

**WUFI® How to**

# **Tauwasserauswertung in hydrophoben Mineralfaserdämmungen**

**Stand: 2022-11**

- 1. Grundlagen und Bewertung von Tauwassermengen**
- 2. Vorgehen in WUFI®**
- 3. Beispiel**
- 4. Grenzwert Sammlung**

# Grundlagen – Feuchteschutzbeurteilung mit Glaser

---

DIN 4108 - 3 und DIN EN ISO 13788 beschreiben jeweils eine stationäre Feuchteschutzbeurteilung mit dem Glaserverfahren.

Eine Konstruktion ist zulässig, wenn

1. Kein Tauwasser entsteht
2. Die Tauwassermenge unterhalb der Grenzwerte bleibt und auf Jahressicht wieder vollständig austrocknen kann.

Die stationären Diffusionsverfahren weisen einige Vereinfachungen auf, u.a.:

- Blockrandbedingungen (Sommer, Winter oder monatlich) d.h. konstante Klimabedingungen (Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit)
- Feuchteunabhängige Materialparameter (z.B. Wärmeleitfähigkeit)
- Keine Berücksichtigung der Einbaufeuchte
- Sorptionsvorgänge bleiben unberücksichtigt

## Grundlagen – Hygrothermische Simulation

---

WUFI® berücksichtigt die Feuchtespeicherfähigkeit (Sorptionsfähigkeit) von Baustoffen. Der Begriff des „Tauwassers“ verliert hier seine Eindeutigkeit, da bei sorptionsfähigen Materialien i.d.R. kein flüssiges Wasser im Bereich der theoretischen Tauwasserebene auftritt, sondern dieses in der Porenstruktur der Materialien physikalisch gebunden wird. Die Feuchtespeicherfunktion beschreibt dabei den Zusammenhang zwischen dem Wassergehalt im Baustoff und der relativen Feuchte der Umgebung.

Im hygrokopischen Bereich bis etwa 95 % werden die Wassermoleküle in zunehmender Anzahl an die Poreninnenoberflächen absorbiert.

Im Kapillarwasserbereich zwischen 95 % - 100 % R.F. ist in den Porenräumen bereits flüssiges Wasser vorhanden, welches aber durch die Kapillarkräfte in den Pore „gebunden“ wird.

Ungebundenes flüssiges „Tauwasser“ kann im engeren Sinne erst auftreten, wenn die *freie Sättigung* eines Stoffes erreicht bzw. überschritten wird.

## Grundlagen – Freie Wassersättigung bei Faserdämmungen

---

Bei Faserdämmstoffen ist keine klare Abgrenzung von Kapillarwasser- und Übersättigungsbereich möglich. Vor allem bei Materialien mit sehr feinen Hohlräumen zwischen den Fasern wird bei Überschreiten der Fasersättigung das Abfließen des Wassers auch durch die Faserstruktur und nicht nur durch die Kapillarkräfte behindert.

Ein einfaches Messverfahren, das die Grenze zwischen diesen Zuständen genau erfassen könnte, ist bisher nicht bekannt.

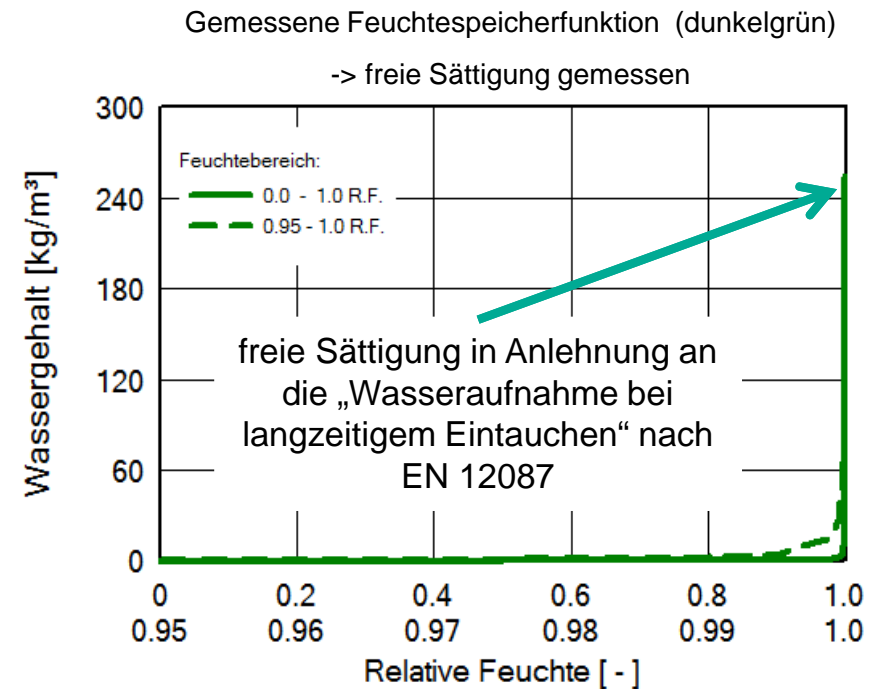
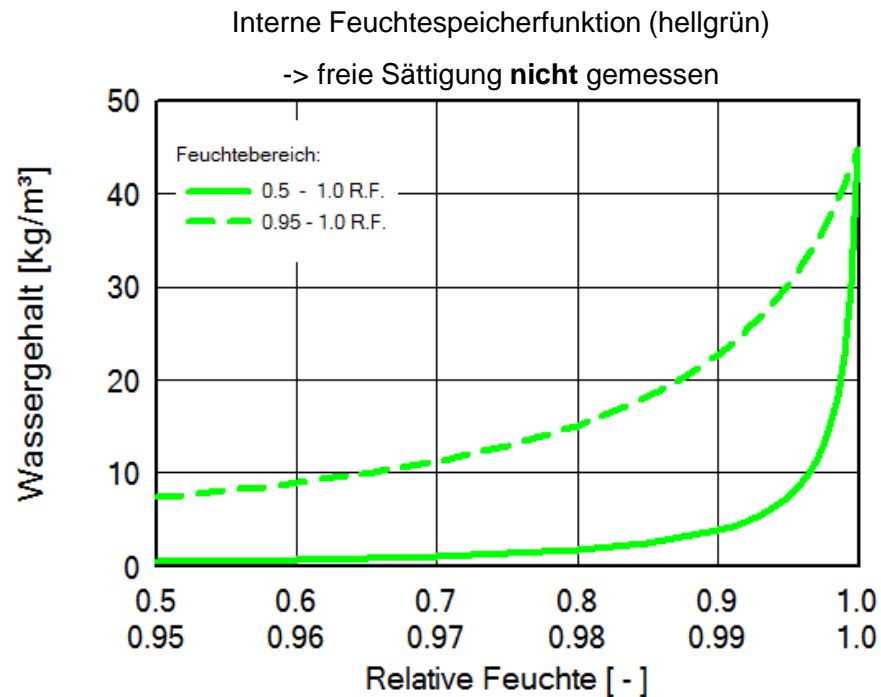
Vereinfacht kann bei diesen Materialien daher die freie Sättigung in Anlehnung an EN 12087 definiert werden. Dabei wird die Materialprobe unter Wasser über 28 Tage gelagert und anschließend für  $10 \pm 0,5$  min auf einer geneigten Fläche gelagert, um ungebundenes Wasser abfließen zu lassen. Danach wird die Menge des in der Probe verbleibenden Wassers durch Wiegen bestimmt.

**Auch wenn der so ermittelte Feuchtegehalt eigentlich zwischen der klassischen Definition der freien Sättigung und der maximalen Sättigung liegt, kann er vereinfacht für die freie Wassersättigung herangezogen werden, da er die Menge repräsentiert, die in der Faser verbleibt ohne infolge der Schwerkraft herauszufließen.**

# Grundlagen - Feuchtespeicherfunktion bei Faserdämmungen

Wenn bei Materialien der WUFI-Datenbank gemessene Daten für die Sorptionsisotherme sowie die freie Sättigung vorhanden sind, sind diese tabellarisch hinterlegt und die Feuchtespeicherfunktion wird **dunkelgrün** dargestellt.

Ist die Feuchtespeicherfunktion dagegen **hellgrün** hinterlegt, wird die sog. interne Feuchtespeicherfunktion verwendet, die auch für nicht sorptionsfähige Materialien herangezogen wird und nicht auf produktspezifischen Messdaten beruht (siehe auch WUFI Hilfetext)



# Grundlagen - Grenzwerte Tauwassermenge in der Normung

<b>DIN EN ISO 13788: 2012</b>	
Maximale Tauwassermenge, auf einer nicht sorptiven Oberfläche, um das Abfließen von Tauwasser zu verhindern	< 200 g/m <sup>2</sup>
<b>DIN 4108-3: 2014 (stationär)</b>	
Maximale flächenbezogene Tauwassermenge (allgemein)	< 1000 g/m <sup>2</sup>
An Schichtgrenzen mit nicht kapillar aufnahmefähiger Schicht z.B. Schaumkunststoffe, Folien	< 500 g/m <sup>2</sup>
<b>BSI 5250: 2011 (Britischer Standard)</b>	
Feiner Nebel der nicht abläuft oder abtropft	< 30 g/m <sup>2</sup>
Tropfenbildung und Abfließen an senkrechten Oberflächen	< 30 – 50 g/m <sup>2</sup>
Bildung großer Tropfen und Abfließen an geneigten Oberflächen	51 – 250 g/m <sup>2</sup> 70 g/m <sup>2</sup> bei einer Neigung von 45° 150 g/m <sup>2</sup> bei einer Neigung von 23°
Vermeidung großer Tropfen die von horizontalen Flächen abfließen/abtropfen können	≤ 250 g/m <sup>2</sup>

## Dissertation Arnold Janssens; Reliable control of interstitial condensation in lightweight roof systems; 1998

Maximale Tauwassermenge um das Abfließen von Tauwasser zu verhindern

< 100 g/m<sup>2</sup>  
bei einer Neigung von > 20°



# Empfohlene Auswertung von Tauwasser in der Simulation

## Zwei unterschiedliche Bewertungskriterien mit und ohne Messwerte für die Feuchtespeicherfunktion und die „Wasseraufnahme“ nach EN 12087

2. Material mit intern ergänzter Feuchtespeicherfunktion

(ohne gemessene „Wasseraufnahme“ )

Kein materialspezifischer Grenzwert verfügbar. Für die Bewertung wird auf die maximalen Tauwassermengen aus den Normen zurückgegriffen.

Da die interne Feuchtespeicherfunktion den Wassergehalt v.a. bei niedrigeren relativen Feuchten künstlich erhöht, sollte der gesamte Wassergehalt im Außenbereich der Dämmung als Tauwasser definiert und für die Bewertung herangezogen werden.

⇒ Bewertung des flächenbezogenen Wassergehalts ( $\text{kg/m}^2$ ) der äußersten 1 cm dicken Schicht der Mineralwollgedämmung.

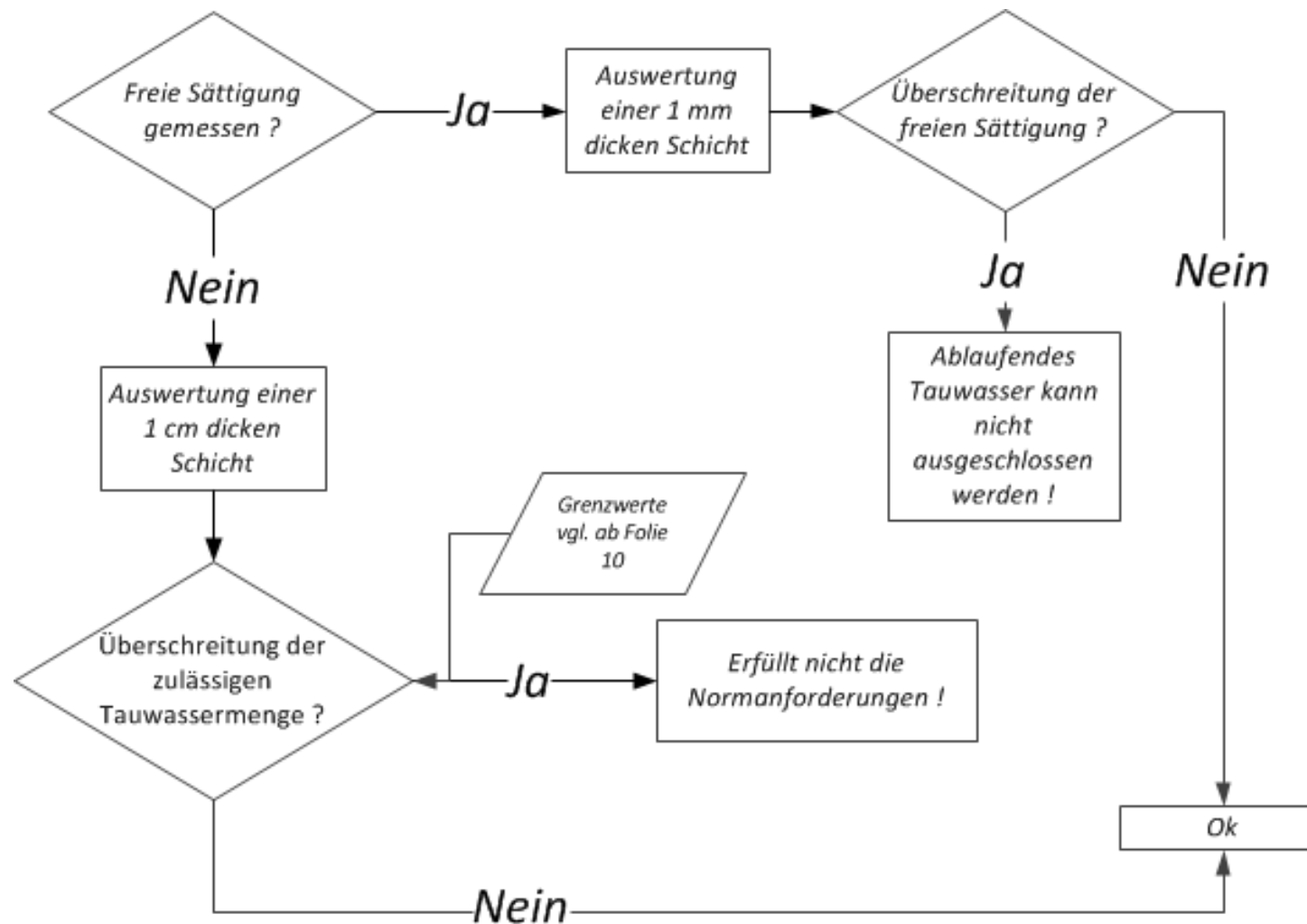
1. Feuchtespeicherfunktion mit gemessener „Wasseraufnahme“ als Endwert.

Die gemessene „Wasseraufnahme“ des Dämmstoffs ( $\text{kg/m}^3$ ) kann direkt als Grenzwert herangezogen werden.

Da der Labortest für die Wasseraufnahme nach EN 12087 nur wenige Minuten Ablaufzeit berücksichtigt, während sich das Tauwasser im Winter u.U. mehrere Wochen in der Dämmung befindet, sollte dieser hohe Wassergehalt aus Sicherheitsgründen lediglich direkt an der kritischen Grenzschicht toleriert werden.

⇒ Bewertung des Wassergehalts in der äußersten 1 mm dicken Schicht der Mineralwollgedämmung.

# Vorgehen in WUFI



Die freie Sättigung in WUFI wird bei hydrophoben Faserdämmungen entsprechend der „Wasseraufnahme“ nach EN 12087 ermittelt!

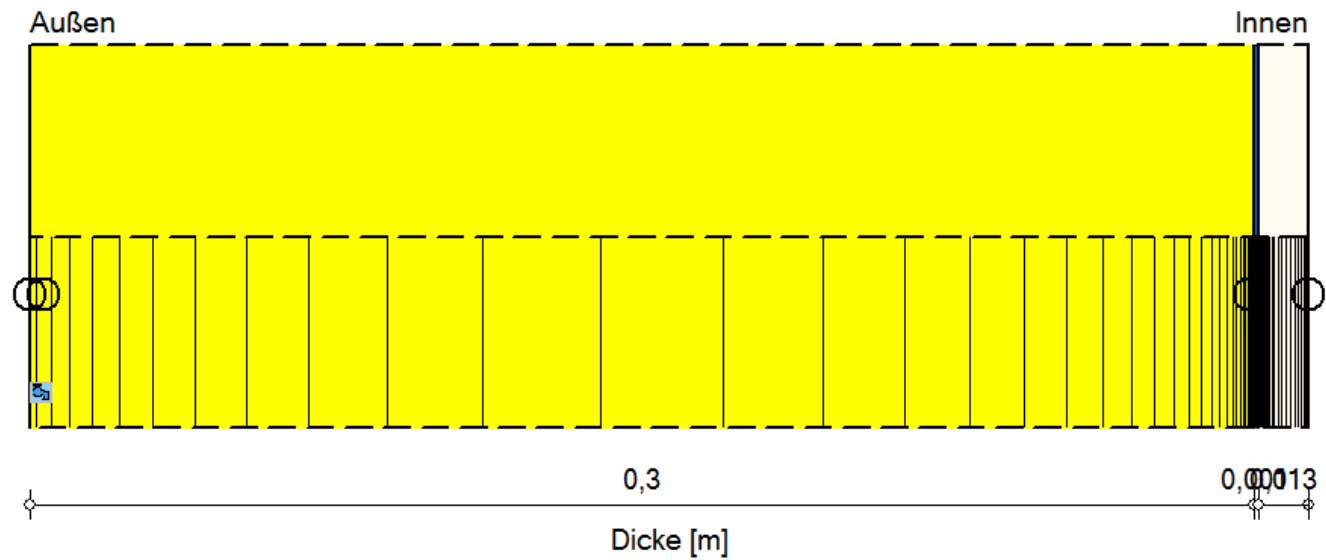
## Vorgehen in WUFI

---

Allgemeine Bewertung der Tauwassermengen in Mineralfaserdämmung (ohne produktspezifische Feuchtespeicherfunktion):

1. Identifizieren der Tauwasserebene mit Hilfe der WUFI® Filmdarstellung (relative Feuchte erreicht 100 %)
2. Abtrennen einer
  - A) 1 cm dicken Schicht im Bereich der Tauwasserebene bei Materialien mit interner Feuchtespeicherfunktion. Empfehlung: Begrenzung der Tauwassermenge auf 200 g/m<sup>2</sup> nach EN 13788 (weitere Grenzwerte siehe Tabelle Grundlagen)
  - B) 1 mm dicken Schicht bei gemessener Feuchtespeicherfunktion bzw. Wasseraufnahme nach EN 12087. Empfehlung: Begrenzung auf die freie Sättigung innerhalb dieser dünnen Teilschicht
3. Neuberechnung und Auswertung des Wassergehaltes dieser Schicht und Vergleich mit Grenzwerten.



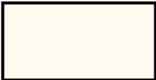
# Beispiel Flachdach



○ - Monitorpositionen

🔦/📄 - Position von Wärme-/Feuchte-Quellen/Senken

## Materialien:

	- Mineralfaser (Wärmeleit.: 0,04 W/mK)	0,3 m
	- Dampfbremse (sd=1m)	0,001 m
	- Gipskartonplatte	0,013 m

# Beispiel Flachdach

---

## Randbedingungen

Standort:	Holzkirchen
Orientierung:	Nord
Neigung:	5°
Kurzwellige Strahlungsabsorption $\alpha$ :	0,8 (dunkel)
Langwellige Strahlungsemission $\varepsilon$ :	0,9
Dachbahn:	$s_d = 300$ m ( $s_d$ -Wert an der Oberfläche)
Regenabsorption:	keine/ausgeschaltet

Innenklima nach EN 15026 mit hoher Feuchtelast

Anfangsbedingung: Ausgleichsfeuchte bei 20°C und 80 % r.F.

Berechnungsstart: Anfang Oktober

# Konvektiver Feuchteeintrag Flachdach

---

Die DIN 68800-2 schreibt die Berücksichtigung des konvektiven Feuchteeintrags bei Holzbaukonstruktionen vor. Hierzu gibt es in WUFI® grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

1. Variable Werte für alle instationären Simulationsverfahren wie z.B. WUFI®
2. Feste Werte für die stationären Bewertungsverfahren wie z.B. Glaser

stationär	instationär
Trocknungsreserve von 100 g/m <sup>2</sup> a (Wand) bzw. 250 g/m <sup>2</sup> a (Dach)	Berechnung des Feuchteeintrags über Infiltrationsmodell IBP (Zirkelbach et.al., 2009)

Zirkelbach, et.al.; 2009: Dampfkonvektion wird berechenbar – Instationäres Modell zur Berücksichtigung von konvektivem Feuchteeintrag bei der Simulation von Leichtbaukonstruktionen

# Konvektiver Feuchteintrag Flachdach

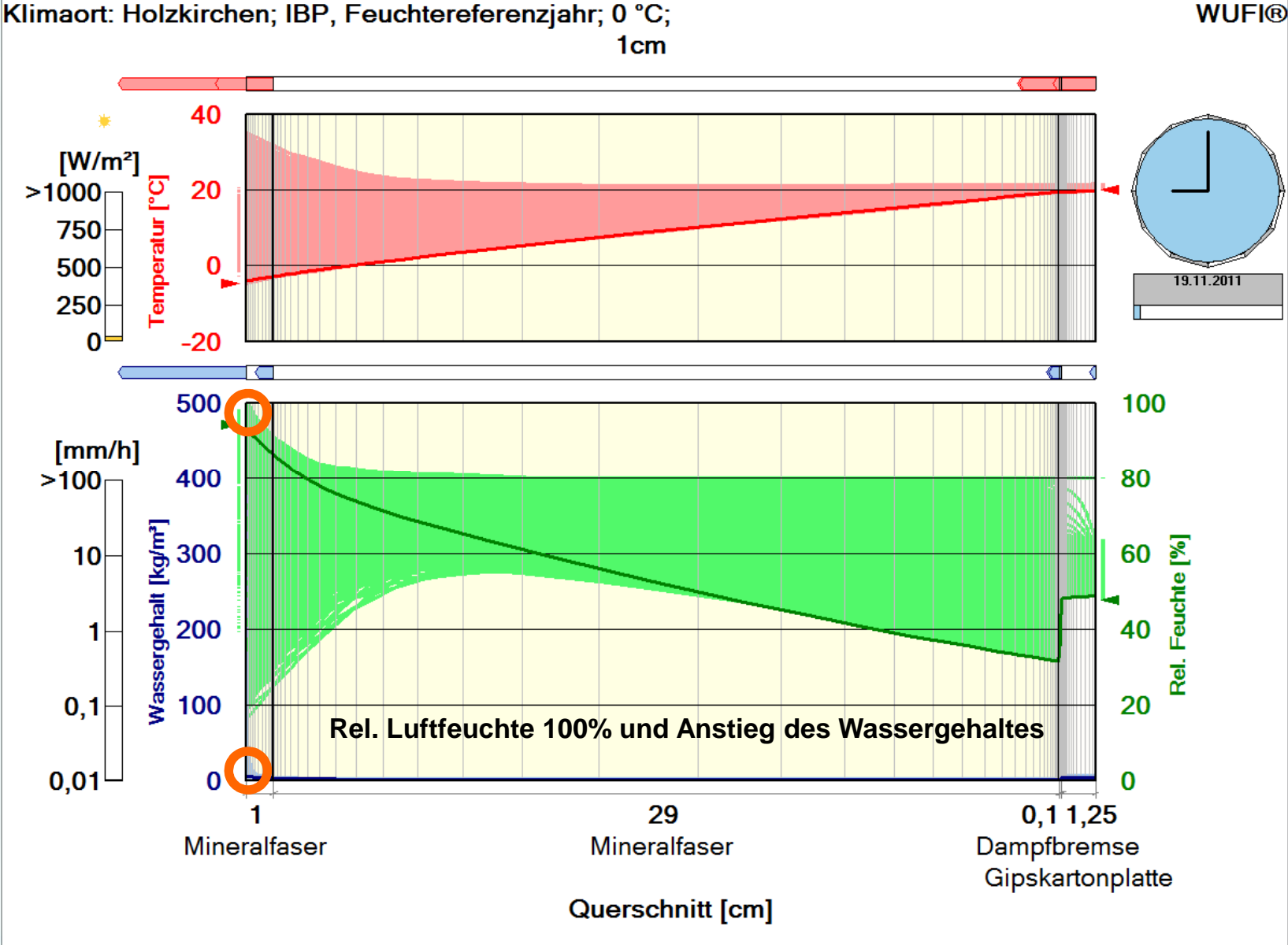
---

Da es sich bei der hygrothermischen Simulation um ein instationäres Verfahren handelt wird das Luftinfiltrationsmodell des IBP mit folgenden Randbedingungen verwendet.

Für das Beispiel werden angenommen:

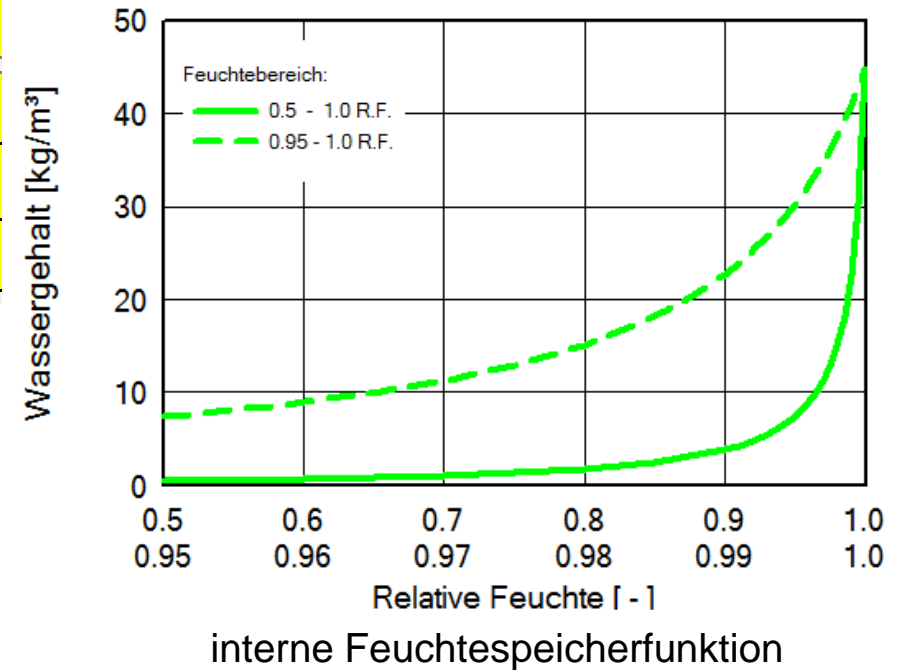
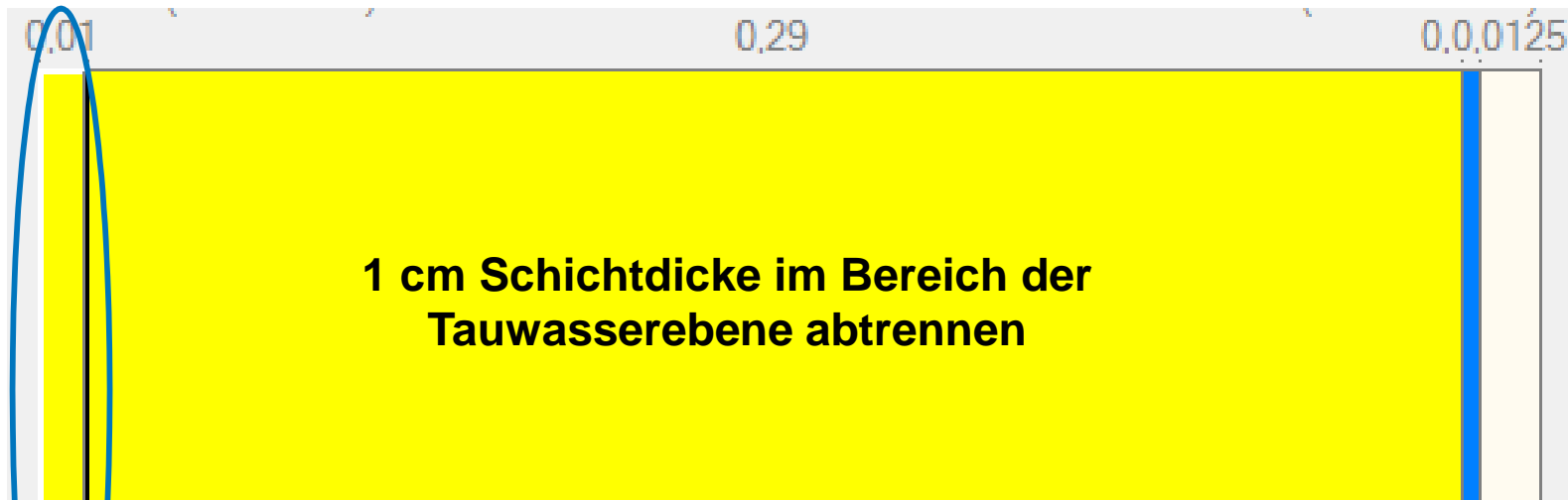
- Höhe des zusammenhängenden beheizten Luftraumes: 5 m
- Luftdichtigkeitsklasse: B ( $q_{50} = 3\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ )
- Quellbereich: äußere 5 mm der Dämmung

# Beispiel Filmbetrachtung Flachdach

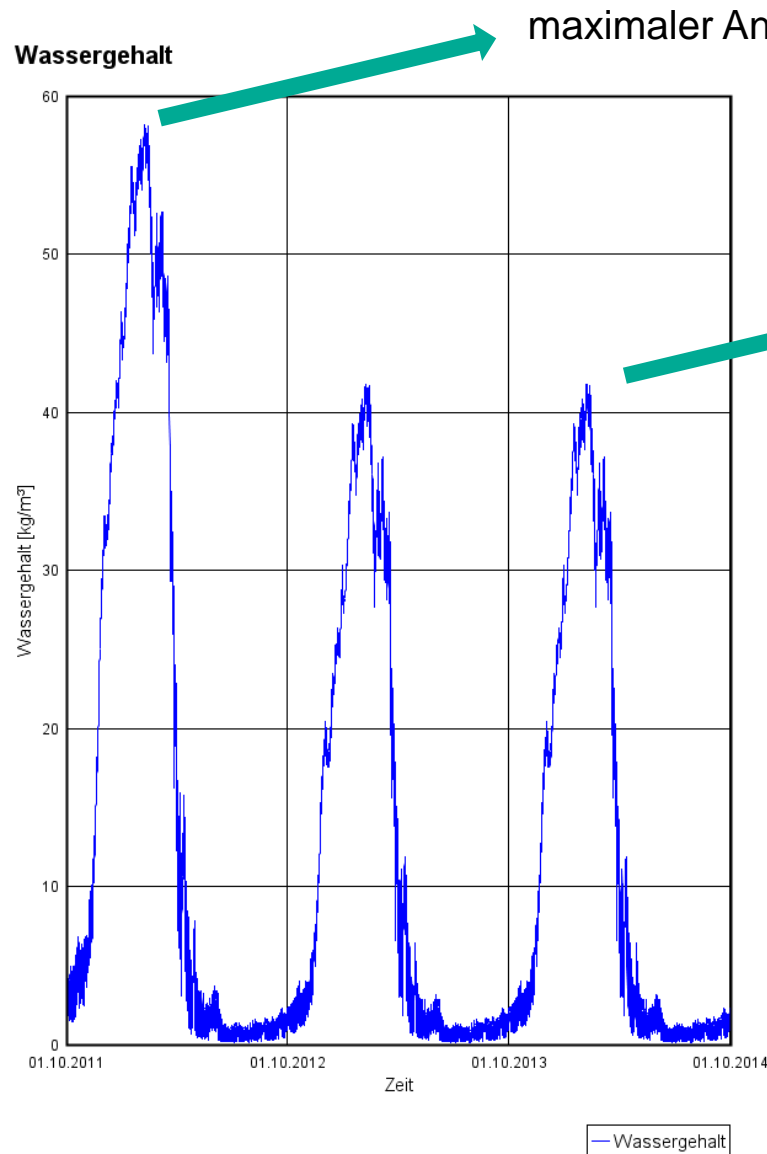




# Beispiel A unbekannte freie Sättigung



# Beispiel A unbekannte freie Sättigung

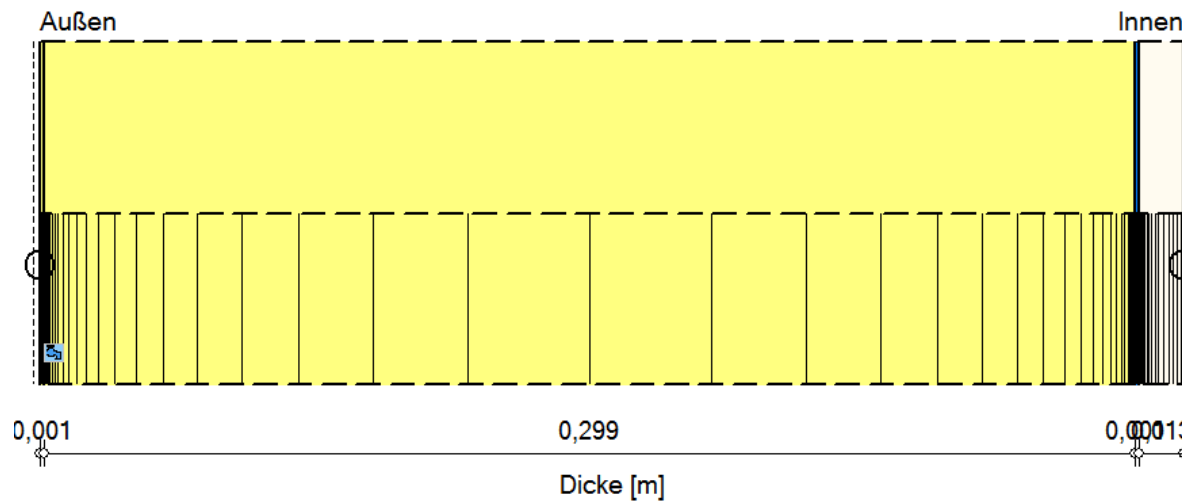


$$42 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,01 \text{ m (Schichtdicke)} = 0,420 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \underline{420 \frac{\text{g}}{\text{m}^2}}$$

$$420 \text{ g/m}^2 > 200 \text{ g/m}^2$$

**! Zulässige TW-Menge wird überschritten => Ablaufen möglich**

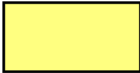
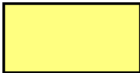

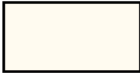
# Beispiel B bekannte freie Sättigung



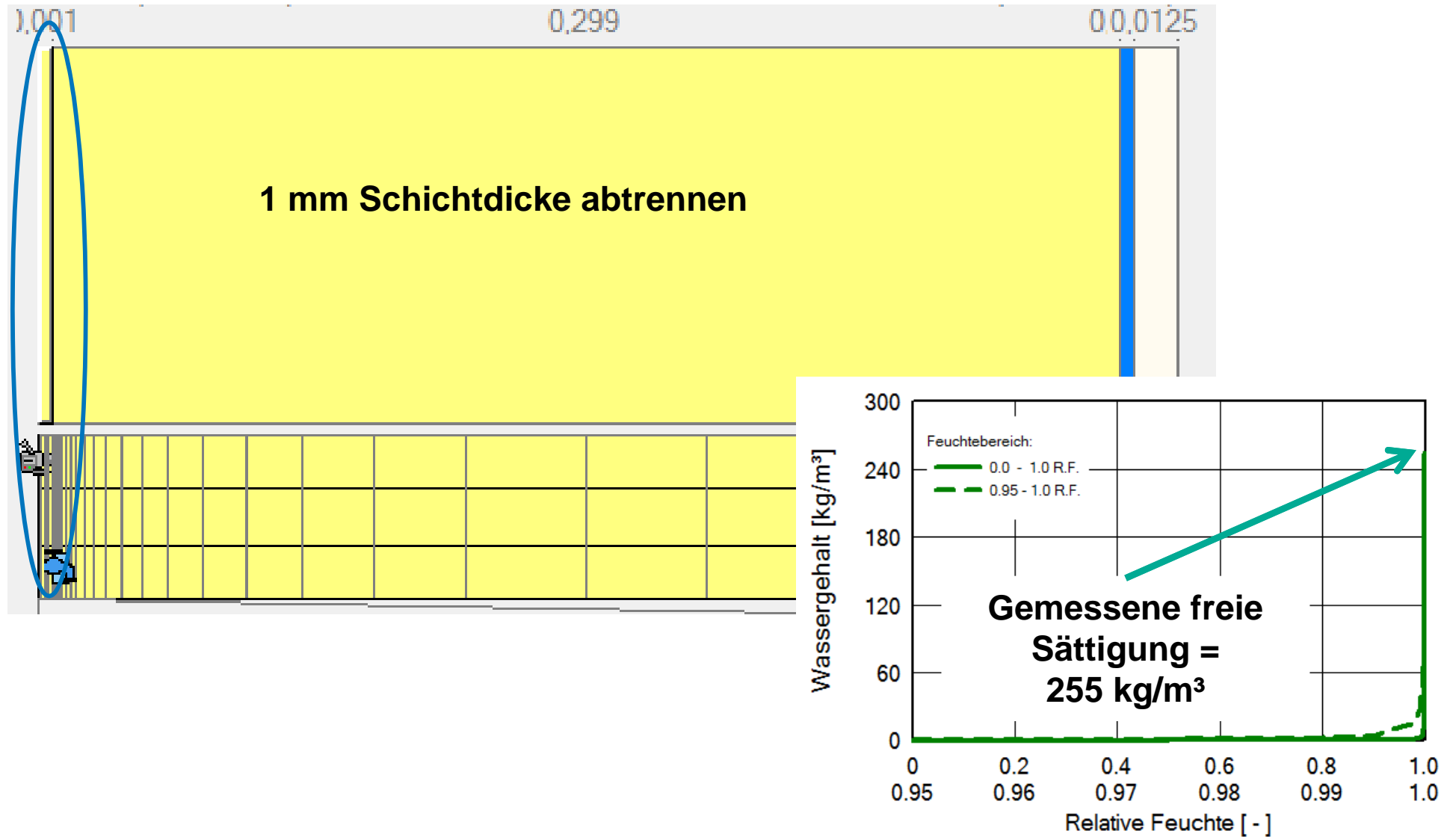
○ - Monitorpositionen

🔥/❄️ - Position von Wärme-/Feuchte-Quellen/Senken

## Materialien:

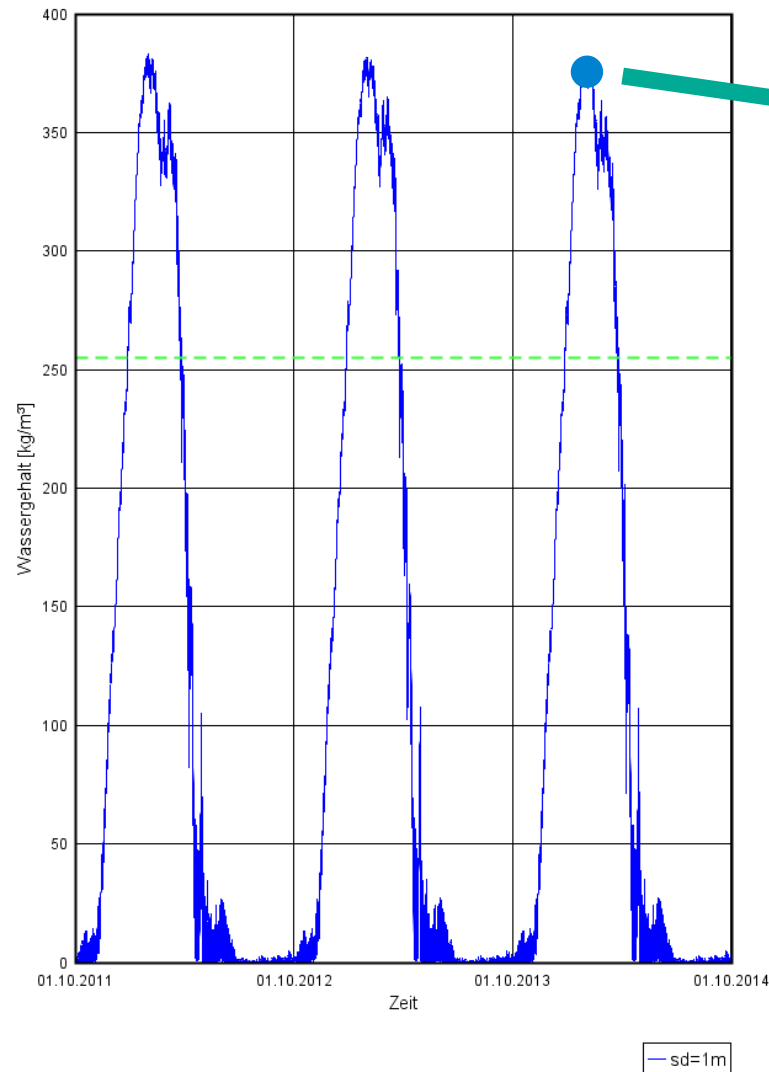
	- *Mineralfaser gemessen 0,035	0,001 m
	- *Mineralfaser gemessen 0,035	0,299 m
	- Dampfbremse (sd=1m)	0,001 m
	- Gipskartonplatte	0,013 m

# Beispiel B bekannte freie Sättigung



# Beispiel B bekannte freie Sättigung

Wassergehalt Mineralwolle



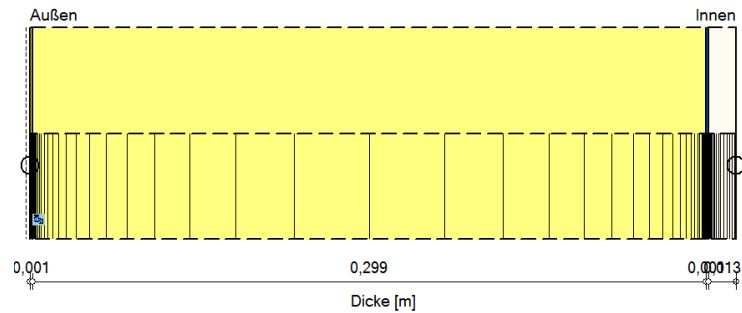
Maximaler Wassergehalt = 380 kg/m<sup>3</sup>

$$380 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} > 255 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Überschreitung  
der freien Sättigung  
bzw. der Wasser-  
menge, die die Faser  
zurückhalten kann.

**! Grenzwert überschritten**

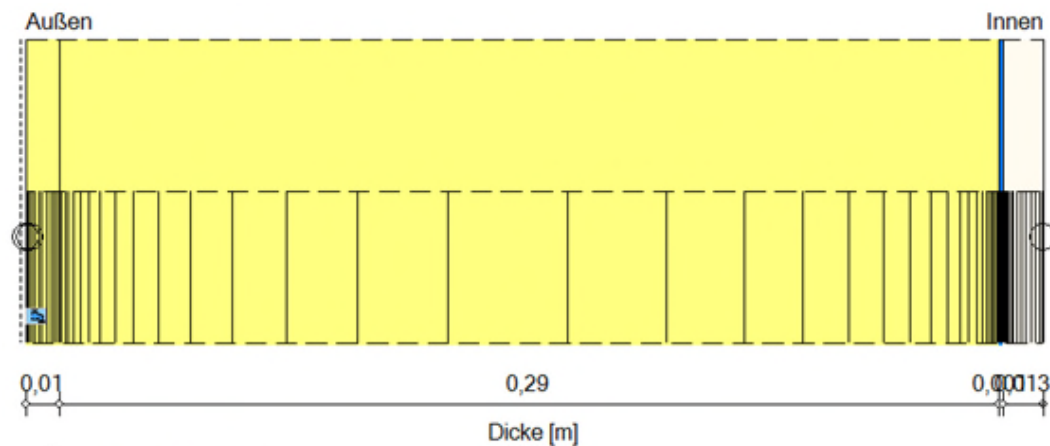
# Beispiel B bekannte freie Sättigung



- - Monitorpositionen
- ☀/☔ - Position von Wärme-/Feuchte-Quellen/Senken

### Materialien:

	- *Mineralfaser gemessen 0,035	0,001 m
	- *Mineralfaser gemessen 0,035	0,299 m
	- Dampfbremse (sd=1m)	0,001 m
	- Gipskartonplatte	0,013 m



- - Monitorpositionen
- ☀/☔ - Position von Wärme-/Feuchte-Quellen/Senken

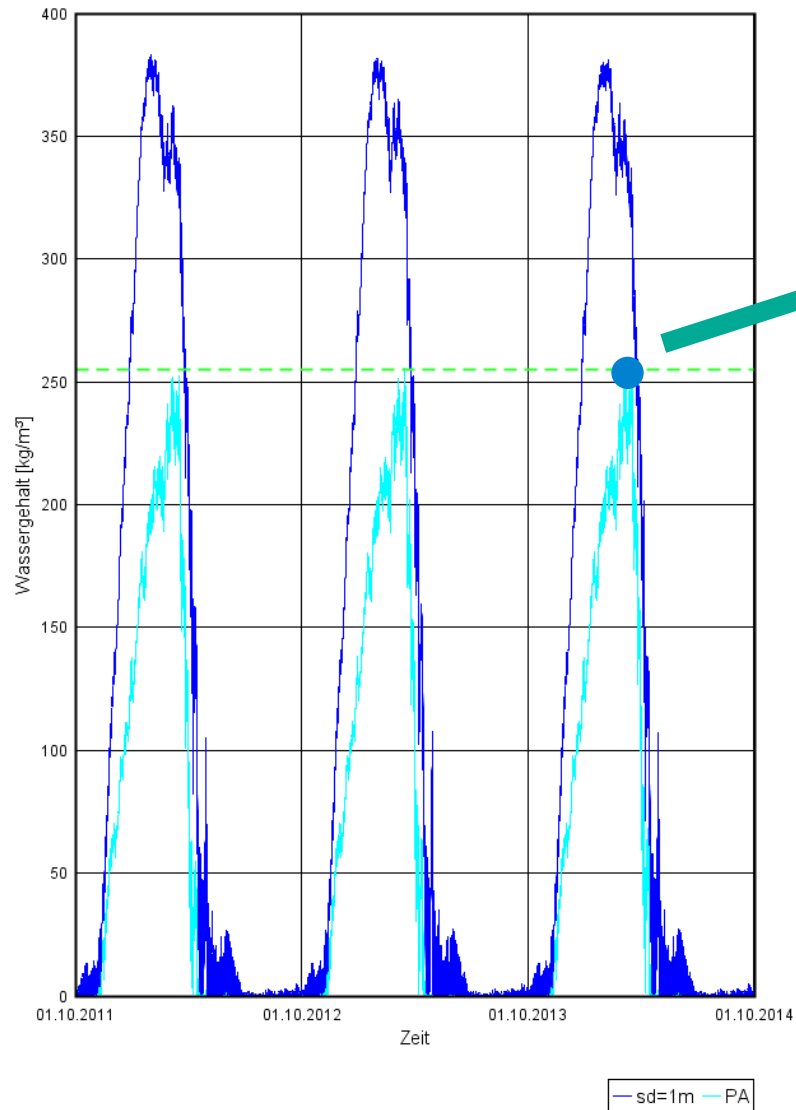
### Materialien:

	- *Mineralfaser gemessen 0,035	0,001 m
	- *Mineralfaser gemessen 0,035	0,299 m
	- PA-Folie	0,001 m
	- Gipskartonplatte	0,013 m

Austausch der Dampfbremse,  
gegen eine feuchtevariable  
Variante

# Beispiel B bekannte freie Sättigung

Wassergehalt Mineralwolle

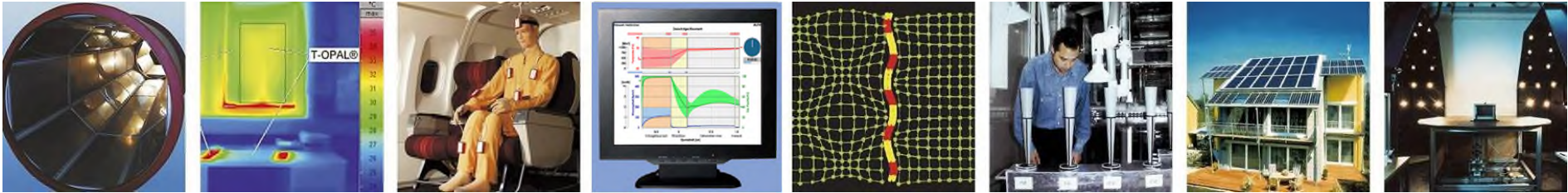


Maximaler Wassergehalt = 253 kg/m<sup>3</sup>

$$253 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} < 255 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Keine Überschreitung der freien Sättigung bzw. der Wassermenge, die die Faser zurückhalten kann.

✓ Ok kein ablaufendes Tauwasser



WUFI® How to

# Tauwasserauswertung in hydrophoben Mineralfaserdämmungen