

WUFI® How to

Tauwasserauswertung

1. Grundlagen

2. Vorgehen in WUFI

3. Beispiel

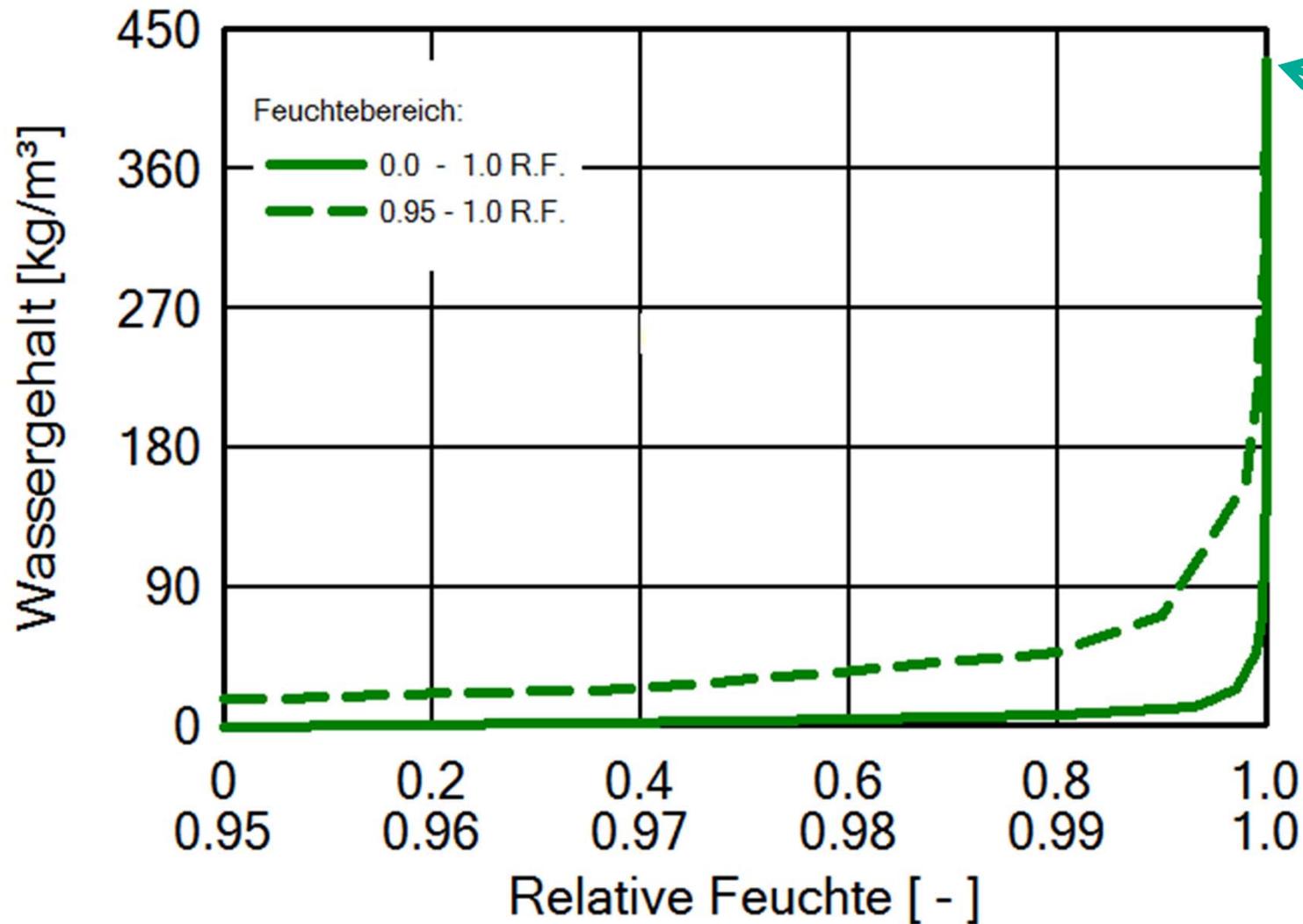
4. Grenzwert Sammlung

- Die Normen DIN 4108 - 3 und DIN EN ISO 13788 schreiben eine Feuchteschutznachweis vor. Dies bedeutet 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 ist eine Konstruktion aus Sicht der Normung zulässig.
- Für diese stationären Verfahren sind jedoch einige Vereinfachungen notwendig, die wichtigsten sind:
 - Blockrandbedingungen d.h. konstante Klimabedingungen (Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit) auf beiden Seiten
 - 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 „Tauwasser“ bei sorptionsfähigen Materialien nicht automatisch flüssiges Wasser innerhalb der Taupunktebene bedeutet.
- In WUFI beschreibt die Feuchtespeicherfunktion den Zusammenhang zwischen dem Wassergehalt im Baustoff und der Umgebungsfeuchte. Sie kann als Maß der Sorptionsfähigkeit verwendet werden. Sie wird nachfolgend verwendet um die *freie Sättigung* zu veranschaulichen. Im Kapillarwasserbereich zwischen 95% - 100% R.F. ist in den Porenräumen bereits flüssiges Wasser vorhanden, welches aber durch die Kapillarkräfte in der Pore „gebunden“ wird. Ungebundenes flüssiges „Tauwasser“ kann im engeren Sinne erst ausfallen, wenn die *freie Sättigung* eines Stoffes erreicht wird.

- Bei Faserdämmstoffen ist keine klare Abgrenzung von Kapillarwasser- und Übersättigungsbereich möglich. Bei dieser Stoffgruppe wird ein Abfließen des Wassers durch die Faserstruktur und nicht durch die Kapillarkräfte behindert.
- Für die Bestimmung der Materialeigenschaften wird die Wasserrückhaltekapazität durch Unterwasser - Lagerung ermittelt. Vor der Wägung kann das überschüssige Wasser der Probe abtropfen (nach EN 12087).
- Näherungsweise kann dieser Wert für die freie Wassersättigung verwendet werden, auch wenn er nicht genau der klassischen Definition entspricht.

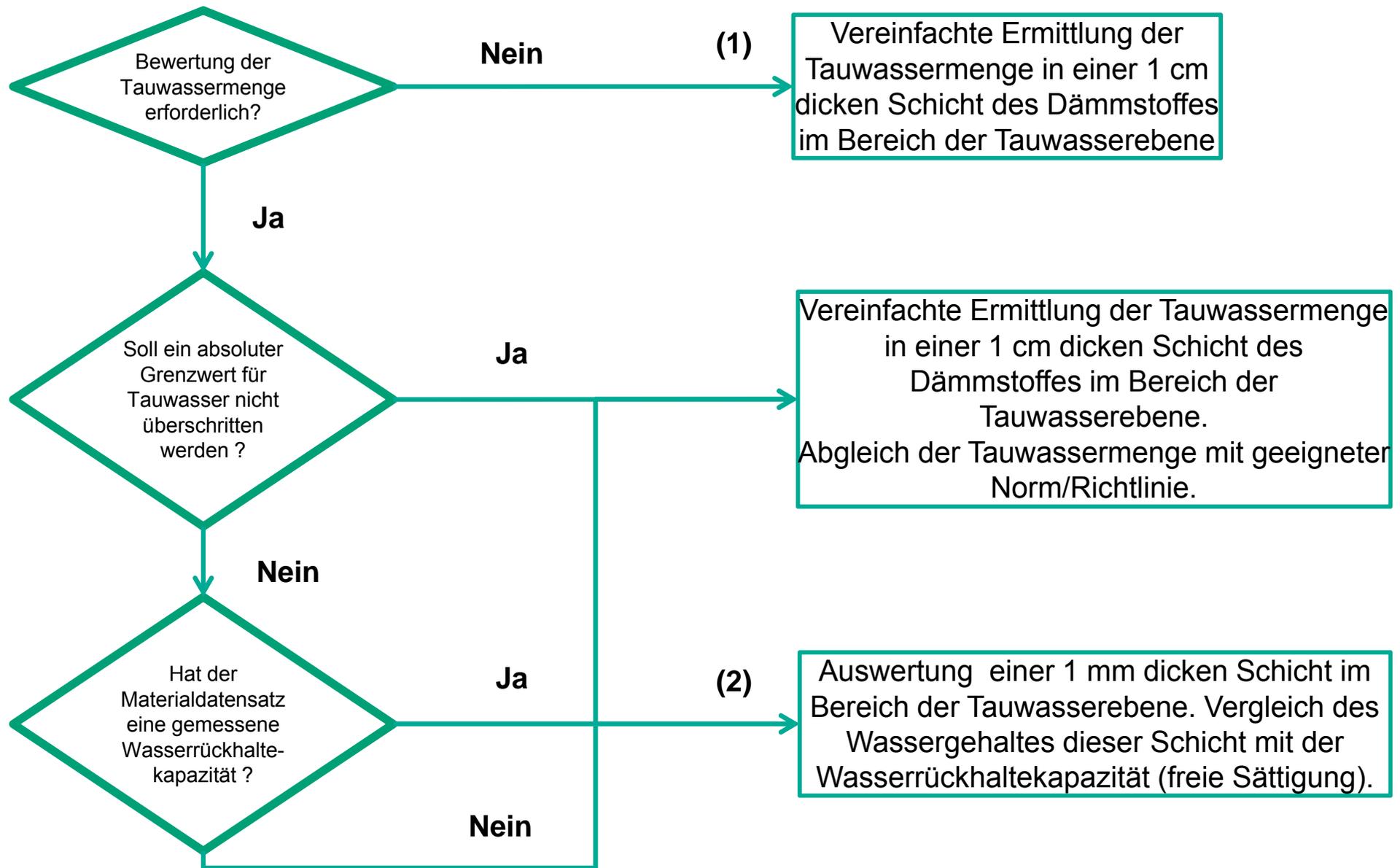
Grundlagen: Feuchtespeicherfunktion (Mineralwolle)



Wasserrückhaltekapazität der Mineralwolle (entspricht näherungsweise der freien Sättigung)

Für die gewählte Mineralwolle liegt diese bei ca. 440 kg/m³

Grundlagen: Tauwasserbeurteilung hydrophober Faserdämmstoffe



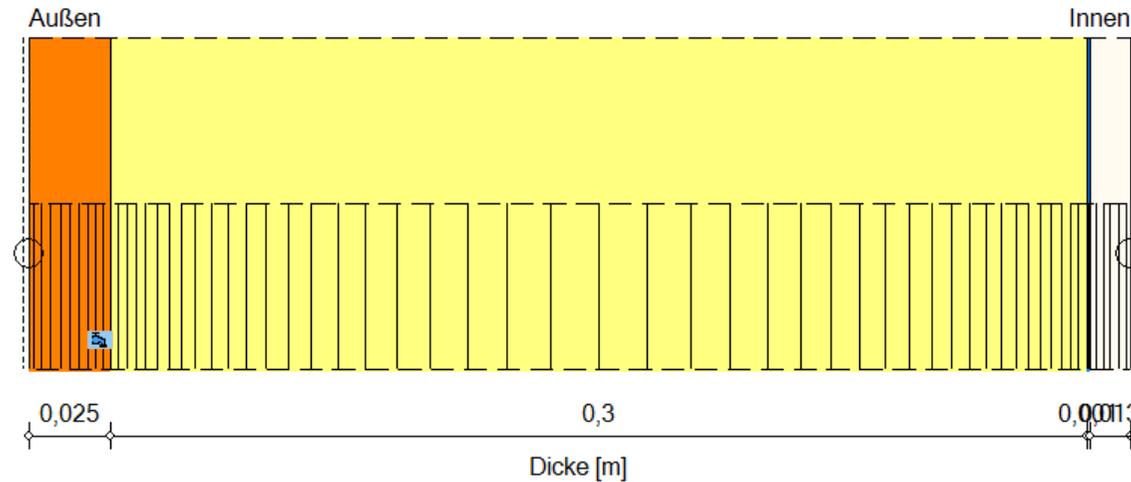
Vorgehen in WUFI

Bewertung nach dem Schema (1):

1. Identifizieren der Tauwasserebene mit Hilfe der WUFI Filmdarstellung
(relative Feuchte erreicht die 100%)
2. Abtrennen einer dünnen Materialschicht im Bereich der
Tauwasserebene
(z.B. 1 cm)
3. Auswertung des Wassergehaltes dieser Schicht

Achtung: An Oberflächen kann aus numerischen Gründen kein Tauwasser berechnet werden, soll eine Oberfläche ausgewertet werden muss hier eine zusätzliche Schicht (z.B. Luft) angefügt werden, welche das Wasser aufnehmen kann.

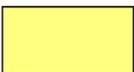
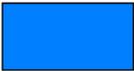
Beispiel Aufbau Flachdach



○ - Monitorpositionen

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

Materialien:

	- Fichte radial	0,025 m
	- *Mineralwolle 032	0,3 m
	- Dampfbremse (sd=1m)	0,001 m
	- Gipskartonplatte	0,013 m

Beispiel Aufbau Flachdach

Randbedingungen

Standort:	Holzkirchen
Orientierung:	Nord
Neigung:	5°
α :	0,6
ε :	0,9

Innenklima nach EN 15026 mit hoher Feuchtelast

Anfangsbedingung: Ausgleichsfeuchte bei 80 % r.F.

Berechnungszeit: 1 Jahre (Beginn: Oktober)

Zusätzlicher Feuchteeintrag durch Konvektion:

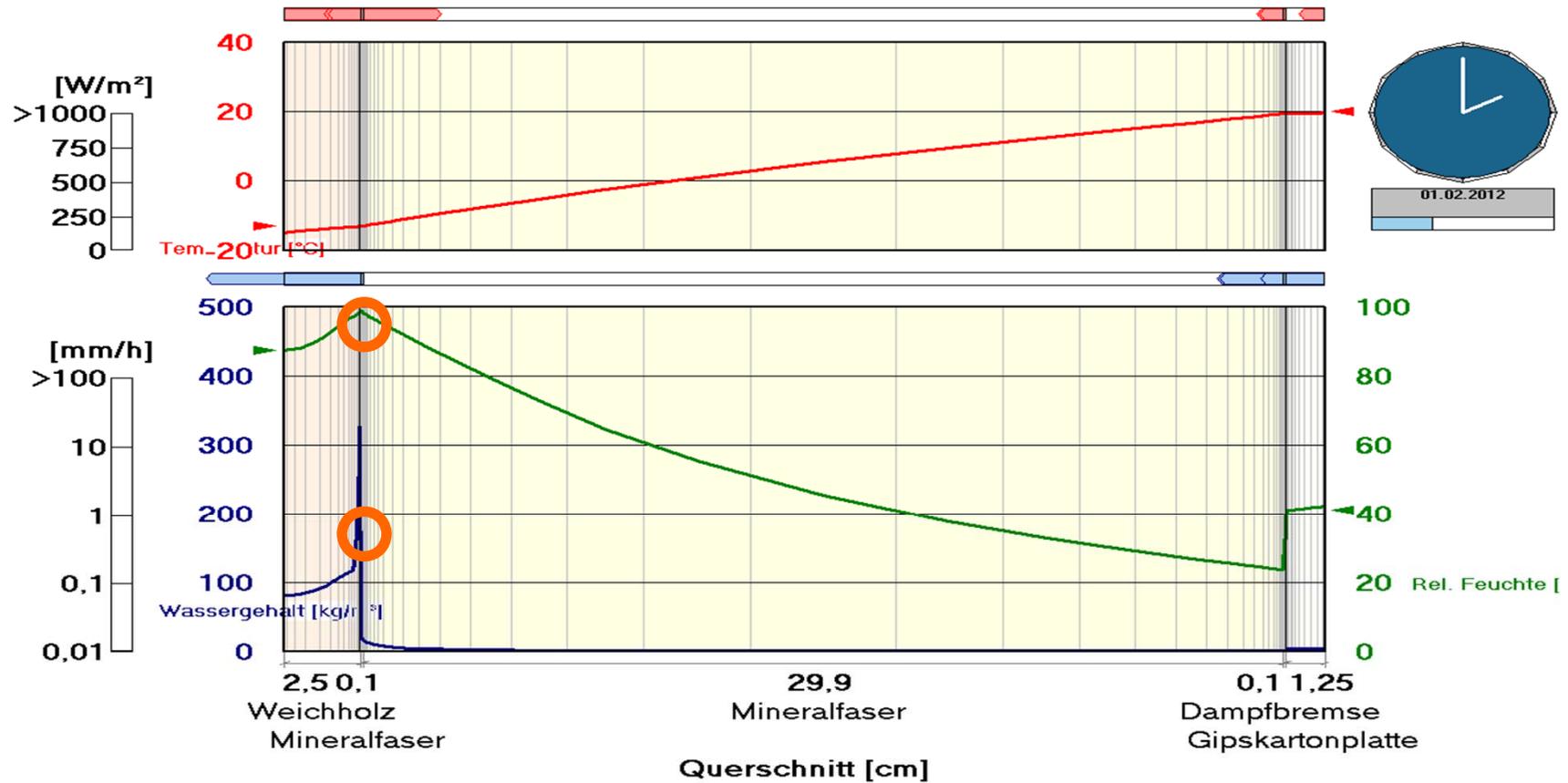
nach DIN 68800 -2 (250 g/m²a, in den inneren 5 mm der Holzschalung)

Beispiel Filmbetrachtung Flachdach

Klimaort: Holzkirchen; IBP, Feuchtereferenzjahr;

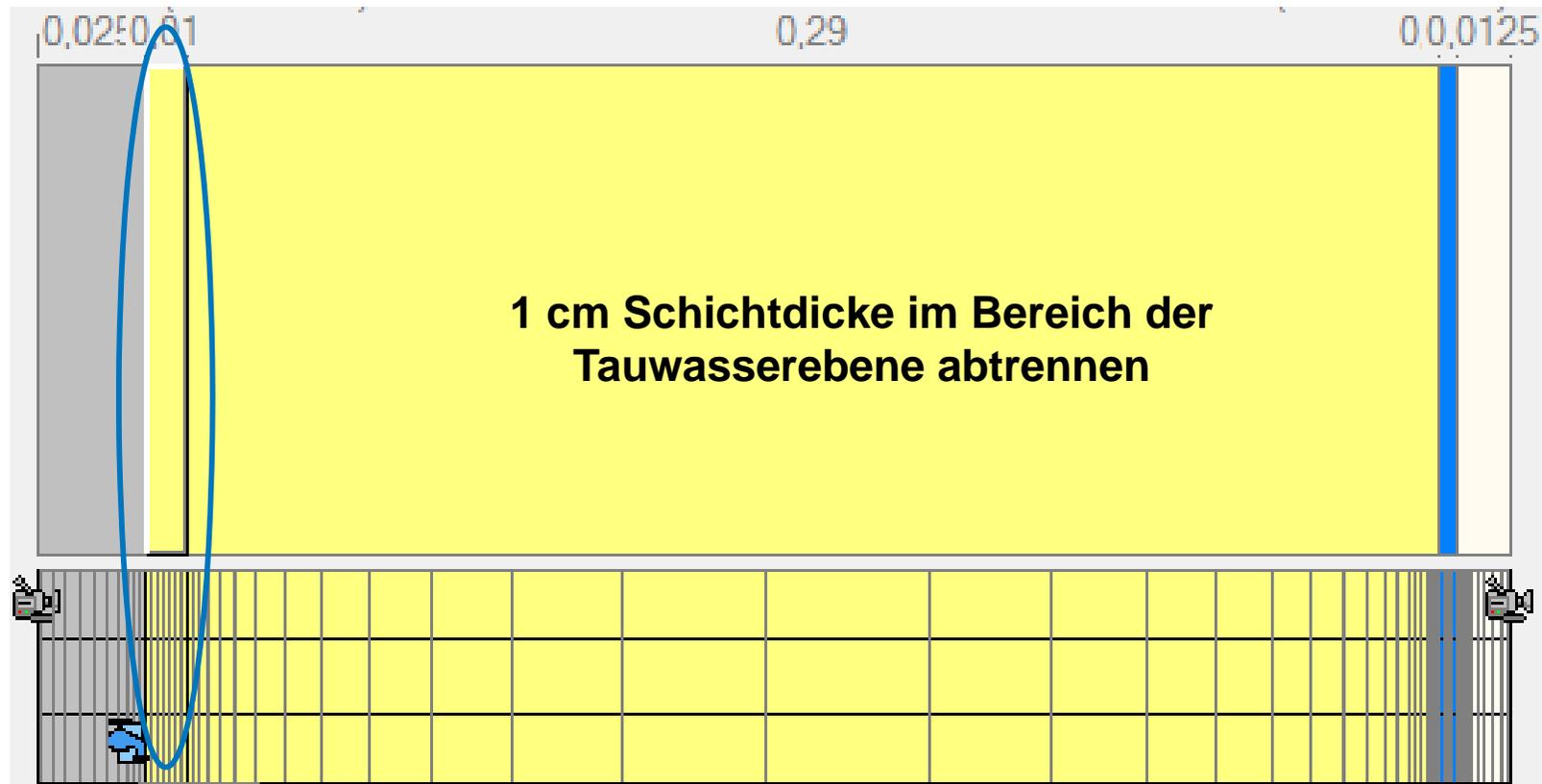
#7

WUFI®



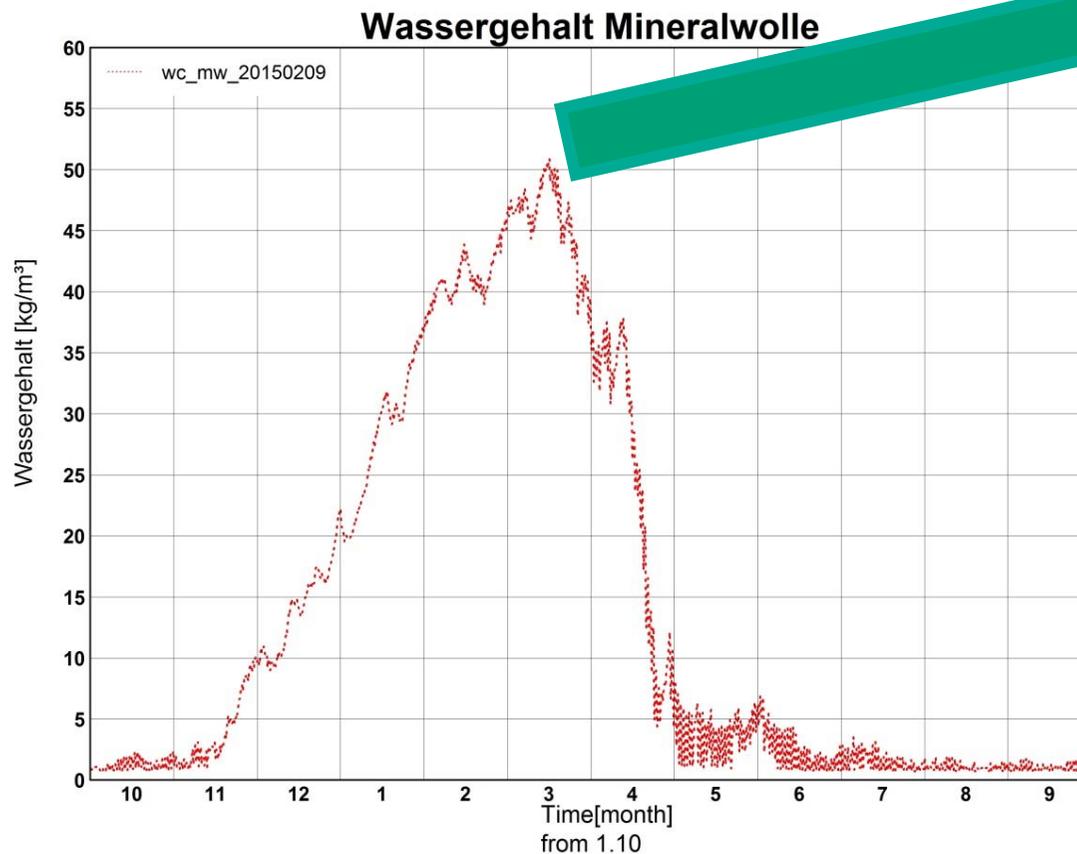
Rel. Luftfeuchte 100% und Anstieg des Wassergehaltes

Beispiel Tauwasserbereich abtrennen



Hinweis: Es können auch kleinere Schichten (z.B. 1 mm) abgetrennt werden, dies führt aber dazu, dass in den Randbereichen der angrenzenden Schichten ebenfalls eine Auffeuchtung stattfindet.

Beispiel Wassergehalt 1 cm Dämmung



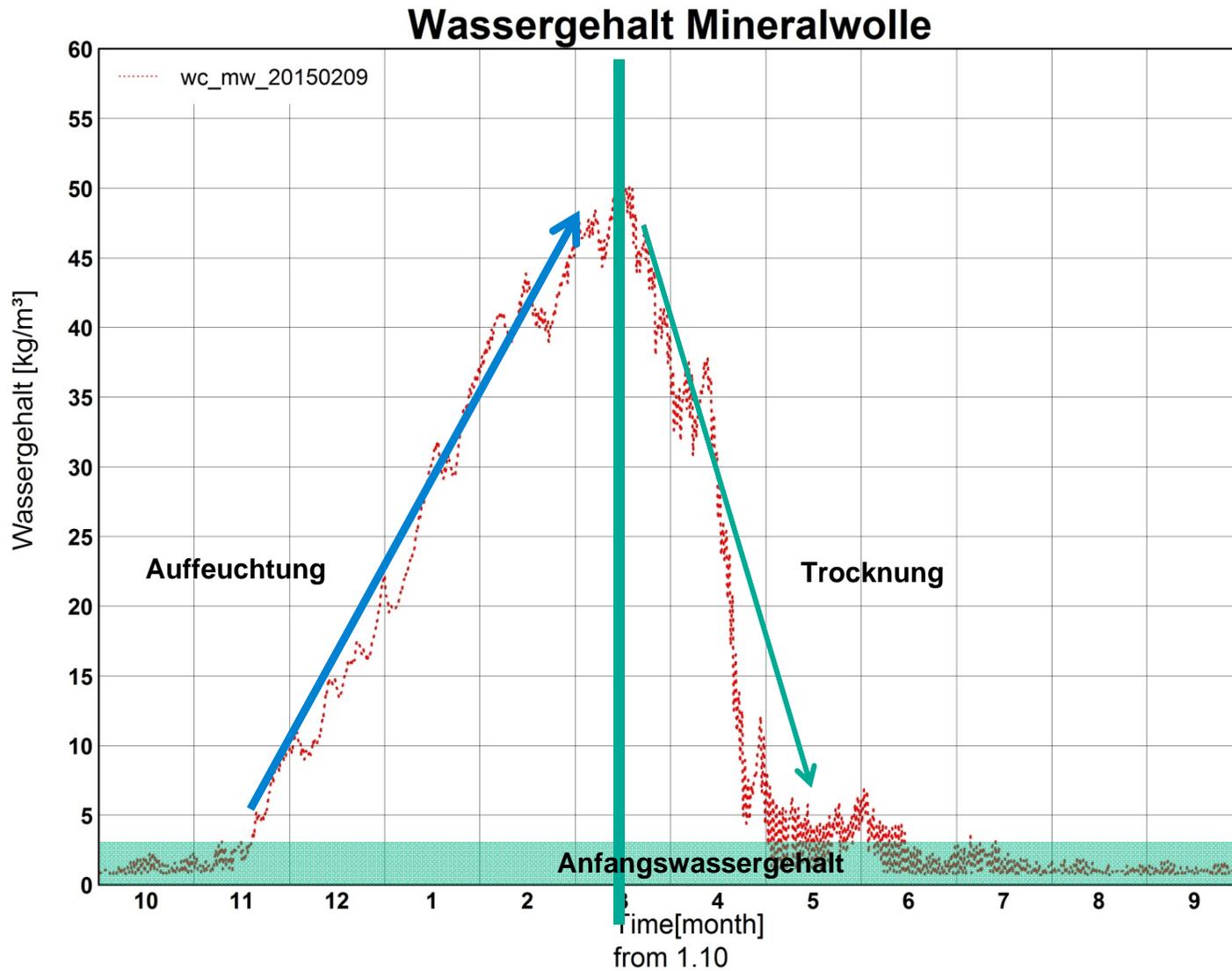
Maximaler Wassergehalt
= 51 kg/m³

51 kg/m³ < 440 kg/m³

Keine Überschreitung der
freien Sättigung daher auch
kein flüssiges Tauwasser

$$51 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,01\text{m (Schichtdicke)} = 0,51 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = \underline{\underline{510 \frac{\text{g}}{\text{m}^2}}}$$

Beispiel Wassergehalt 1 cm Dämmung



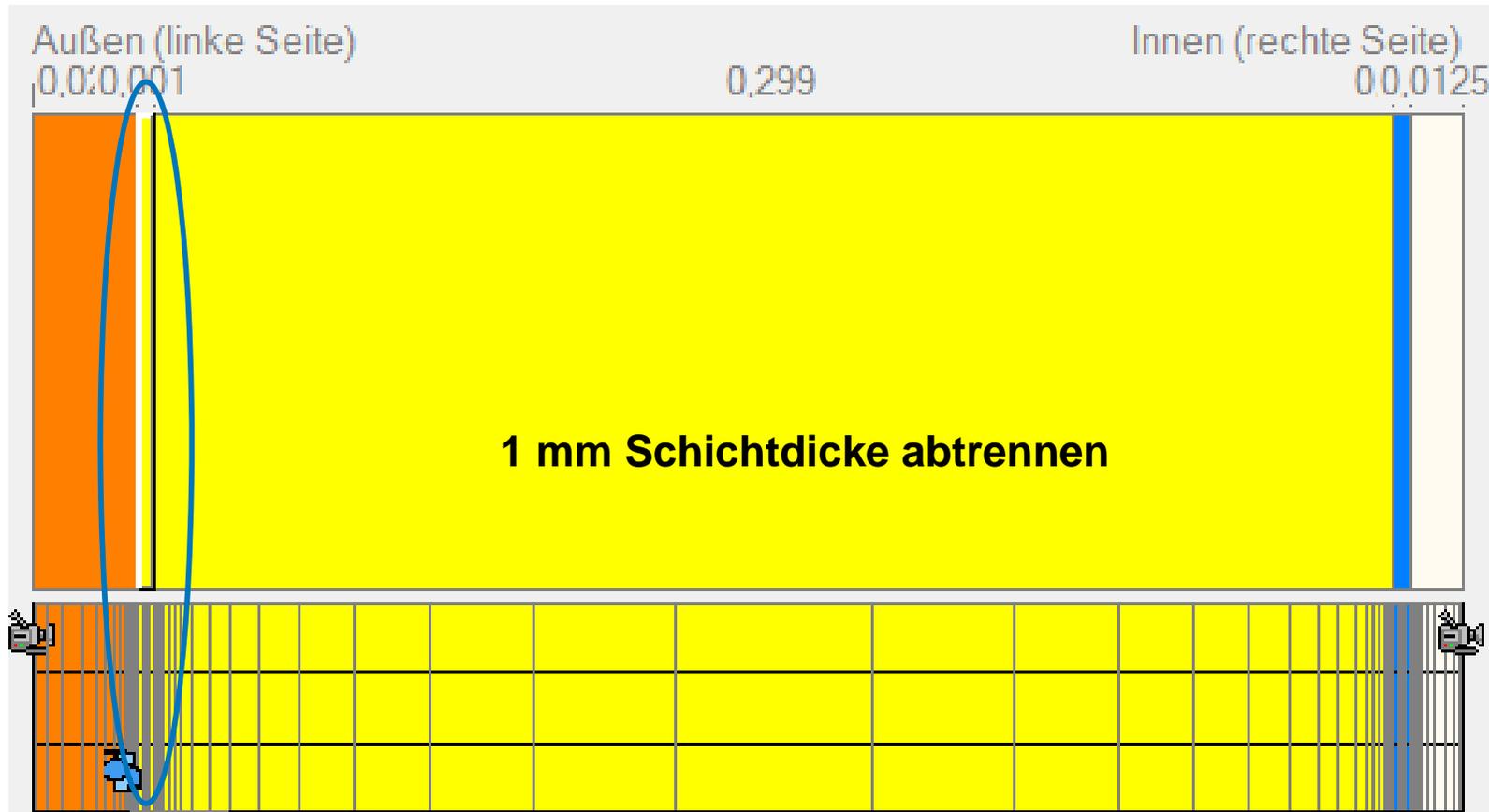
Vorgehen in WUFI

Bewertung nach dem Schema (2):

1. Identifizieren der Tauwasserebene mit Hilfe der WUFI Filmdarstellung
(relative Feuchte erreicht die 100 %)
2. Abtrennen einer dünnen Materialschicht im Bereich der
Tauwasserebene
(z.B. 1 mm)
3. Auswertung des Wassergehaltes dieser Schicht

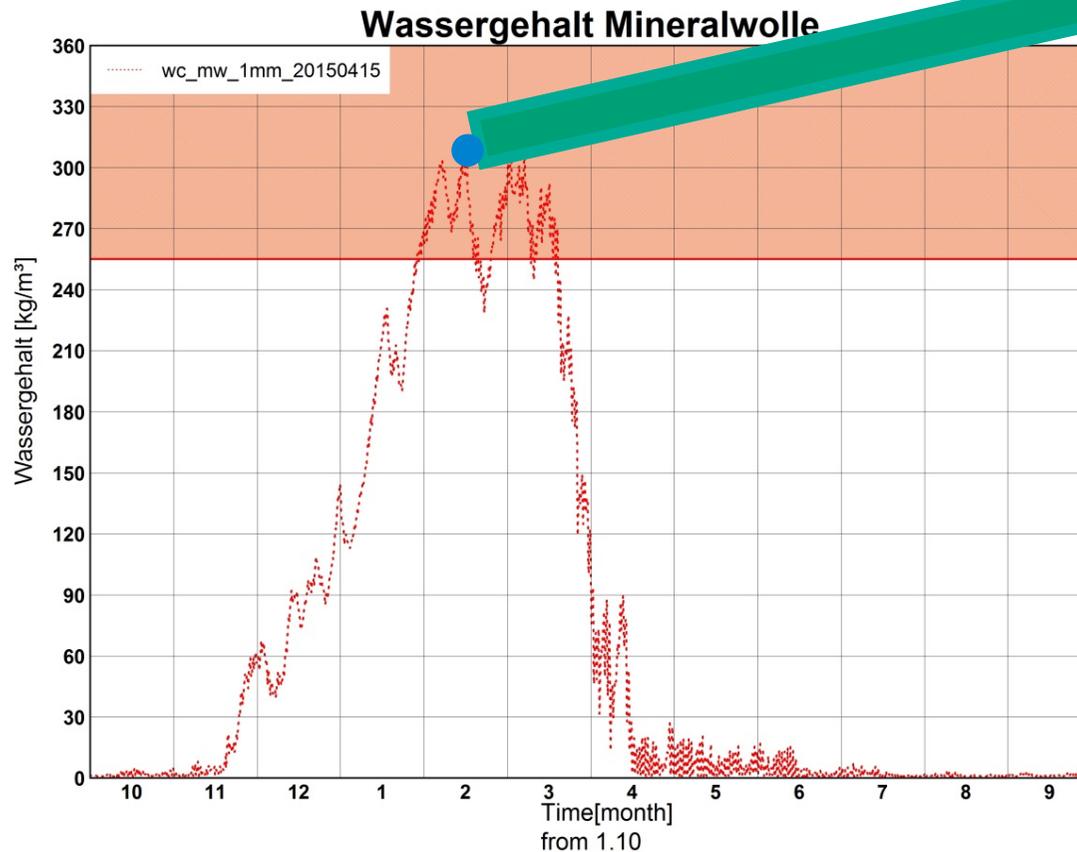
Achtung: An Oberflächen kann aus numerischen Gründen kein Tauwasser berechnet werden, soll eine Oberfläche ausgewertet werden muss hier eine zusätzliche Schicht z.B. Luft angefügt werden.

Beispiel Tauwasserebene abtrennen



Hinweis: Die Randbedingungen sowie die Tauwasserebene bleiben in diesem Beispiel unverändert. Lediglich die Mineralwolle wird gegen eine Mineralwolle mit einer höheren WLG ausgetauscht.

Beispiel Wassergehalt 1 mm Dämmung



Die rote Fläche entspricht der freien Sättigung. Der Maximalwert abzüglich der freien Sättigung entspricht hier der Tauwassermenge

$$305 \text{ kg/m}^3 - 255 \text{ kg/m}^3 = 50 \text{ kg/m}^3$$

Maximaler Wassergehalt abzüglich der freien Sättigung

$$50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,001\text{m (Schichtdicke)} = 0,05 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = \underline{\underline{50 \text{ g}}} \frac{\text{g}}{\text{m}^2}$$

Sammlung Grenzwerte Tauwassermenge

DIN EN ISO 13788: 2012

Maximale Tauwassermenge um das Abfließen von Tauwasser zu verhindern	< 200 g/m ²
--	------------------------

DIN 4108-3: 2012

Maximale flächenbezogene Tauwassermenge (allgemein)	< 1000 g/m ²
---	-------------------------

An Schichtgrenzen mit nicht kapillar aufnahmefähiger Schicht z.B. Schaumkunststoffe	< 500 g/m ²
---	------------------------

Beschränkung der massebezogenen Feuchtezunahme Mit: a = 0,03 (Holzwerkstoffe); a=0,05 (Holz)	$\Delta M < a \cdot \text{Dicke} \cdot \rho$
---	--

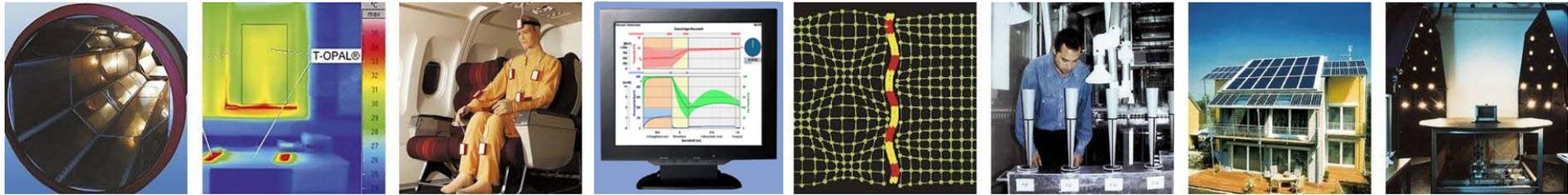
BSI 5250: 2011 (Britischer Standard)

Feiner Nebel der nicht abläuft oder abtropft	< 30 g/m ²
--	-----------------------

Tropfenbildung und Abfließen an senkrechten Oberflächen	< 30 – 50 g/m
---	---------------

Bildung großer Tropfen und Abfließen an geneigten Oberflächen	51 – 250 g/m ² 70 g/m ² bei einer Neigung von 45° 150 g/m ² bei einer Neigung von 23°
---	--

Vermeidung großer Tropfen die von horizontalen Flächen abfließen/abtropfen können	≤ 250 g/m ²
---	------------------------



WUFI® How to

Tauwasserauswertung