

**WUFI® How to**

# **Tauwasserauswertung in hydrophoben Mineralfaserdämmungen**

**Stand: 2016-11**

1. Grundlagen
2. Vorgehen in WUFI®
3. Beispiel
4. Grenzwert Sammlung

DIN 4108 - 3 und DIN EN ISO 13788 schreiben einen Feuchteschutznachweis vor.

Dies bedeutet im Glaser-Kontext entweder die Feststellung der Tauwasserfreiheit oder die Kontrolle der Tauwassermenge einer Konstruktion. Fällt innerhalb einer Konstruktion weniger Tauwasser aus als zulässig und kann dieses während der Sommermonate wieder austrocknen wäre das Bauteil zulässig.

Für die stationären Verfahren sind jedoch einige Vereinfachungen notwendig. Die wichtigsten sind:

- 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

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 gebunden ist. Die Feuchtespeicherfunktion beschreibt dabei den Zusammenhang zwischen dem Wassergehalt im Baustoff und der relativen Feuchte der Umgebung.

Im hygroskopischen 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.

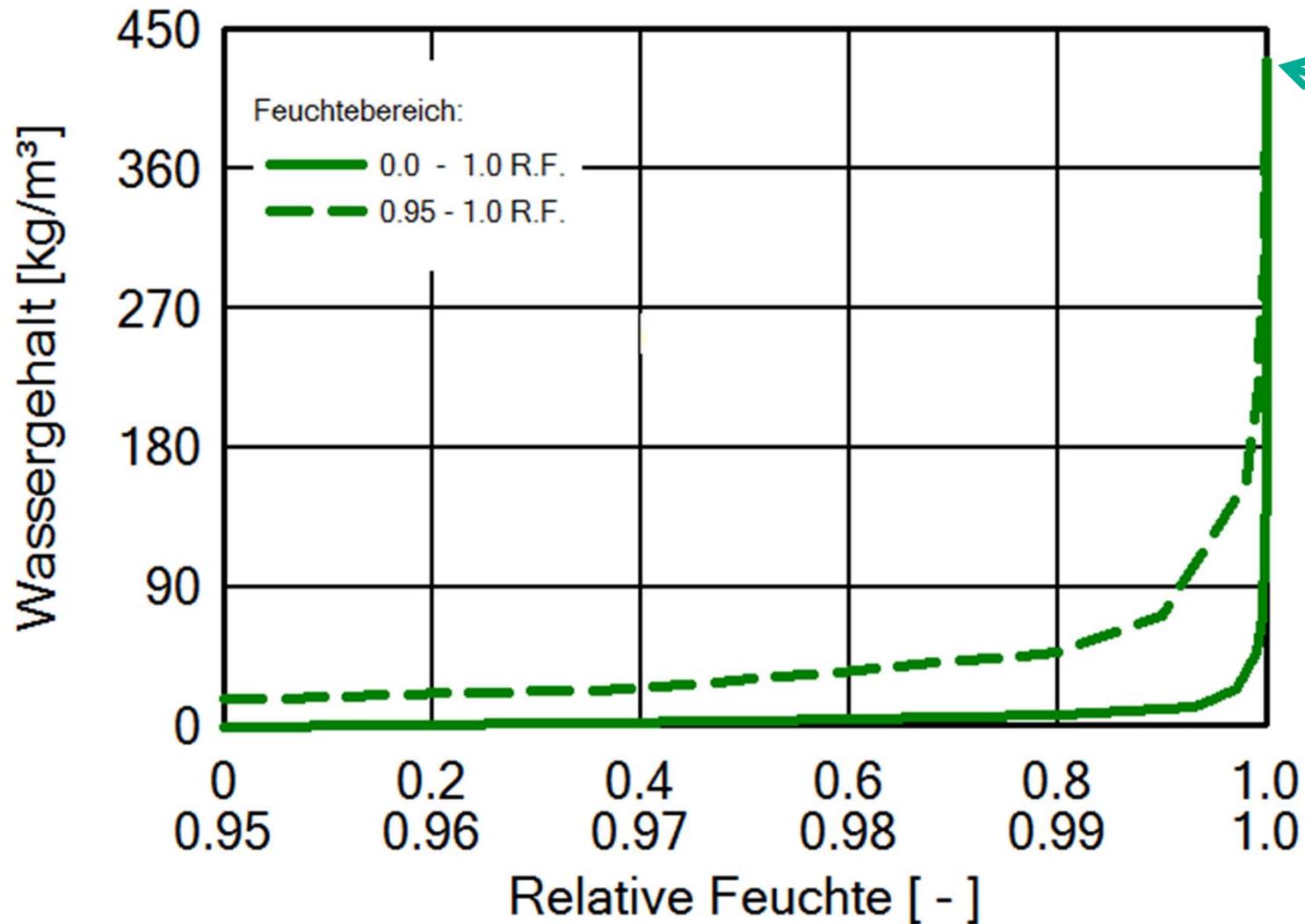
Bei Faserdämmstoffen ist keine klare Abgrenzung von Kapillarwasser- und Übersättigungsbereich nur schwer möglich. Vor allem bei Materialien mit nur sehr feinen Hohlräumen zwischen den Fasern wird bei Überschreiten der Fasersättigung das Abfließen des Wassers auch durch die Faserstruktur und nicht nur 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 gänzlich ungebundenes Wasser abfließen zu lassen. Danach die Menge des aufgenommenen und in der Probe verbleibenden Wassers ermittelt.

Auch wenn der so ermittelte Feuchtegehalt nicht genau der klassischen Definition der freien Sättigung entspricht, kann er doch vereinfacht für die freie Wassersättigung herangezogen werden, da er die Menge repräsentiert, die in der Faser verbleibt ohne infolge des Schwerkrafteinflusses herauszufließen.

# Grundlagen: Feuchtespeicherfunktion (Mineralwolle)

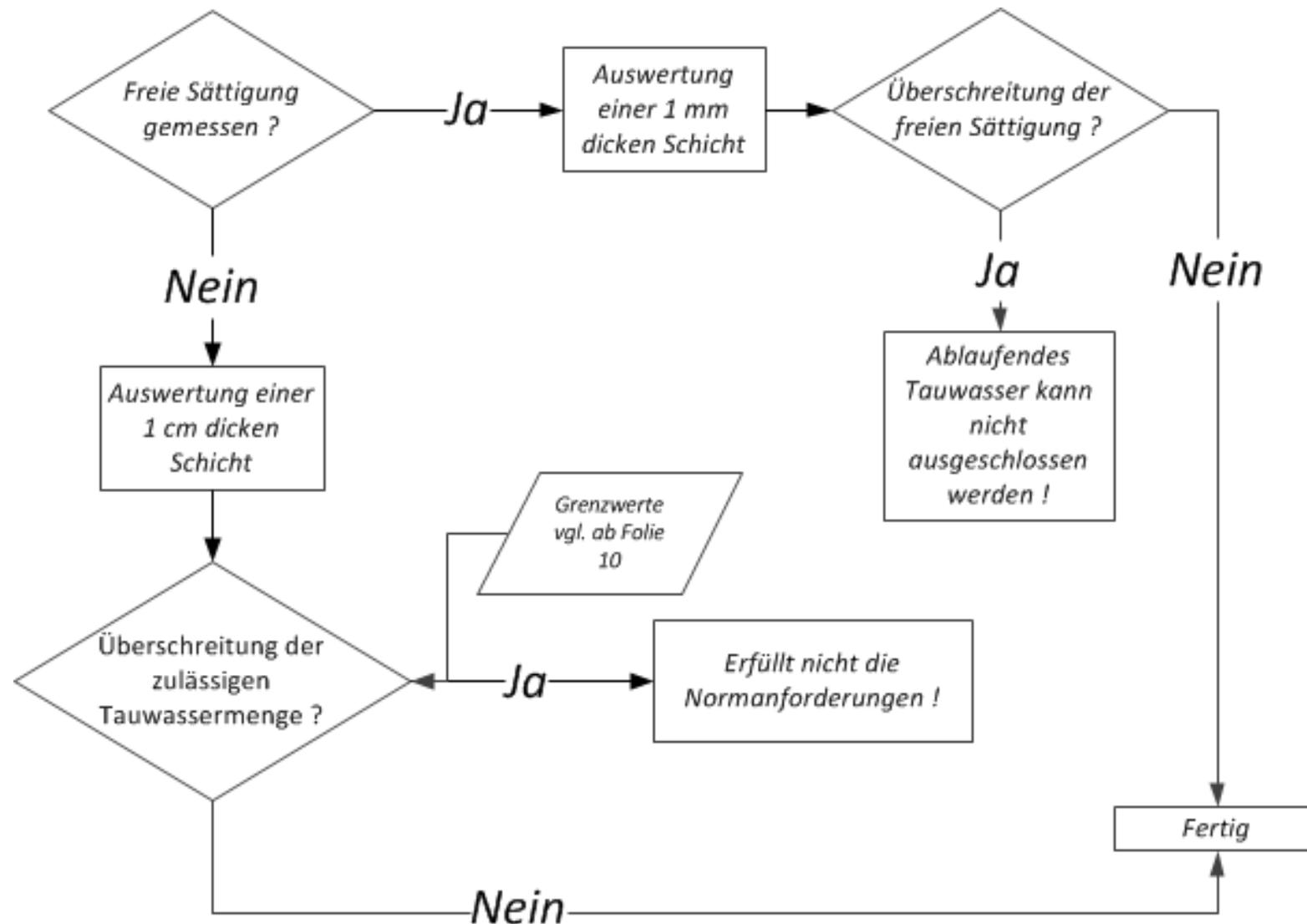


freie Sättigung in  
Anlehnung an die  
„Wasseraufnahme bei  
langzeitigem  
Eintauchen“ nach  
EN 12087

Zusammenfassend können daher zwei Fälle und die zugehörigen Auswertekriterien unterschieden werden:

1. Freie Sättigung wurde gemessen -> freie Sättigung ( $\text{kg/m}^3$ ) ist der Grenzwert für die Auswertung in einer 1 mm dicken Schicht
2. Freie Sättigung wurde nicht gemessen -> die maximal zulässigen Tauwassermengen ( $\text{kg/m}^2$ ) der Norm werden als Grenzwert einer 1 cm dicken Schicht verwendet

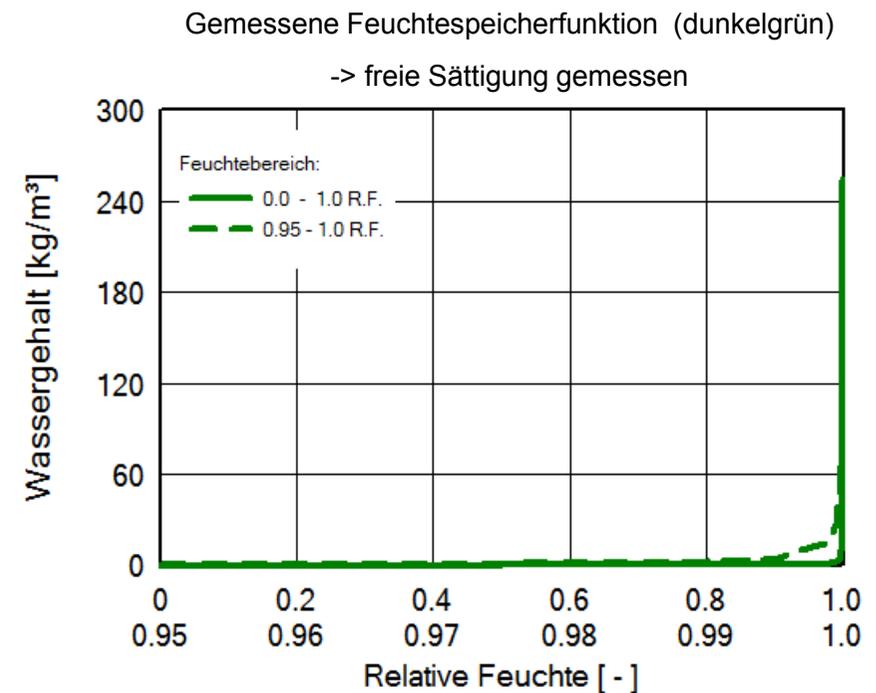
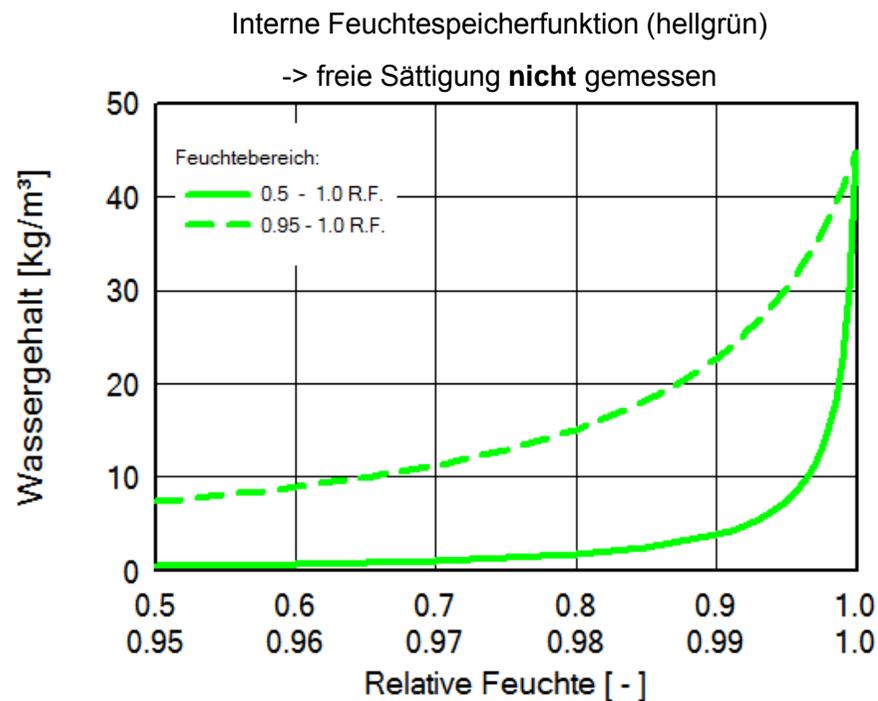
# Grundlagen: Tauwasserbeurteilung hydrophober Faserdämmstoffe



## Grundlagen: Feuchtespeicherfunktion (Mineralwolle)

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)



## Vorgehen in WUFI

---

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

1. Identifizieren der Tauwasserebene mit Hilfe der WUFI® Filmdarstellung (relative Feuchte erreicht die 100%)
2. Abtrennen einer
  - A) 1 cm dicken Schicht im Bereich der Tauwasserebene bei unbekanntem Materialeigenschaften bzw. einer
  - B) 1 mm dicken Schicht bei gemessener Feuchtespeicherfunktion
3. Neuberechnung und Auswertung des Wassergehaltes dieser Schicht und Vergleich mit Grenzwerten.  
Vorschlag: Begrenzung auf 200 g/m<sup>2</sup> nach EN 13788  
(derzeit uneinheitliche Vorgaben - vgl. nachfolgende Tabelle)

**Hinweis:** An Bauteiloberflächen (innen oder außen) kann die Tauwassermenge nicht direkt ermittelt werden. Z.B. zur Berechnung der Tauwassermengen auf WDVS-Fassaden muss eine geeignete Funktionsschicht eingefügt werden, die das Wasser aufnehmen kann, ohne die sonstigen Verhältnisse zu verändern.

---

# Sammlung Grenzwerte Tauwassermenge

<b>DIN EN ISO 13788: 2012</b>	
Maximale Tauwassermenge um das Ablauen 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	< 500 g/m <sup>2</sup>
Beschränkung der massebezogenen Feuchtezunahme Mit: a = 0,03 (Holzwerkstoffe); a=0,05 (Holz)	$\Delta M < a * \text{Dicke} * \rho$
<b>BSI 5250: 2011 (Britischer Standard)</b>	
Feiner Nebel der nicht abläuft oder abtropft	< 30 g/m <sup>2</sup>
Tropfenbildung und Ablauen an senkrechten Oberflächen	< 30 – 50 g/m
Bildung großer Tropfen und Ablauen 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>

## Sammlung Grenzwerte Tauwassermenge

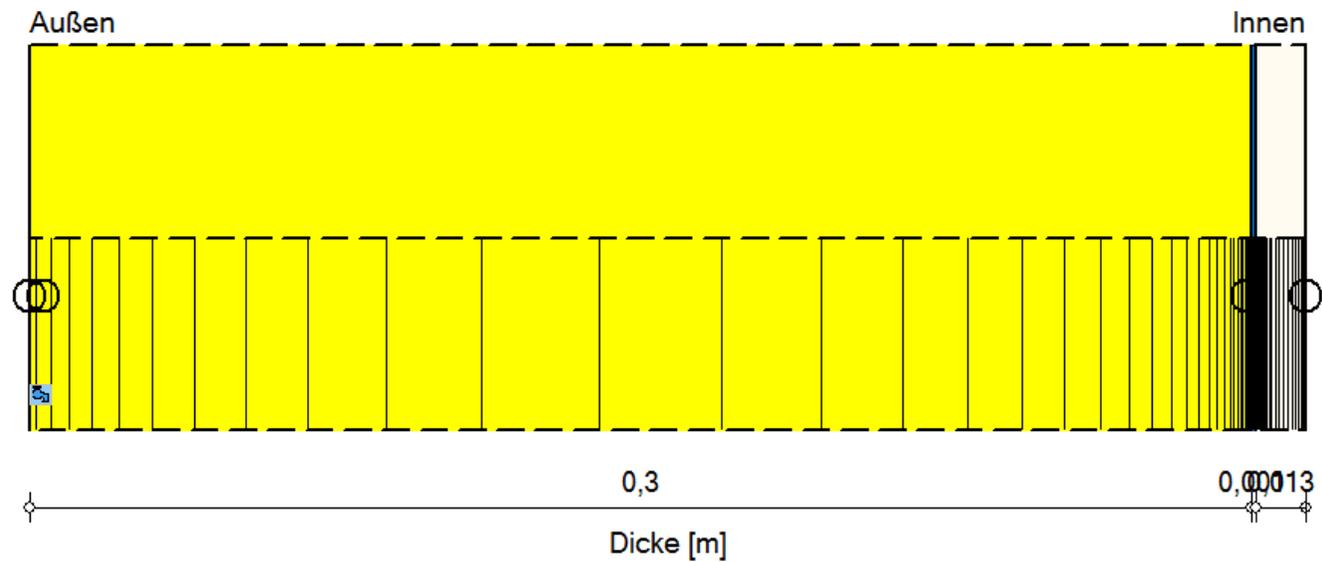
---

### 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°

# 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°
$\alpha$ :	0,8 (dunkel)
$\varepsilon$ :	0,9
Dachbahn:	$s_d = 300$ m ( $s_d$ -Wert an der Oberfläche)
Regenabsorption:	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 Feuchteintrags bei Holzbaukonstruktionen vor. Hierzu gibt es in WUFI® grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

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

stationär	instationär
100 bzw. 250g/m <sup>2</sup> a	Hilfe des Infiltrationsmodells des IBP (Zirkelbach et.al., 2009
Trocknungsreserve	

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

# Konvektiver Feuchteintrag Flachdach

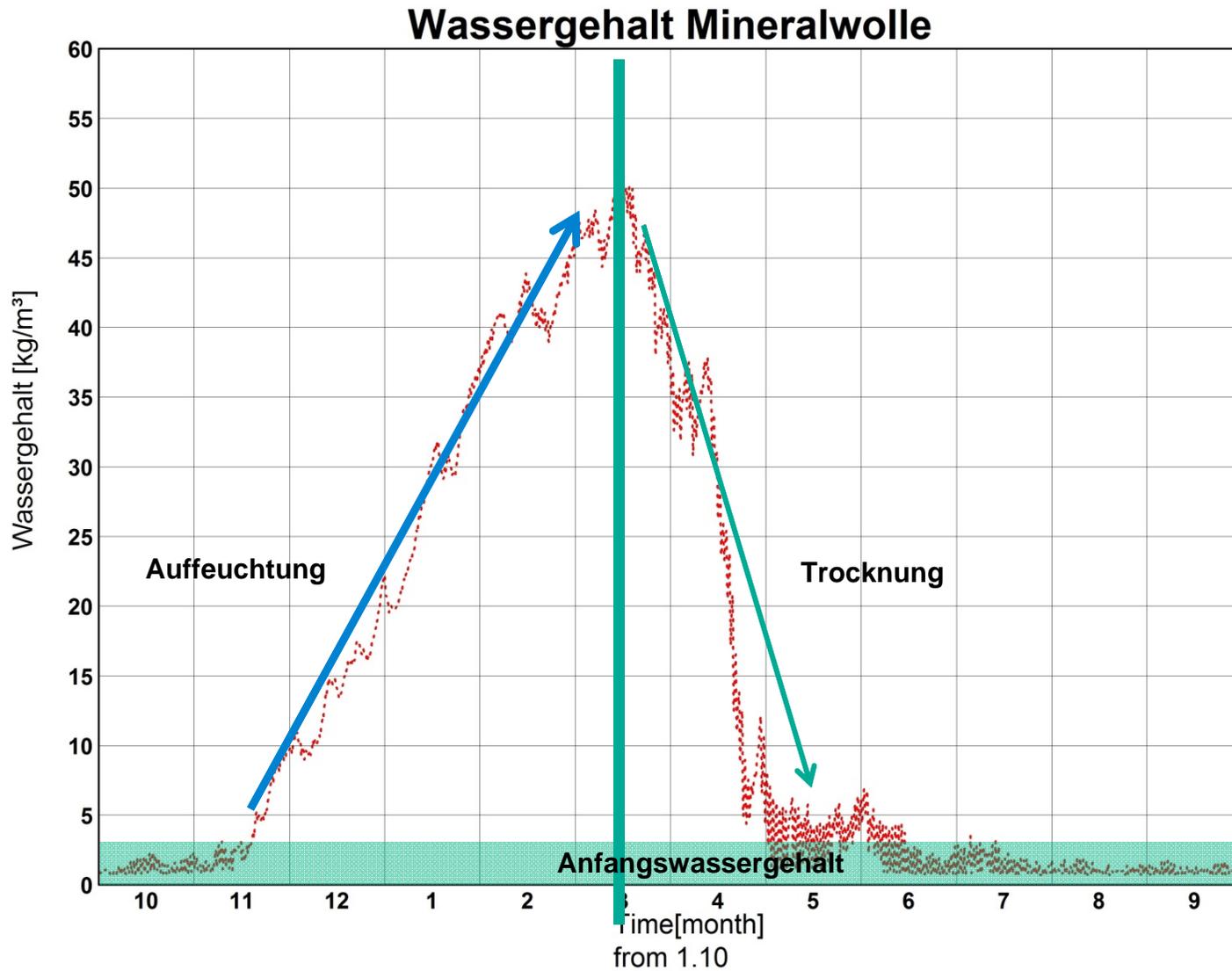
---

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

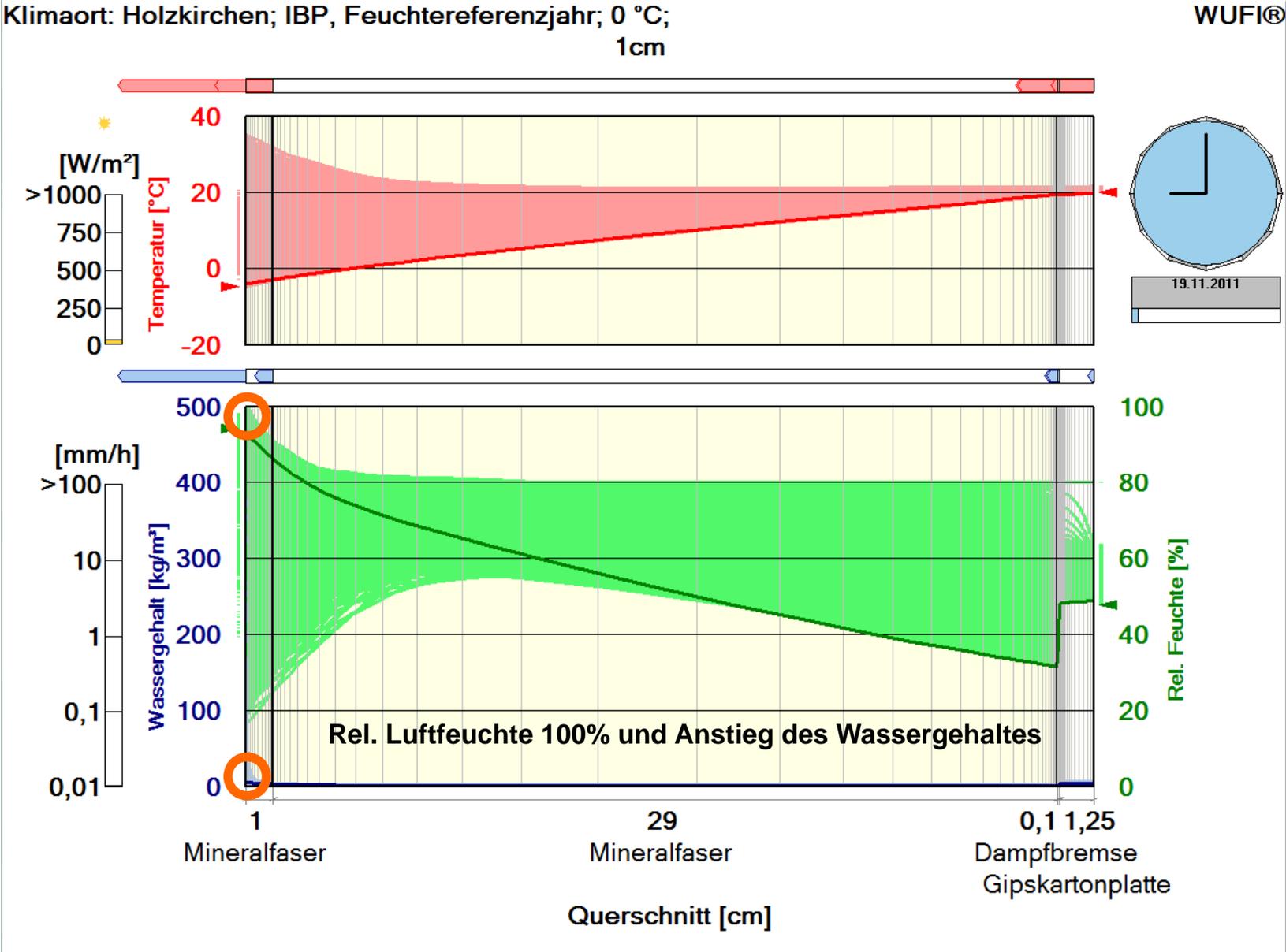
Für das Beispiel werden angenommen:

- Gebäudehöhe = 5 m
- Luftdichtheitsklasse B
- Quellbereich: äußere 5 mm der Dämmung

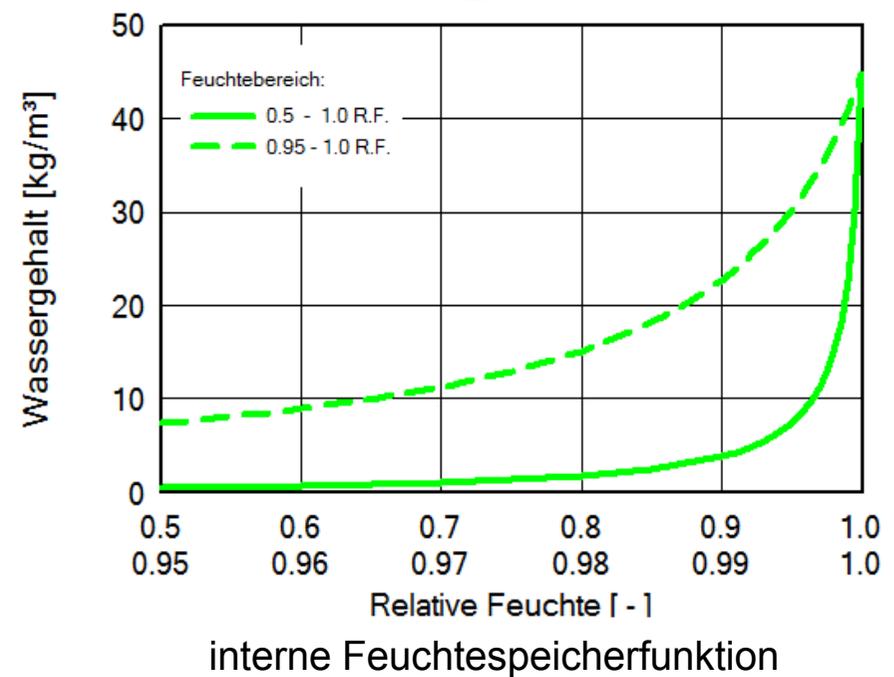
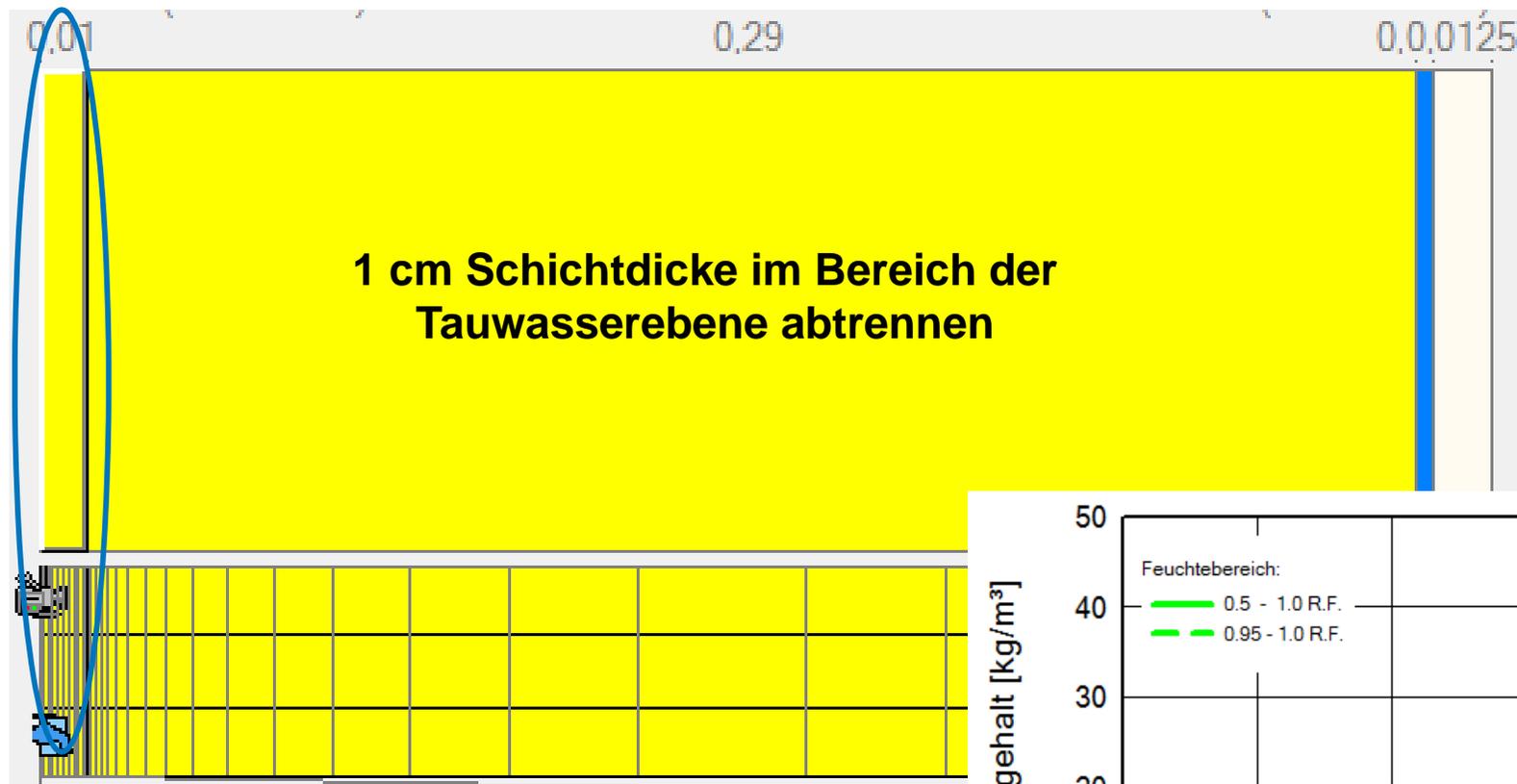
# Schematischer Verlauf des Wassergehaltes



# Beispiel Filmbetrachtung Flachdach

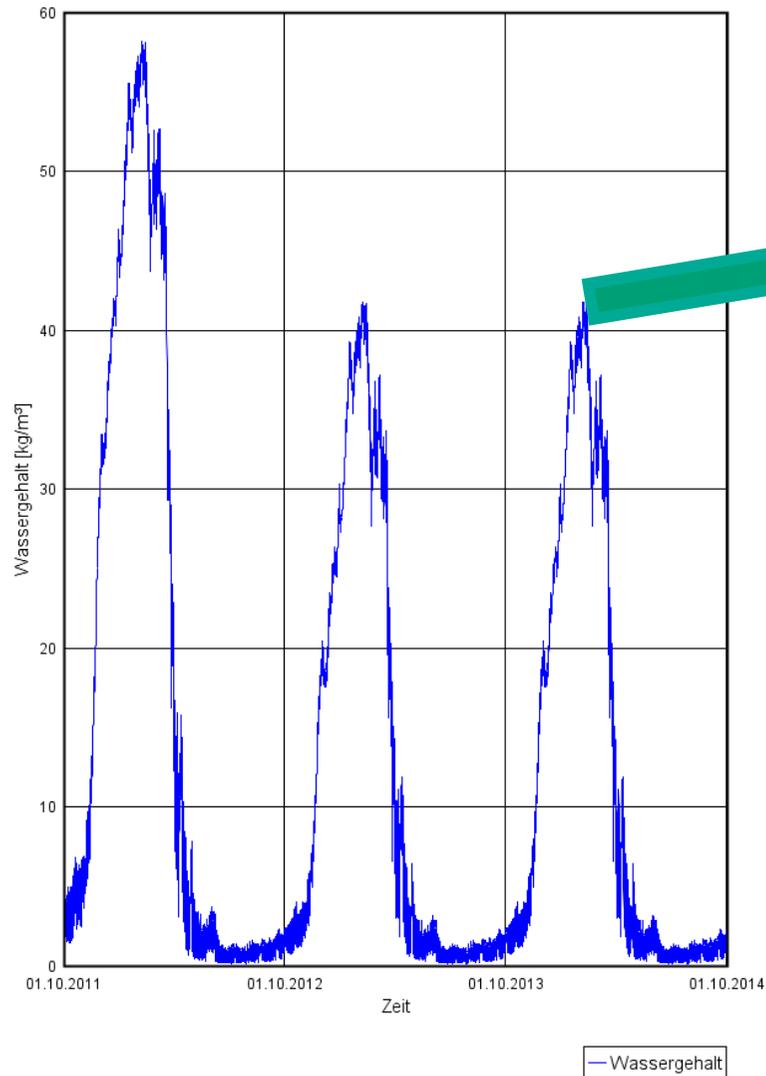


# Beispiel A unbekannte freie Sättigung



# Beispiel A unbekannte freie Sättigung

Wassergehalt



Maximaler Wassergehalt (eingeschwungen)  
= 42 kg/m<sup>3</sup>

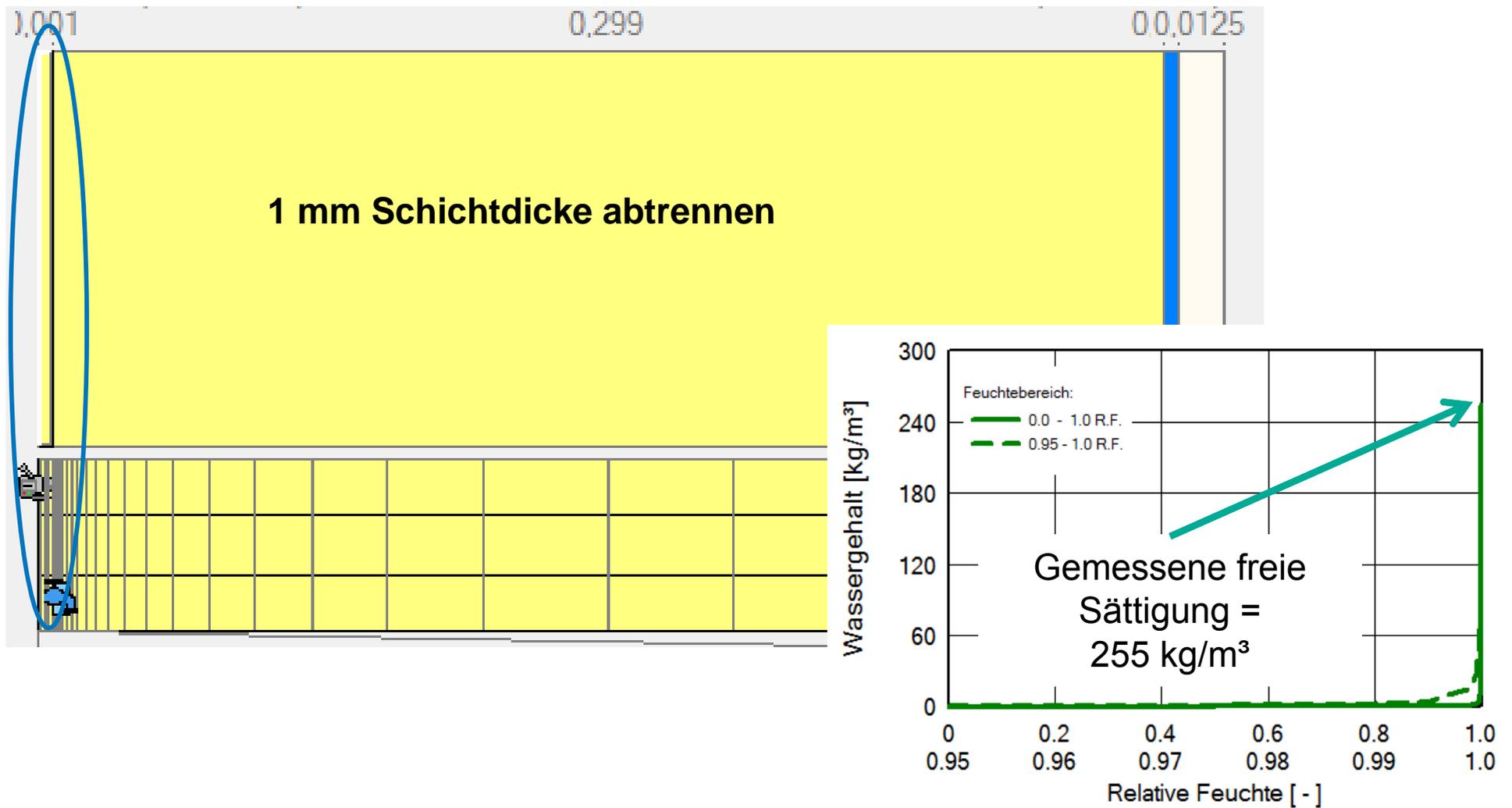
$$42 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,01\text{m (Schichtdicke)} = 0,420 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \underline{420 \frac{\text{g}}{\text{m}^2}}$$

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

! Zulässige TW-Menge wird überschritten => ablaufen möglich



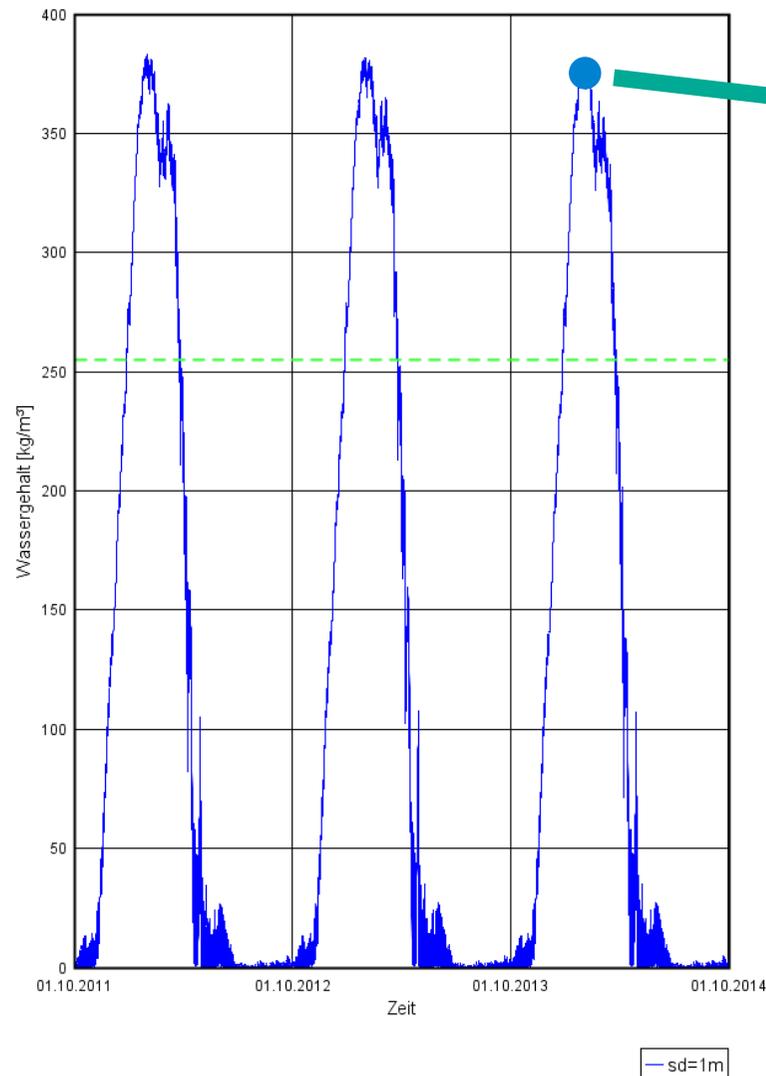
## Beispiel B bekannte freie Sättigung



**Hinweis:** Die Randbedingungen sowie die Tauwasserebene bleiben gegenüber dem vorigen Beispiel unverändert.

# Beispiel B bekannte freie Sättigung

Wassergehalt Mineralwolle



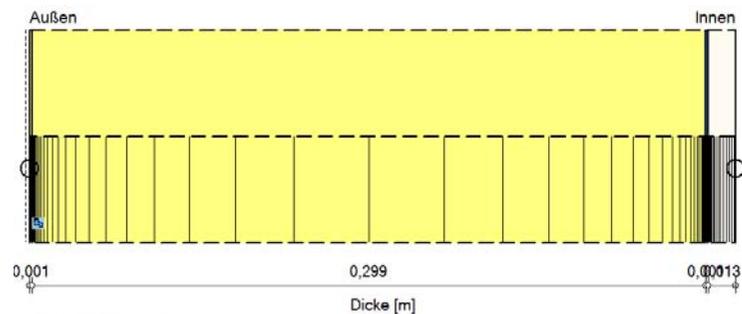
Maximaler Wassergehalt =  $380 \text{ kg/m}^3$

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

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

! Grenzwert überschritten

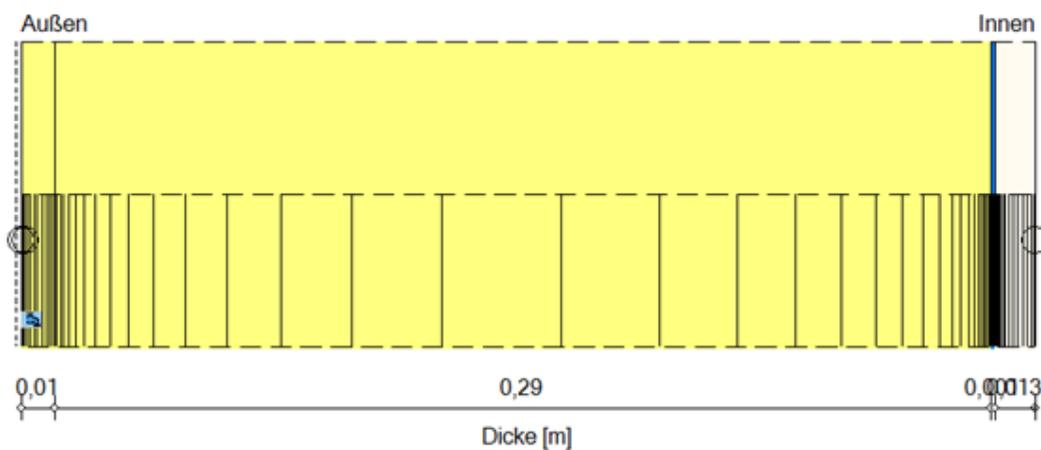
# Beispiel B bekannte freie Sättigung



- - 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

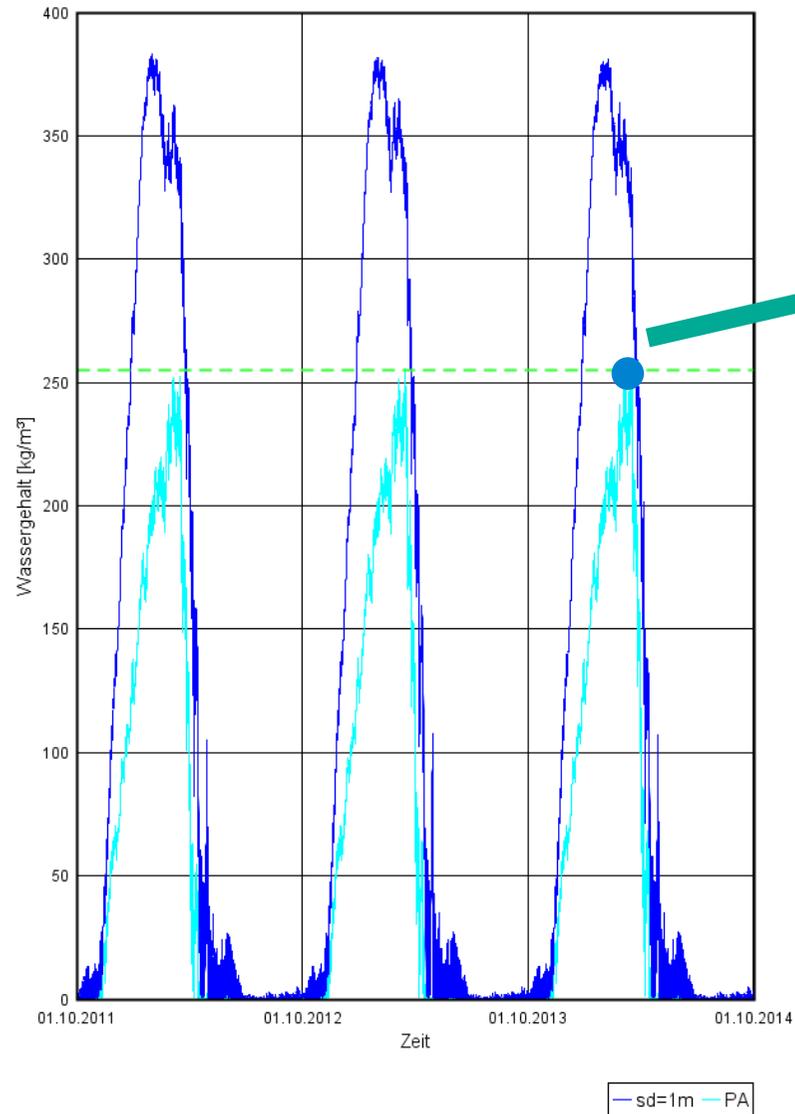
**Materialien:**

- \*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

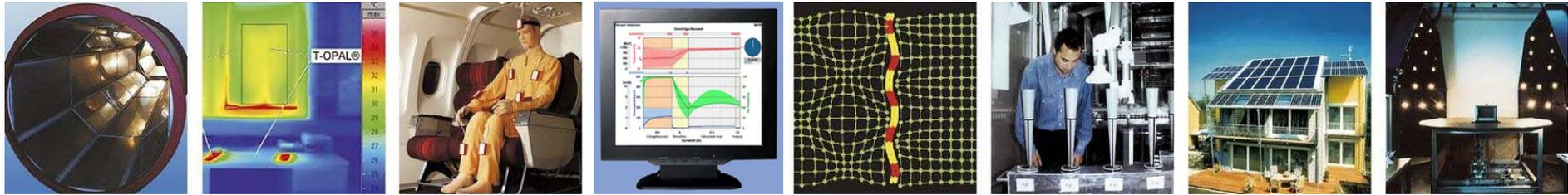


Maximaler Wassergehalt = 253 kg/m<sup>3</sup>

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

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

✓ Ok kein ablaufendes Tauwasser



WUFI® How to

# Tauwasserauswertung in hydrophoben Mineralfaserdämmungen