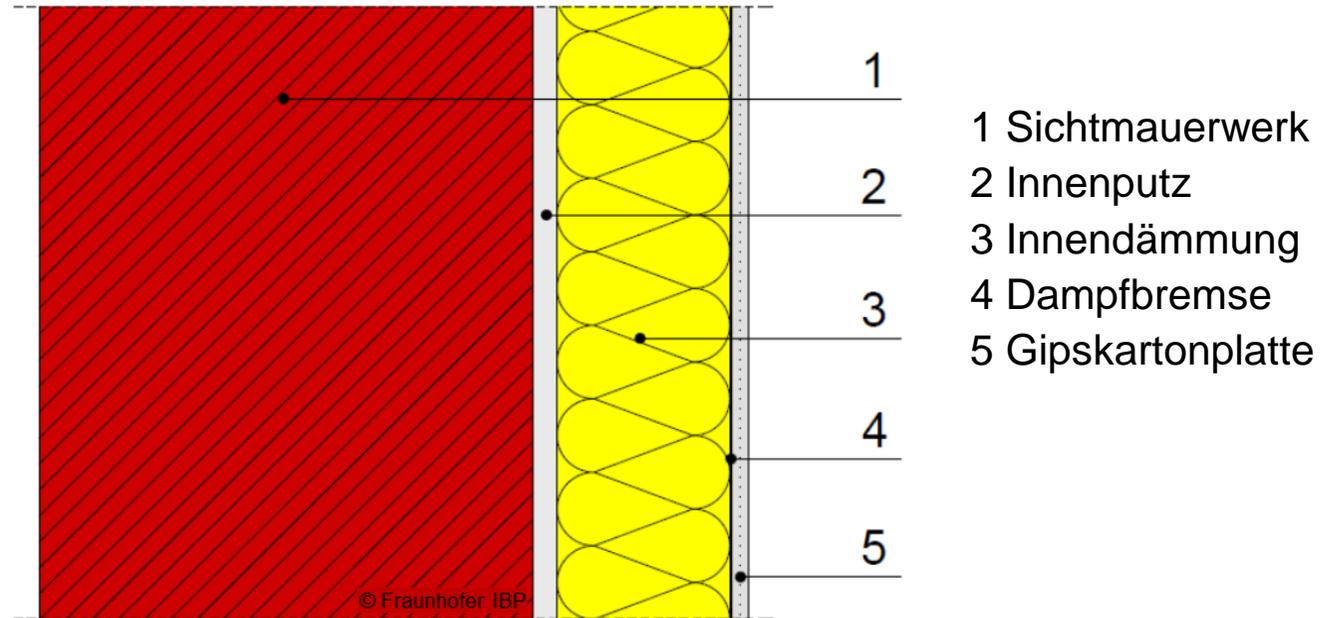
Hinterlüftete Holzständerkonstruktion (Folie 42 ff.)

Kellerwand ohne stehendes Wasser (Folie 54 ff.)

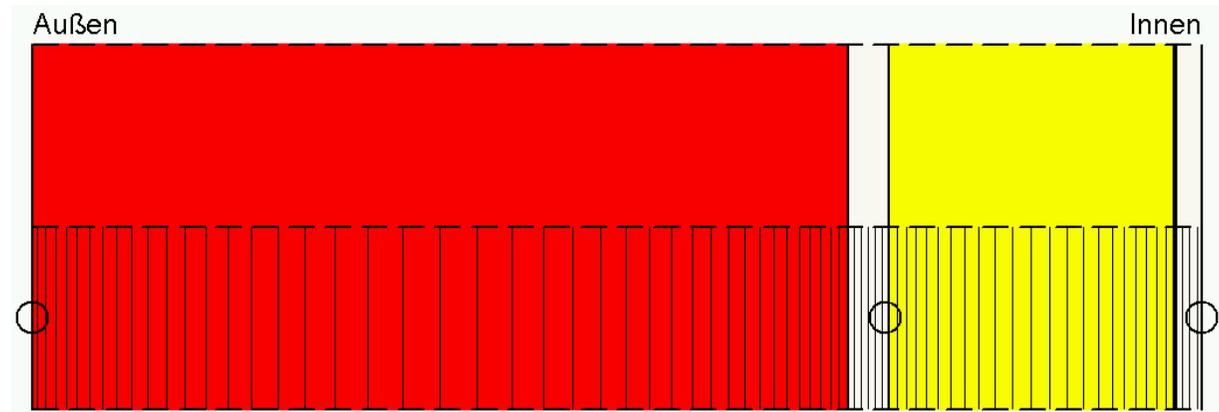
Innenbauteil (Folie 64 ff.)

Außenwand mit Innendämmung

Bauteilaufbau

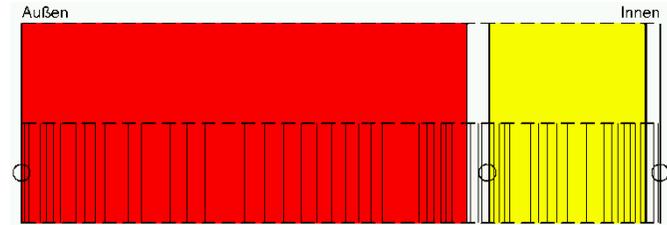


Aufbau in WUFI



Außenwand mit Innendämmung

Wichtige Eingaben



- Maßgebliche Orientierungen: Haupt-Schlagregenseite und Nord
- Kurzwellige Strahlungsabsorption je nach Farbe des Putzes / Sichtmauerwerks
- Langwellige Strahlungsemission für Putz / Sichtmauerwerk (wenn nicht bekannt: 0,9)
- explizite Strahlungsbilanz i.d.R. nicht erforderlich
- Regenaufnahme gemäß Bauteiltyp / Neigung (senkrechte Wand: 0,7)
- Evtl. Hydrophobierung der Außenoberfläche um die Schlagregenaufnahme zu reduzieren

Außenwand mit Innendämmung

Ansetzen von Hydrophobierungen

Änderung des w -Wertes ohne die übrigen Materialkenndaten zu beeinflussen (z.B. s_d -Wert)

Vorgehen:

- 1) Äußerste Schicht duplizieren und außen eine 0,5 bis 1 cm dicke Schicht „abtrennen“
- 2) Materialkenndaten der neuen äußersten Schicht bearbeiten
 - Material „entsperren“
 - Flüssigtransportkoeffizient für Saugen und Weiterverteilen auf „generieren“ schalten
 - Wasseraufnahmekoeffizient anpassen
Einheit beachten: $[\text{kg}/\text{m}^2\sqrt{\text{s}}]$ ist w -Wert in $[\text{kg}/\text{m}^2\sqrt{\text{h}}] / 60 !!!$

Außenwand mit Innendämmung

Ansetzen von Hydrophobierungen

The screenshot shows a software interface for building construction simulation. The main window displays a cross-section of a wall with the following layers and properties:

Schichtname	Dicke [m]
Vollziegelmauerwerk	0,4
Innen (rechte Seite)	0,02
	0,14
	0,0125

The interface includes a grid view of the wall construction, a table of layers, and various control buttons. The 'Duplizieren' button is highlighted with a green arrow, indicating the action of duplicating a layer. The 'Gesamtdicke' is 0,576 m, the 'Wärmedurchlasswiderstand' is 4,17 m²K/W, and the 'U-Wert' is 0,23 W/m²K.

1. Äußerste Schicht
anwählen

2. Schicht duplizieren

Außenwand mit Innendämmung

Ansetzen von Hydrophobierungen

Screenshot of a software interface for wall construction design. The interface shows a cross-section of a wall with three layers: an outer red brick layer (0.4m), an inner red brick layer (0.4m), and a yellow insulation layer (0.02m). A green arrow points to the 'Dicke [m]' field for the first layer, which is set to 0.4. Another green arrow points to the outermost red layer. The interface includes tabs for 'Aufbau/Monitorpositionen', 'Orientierung/Neigung/Höhe', 'Oberflächenübergangskoeff.', and 'Anfangsbedingungen'. A sidebar on the right contains buttons for 'Materialdaten', 'Quellen, Senken', 'Neue Schicht', 'Duplizieren', and 'Löschen'. At the bottom, there are sections for 'Zuordnung aus Datenbanken', 'Gitteraufbau', and 'Wärmeschutzeigenschaften'.

4. Dicke ändern
z.B. $d = 0,01$ m

3. Äußerste Schicht
anwählen

Außenwand mit Innendämmung

Ansetzen von Hydrophobierungen

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

Schichtname	Dicke [m]
Vollziegelmauerwerk	0,4
Außen (linke Seite)	0,01
	0,4
Innen (rechte Seite)	0,02
	0,14
	(0,0125)

6. Dicke ändern
z.B. $d = 0,39$ m

5. Innere Schicht
anwählen

Zuordnung aus Datenbanken
Materialdatenbank
Konstruktionsdatenbank

Gitteraufbau
Automatisch (II)
70 Mittel
Aut. Unterteilung in Manuelle kopieren

Gesamtdicke
Dicke: 0,586 m

Wärmeschutzigenschaften
Wärmedurchlasswiderstand: 4,18 m²K/W

U-Wert 0,229 W/m²K

Außenwand mit Innendämmung

Ansetzen von Hydrophobierungen

The screenshot shows a software interface for building simulation. The main window displays a cross-section of a wall with insulation. The wall is composed of several layers: a red brick layer on the outside, a yellow insulation layer, and a red brick layer on the inside. A green arrow points from a text box on the right to a specific material layer in the wall cross-section.

Buttons and options visible in the interface include:

- Aufbau/Monitorpositionen
- Orientierung/Neigung/Höhe
- Oberflächenübergangskoeff.
- Anfangsbedingungen
- Schichtname: Vollziegelmauerwerk - entriegelt
- Dicke [m]: 0,01
- Materialdaten
- Quellen, Senken
- Neue Schicht
- Duplizieren
- Löschen
- Bearbeiten Aufbau
 - Bild
 - Tabelle
- Zuordnung aus Datenbanken
 - Materialdatenbank
 - Konstruktionsdatenbank
- Gitteraufbau
 - Automatisch (II)
 - 70
 - Mittel
 - Aut. Unterteilung in Manuelle kopieren
- Gesamtdicke: Dicke: 0,576 m
- Wärmeschutzeigenschaften: Wärmedurchlasswiderstand: 4,17 m²K/W
- U-Wert: 0,23 W/m²K

7. Doppelklick
auf das Material
(oder auf „Materialdaten“)

Außenwand mit Innendämmung

Ansetzen von Hydrophobierungen

Schicht/Materialkenndaten

Schicht/Materialname: Vollziegelmauerwerk - entriegelt

Rohdichte [kg/m³]: 1900
Porosität [m³/m³]: 0,24
Spez. Wärmekapazität [J/kgK]: 850
Wärmeleitfähigkeit [W/mK]: 0,6
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl [-]: 10

Typische Baufeuchte [kg/m³]: 100
Schichtdicke [m]: 0,01
Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit [W/mK]:
Farbe:

Hygrothermische Funktionen | Materialinformationen

Feuchtespeicherfunktion

- Flüssigtransportkoeffizient, Saugen
- Flüssigtransportkoeffizient, Weiterverteilung
- Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl, feuchte...
- Wärmeleitfähigkeit, feuchteabhängig
- Wärmeleitfähigkeit, temperaturabhängig
- Enthalpie, temperaturabhängig

Generieren

Nr.	Wasserge... [kg/m ³]	DWS [m ² /s]
1	0	0
2	10	1,5E-10
3	190	1,7E-6

Normierter Wassergehalt [-]

Relative Feuchte [-]

Relative Feuchte [-]

In Datenbank übertragen | Einlesen | Exportieren | OK | Abbrechen | Hilfe

8. Material entriegeln

9. Flüssigtransport, Saugen wählen

Außenwand mit Innendämmung

Ansetzen von Hydrophobierungen

Schicht/Materialname: Vollziegelmauerwerk - entriegelt

Rohdichte [kg/m³]: 1900
Porosität [m³/m³]: 0,24
Spez. Wärmekapazität [J/kgK]: 850
Wärmeleitfähigkeit [W/mK]: 0,6
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl [-]: 10

Typische Baufeuchte [kg/m³]: 100
Schichtdicke [m]: 0,01
Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit [W/mK]:
Farbe:

Hygrothermische Funktionen | Materialinformationen

Feuchtespeicherfunktion
Flüssigtransportkoeffizient, Saugen
Flüssigtransportkoeffizient, Weiterverteilung
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl, feuchte...
Wärmeleitfähigkeit, feuchteabhängig
Wärmeleitfähigkeit, temperaturabhängig
Enthalpie, temperaturabhängig

Nr.	Wasserge... [kg/m ³]	DWS [m ² /s]
1	0	0
2	18	2,45E-9
3	190	1,27E-6

Generieren

Approximationsparameter:
Bezugsfeuchtegehalt [kg/m³]: 18
Freie Wassersättigung [kg/m³]: 190
Wasseraufnahmekoeffizient [kg/m²·√s]: 0,11

Normierter Wassergehalt [-]

Relative Feuchte [-]

Relative Feuchte [-]

Relative Feuchte [-]

In Datenbank übertragen | Einlesen | Exportieren | OK | Abbrechen | Hilfe

10. Generieren wählen

Außenwand mit Innendämmung

Ansetzen von Hydrophobierungen

Schicht/Materialname: Vollziegelmauerwerk - entriegelt

Rohdichte [kg/m³]: 1900
Porosität [m³/m³]: 0,24
Spez. Wärmekapazität [J/kgK]: 850
Wärmeleitfähigkeit [W/mK]: 0,6
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl [-]: 10

Typische Baufeuchte [kg/m³]: 100
Schichtdicke [m]: 0,01
Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit [W/mK]:
Farbe:

Hygrothermische Funktionen | Materialinformationen

Feuchtespeicherfunktion
Flüssigtransportkoeffizient, Saugen
Flüssigtransportkoeffizient, Weiterverteilung
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl, feuchte...
Wärmeleitfähigkeit, feuchteabhängig
Wärmeleitfähigkeit, temperaturabhängig
Enthalpie, temperaturabhängig

Generieren

Approximationsparameter:
Bezugsfeuchtegehalt [kg/m³]: 18
Freie Wassersättigung [kg/m³]: 190
Wasseraufnahmekoeffizient [kg/m²·s]: 0,11

Nr.	Wassergehalt [kg/m ³]	DWW [m ² /s]
1	0	0
2	18	2,45E-9
3	190	1,27E-7

Normierter Wassergehalt [-]

Wassergehalt [kg/m³]

Wassergehalt [kg/m³]

In Datenbank übertragen | Einlesen | Exportieren | OK | Abbrechen | Hilfe

11. Flüssigtransport,
Weiterverteilung wählen

12. Generieren wählen

Außenwand mit Innendämmung

Ansetzen von Hydrophobierungen

Schicht/Materialkenndaten

Schicht/Materialname: Vollziegelmauerwerk - entriegelt

Rohdichte [kg/m³]: 1900
Porosität [m³/m³]: 0,24
Spez. Wärmekapazität [J/kgK]: 850
Wärmeleitfähigkeit [W/mK]: 0,6
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl [-]: 10

Typische Baufeuchte [kg/m³]: 100
Schichtdicke [m]: 0,01
Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit [W/mK]:
Farbe:

Hygrothermische Funktionen | Materialinformationen

Feuchtespeicherfunktion
Flüssigtransportkoeffizient, Saugen
Flüssigtransportkoeffizient, Weiterverteilung
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl, feuchte...
Wärmeleitfähigkeit, feuchteabhängig
Wärmeleitfähigkeit, temperaturabhängig
Enthalpie, temperaturabhängig

Generieren

Approximationsparameter:
Bezugsfeuchtegehalt [kg/m³]: 18
Freie Wassersättigung [kg/m³]: 190
Wasseraufnahmekoeffizient [kg/m²√s]: 0,00833

Nr.	Wasserge... [kg/m³]	DWW [m²/s]
1	0	0
2	18	2,45E-9
3	190	1,27E-7

Normierter Wassergehalt [-]

Wassergehalt [kg/m³]

0 50 100 150 200

10^{-07,00}
10^{-07,50}
10^{-08,00}
10^{-08,50}

0 0,2 0,4 0,6 0,8 1

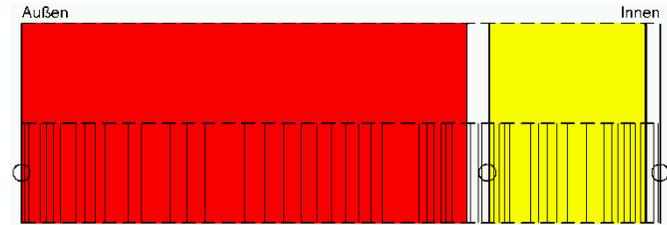
uf

In Datenbank übertragen Einlesen Exportieren OK Abbrechen Hilfe

13. w-Wert eingeben
hier:
 $0,5 \text{ kg/m}^2\sqrt{\text{h}} / 60$
 $= 0,00833 \text{ kg/m}^2\sqrt{\text{s}}$

Außenwand mit Innendämmung

Auswertung*



- Numerische Qualität des Ergebnisses anhand von Konvergenzfehlern und Bilanzen prüfen! (siehe: [Leitfaden zur Ergebnisauswertung](#))
- Gesamtwassergehalt: Feuchteakkumulation in der gesamten Konstruktion
- Relative Feuchte an der Trennschicht Putz / Innendämmung $< 95\%$ r.F.
 - Frostgefahr
 - oder Frostbeständigkeit der Materialien erforderlich (Dämmsystem, Putz, Wandmaterialien)

*) Achtung: Aufzählung nicht unbedingt vollständig. Je nach Randbedingungen können weitere kritische Positionen auftreten → Film überprüfen

Außenwand mit Innendämmung

Zusatzinformationen



- Eine Innendämmung reduziert das Trocknungspotential der Konstruktion aufgrund der Temperaturabsenkung und eines erhöhten Diffusionswiderstandes zum Innenraum
- Der Feuchtegehalt an der Trennschicht Putz / Innendämmung kann häufig durch eine Verbesserung des Schlagregenschutzes (Hydrophobierung, neuer Außenputz, Anstrich) verringert werden
- Hydrophobierung nach WTA: - w -Wert $< 0,1 \text{ kg/m}^2\sqrt{\text{h}}$
- s_d -Wert maximal um 50 % erhöht
- Bei einem Sichtmauerwerk sind die effektiven Kennwerte erforderlich
- Ein Gipsputz an der Innenoberfläche muss bei der Anbringung einer Innendämmung i.d.R. entfernt werden
- Feuchtevariable Dampfbremsen sind besonders günstig, da das Trocknungspotential nach innen wenig beeinträchtigt wird

Inhalt

Flachdach (Folie 3 ff.)

Geneigtes Dach (Folie 11 ff.)

Außenwand mit WDVS (Folie 20 ff.)

Außenwand mit Innendämmung (Folie 28 ff.)

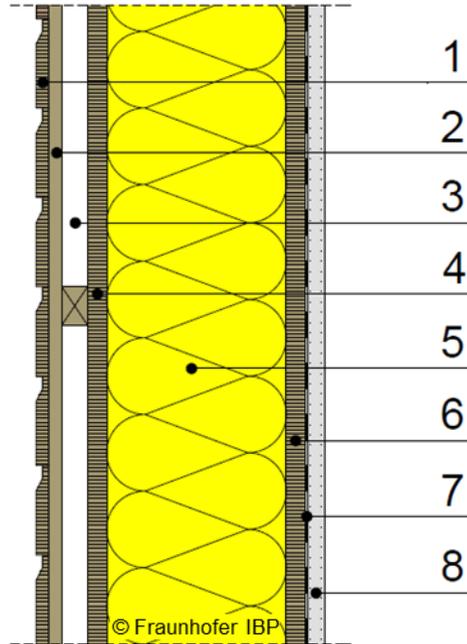
Hinterlüftete Holzständerkonstruktion (Folie 42 ff.)

Kellerwand ohne stehendes Wasser (Folie 54 ff.)

Innenbauteil (Folie 64 ff.)

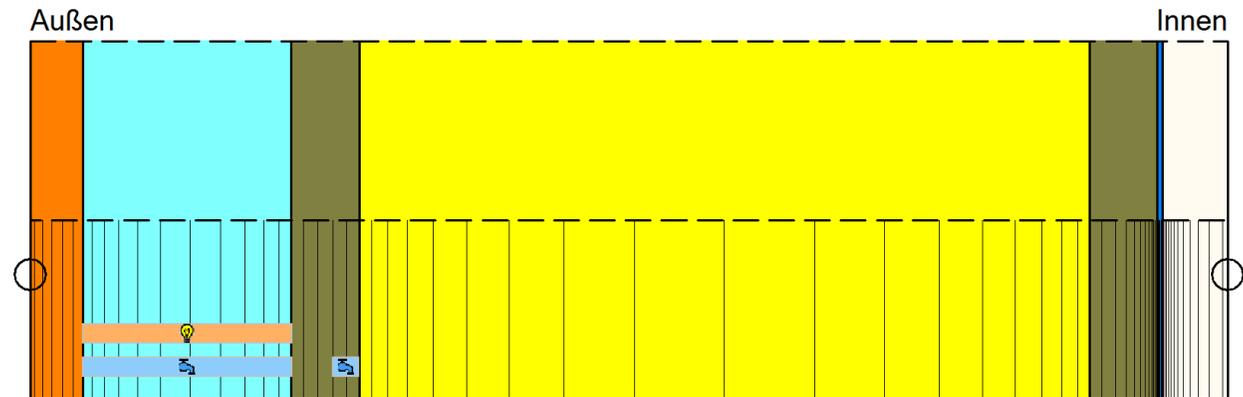
Hinterlüftete Holzständerkonstruktion

Bauteilaufbau



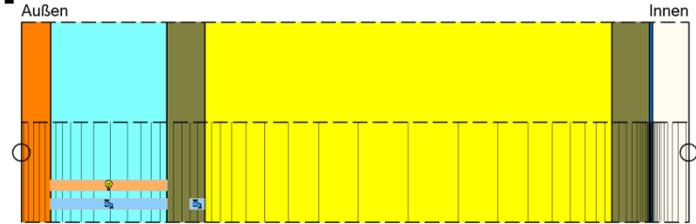
- 1 Profilbretterschalung
- 2 Lattung
- 3 Konterlattung
- 4 äußere Beplankung
- 5 Dämmung
- 6 innere Beplankung
- 7 Dampfbremse
- 8 Gipskartonplatte

Aufbau in WUFI



Hinterlüftete Holzständerkonstruktion

Wichtige Eingaben



- Luftwechselquelle in die Luftschicht einbringen
→ Höhe des Luftwechsels abhängig von Konstruktion, Oberflächenfarbe und Belüftungsöffnungen
- Infiltrationsquelle auf der kalte Seite der Konstruktion einfügen (Position, an der Tauwasserausfall zu erwarten ist)
→ abhängig von der Luftdichtheit des Gebäudes und der Höhe des Wandkopfes
- Maßgebliche Orientierung: Nord
- Kurzwellige Strahlungsabsorption je nach Farbe der Außenoberfläche
- Langwellige Strahlungsemission je nach Material der Außenoberfläche
- Wenn das kurzfristige hygrothermische Verhalten der Außenoberfläche bewertet werden soll, explizite Strahlungsbilanz einschalten
- Regenaufnahme gemäß Bauteiltyp / Neigung (senkrechte Wand: 0,7)

Hinterlüftete Holzständerkonstruktion

Eingabe Luftwechselquelle

1. Luftschicht auswählen

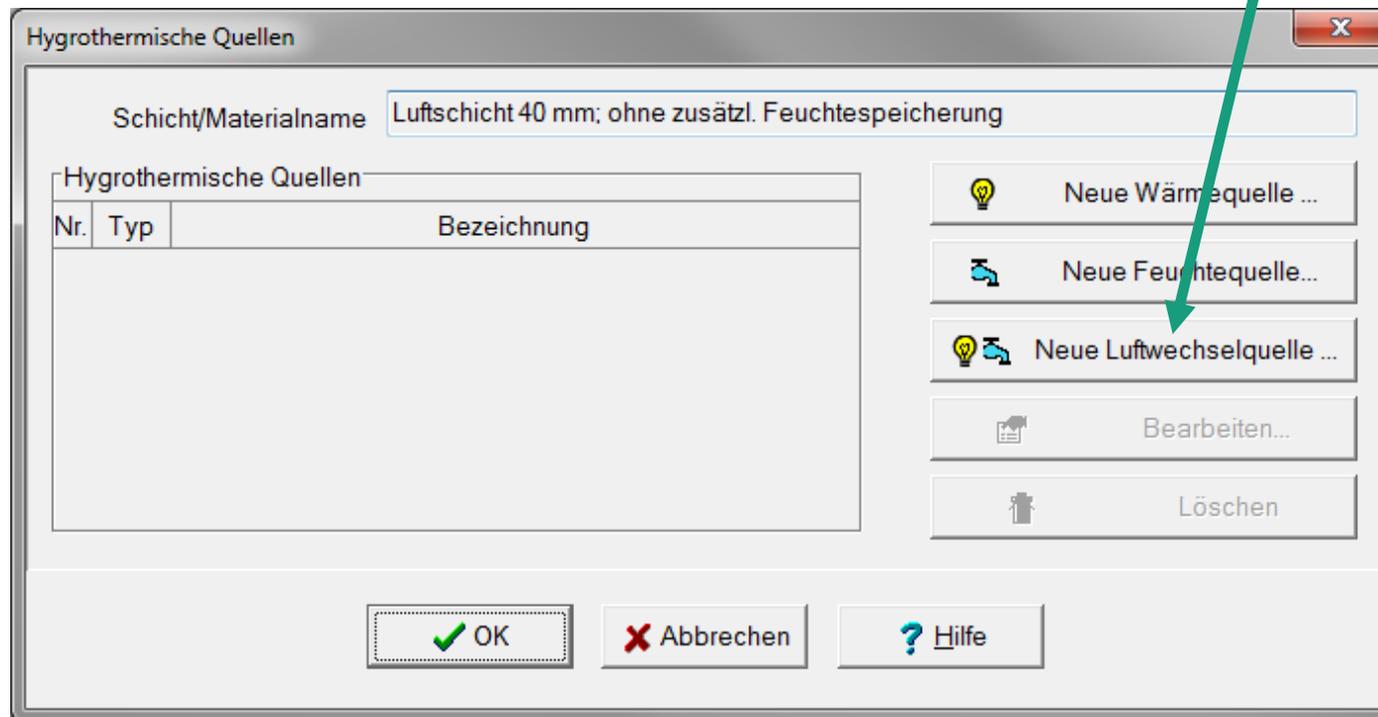
2. „Quellen, Senken“ wählen

The screenshot displays a software interface for defining a building envelope. The main area shows a cross-section of a wall with the following layers and thicknesses from left to right: an orange outer layer (0.01), a cyan air layer (0.04), a dark green insulation layer (0.013), a large yellow insulation layer (0.14), another dark green insulation layer, and a white inner layer (0.00). The left side is labeled 'Außen (linke Seite)' and the right side 'Innen (rechte Seite)'. Below the main view are two smaller views: a detailed grid of the air layer and a 3D perspective view of the wall. On the right, a control panel includes a 'Quellen, Senken' button (highlighted by a green arrow), 'Neue Schicht', 'Duplizieren', and 'Löschen' buttons, and a 'Bearbeiten Aufbau' section with radio buttons for 'Bild' (selected) and 'Tabelle'.

Hinterlüftete Holzständerkonstruktion

Eingabe Luftwechselquelle

3. „Neue Luftwechselquelle“ wählen



Hinterlüftete Holzständerkonstruktion

Eingabe Luftwechselquelle

Luftwechselquelle

Bezeichnung

Verteilungsbereich

Ein Element

Mehrere Elemente

Ganze Schicht

Quellentyp

konstant

instationär aus Datei

Mischung mit Luft von

linker Seite

rechter Seite

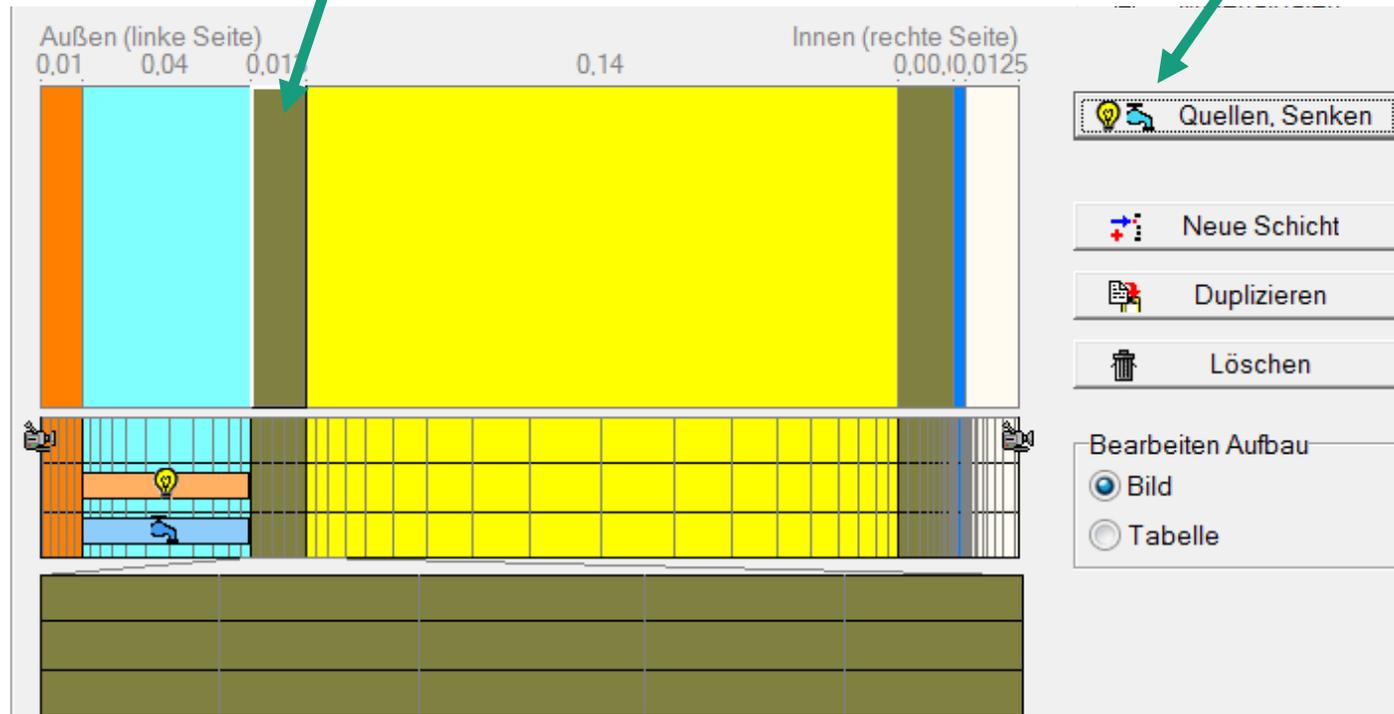
Luftwechsel [1/h]

Hinterlüftete Holzständerkonstruktion

Eingabe Infiltrationsquelle

1. Äußere Beplankung auswählen

2. „Quellen, Senken“ wählen



Hinterlüftete Holzständerkonstruktion

Eingabe Infiltrationsquelle

3. „Neue Feuchtequelle“ wählen



Hinterlüftete Holzständerkonstruktion

Eingabe Infiltrationsquelle

Feuchtequelle

Bezeichnung

Verteilungsbereich

Ein Element Mehrere Elemente Ganze Schicht

Starttiefe in Schicht [m]

Endtiefe in Schicht [m]

Quelltyp

instationär aus Datei
 Anteil des Schlagregens
 Luftinfiltrationsmodell IBP
 konstante monatliche Feuchtelas

Begrenzung des Quellwertes [kg/m³]

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

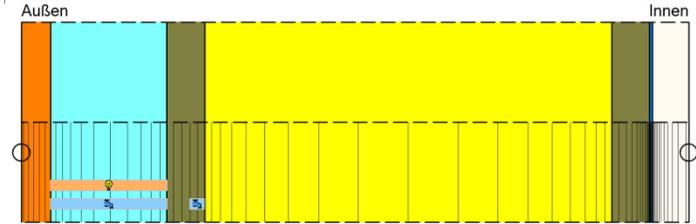
Durchströmung der Hülle q₅₀ [m³/m²h]

Höhe der Luftsäule [m]

Mechanischer Überdruck durch Lüftungsanlagen [Pa]

Hinterlüftete Holzständerkonstruktion

Auswertung*

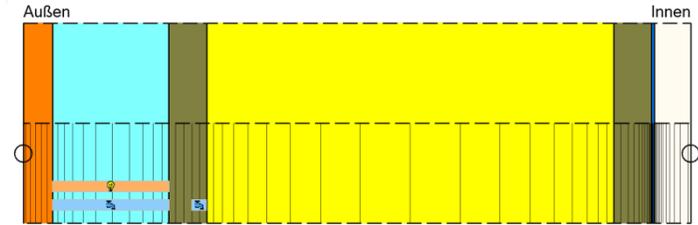


- Numerische Qualität des Ergebnisses anhand von Konvergenzfehlern und Bilanzen prüfen! (siehe: [Leitfaden zur Ergebnisauswertung](#))
- Gesamtwassergehalt: Feuchteakkumulation in der gesamten Konstruktion
- Wassergehalt in der äußeren Beplankung
- Ggf. Feuchtegehalt in der Dämmung prüfen

*) Achtung: Aufzählung nicht unbedingt vollständig. Je nach Randbedingungen können weitere kritische Positionen auftreten → Film überprüfen

Hinterlüftete Holzständerkonstruktion

Zusatzinformationen

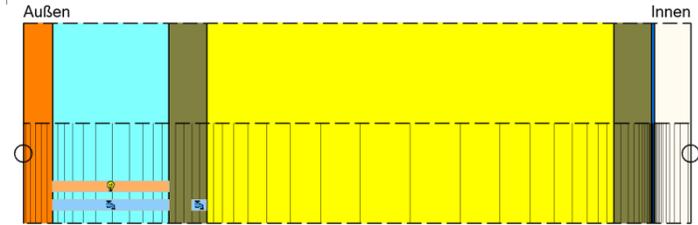


- Da die auftretenden Luftwechselraten häufig unbekannt sind, ist es sinnvoll, den Luftwechsel zu variieren, um dessen Einfluss auf das hygrothermische Verhalten der Konstruktion zu untersuchen (Hinweise dazu finden sich im WTA Merkblatt 6-2-2014 Kapitel 5.1: Bauteilhinter- und -belüftung)

Hinterlüftete Holzständerkonstruktion

Zusatzinformationen

- Beispiele für Luftwechselraten bei hinterlüfteten Fassaden



Richtwerte für Luftwechsel	Öffnungsflächenbezogener Volumenstrom [(m ³ /h)/m ²]	Dicke des Luftspalts [mm]	Luftwechselrate [1/h]
Holzverkleidung	≈ 1,83	≈ 5	20
Vinylverkleidung	≈ 9,14	≈ 5	200
Vormauerziegel	≈ 2,74	≈ 25	10
Putz (belüftet)	≈ 1,83	≈ 10	10
Schindeln flankierende Strömung*	≈ 0,91	≈ 5	10

© Building Science Press

*Die Flankenströmung bezieht sich auf die Leckagen im Bereich an der äußeren Verkleidung.

Inhalt

Flachdach (Folie 3 ff.)

Geneigtes Dach (Folie 11 ff.)

Außenwand mit WDVS (Folie 20 ff.)

Außenwand mit Innendämmung (Folie 28 ff.)

Hinterlüftete Holzständerkonstruktion (Folie 42 ff.)

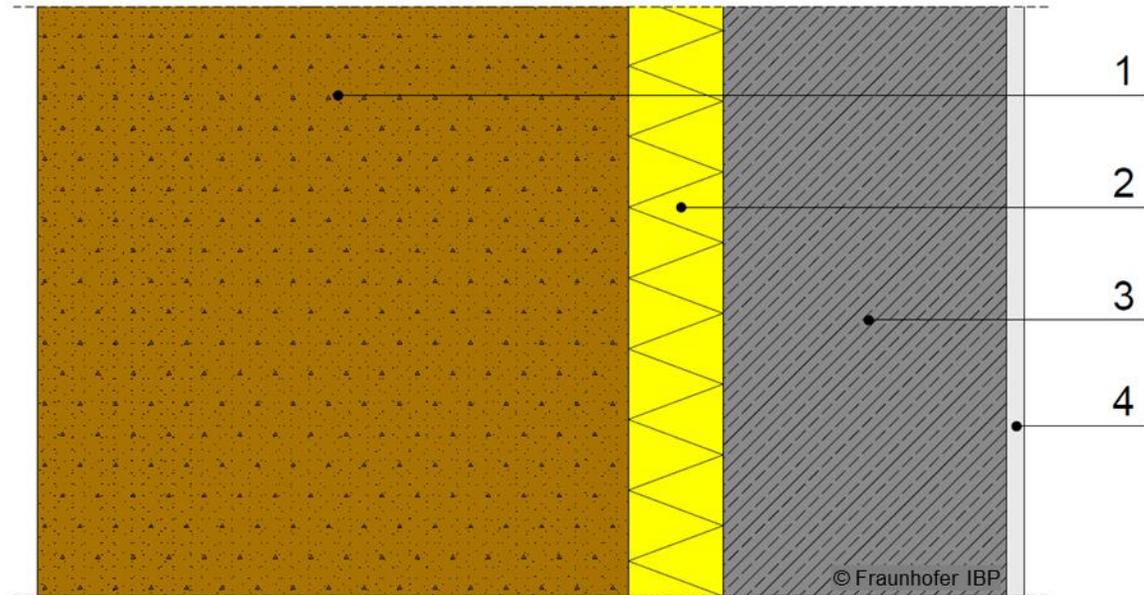
Kellerwand ohne stehendes Wasser (Folie 54 ff.)

Innenbauteil (Folie 64 ff.)

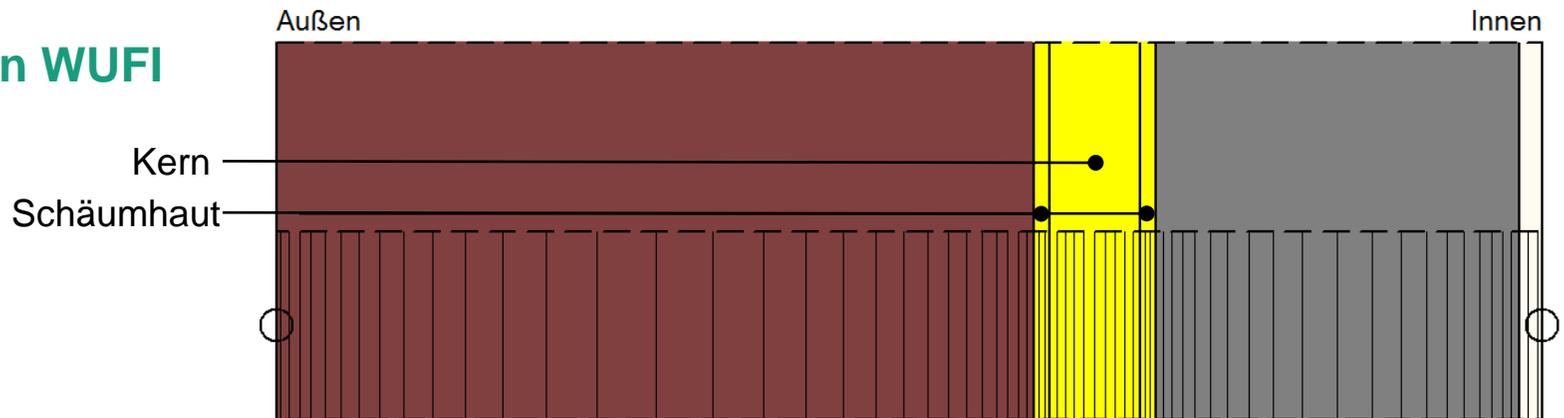
Kellerwand (ohne stehendes Wasser)

Bauteilaufbau

- 1 Erdreich
- 2 Perimeterdämmung
- 3 Betonwand
- 4 Innenputz

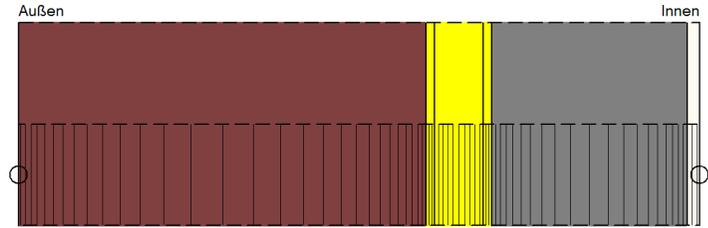


Aufbau in WUFI



Kellerwand (ohne stehendes Wasser)

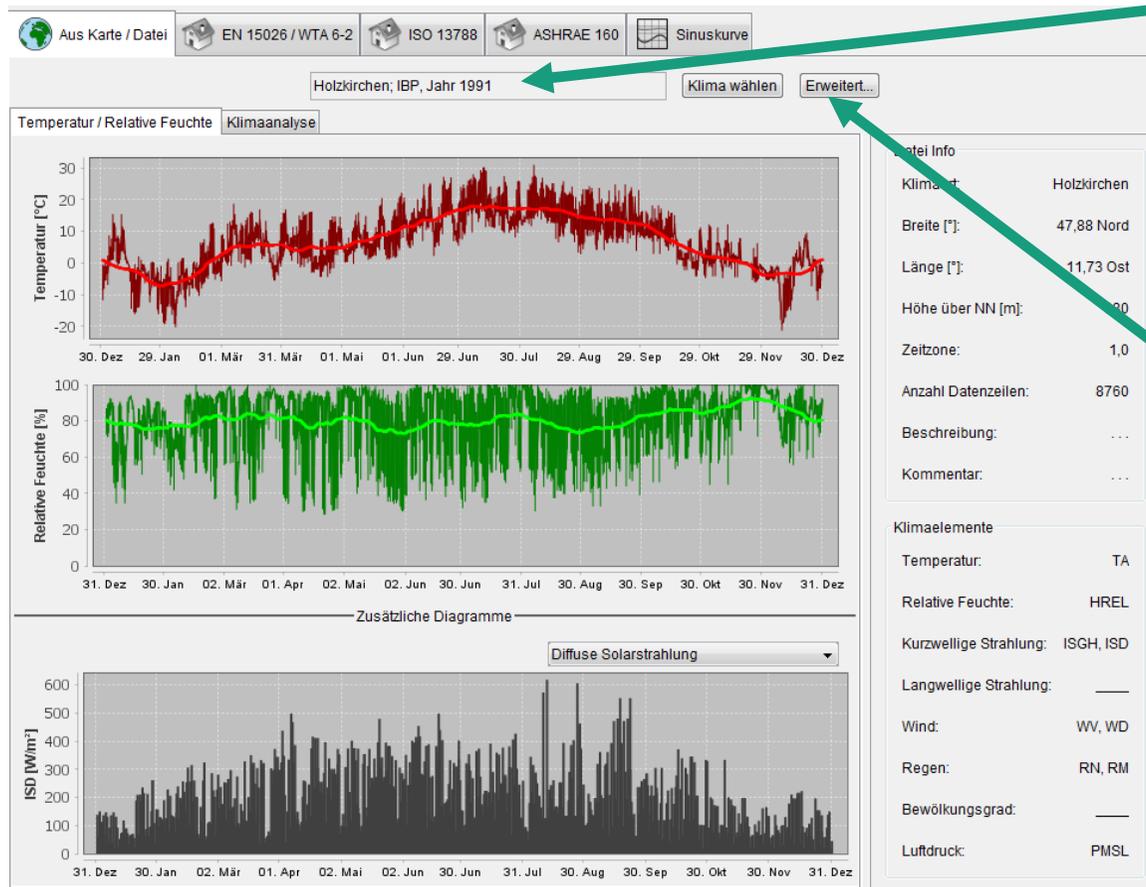
Wichtige Eingaben



- Materialdatensatz „Erdreich (Christian) DIN“ (unter generische Materialien)
Dicke ca. 0,5 m
- Die XPS-Dämmung setzt sich zusammen aus dem Kern und den äußeren Schäumhäuten mit je 1 cm Dicke
- Wärmeübergangswiderstand „Erdreich“
- Keine Strahlungsabsorption / Strahlungsemission
- Keine Regenaufnahme
- Außenklima:
 - Erdreichtemperatur aus Klima Holzkirchen 1991
 - Sinusförmiger Verlauf entspr. Diagramm auf Folie 58 mit relativer Feuchte von konstant 99 % oder 100 %
- Innenklima entsprechend Nutzung

Kellerwand (ohne stehendes Wasser)

Eingabe Erdreichtemperaturen (aus Klima Holzkirchen)



1. Klimafile
„Holzkirchen; IBP; Jahr 1991“
auswählen

2. „Erweitert“ wählen

Kellerwand (ohne stehendes Wasser)

Eingabe Erdreichtemperaturen (aus Klima Holzkirchen)

3. Erdreichtemperaturen in 50 cm oder 1 m Tiefe wählen

4. Konstante relative Feuchte von 99 % oder 100 % eingeben

Erweiterte Einstellungen

EN15026

Temperaturverschiebung [K]: 0.0

Nächtliche Strahlungskühlung

Vereinfachte Strahlungskühlung abschalten (empfohlen).

WET-Datei

Temperatur

Lufttemperatur

Schwarze Oberfläche

Weiße Oberfläche

Erdoberfläche

50 cm unter Erdoberfläche

1 m unter Erdoberfläche

Relative Feuchte

konstante rel. Luftfeuchte [%] 99

Strahlung

Keine Strahlung

Regen

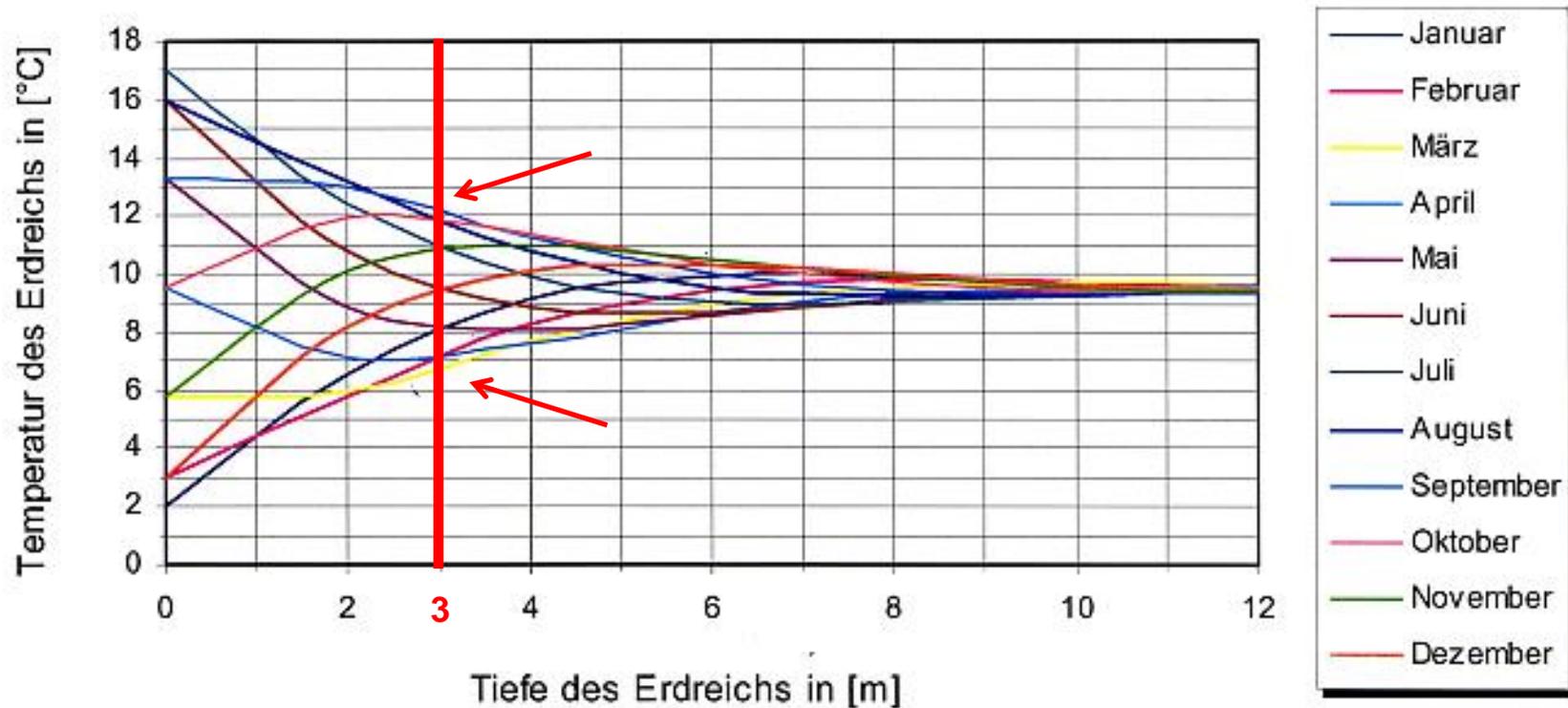
Kein Regen

OK Abbrechen Hilfe

Kellerwand (ohne stehendes Wasser)

Eingabe Erdreichtemperaturen (aus Diagramm)

Mittlere Erdreichtemperaturen pro Monat in Abhängigkeit von der Tiefe des Erdreichs



Beispiel für 3 m Tiefe:

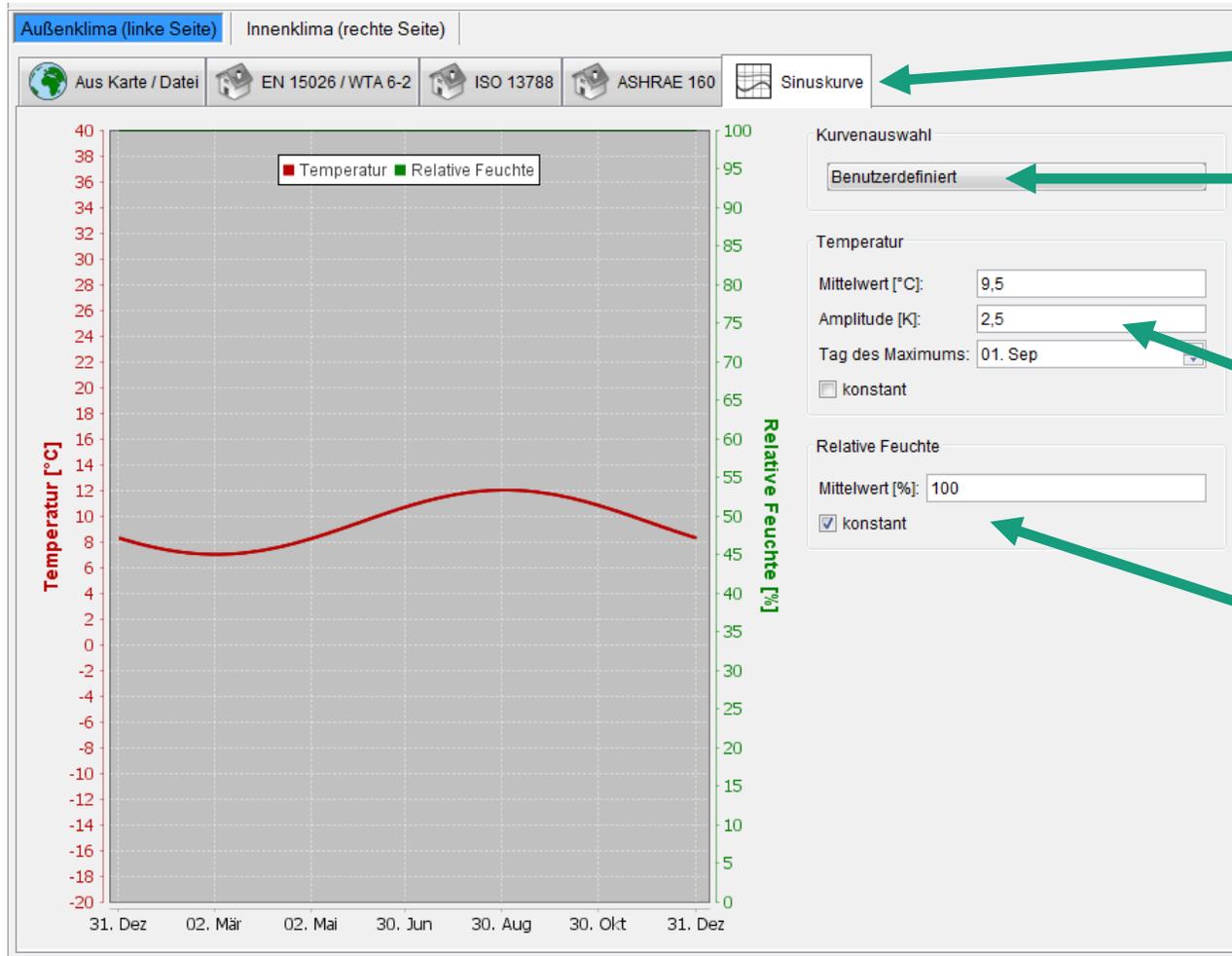
Minimum von ca. 7 °C im März und

Maximum von ca. 12 °C im September

Ref: Heidreich, U.: Nutzung oberflächennaher Geothermie zum Heizen und Kühlen eines Bürogebäudes. Symposium Energetische Sanierung von Schul- und Verwaltungsgebäuden, FH Münster 2006.

Kellerwand (ohne stehendes Wasser)

Eingabe Erdreichtemperaturen (aus Diagramm)



1. Sinuskurve

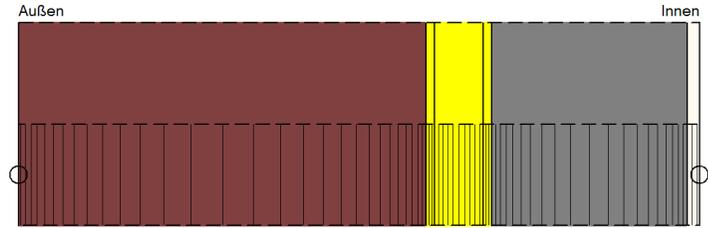
2. „Benutzerdefiniert“ wählen

3. Mittelwert, Amplitude und Tag des Maximums angeben

4. Relative Feuchte konstant bei 99 % oder 100 %

Kellerwand (ohne stehendes Wasser)

Auswertung*

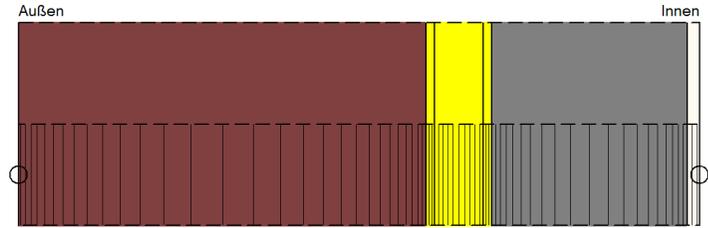


- Numerische Qualität des Ergebnisses anhand von Konvergenzfehlern und Bilanzen prüfen! (siehe: [Leitfaden zur Ergebnisauswertung](#))
- Gesamtwassergehalt: Feuchteakkumulation in der gesamten Konstruktion
- Wassergehalt in der Dämmung prüfen
- Wassergehalt im Mauerwerk / Beton prüfen

*) Achtung: Aufzählung nicht unbedingt vollständig. Je nach Randbedingungen können weitere kritische Positionen auftreten → Film überprüfen

Kellerwand (ohne stehendes Wasser)

Zusatzinformationen

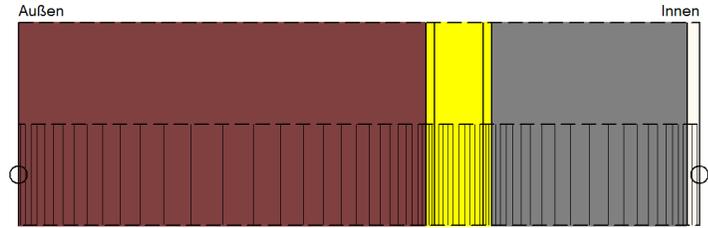


- Der Holzkirchener Klimadatensatz von 1991 enthält gemessene Erdreichtemperaturen in 50 cm und 100 cm Tiefe.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, Werte für die Erdreichtemperatur aus der Literatur zu entnehmen und als Sinuskurve anzusetzen (Folie 58).
- Erdreich als eigene Materialschicht zur Berücksichtigung der Interaktion zwischen Bauteil und Erdreich in der Berechnung
- Anfangswassergehalt im Erdreich auf 99 % rel. Feuchte setzen, um schneller einen eingeschwungenen Zustand im Erdreich zu erreichen und somit die Rechenzeit zu verkürzen.
- Wird vor der Perimeterdämmung eine kapillarbrechende Schicht wie z.B. eine Noppenfolie verwendet kann diese in der Simulation über eine Folie abgebildet werden. Die Dicke der Folie darf dabei nicht verändert werden, der s_d -Wert ist entsprechend dem real verwendeten Produkt auszuwählen.

Kellerwand (ohne stehendes Wasser)

Zusatzinformationen



Berücksichtigung von stehendem Wasser im Erdreich:

- Ein Materialdatensatz mit Feuchtespeicherfunktion und Flüssigtransportkoeffizienten (z.B. „Erdreich (Christian) FSP“) muss verwendet werden. Weitere Erdreich-Materialien sind in der Nordamerikanischen Materialdatenbank unter „Erdreich“ zu finden.
- Das Erdreich ist gesättigt anzunehmen (nach Berechnung im Wassergehalt überprüfen).
- Es muss eine Klimadatei erstellt werden, die zu jedem Zeitschritt Regen enthält (CreateClimateFile.xls).
- In den Oberflächenübergangskoeffizienten muss die Regenwasser-aufnahme auf 1 gestellt werden.
- Drückendes Wasser kann nicht berücksichtigt werden!

Inhalt

Flachdach (Folie 3 ff.)

Geneigtes Dach (Folie 11 ff.)

Außenwand mit WDVS (Folie 20 ff.)

Außenwand mit Innendämmung (Folie 28 ff.)

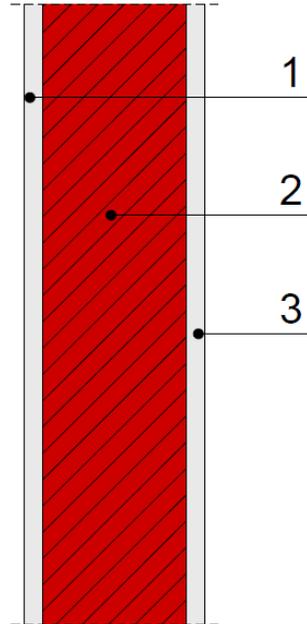
Hinterlüftete Holzständerkonstruktion (Folie 42 ff.)

Kellerwand ohne stehendes Wasser (Folie 54 ff.)

Innenbauteil (Folie 64 ff.)

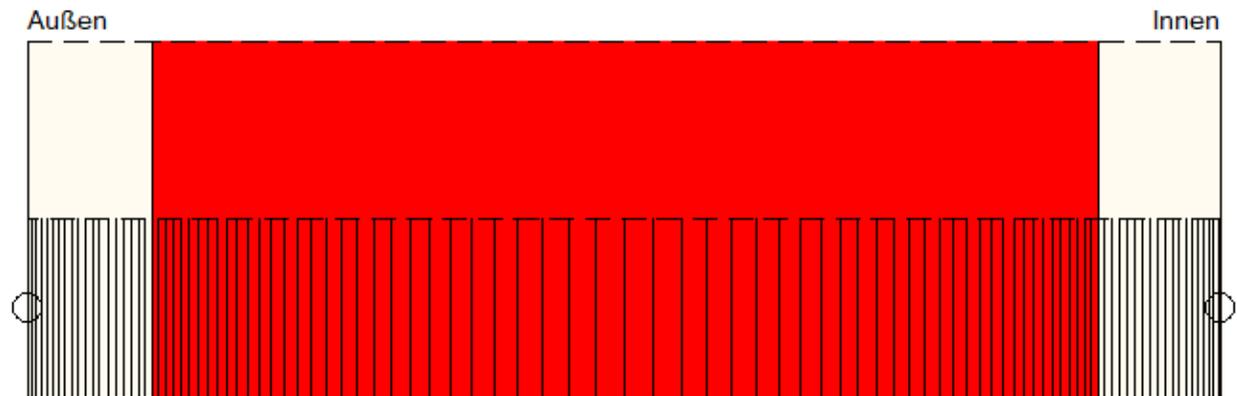
Innenbauteil (Trennwand)

Bauteilaufbau



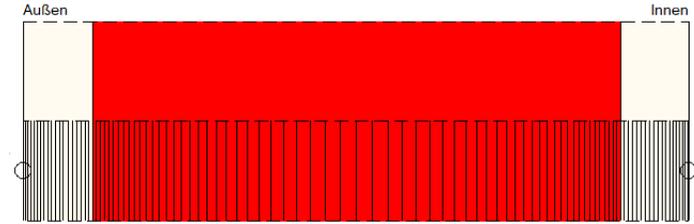
- 1 Innenputz
- 2 Mauerwerk
- 3 Innenputz

Aufbau in WUFI



Innenbauteil (Trennwand)

Wichtige Eingaben



- Wärmeübergangskoeffizient „außen“: $8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Trennwand)
- Wärmeübergangskoeffizient „innen“: $8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Trennwand)
- Innenklima sowohl an der Außen- als auch an der Innenseite
 - Innenklima nach DIN 4108 / EN 15026 / WTA 6-2 abgeleitet aus Außenklima (Außenklima muss ausgewählt werden)
 - Sinuskurve benutzerdefiniert (z.B. für Kellerräume)
 - Konstantes Innenklima (z.B. für klimatisierte Räume)

Innenbauteil (Trennwand)

Eingabe Wärmeübergangskoeffizient

Außenoberfläche (linke Seite)		
Wärmeübergangskoeffizient [W/(m ² K)]	<input type="text" value="8"/>	Trennwand (Innenbauteil) ▾
beinhaltet langwellige Strahlungsanteile [W/(m ² K)]	<input type="text" value="4.5"/>	
Windabhängig	<input type="checkbox"/>	...
sd-Wert [m]	<input type="text" value="----"/>	Keine Beschichtung ▾
Hinweis: Dieser Wert hat keinen Einfluss auf die Regenaufnahme		
Kurzwellige Strahlungsabsorptionszahl [-]	<input type="text" value="----"/>	Keine Absorption/Emission ▾
Langwellige Strahlungsemissionszahl [-]	<input type="text" value="----"/>	
Abminderungsfaktoren wegen Verschattung:		
auf Absorptionszahl [-]	<input type="text" value="----"/>	Keine Verschattung ▾
auf Emissionszahl [-]	<input type="text" value="----"/>	
Explizite Strahlungsbilanz	<input type="checkbox"/>	... Hinweis: diese Option dient u.a. zur Berücksichtigung der Unterkühlung infolge langwelliger Abstrahlung. In sensitiven Fällen sind hinreichend genaue Gegenstrahlungsdaten erforderlich.
Terrestr. kurzw. Reflexionsgrad [-]	<input type="text" value="0.2"/>	Standardwert ▾
Anhaftender Anteil des Regens [-]	<input type="text" value="----"/>	Gemäß Bauteilneigung ▾
Innenoberfläche (rechte Seite)		
Wärmeübergangskoeffizient [W/(m ² K)]	<input type="text" value="8"/>	(Trennwand (Innenbauteil))
sd-Wert [m]	<input type="text" value="----"/>	Keine Beschichtung ▾

Innenbauteil (Trennwand)

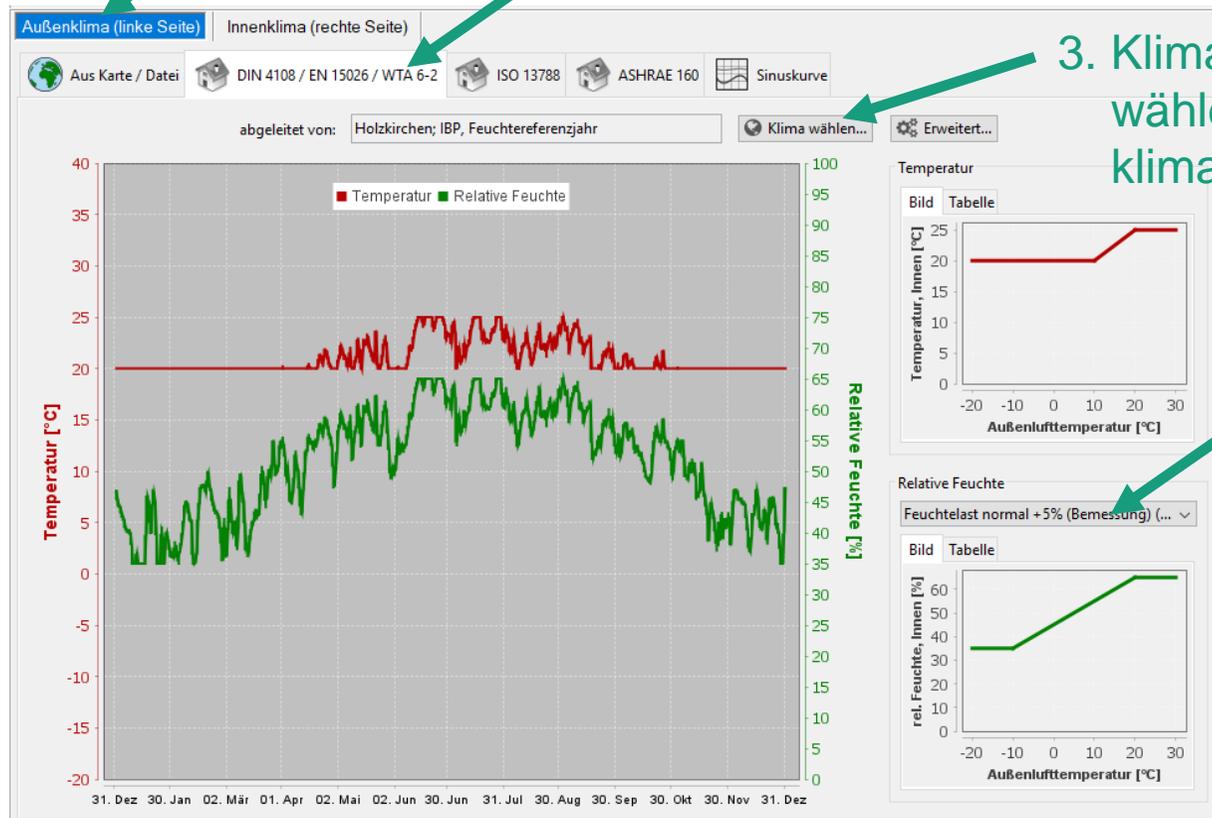
Eingabe Außenklima (linke Seite) – nach DIN 4108 / EN 15026 / WTA 6-2

1. Außenklima (linke Seite)

2. DIN 4108 / EN 15026 / WTA 6-2

3. Klima wählen (Außenklima wählen, von dem das Innenklima abgeleitet werden soll)

4. Feuchtelast für den Innenraum wählen

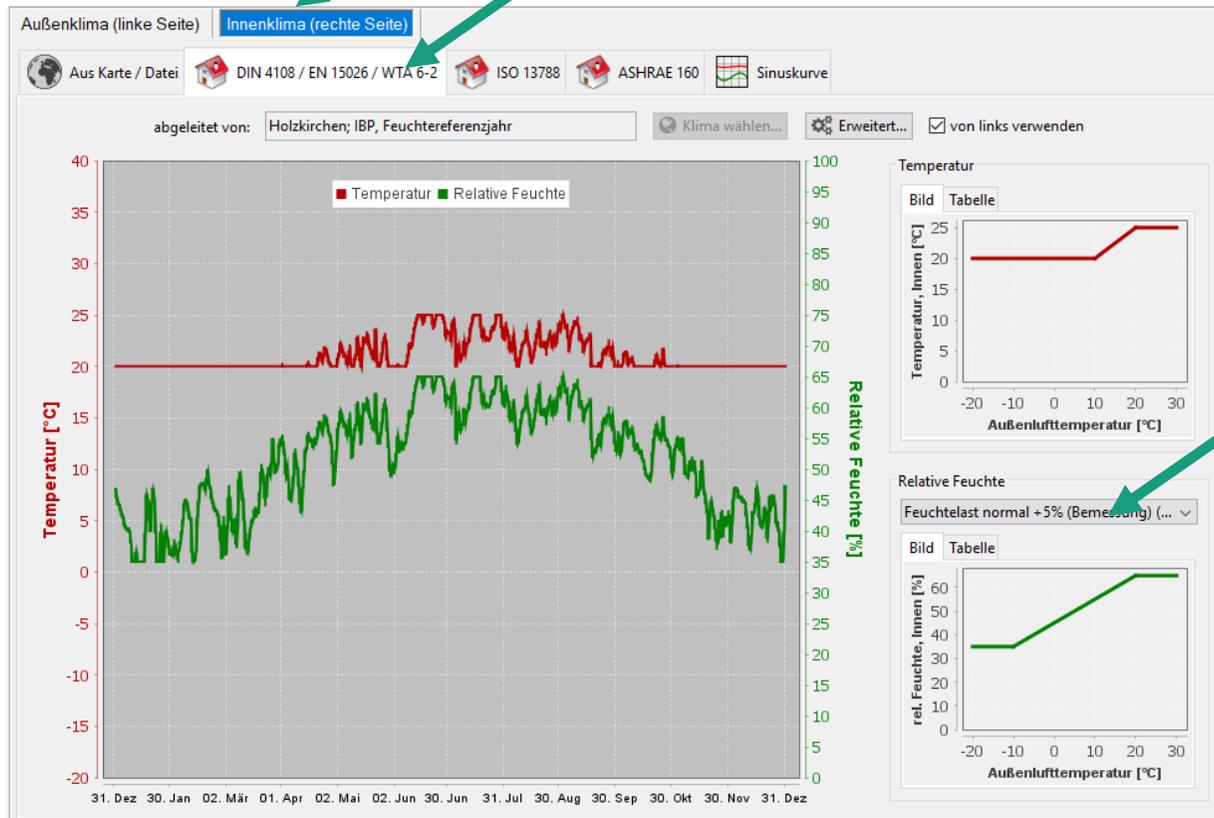


Innenbauteil (Trennwand)

Eingabe Innenklima (rechte Seite) – nach DIN 4108 / EN 15026 / WTA 6-2

1. Innenklima (rechte Seite)

2. DIN 4108 / EN 15026 / WTA 6-2



3. Feuchtelast für den Innenraum wählen

Innenbauteil (Trennwand)

Eingabe Außenklima (linke Seite) – benutzerdefinierte Sinuskurve / konstantes Innenklima

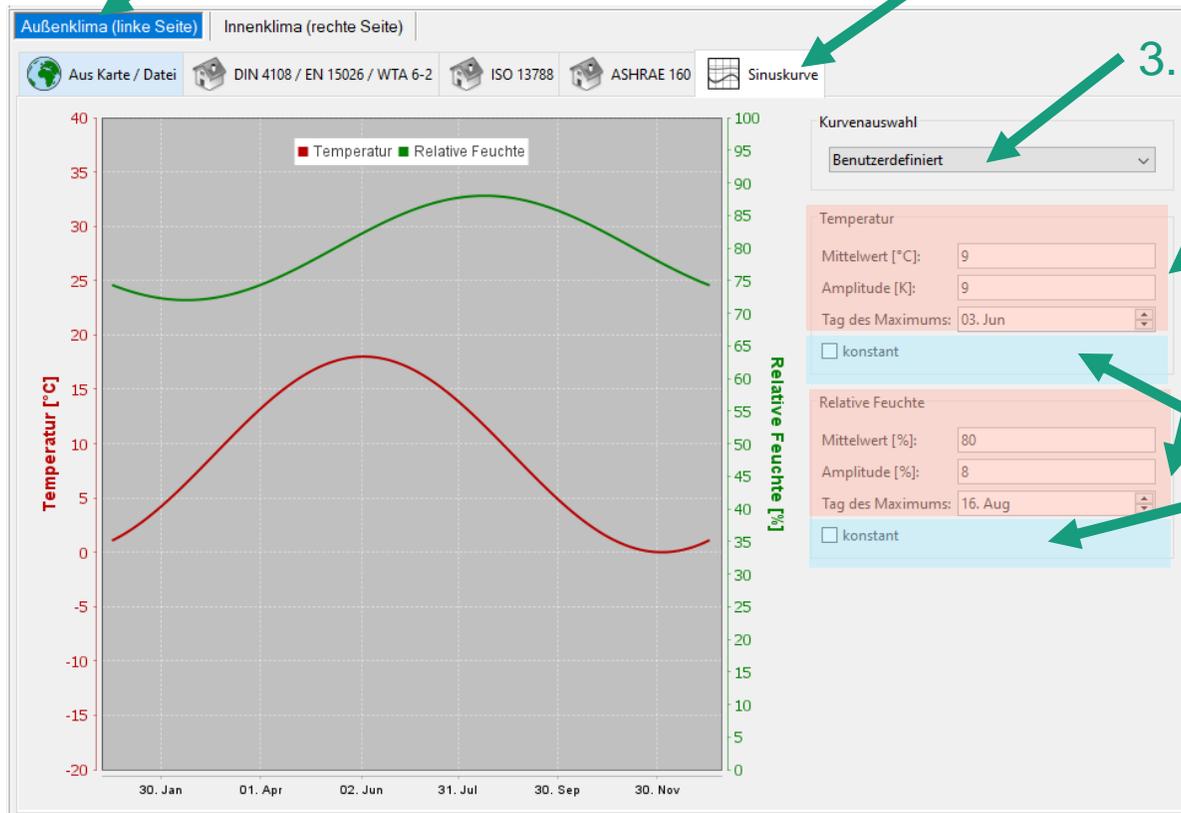
1. Außenklima (linke Seite)

2. Sinuskurve

3. Benutzerdefiniert auswählen

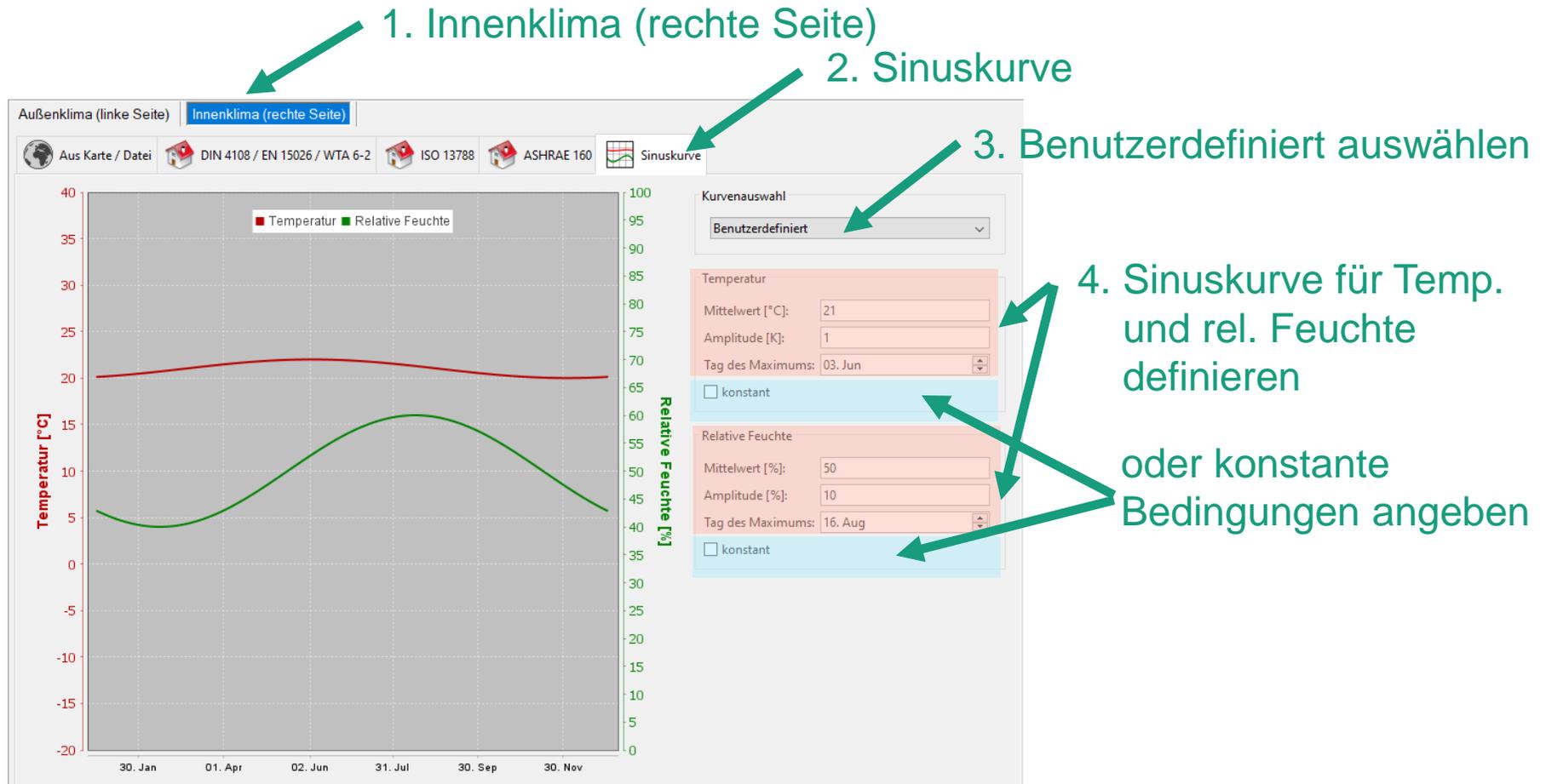
4. Sinuskurve für Temp. und rel. Feuchte definieren

oder konstante Bedingungen angeben



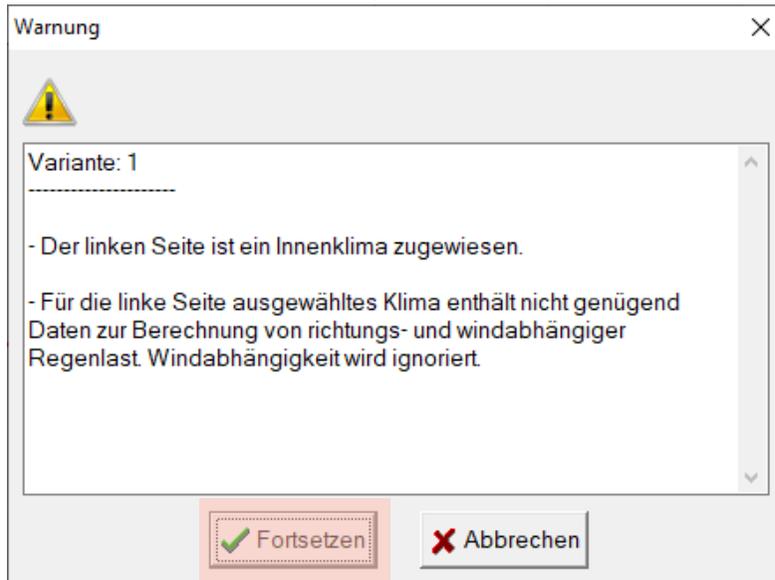
Innenbauteil (Trennwand)

Eingabe Innenklima (rechte Seite) – benutzerdefinierte Sinuskurve / konstantes Innenklima



Innenbauteil (Trennwand)

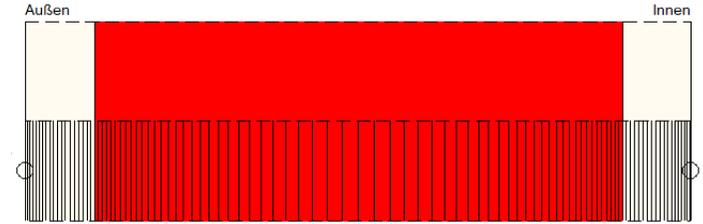
Warnung bei Berechnungsstart



- Diese Warnung erscheint bei Berechnungsstart und kann für die Berechnung eines Innenbauteils ignoriert werden

Innenbauteil (Trennwand)

Auswertung*



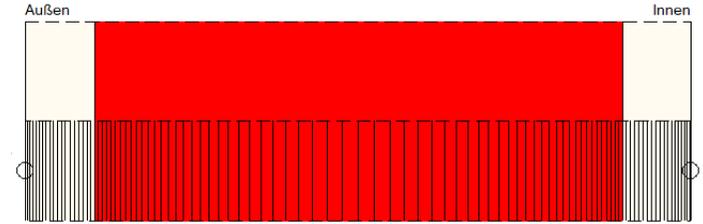
Auswertung ist von der Konstruktionsart / Situation abhängig

- Numerische Qualität des Ergebnisses anhand von Konvergenzfehlern und Bilanzen prüfen! (siehe: [Leitfaden zur Ergebnisauswertung](#))
- Gesamtwassergehalt: Feuchteakkumulation in der gesamten Konstruktion
- Wassergehalt in einzelnen Materialien prüfen, vor allem wenn diese feuchteempfindlich sind

*) Achtung: Aufzählung nicht unbedingt vollständig. Je nach Randbedingungen können weitere kritische Positionen auftreten → Film überprüfen

Innenbauteil (Trennwand)

Zusatzinformationen



- Kritische Positionen können vor allem dann auftreten, wenn die angrenzenden Räume deutlich unterschiedlich temperiert sind

Handhabung typischer Konstruktionen

Auf Wissen bauen

