

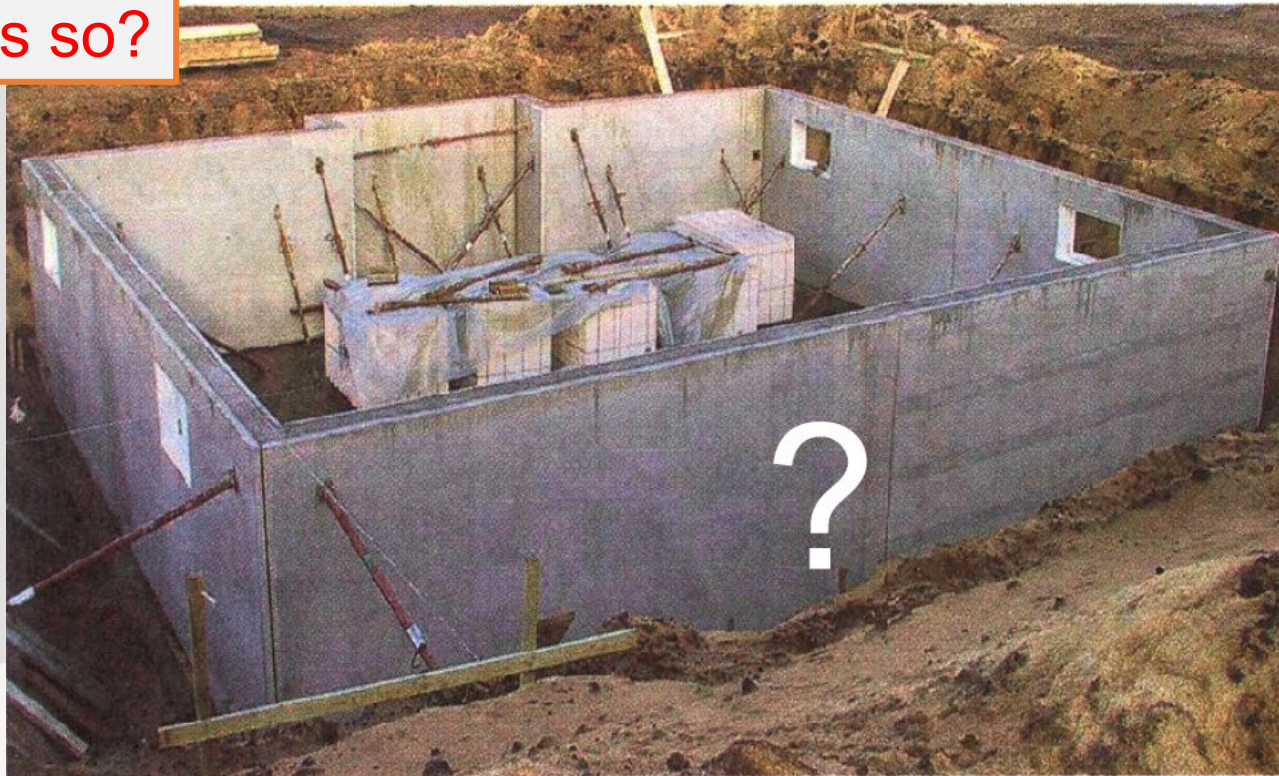


Abdichtung von erdberührten Platten

Ob **weiss**, **gelb**, **braun** oder **schwarz**,
was ist bei einem Ausbau zu beachten?

Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Wiegrink

Stimmt das so?



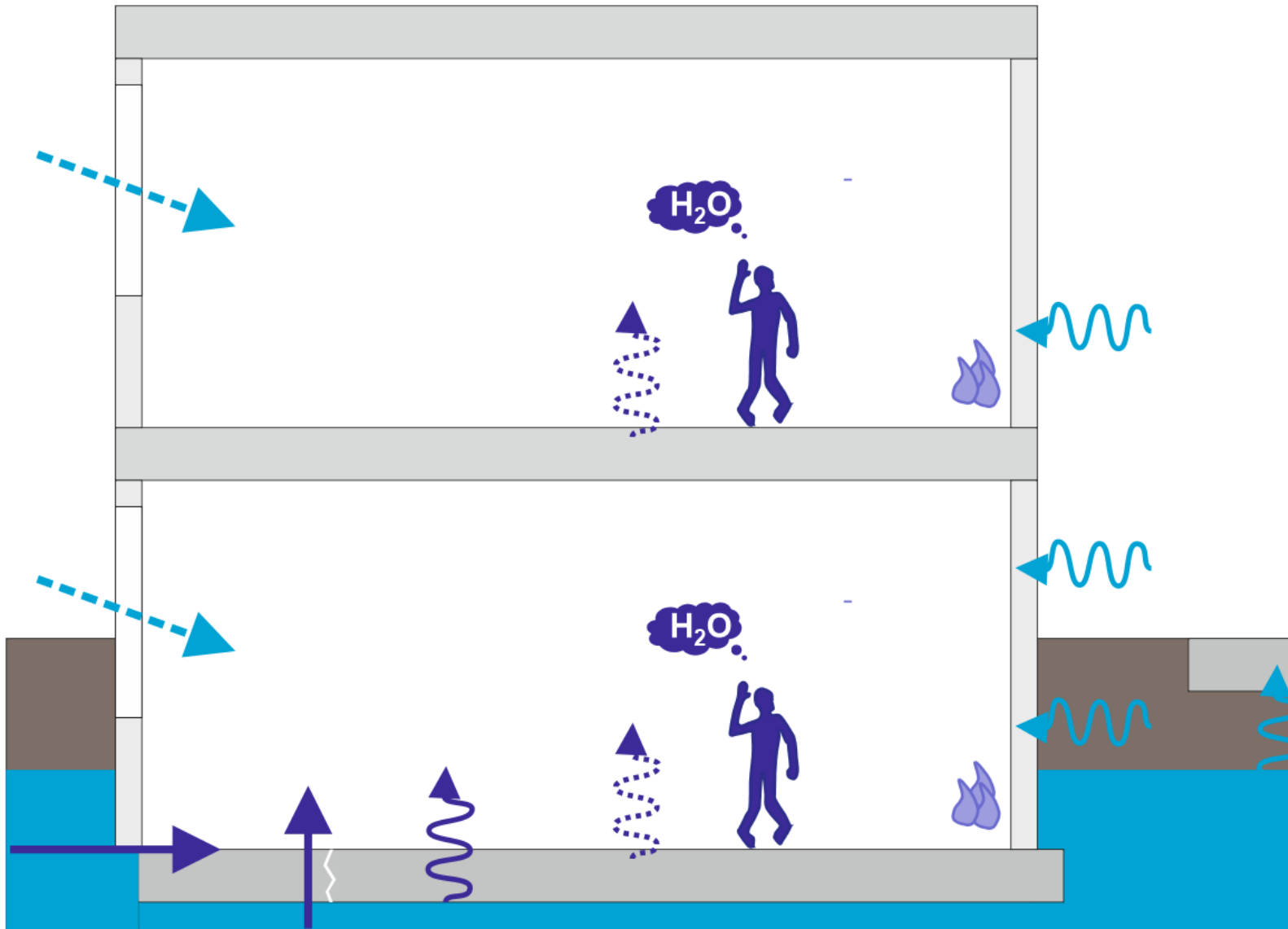
Wer sein Haus ins Grundwasser setzt und im Tiefgeschoß auch wohnen will, der braucht einen wasserdichten Keller. Das schaffen sogenannte weiße Wannen nicht.

Denn ihre Wände lassen Wasserdampf passieren. Erst eine zusätzliche Sperre aus Bitumen und Aluminium schließt den Keller hermetisch ab.

Foto Betonbid, Beckum

Wasserundurchlässig heißt nicht wasserdicht

Für trockene Keller sollte um die „weiße Wanne“ für das Fundament noch eine Bitumenschicht liegen

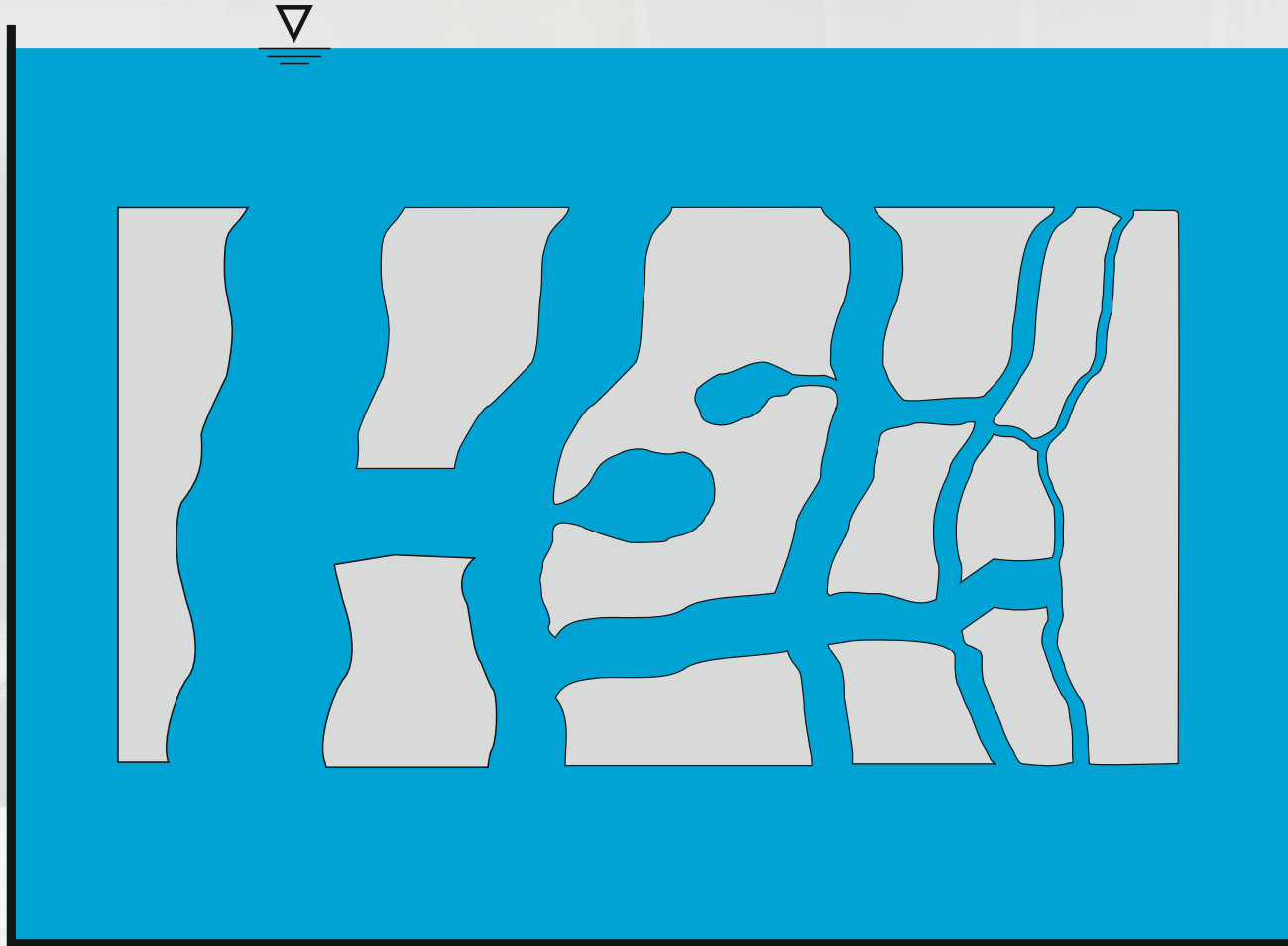


- Außen-Luftfeuchte
- Nutzerfeuchte
- Tauwasserausfall
- Restfeuchte des Bauteils
- Außenfeuchte

- Bodenfeuchte
- Grundwasser (Druck)
- Durchfeuchtung durchs Bauteil
- Durchtritt durch Undichtigkeit
- Durchtritt durch Risse

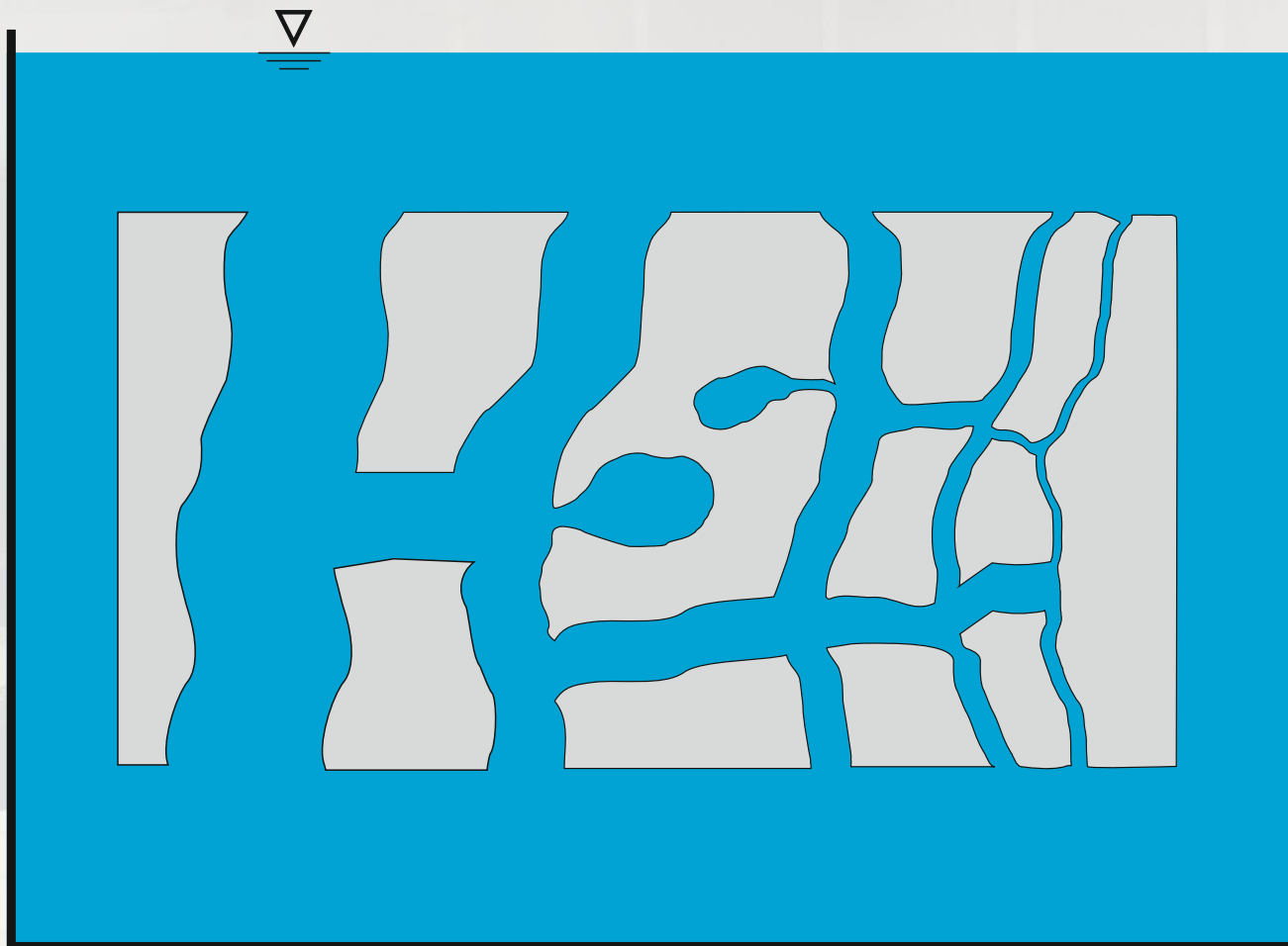
Feuchtespeicherung

Feuchtespeicherfunktion



Wasser

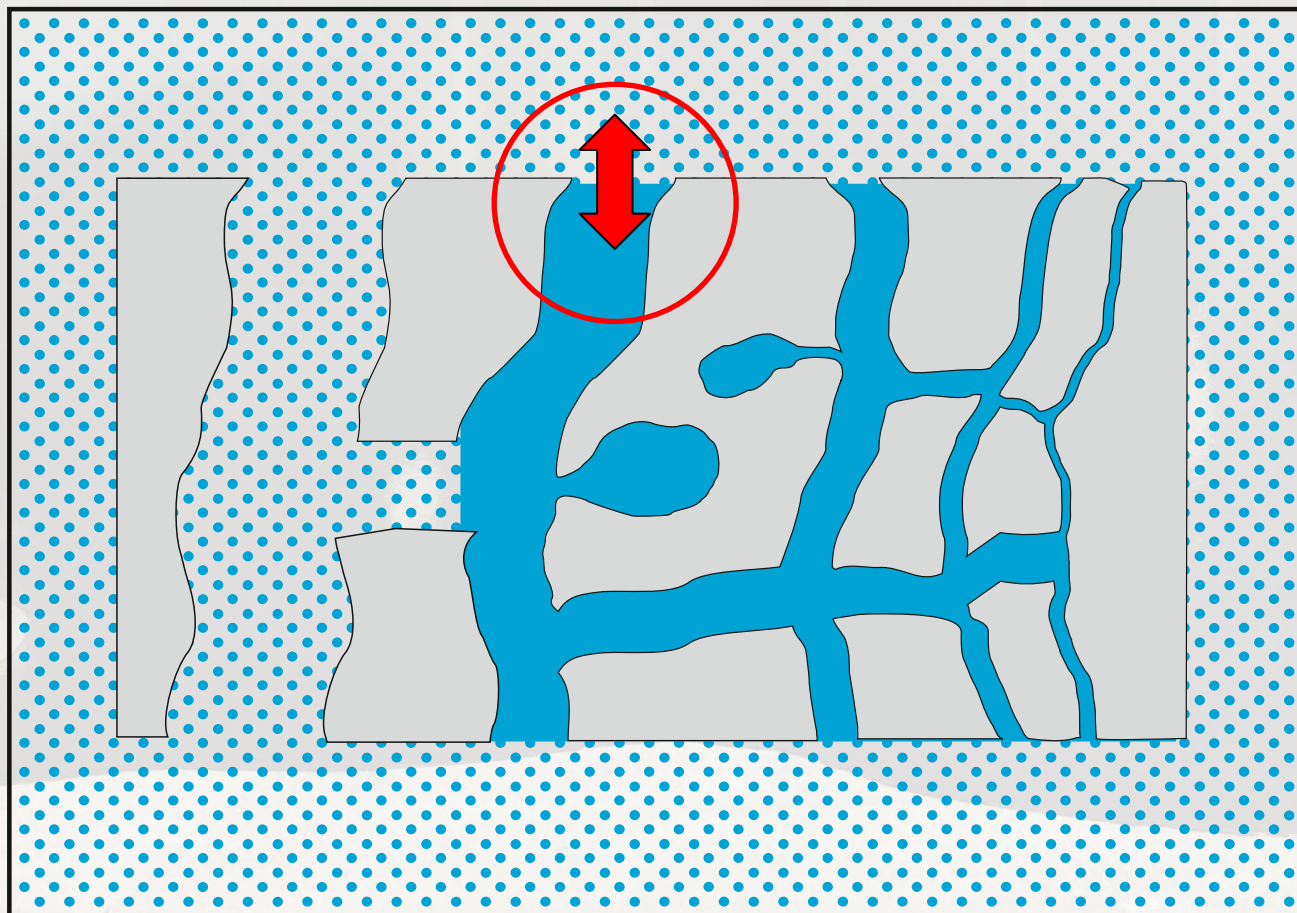
Feuchtespeicherfunktion



Wasser

Nass

Feuchtespeicherfunktion

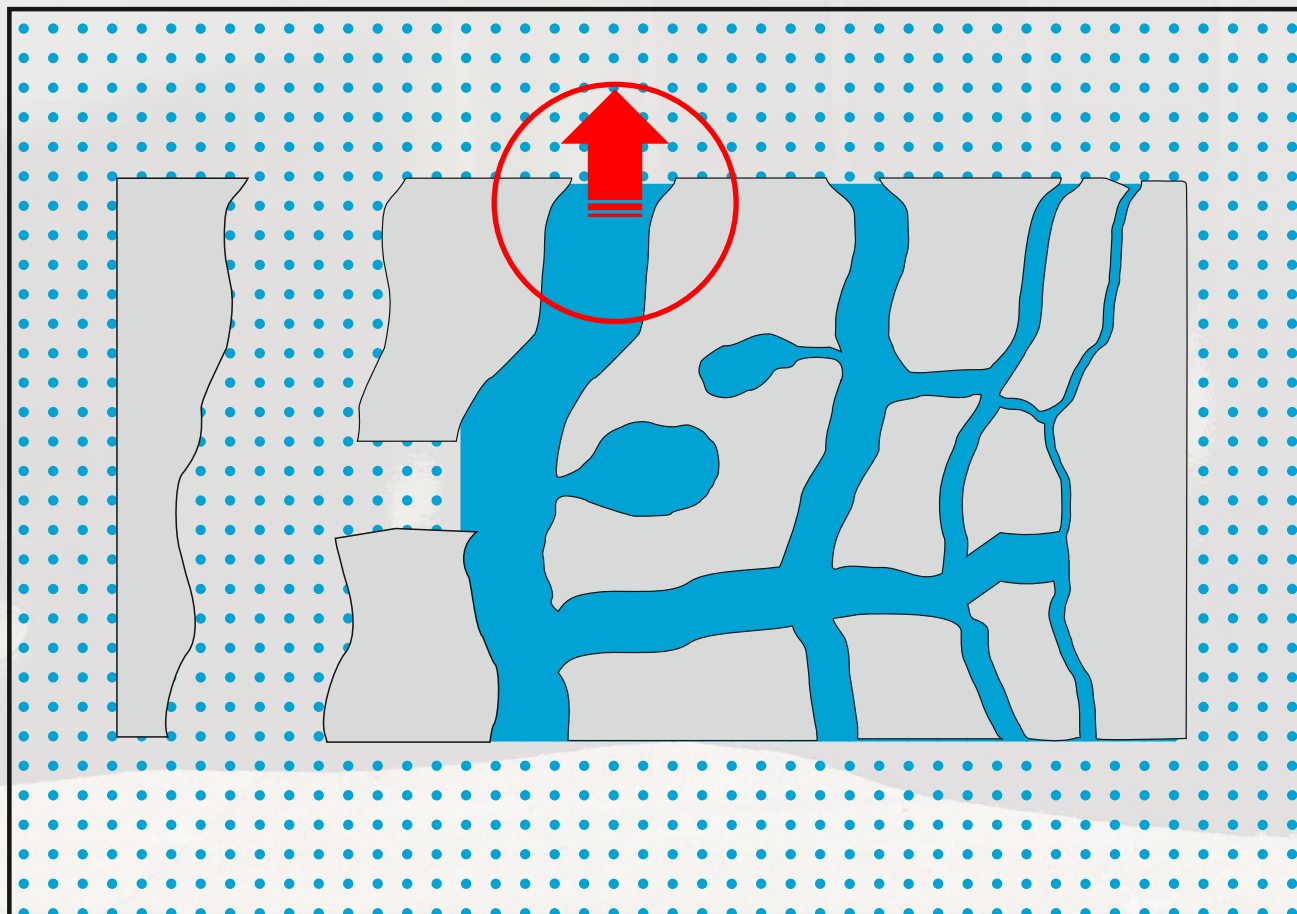


Wasser

Nass

100 % r.F.

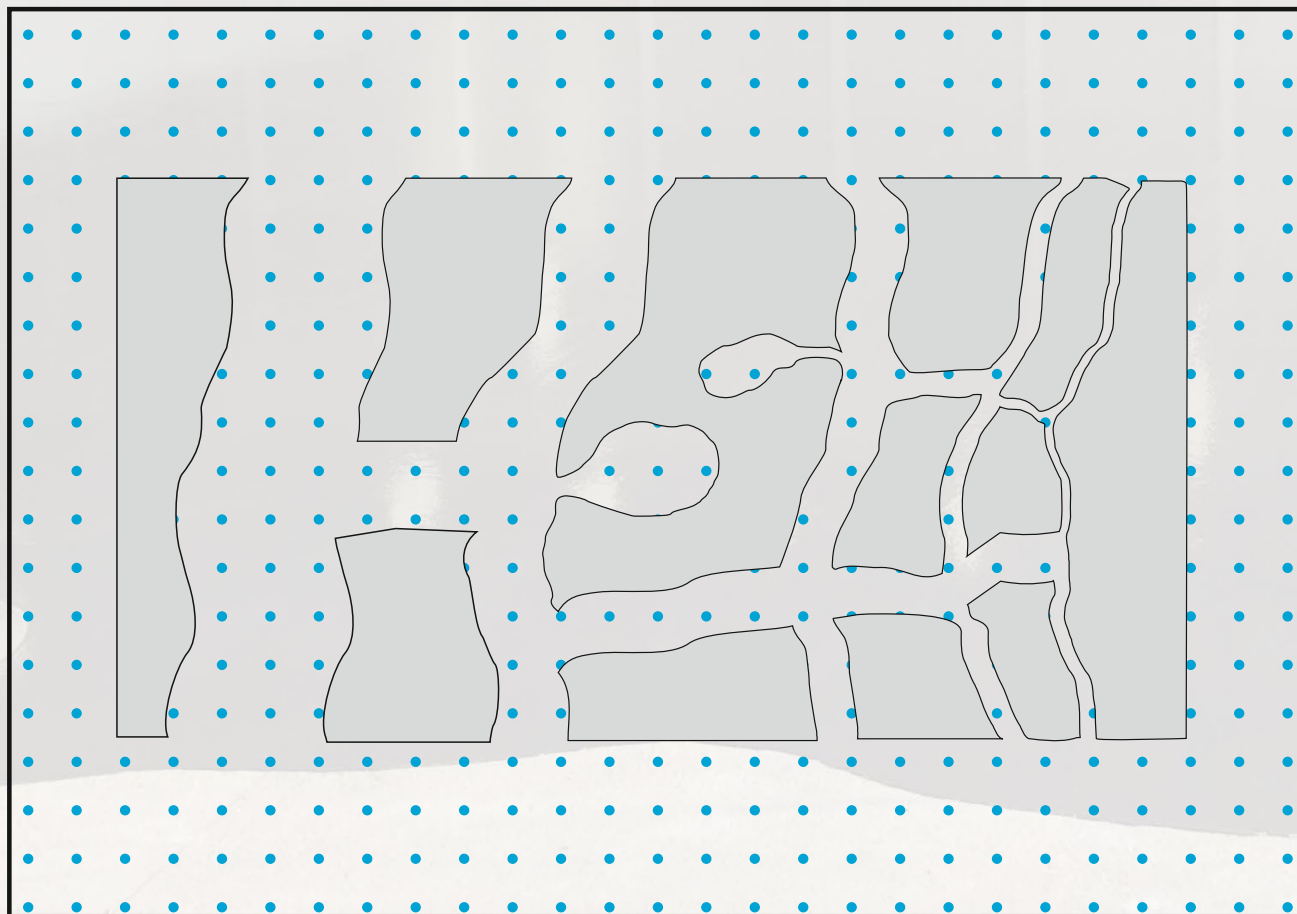
Feuchtespeicherfunktion



Wasser
Nass
100 % r.F.
90 % r.F.

Austausch über Differenzen der relativen Luftfeuchte

Feuchtespeicherfunktion



Wasser

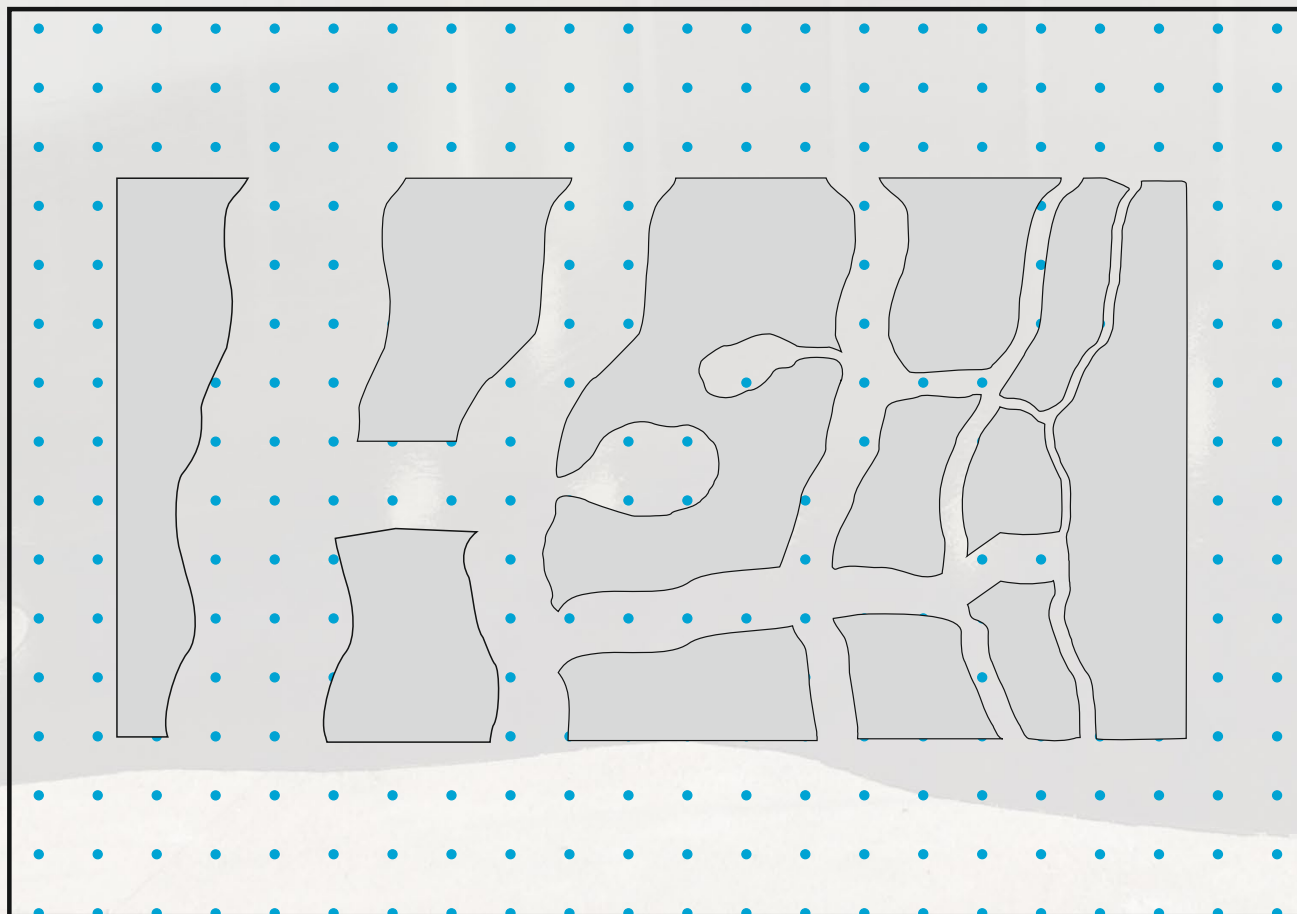
Nass

100 % r.F.

90 % r.F.

75 % r.F.

Feuchtespeicherfunktion



Wasser

Nass

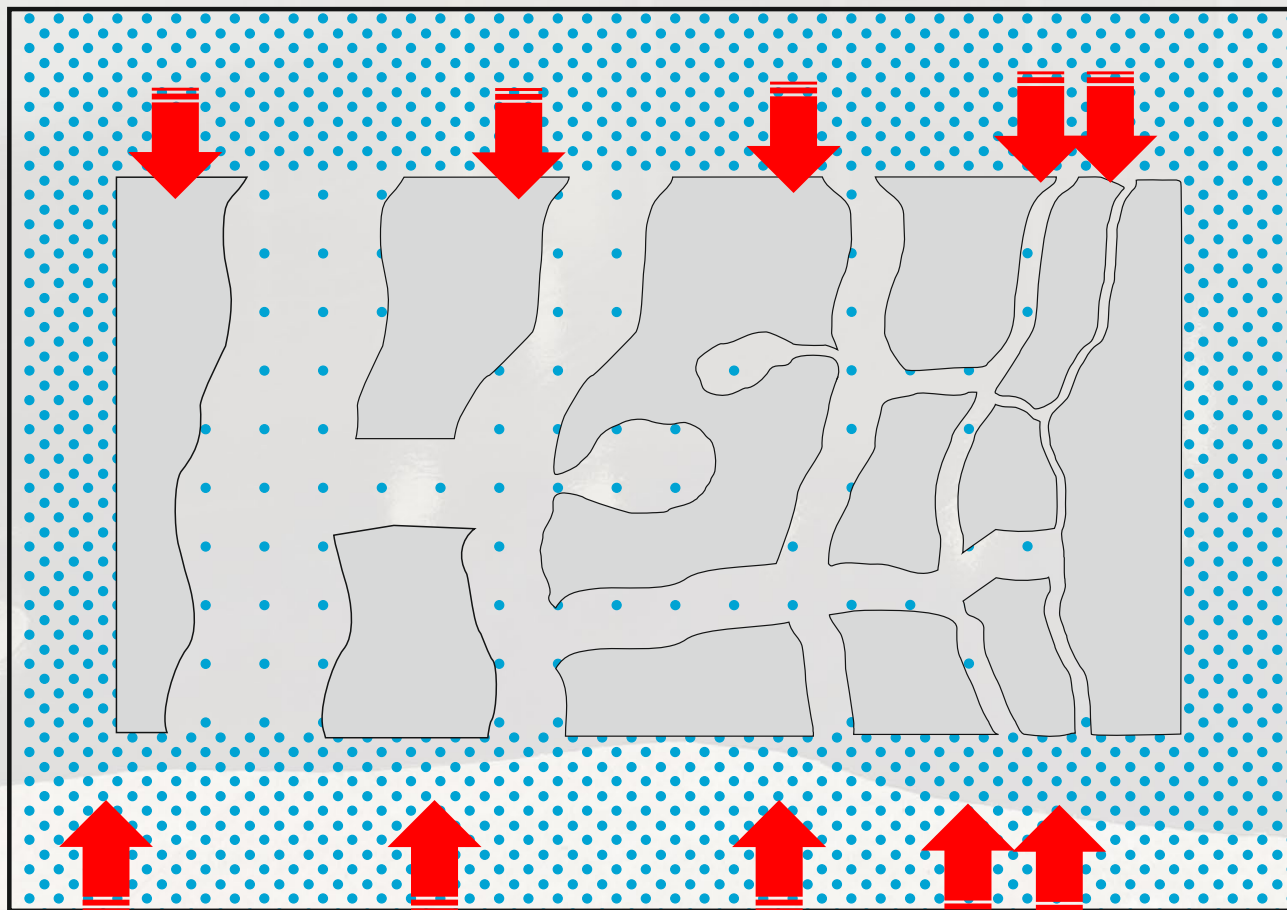
100 % r.F.

90 % r.F.

75 % r.F.

50 % r.F.

Feuchtespeicherfunktion



Wasser

Nass

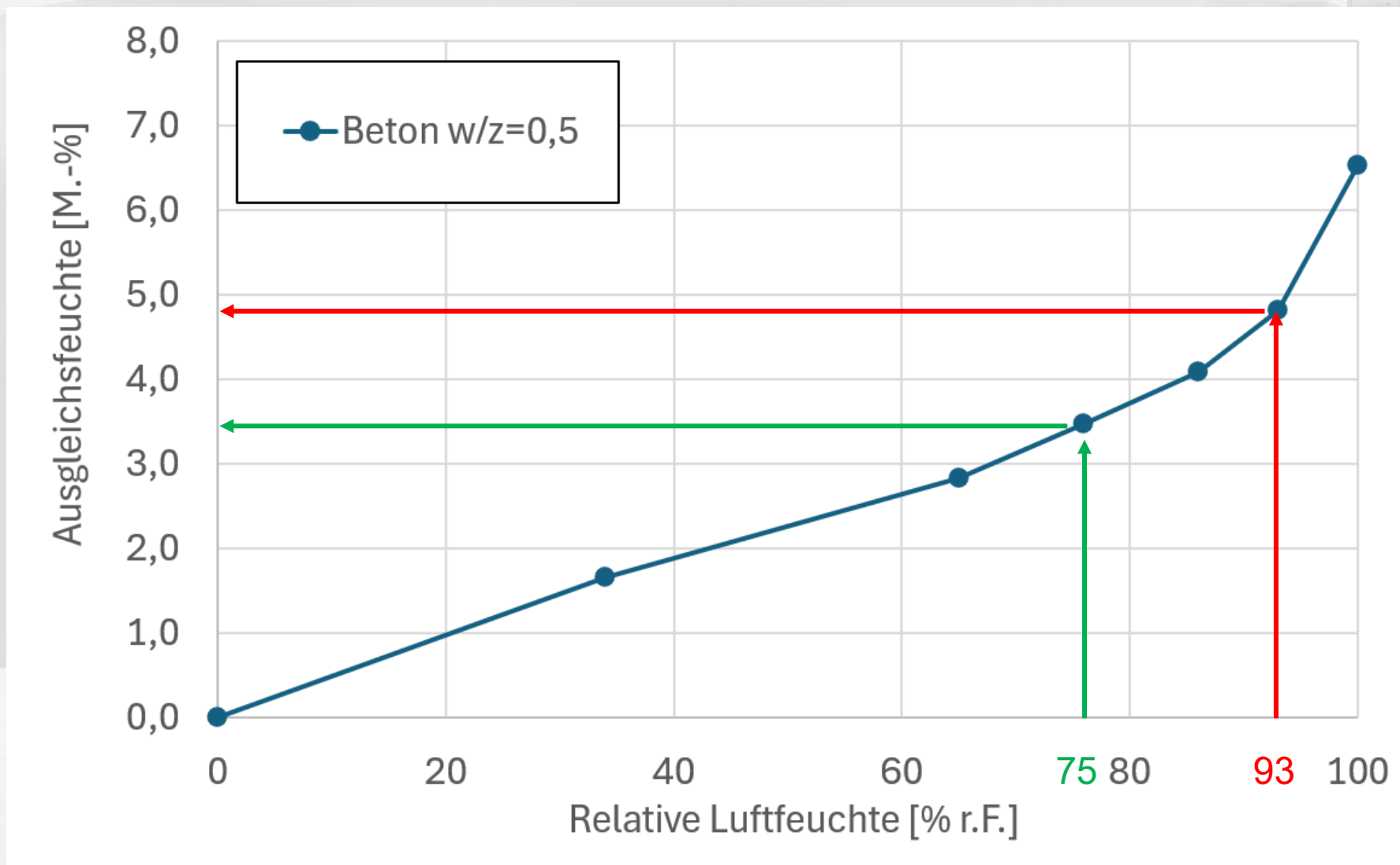
100 % r.F.

90 % r.F.

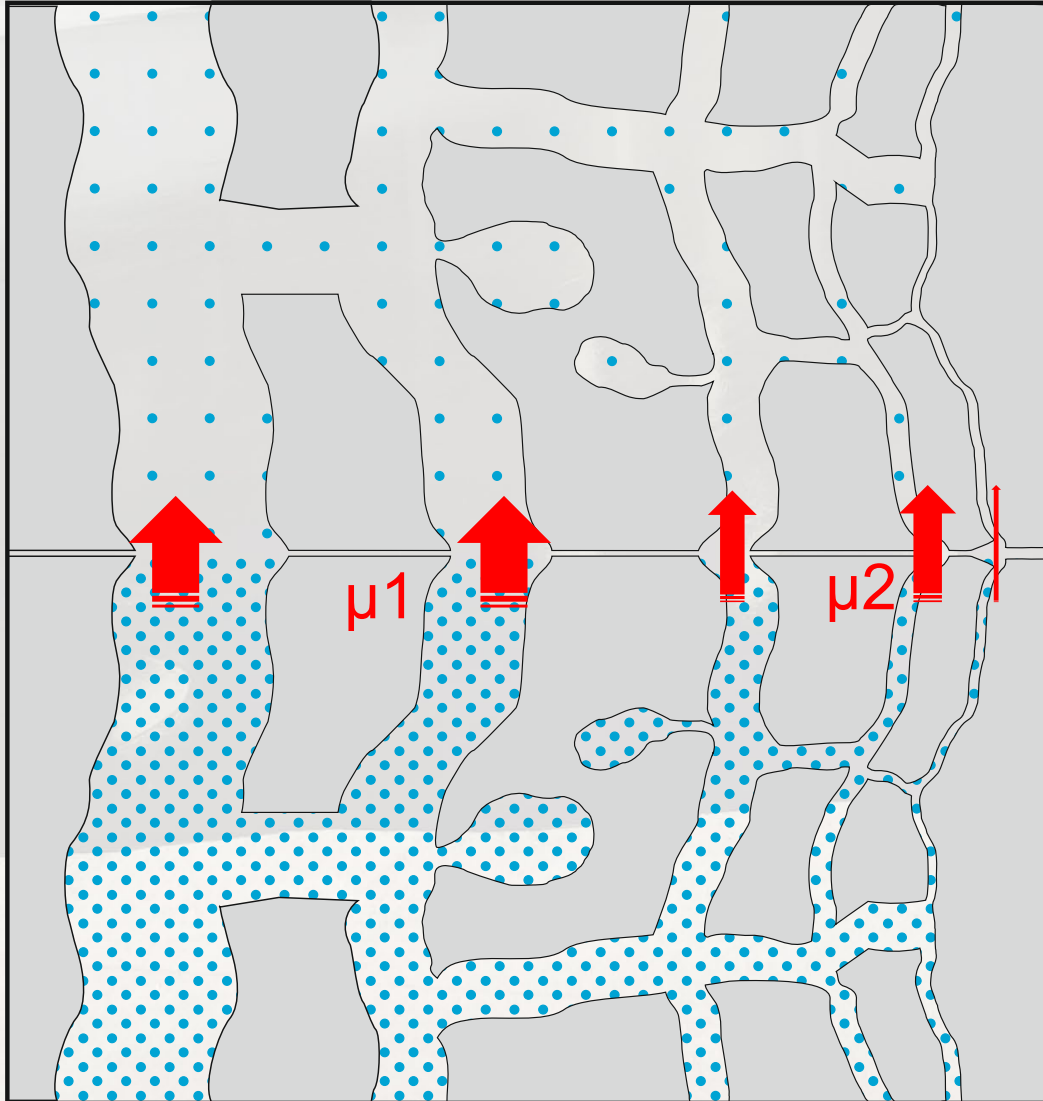
75 % r.F.

50 % r.F.

Feuchtespeicherung - Sorptionsisotherme



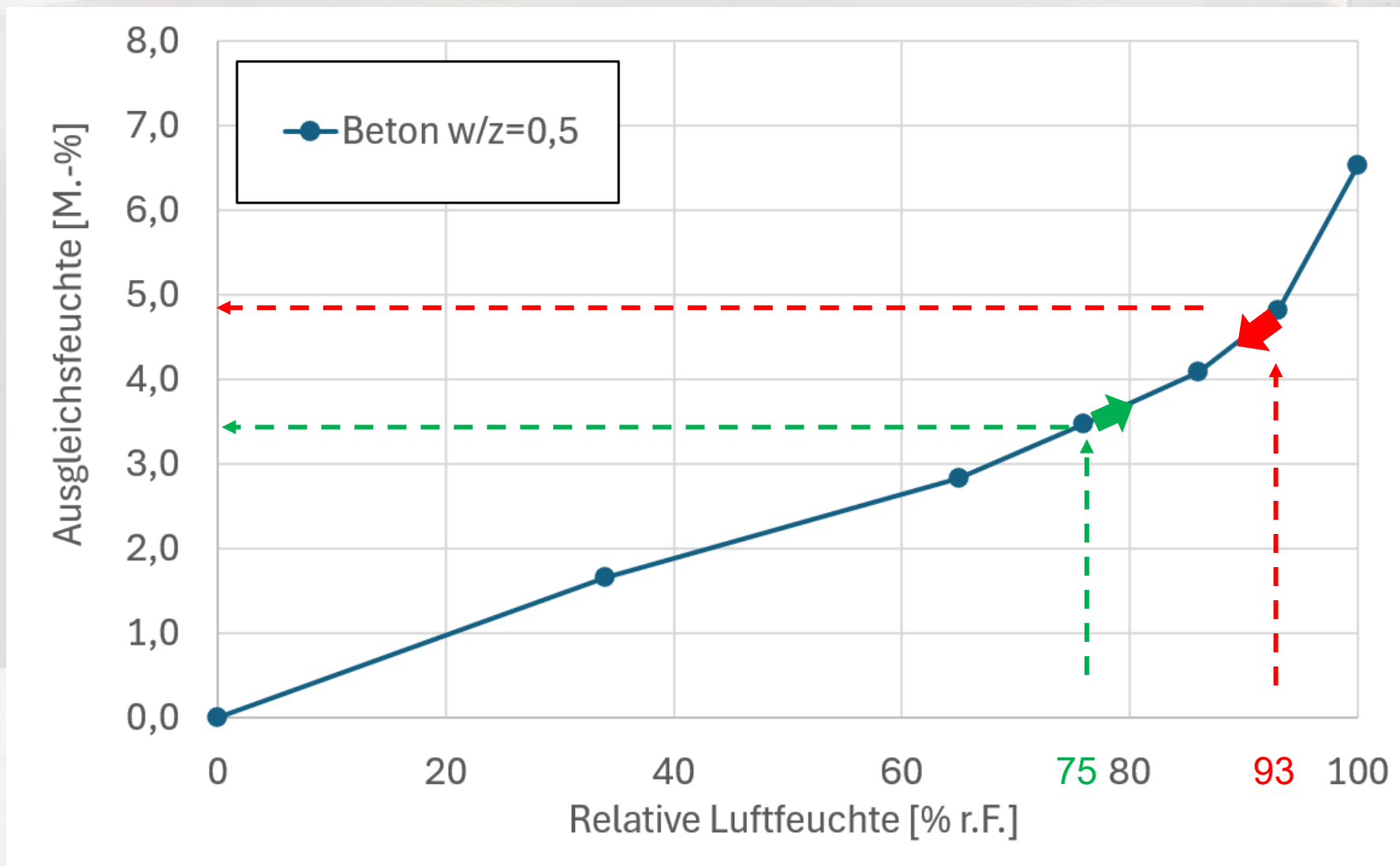
Feuchtespeicherfunktion



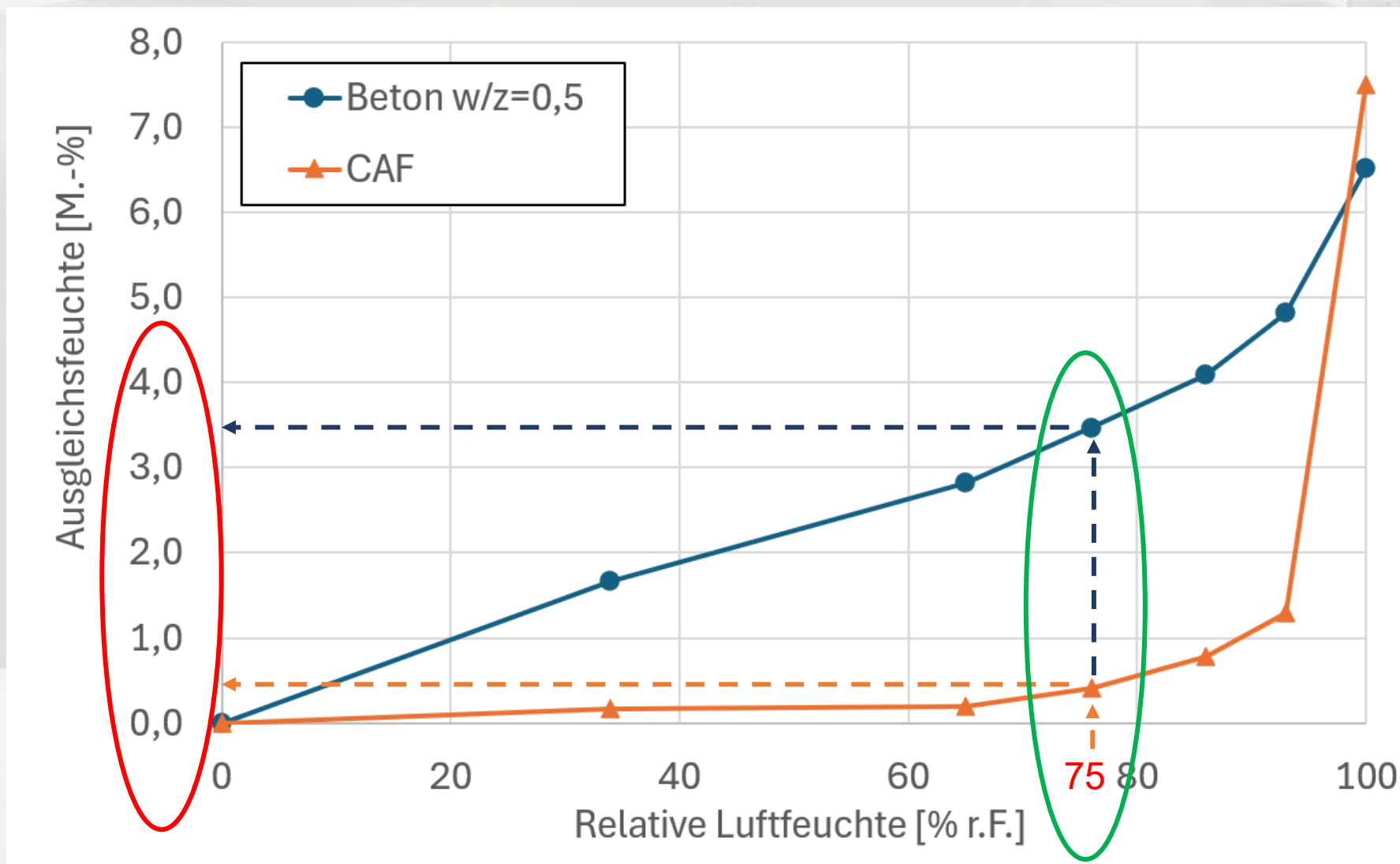
Bereich
mit niedriger Feuchte

Bereich
mit hoher Feuchte

Feuchtespeicherung - Sorptionsisotherme

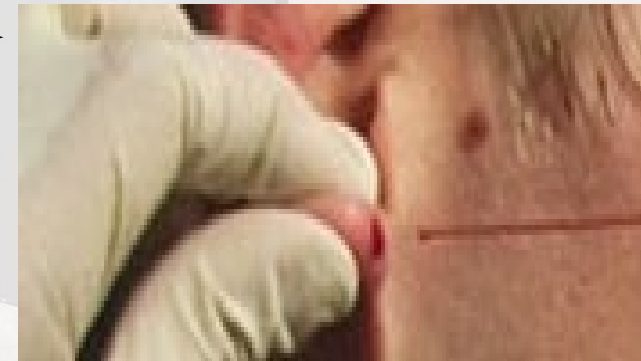
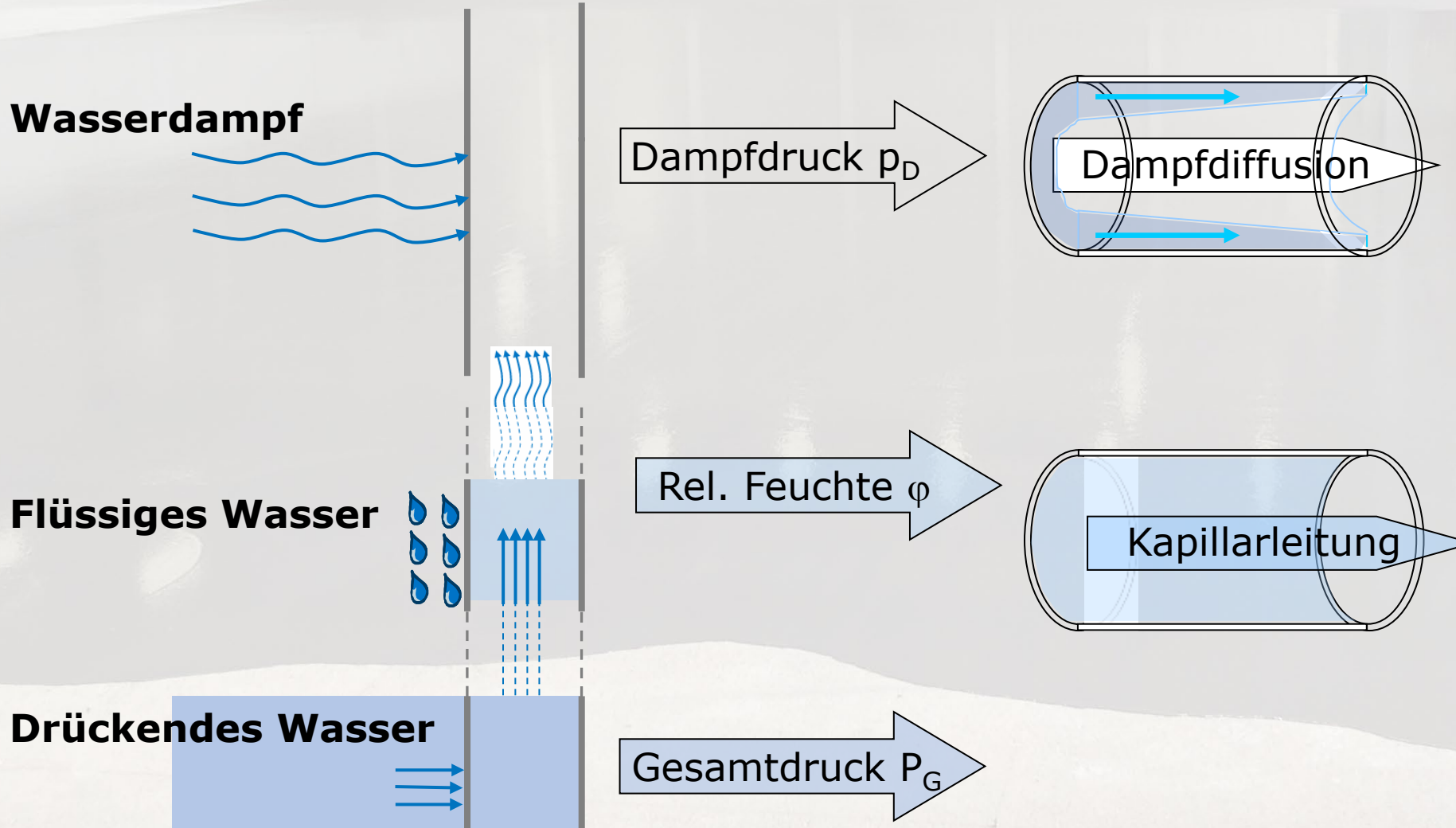


Feuchtespeicherung - Sorptionsisotherme

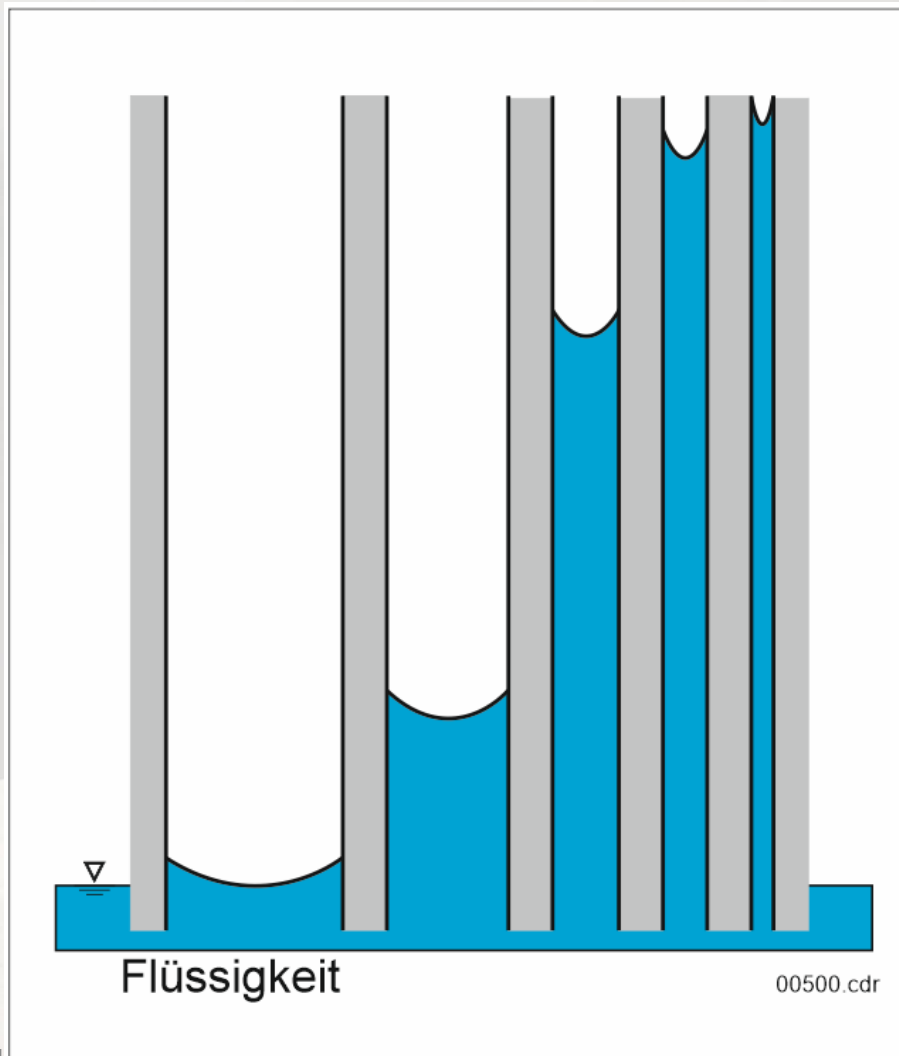


Feuchtetransport

Feuchtetransport in Baustoffen



Feuchtetransport – Kapillares Saugen

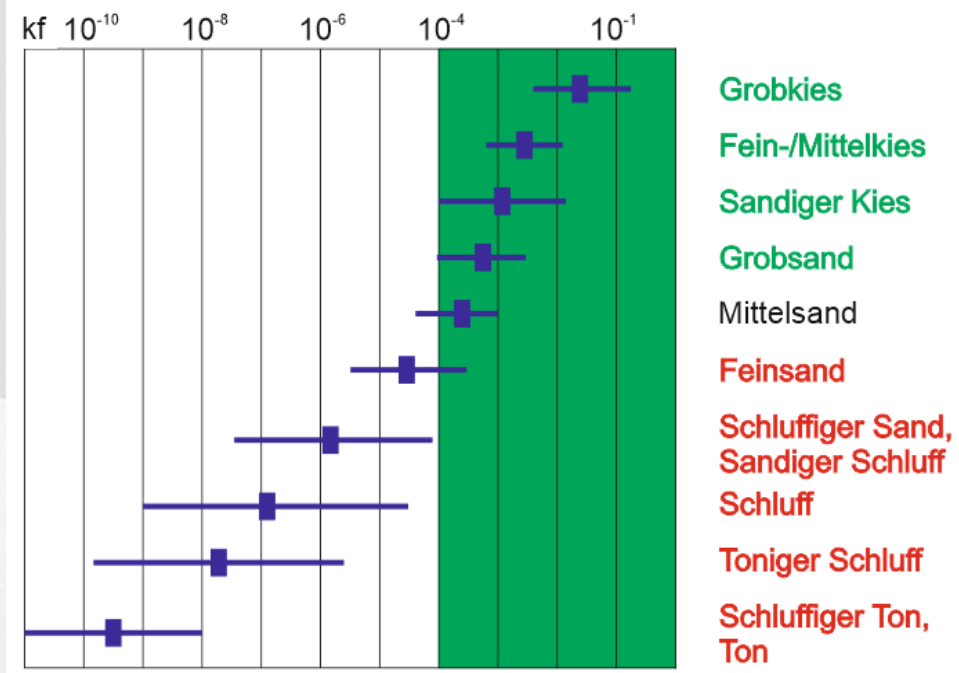


DIN 18533-1

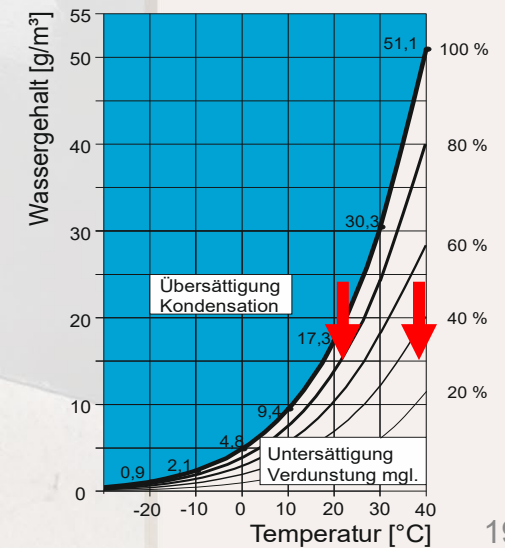
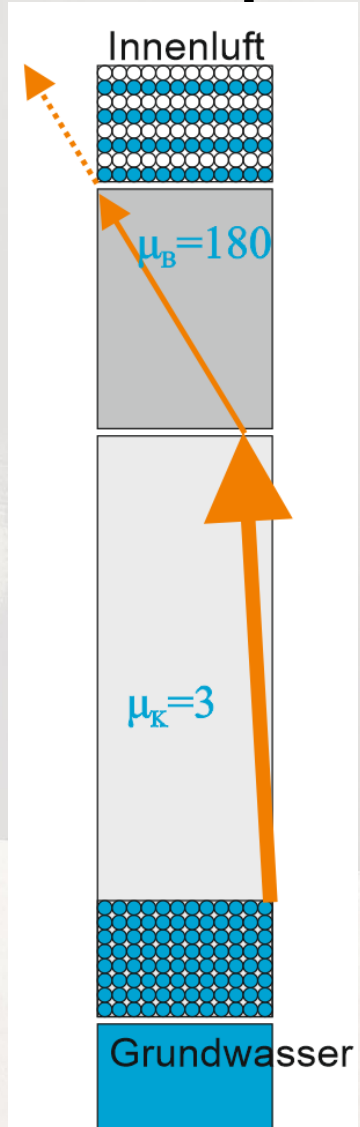
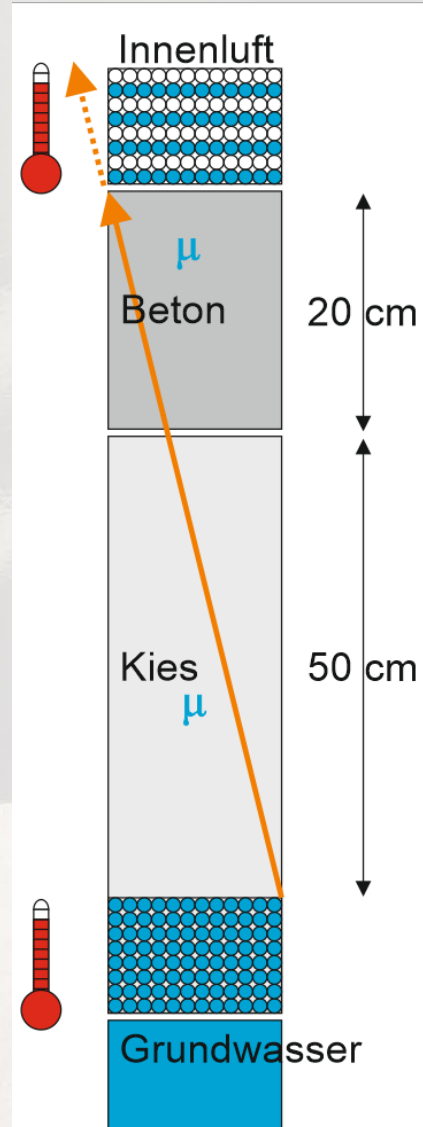
Kapillarbrechende Schüttung

$d \geq 15 \text{ cm}$

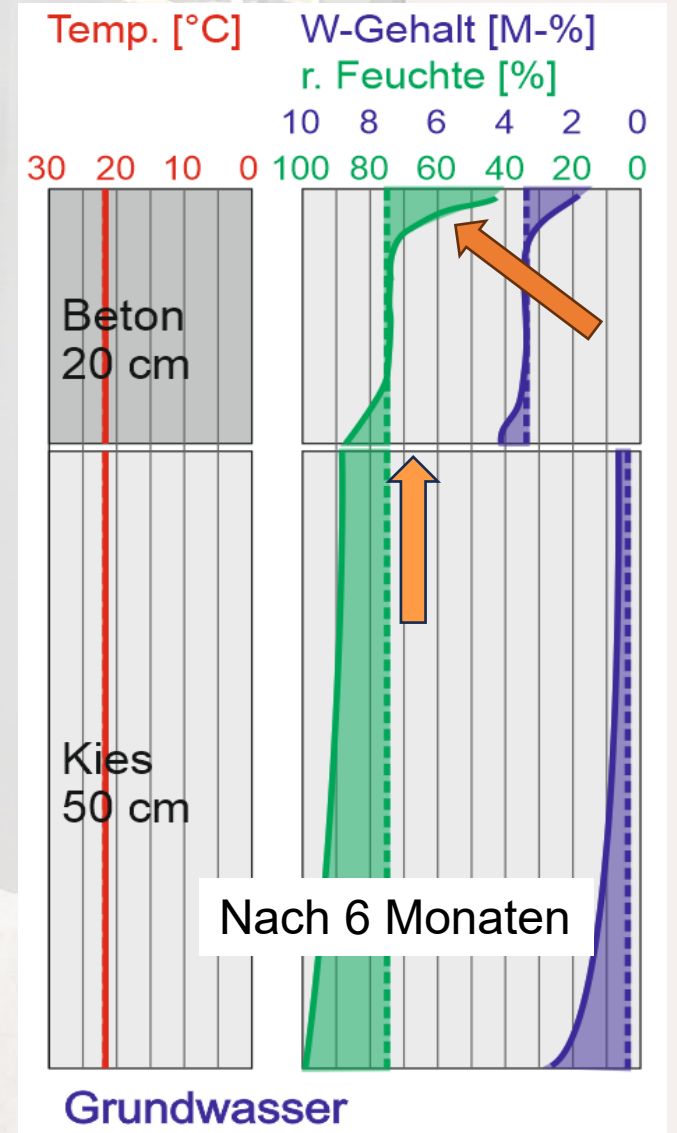
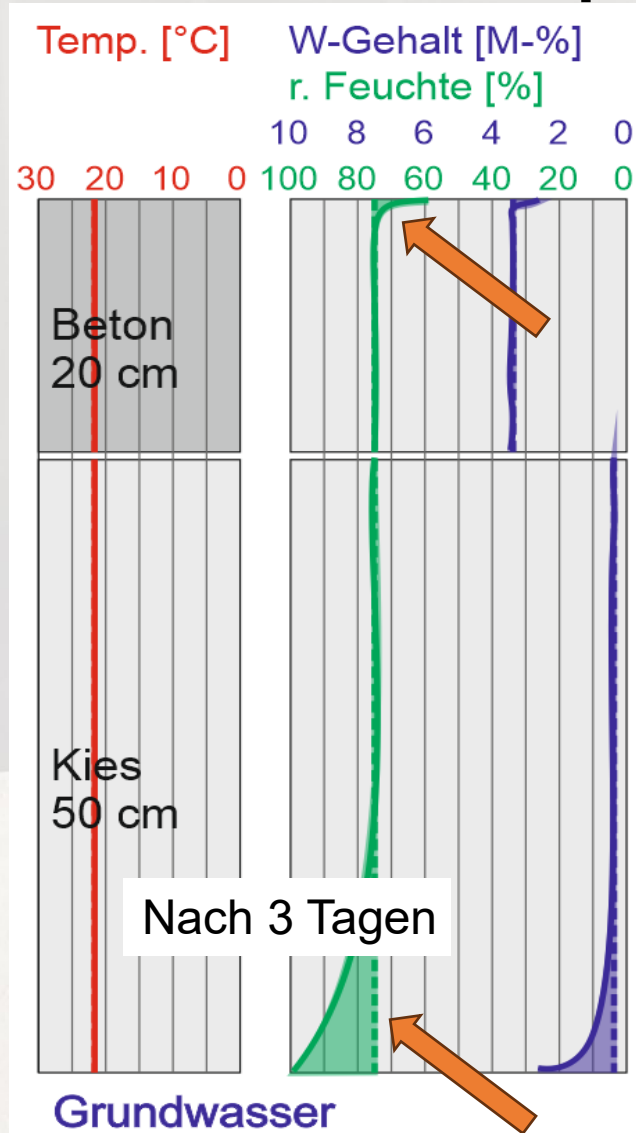
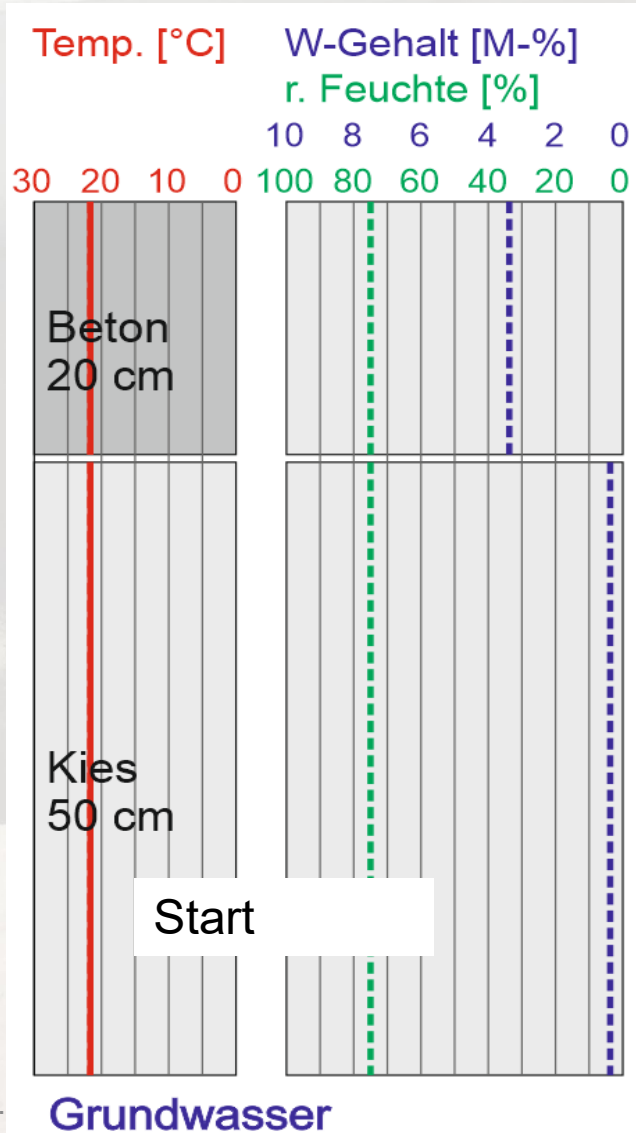
$k_f > 10^{-4} \text{ [m/s]}$



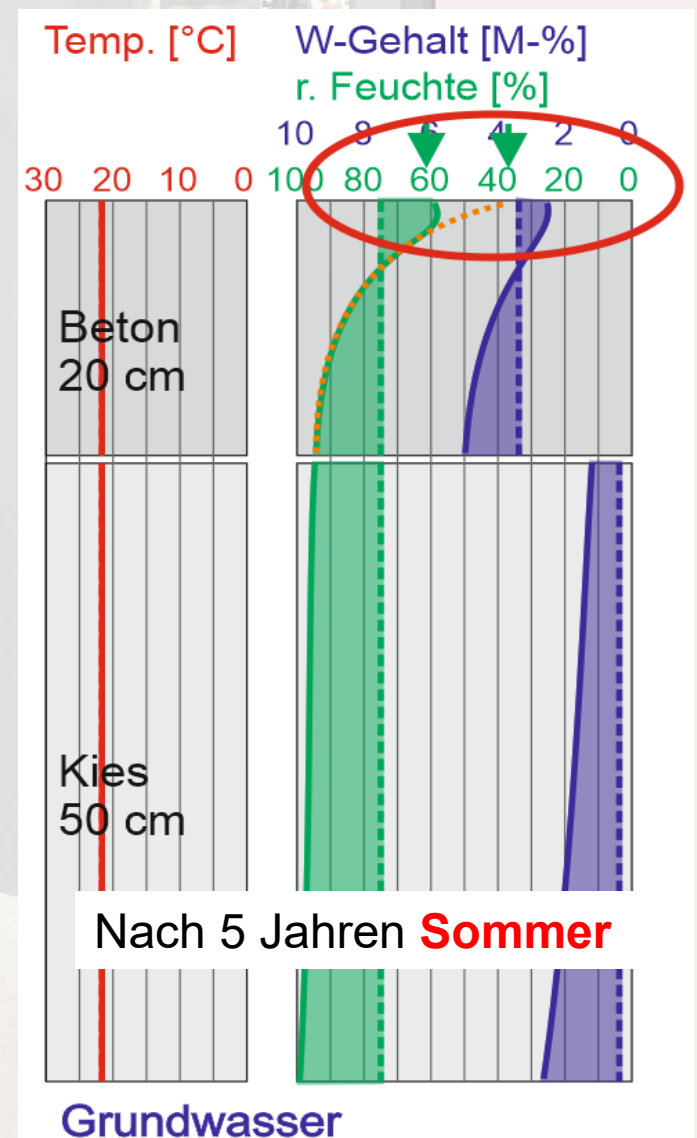
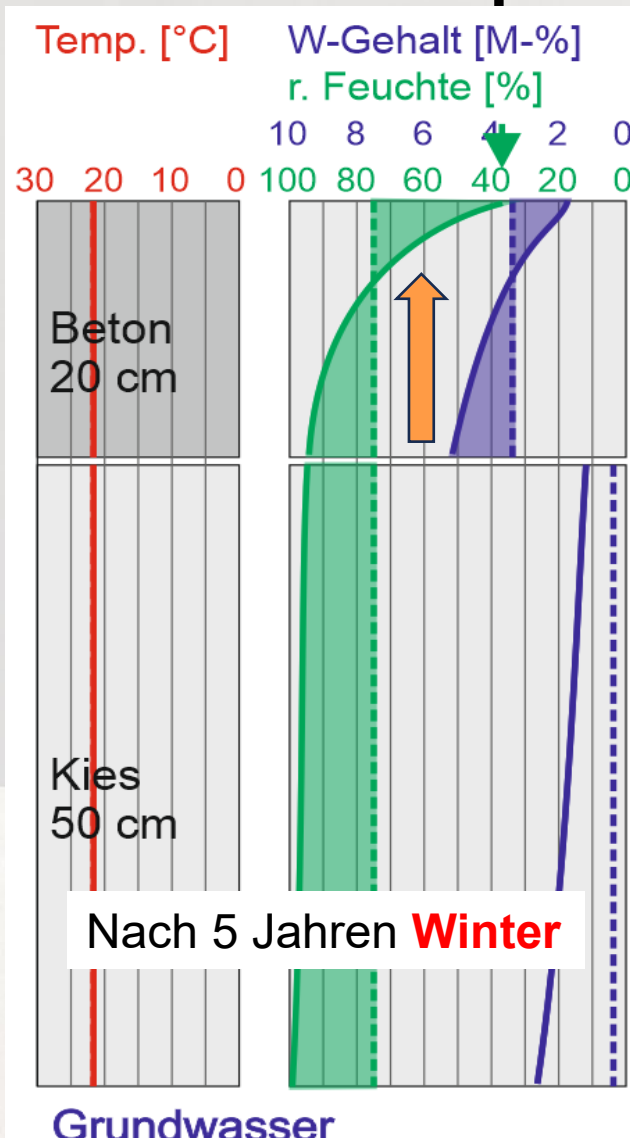
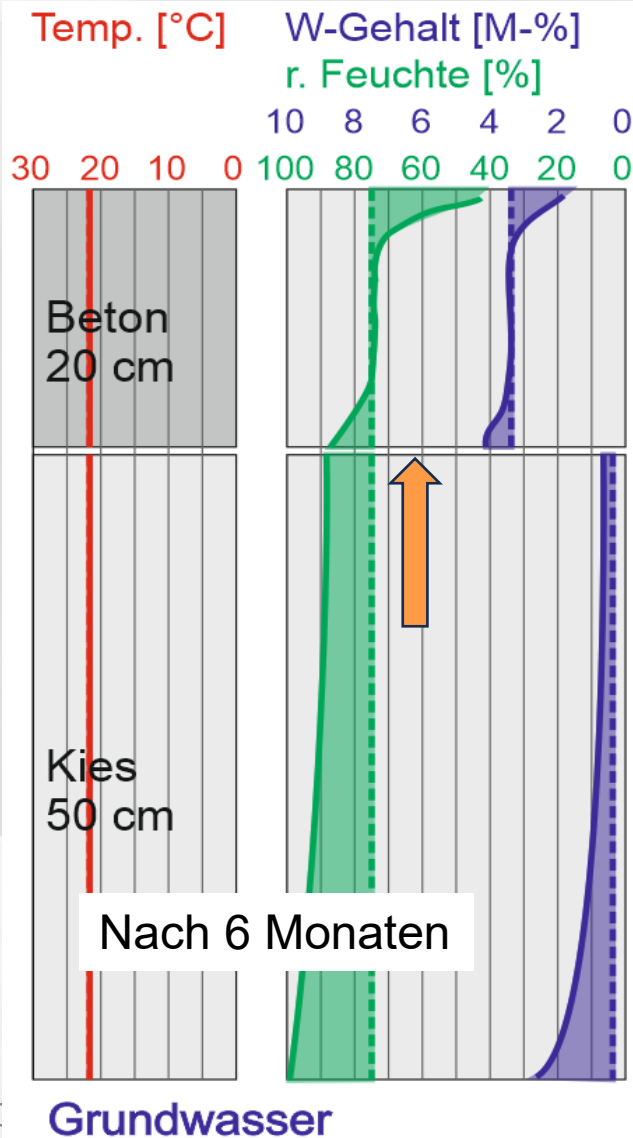
Feuchtetransport – Dampfdiffusion – konstante Temperatur



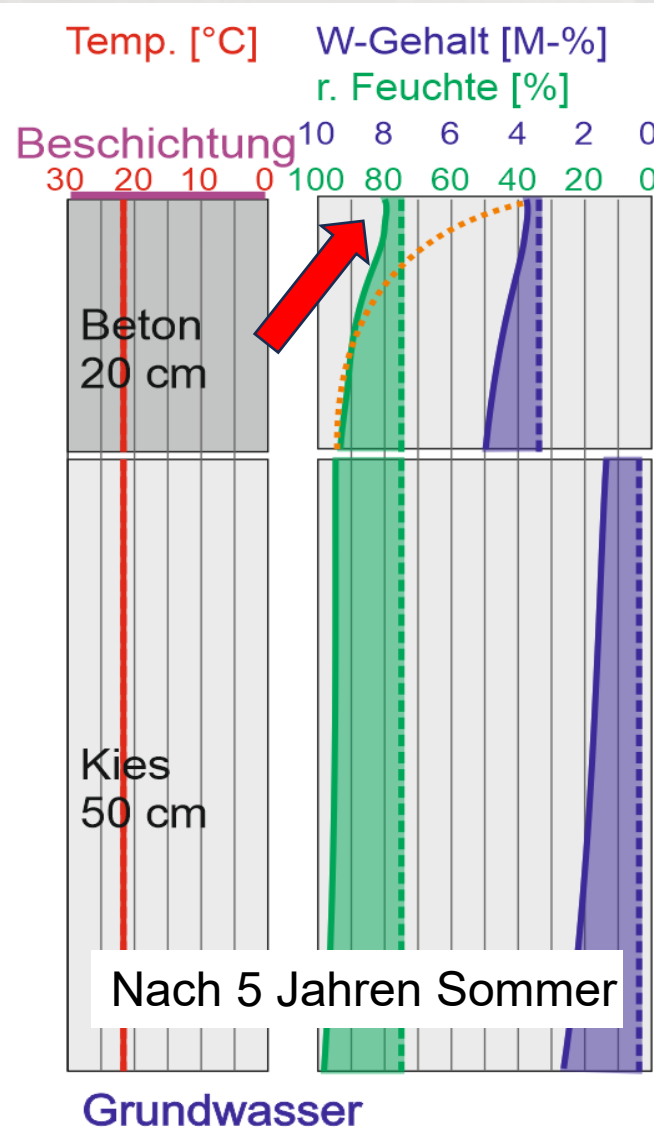
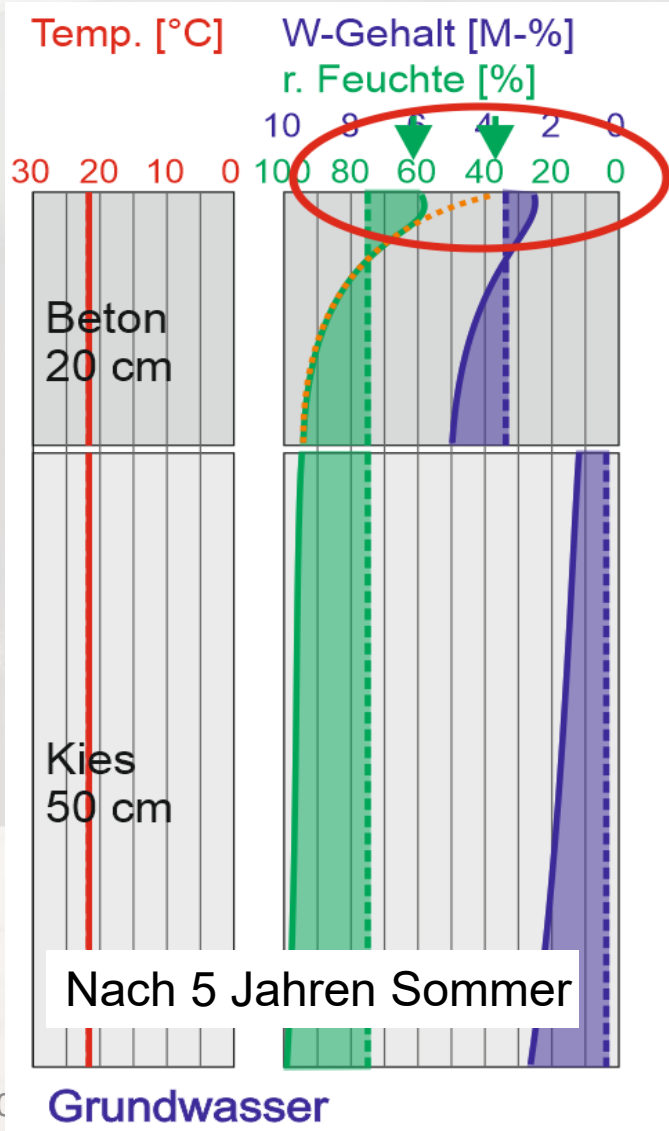
Feuchtetransport FEM – konstante Temperatur



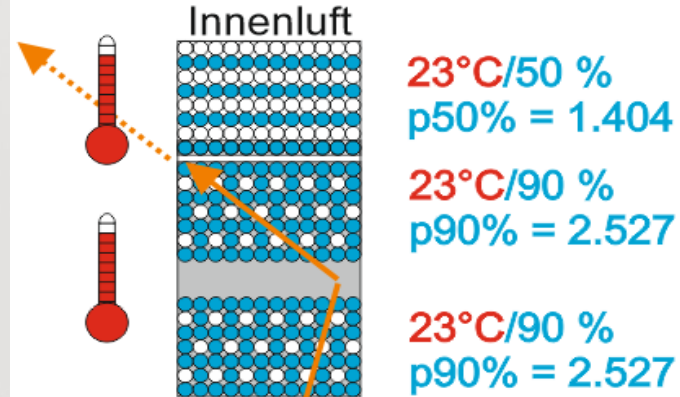
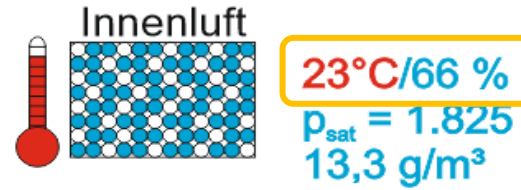
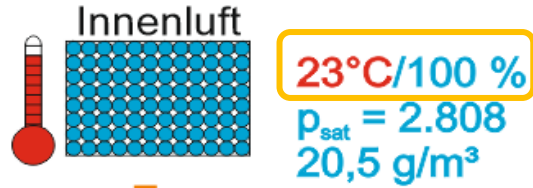
Feuchtetransport FEM – konstante Temperatur



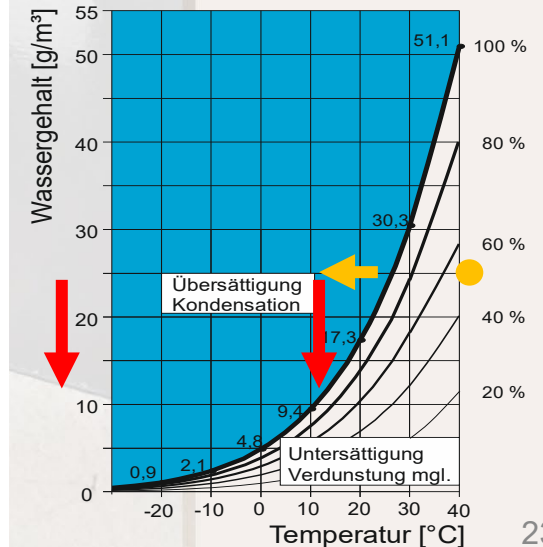
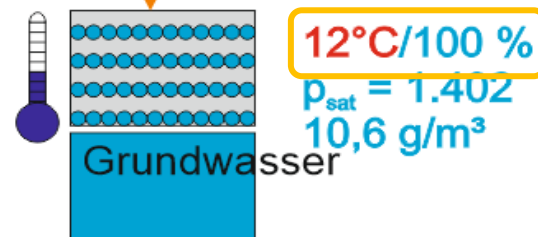
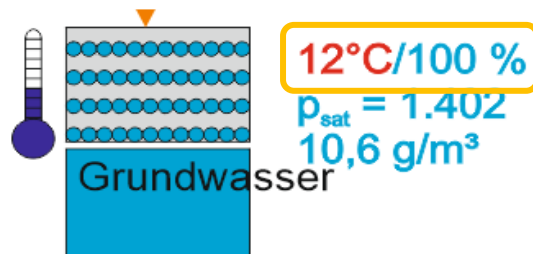
Feuchtetransport FEM – Einfluss Beschichtung



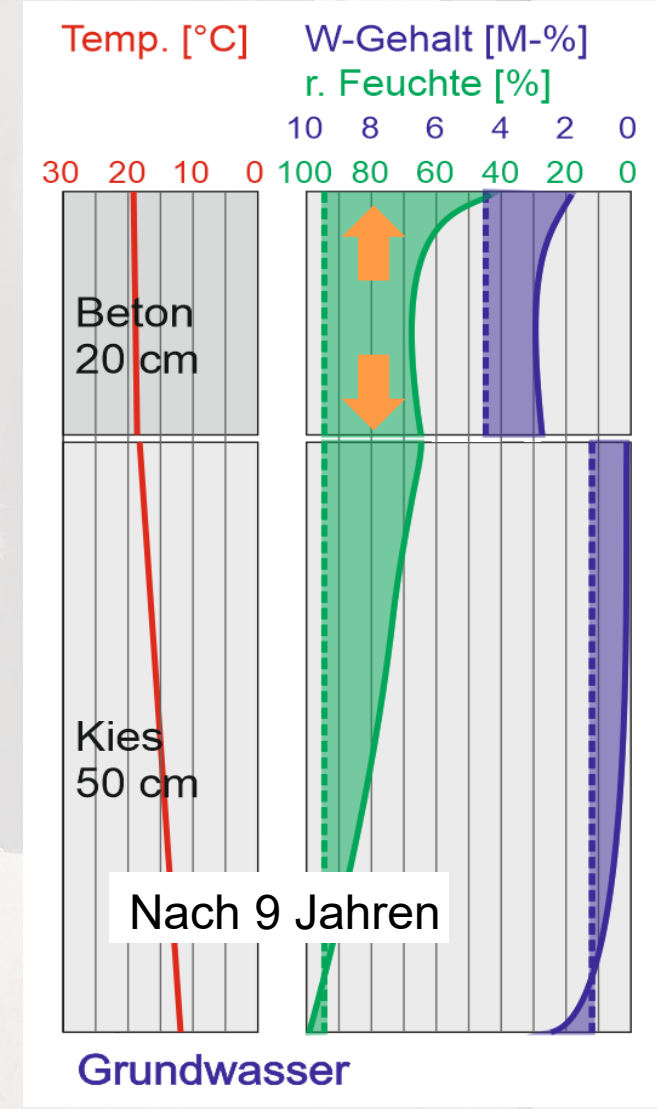
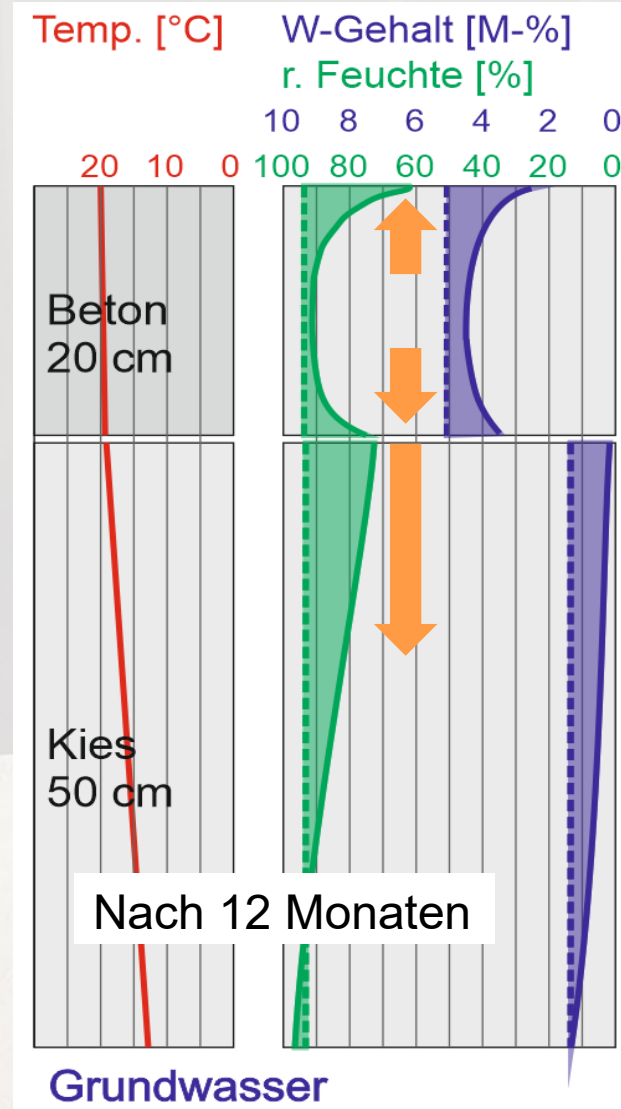
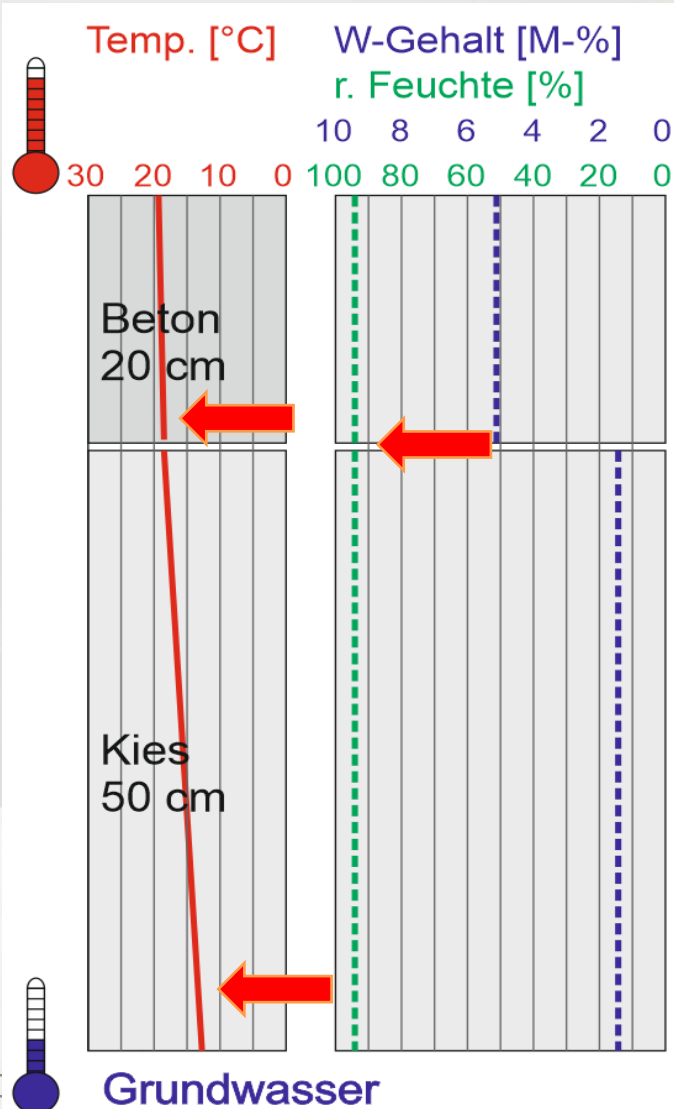
Feuchtetransport - Dampfdiffusion - Temperatureinfluss



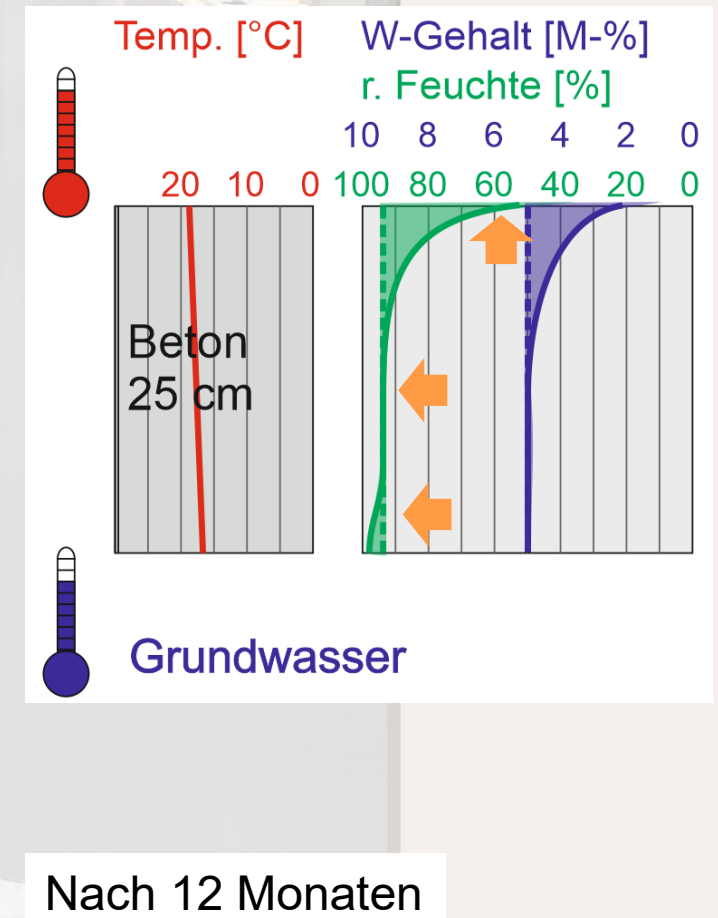
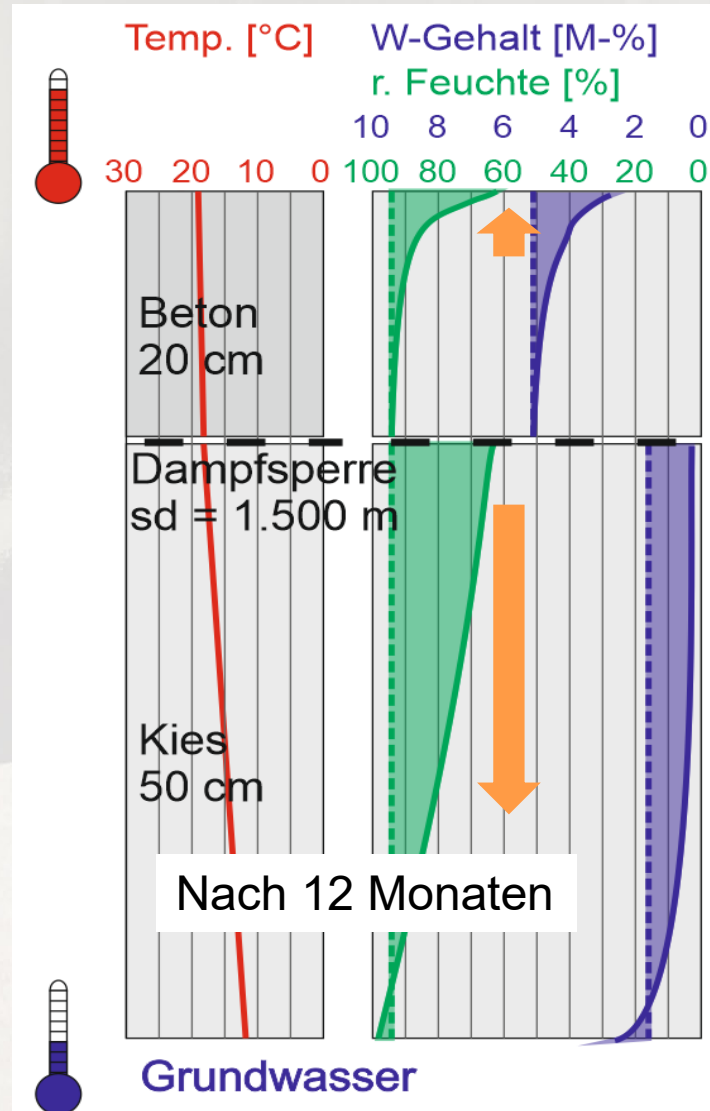
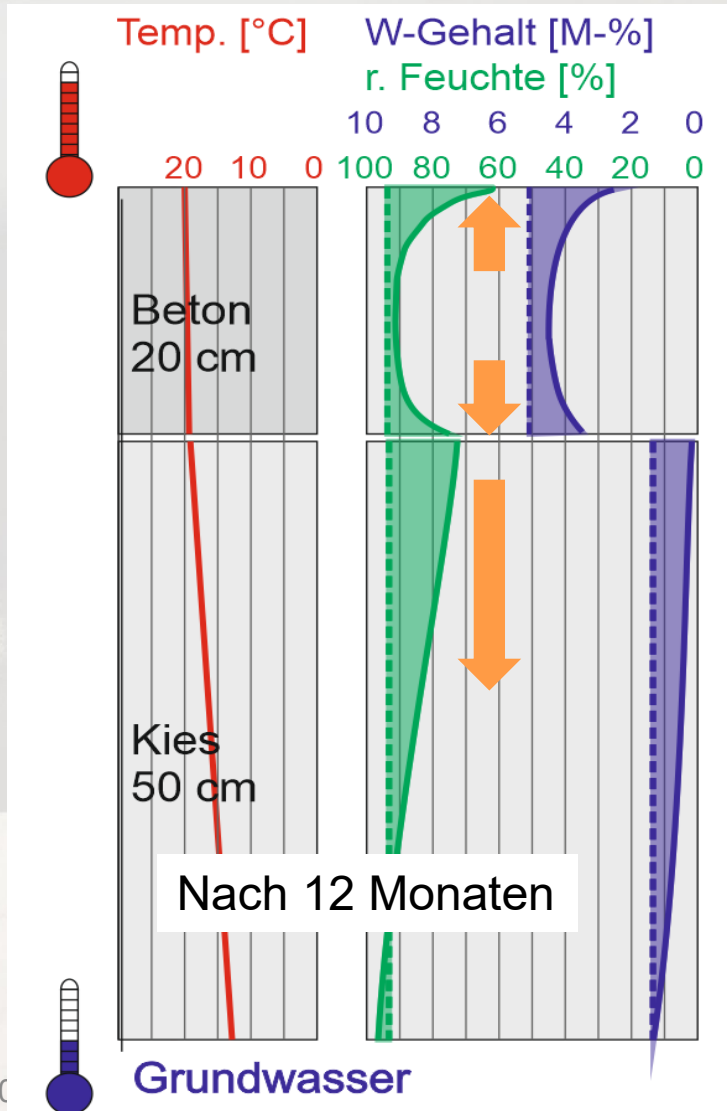
**Bodenplatte
und Baugrund
trocknen zum
Grundwasser**



Feuchtetransport FEM - Temperaturgefälle



FEM – Temperaturgefälle – Einfluss Abdichtung und G-Wasser

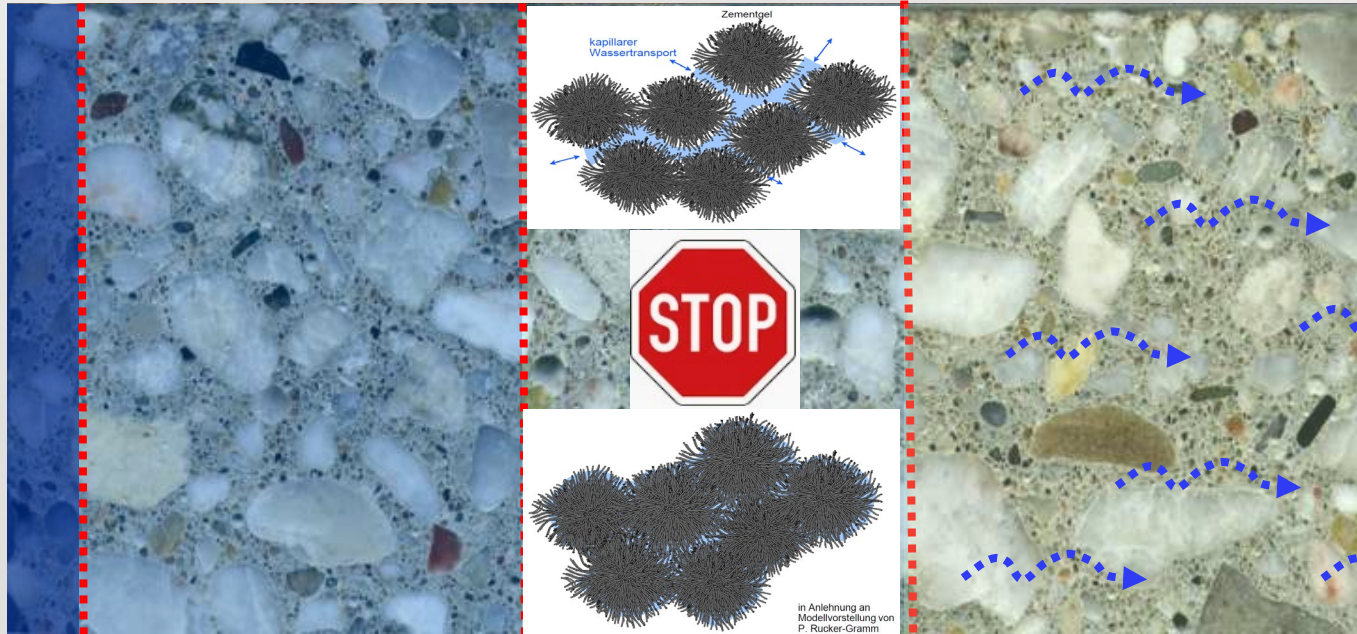
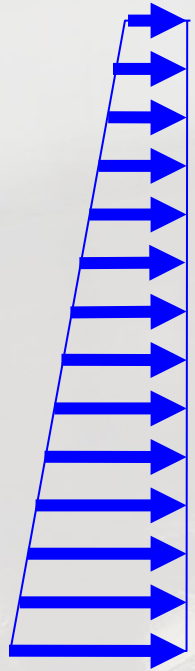


Feuchtetransport in WU-Beton DAfStb-Richtlinie

Außen
(Wasserseite)

wasserundurchlässiger Beton ($w/z \leq 0,55$)

Innen
(Luftseite)
Feuchteabgabe

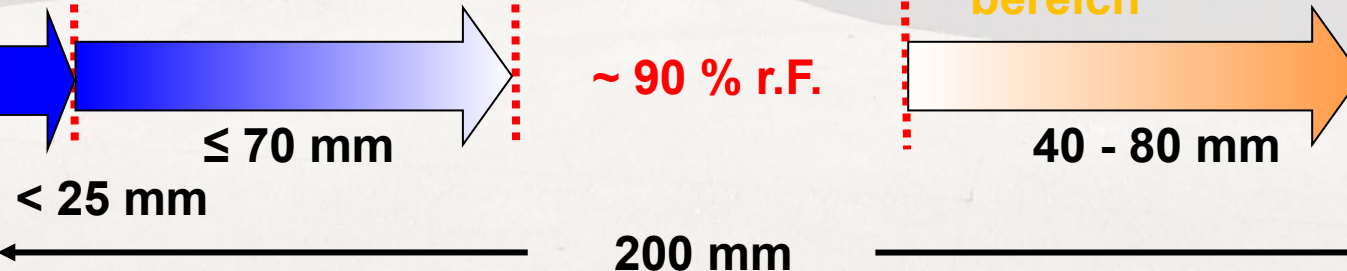


Druckwasser-
bereich

Kapillarbereich

Kernbereich

Austrocknungs-
bereich



Stimmt das so?

NEIN! Zumindest nicht im ungerissenen Beton!

Durch einen ausreichend

a) **dicken,**

b) **dichten** und

c) **ungerissenen**

WU-Beton

findet kein Wassertransport in

baupraktisch relevanten Mengen statt.

Wer sein Haus ins Grundwasser setzt und im Tiefgeschoß auch wohnen will, der braucht einen wasserdichten Keller. Das schaffen sogenannte weiße Wannen nicht.

Denn ihre Wände lassen Wasserdampf passieren. Erst eine zusätzliche Sperre aus Bitumen und Aluminium schließt den Keller hermetisch ab.

Foto Betonbid, Beckum

Wasserundurchlässig heißt nicht wasserdicht

Für trockene Keller sollte um die „weiße Wanne“ für das Fundament noch eine Bitumenschicht liegen



Stahlbetonbauweise ist gerissene Bauweise!

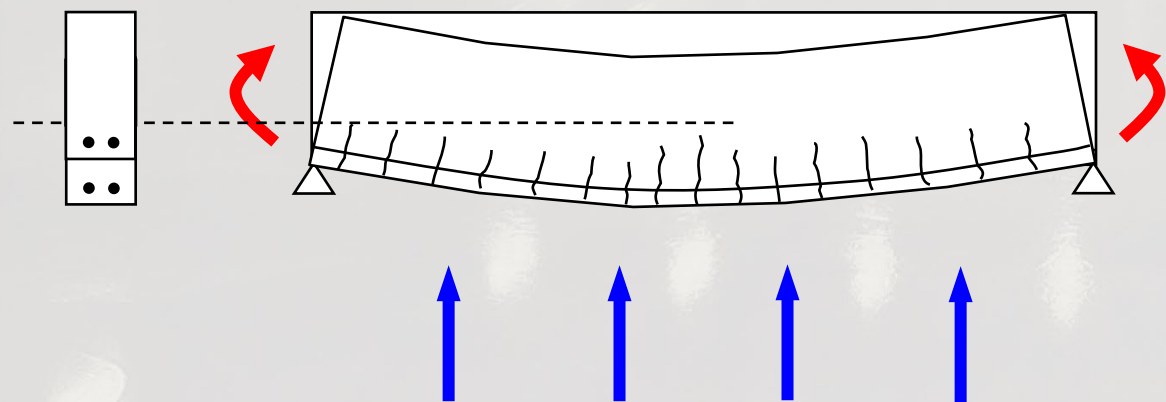
Für das Funktionieren einer Weißen Wanne im Grundwasser ist

- a) entweder die Vermeidung von Rissen oder
- b) die Beschränkung der Rissbreite von entscheidender Bedeutung

- ➔ Wann wird ein Riss wasserführend?
- ➔ Ist eine rechnerische Rissbreite maßgebend/zulässig?

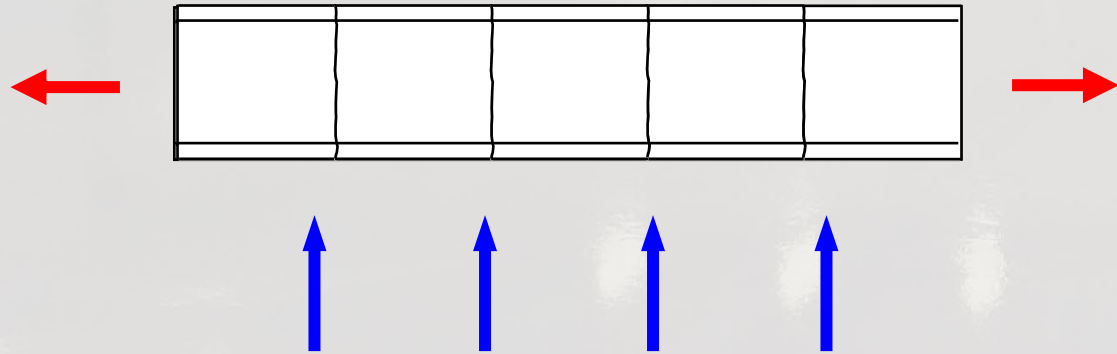


Biege-Rissbildung



Biegerisse verhindern den Wasserdurchtritt bei üblicher Druckzone.

Zentrische Rissbildung

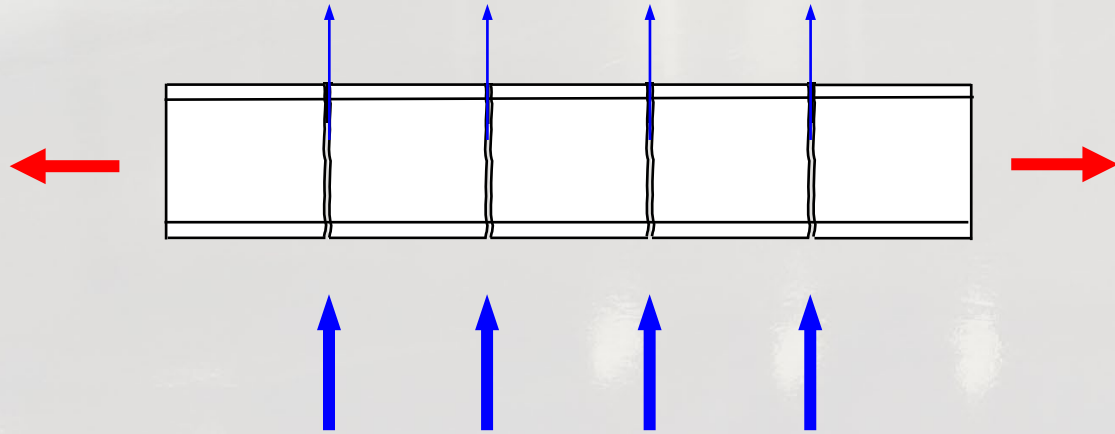


Risse mit Breiten $> 0,2$ mm können den Wasserdurchtritt **nicht mehr** verhindern.

SIA 272 § 3.14

Risse können bereits ab einer Breite von $0,1$ mm wasserführend sein. Im Abdichtungskonzept sind Massnahmen zur Beschränkung der Rissbreiten zu definieren. Wasser führende Risse sind in der Regel mittels Verfüllprinzip (z. B. Injektionssystem) und/oder Adhäsionsprinzip (z. B. geklebte Bänder, FLK) nachträglich abzudichten.

Zentrische Rissbildung



Risse mit Breiten $< 0,2$ mm zeigen unter bestimmten Bedingungen eine Selbstheilung.

Selbstheilung benötigt Zeit und Ruhe.

Selbstheilung benötigt CO_2 und neutrales Grundwasser

Feuchte Stellen in WU-Keller bei hochwertiger Nutzung

Rissbreite 0,022 mm
1 Jahr ohne Selbstheilung



Nutzungsklasse A (WU-Rili DAfStb)

- **Keine** Feuchtstellen auf der Bauteiloberfläche zulässig (Feuchtetransport in flüssiger Form)
- Standard für Wohnungsbau
- Nachweis **ohne** Rissbildung
- Nachweis mit **Begrenzung der Rissbreite NICHT** zulässig bei A
 - nur in Kombination mit raumklimatischen und bauphysikalischen **Maßnahmen**
 - und erst **nach Abklingen** des temporären Wasserdurchtritts durch die Selbstheilung der Risse
 - SIA 272 § 3.1.4.4 DK1 nominelle Rissbreite $\leq 0,2$ mm
- Ungeplante Rissbildungen können ggf. verpresst werden
- Risiko **späterer Rissbildungen** (nach dem Ausbau)
 - Vertraglich im Detail vereinbaren

DBV-Merkblatt „Hochwertige Nutzung von Untergeschossen ...“

	1	2	3	4	5
	Unter- klasse	Raum- nutzung	Raumklima (i. d. R.)	Beispiele (informativ)	Maßnahmen ²⁾ (informativ)
1	A^{***}	anspruchsvoll	warm, sehr geringe Luftfeuchte, geringe Schwankungsbreite der Klimawerte	Archive, Bibliotheken, Technikräume mit feuchteempfindlichen Geräten (Labor, EDV usw.), Lager für stark feuchte- oder temperaturempfindliche Güter	Wärmedämmung nach EnEV ³⁾ , Heizung, Zwangslüftung, Klimaanlage (Luftentfeuchtung)
2	A^{**}	normal	warm, geringe Luftfeuchte, mäßige Schwankungsbreite der Klimawerte	Räume für dauerhaften Aufenthalt von Menschen, wie Versammlungs-, Büro-, Wohn-, Aufenthalts- oder Umkleieräume, Verkaufsstätten; Lager für feuchteempfindliche Güter; Technikzentralen	Wärmedämmung nach EnEV ³⁾ , Heizung, Zwangslüftung, ggf. Klimaanlage
3	A[*]	einfach	warm bis kühl, natürliche Luftfeuchte, große Schwankungsbreite der Klimawerte	Räume für zeitweiligen Aufenthalt von wenigen Menschen; ausgebaute Kellerräume, wie Hobbyräume, Werkstätten, Waschküche im Einfamilienhaus, Wäschetrockenraum; Abstellräume	Wärmedämmung nach EnEV ³⁾ ; ggf. ohne Heizung, natürliche Lüftung (Fenster, Lichtschächte, ggf. nutzerunabhängig)
4	A^{0 1)}	untergeordnet	keine Anforderungen	einfache Technikräume (z. B. Hausanschlussraum)	-

¹⁾ entspricht der WU-Richtlinie [R1], 5.3 (2), u. U. ist eine Einordnung in Nutzungsklasse B möglich
²⁾ Baukonstruktive Anforderungen an die Zugänglichkeit der umschließenden Bauteile sind immer zu beachten.
³⁾ EnEV: Energieeinsparverordnung [R37]

Nutzungsklasse nach WU-Rili
A Feuchte Stellen nicht erlaubt
(B) Feuchte Stellen erlaubt Tiefgarage

Differenzierung der Nutzungsklasse A in Abhängigkeit von raumklimatischen Anforderungen

Dichtigkeitsklasse	Beschrieb
1	vollständig trocken Keine Feuchtstellen an den trockenseitigen Bauwerksoberflächen zugelassen.
2	trocken bis leicht feucht Einzelne Feuchtstellen zugelassen. Kein tropfendes Wasser an den trockenseitigen Bauwerksoberflächen zugelassen.
3	feucht Örtlich begrenzte Feuchtstellen und einzelne Tropfstellen an den trockenseitigen Bauwerksoberflächen zugelassen.
4	feucht bis nass Feucht- und Tropfstellen zugelassen.

Die festgelegten Dichtigkeitsklassen sind in der Nutzungsvereinbarung festzulegen.

Alle am Bauwerk Beteiligten müssen den sie betreffenden Inhalt der Nutzungsvereinbarung kennen.

Die DK1 heißt „vollständig trocken“.

- Ist der Beton vollständig trocken und dampfdicht?
- Bleibt die Betonkonstruktion dicht?

Risse in schlaff bewehrten Stahlbetonbauteilen sind unvermeidbar. Sie sind die Folge von Einwirkungen wie z.B. Schwinden, Temperaturänderungen, Zwangsschnittgrössen («Zwängungen»), Lasteinwirkungen, Baugrundverformungen, Verschleiss oder Alkali-Aggregat-Reaktionen. Die Einwirkungen können permanent oder temporär auftreten. Je nach Art der Einwirkung können Risse schon beim Beton-Abbindeprozess oder aber erst nach Monaten bis Jahren entstehen.

Rissbreitenänderungen sind die Folgen der oben genannten Einwirkungen. Sie treten wiederkehrend statisch oder dynamisch auf. Sie sind im Projekt zu bestimmen. Die Wahl der geeigneten Massnahmen für die Abdichtung von Rissen (Verfüll-, Adhäsionsprinzip) ist abhängig von zu erwartenden Breitenänderungen.

Zur Minimierung der Rissbreite ist eine Mindestbewehrung gemäss SIA 262 erforderlich. Hierbei gelten folgende Anforderungen:

Dichtigkeitsklasse 1 = hohe Anforderungen, mit zu erwartenden nominellen Rissbreiten $\leq 0,2 \text{ mm}$.

Nominelle Rissbreite w_{nom}

Auf der Höhe des Bewehrungsschwerpunkts definierte, theoretische Hilfsgrösse; sie entspricht nicht den auf der Betonoberfläche messbaren Rissbreiten.

Die Bezeichnung richtet sich nach dem Baustoff der Dichtungsschicht, siehe 3.1 bis 3.8. Starre Abdichtungssysteme sind

- wasserdichte Betonkonstruktionen (WDB), siehe 3.1,
- wasserdichte Mörtel (WDM), siehe 3.2,
- Gussasphalt (MA), siehe 3.3.

Flexible Abdichtungssysteme sind

- Polymerbitumen-Dichtungsbahnen (PBD), siehe 3.4,
- Kunststoff-Dichtungsbahnen (KDB), siehe 3.5,
- Dichtungsbahnen mit Tondichtungsschicht (TDB), siehe 3.6,
- Flüssigkunststoff (FLK), siehe 3.7,
- kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtungen (PMBC), siehe 3.8.

Weisse Wanne SIA 272 § 3.1



Weisse Wanne:

Beton: Tragende Funktion

Abdichtende Funktion

WU-Beton ist ausreichend dampfdicht

Fugen sind konstruktive Schwachstellen

Rissbildungen sind Schwachstellen (lokalisierbar und sanierbar)

Selbstheilung unter Estrichen wg. fehlendem CO₂ nur teilweise möglich

Empfehlung:

- Feuchteunempfindliche, diffusionsoffene Beläge
- Feuchteunempfindliche Innen-Dämmung
- Kontrollmöglichkeit und Lüftung bei A** und A***

Preiswerteste Variante

Schwarze Wanne SIA 272 § 3.4; § 3.8



Schwarze Wanne:

Beton: Tragende Funktion

Bitumen: Abdichtende Funktion

Bituminöse Abdichtung (Bahnen oder Dickbeschichtung)

Für **spätere** Rissbildungen sicherer.

Im Erdreich dauerhaft, da kein UV und Temp. (Flachdächern)

Wartung nicht möglich

Risiko des Hinterlaufens

Ausführung Witterungsabhängig

Wärmedämmung kann auf der trockenen Seite liegen

Teuerste Variante



Braune Wanne:

Beton: Tragende Funktion

Bentonit: Abdichtende Funktion

Bentonit mit Gewebe als Abdichtung,
die einen sicheren Verbund mit dem Beton eingeht.

Quellen führt zur Selbstheilung

Für spätere Rissbildung sicher

Hinterlaufschutz! (Deutlich sicherer)

Witterungsunabhängig.

Mittlere Preisvariante.

Gelbe Wanne SIA 272 -



Gelbe Wanne:

Beton: Tragende Funktion

FBF: Abdichtende Funktion

Frischbetonfolie als Abdichtung,
die einen sicheren Verbund mit dem Beton eingeht.

Für spätere Rissbildung sicher.

Hinterlaufschutz! (Deutlich sicherer)

Witterungsunabhängig.

Mittlere Preisvariante.

Nachstoßende Restfeuchte aus Betondecken

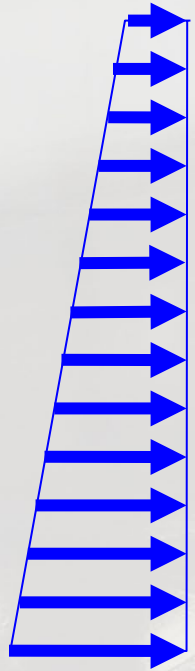
Märchen oder Wahrheit?

Feuchtetransport in WU-Beton

Außen
(Wasserseite)

Innen
(Luftseite)

wasserundurchlässiger Beton ($w/z \leq 0,55$)



Feuchteabgabe
Trocken???

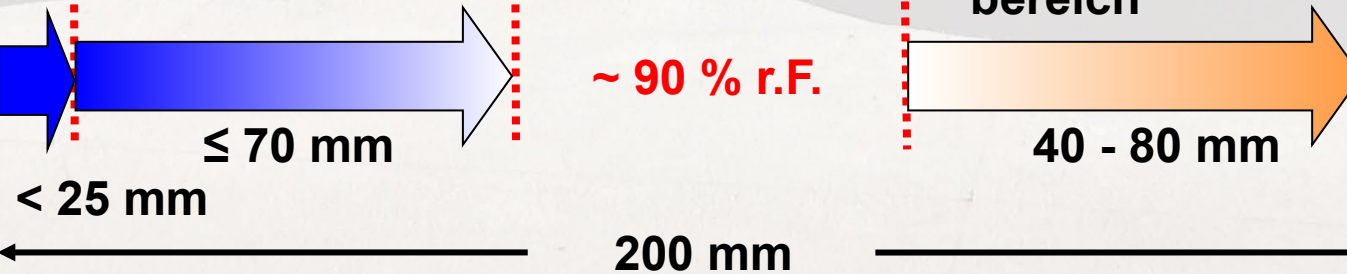
Druckwasserbereich

Kapillarbereich

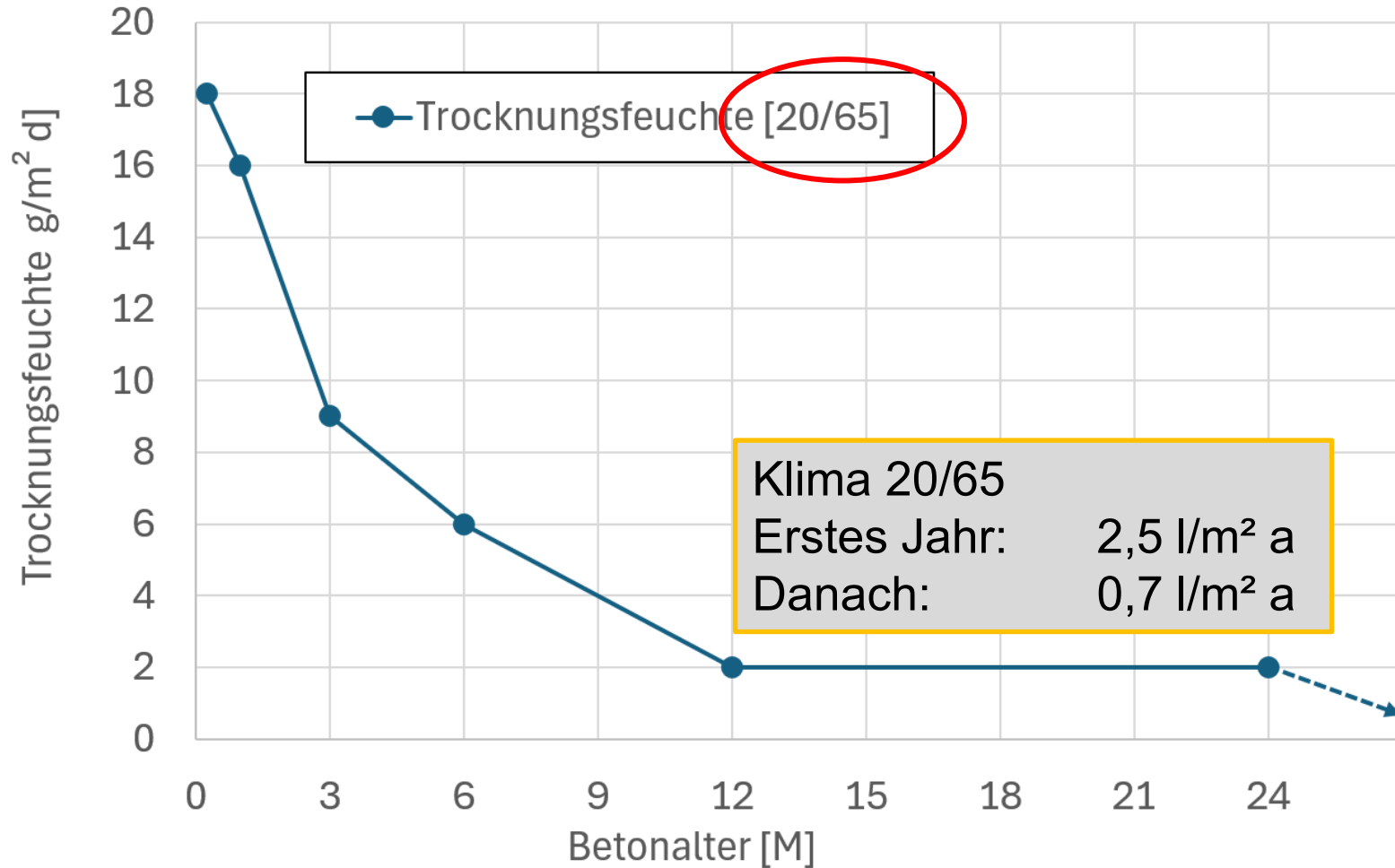
Kernbereich

Austrocknungsbereich

Arbeitsmodell nach Beddoe/Springenschmid



Feuchteabgabe WU-Beton



Beton: d= 20; Diffusion
 $\mu = 180$; 21°C/50 % zu 99%
0,6 g/(m²*d)
0,2 l/m² a (Δ 49 %)

Vergleich Feuchtequellen

Kellerraum: 4 m x 4 m x 2,5 m -> $A_{\text{Beton}} = 36 \text{ m}^2$; $V = 40 \text{ m}^3$

Beton: d= 20	- Austrocknung: 2 g/(m ² *d)	72 g/d
	- Diffusion: 0,6 g/(m ² *d)	22 g/d

Mensch: 500 g/d ~	166 g/AT
Zimmerpflanze:	50- 2000 g/d
Stündlicher Luftwechsel i. V. zu 21°/50%:	
- Sommertag 30°/75%: +6 g/m ³	1.920 g/AT
- Wintertrag 5°/60 %-15 g/m ³	-4.800 g/AT

Nachstoßende Feuchte des Betons ist vernachlässigbar,
wenn **diffusionsoffener** Aufbau

HINWEIS ZUR RESTBAUFEUCHE

Ein Neubau weist trotz technischer Vortrocknung eine gewisse Restfeuchte auf.

Diese kann speziell in unbeheizten Kellerräumen zu Feuchtigkeitsproblemen führen.

Deshalb ist ein Kellerraum grundsätzlich nicht zum Lagern von Kleidung oder feuchteempfindlichen Gegenständen geeignet.

Um Feuchte- und Schimmelschäden an der Bausubstanz zu vermeiden, empfiehlt es sich, ein Luftentfeuchtungsgerät aufzustellen.

Dieses sollte eine Luftfeuchtigkeit von 50 - 60 % gewährleisten.

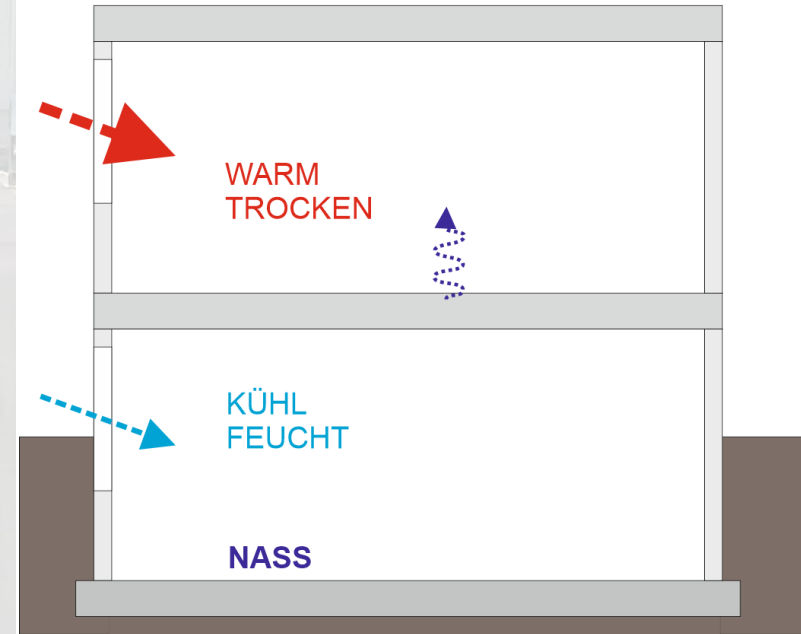
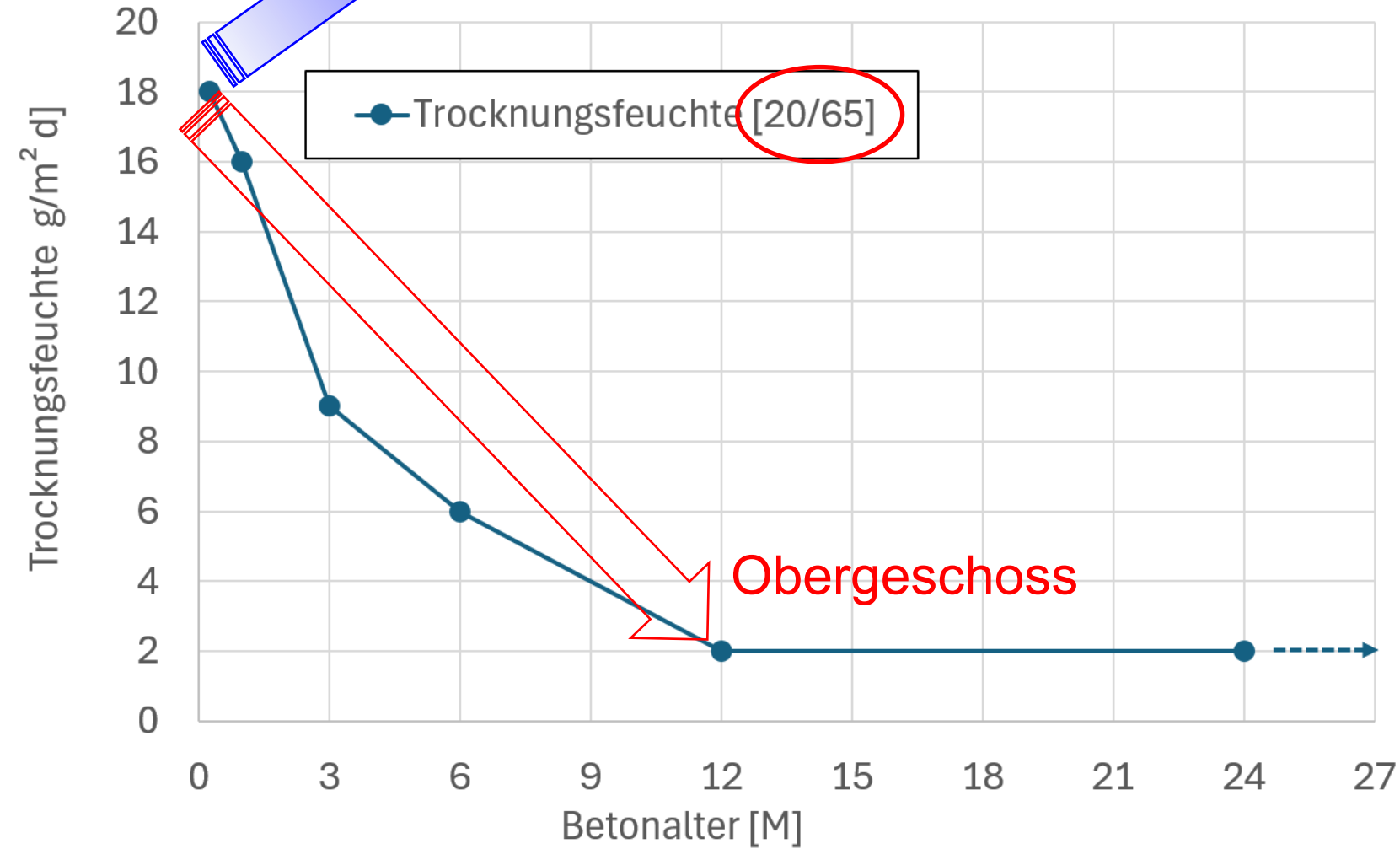


>> 2,5 l/m²/a

Kellergeschoss



Restbaufeuchte



Nachstoßende Restfeuchte

Beton: nasser Kellerboden

2,5 l/m² a

4 cm Estrich:

- > **Auffeuchtung um 3,1 M.-%/a**

(Estrich absolut diffusionsdicht geschlossen)

Beton: d= 20; Diffusion

0,6 g/(m²*d) 0,2 l/m² a

μ = 180; 21°C/99 % zu 50 % r.F.

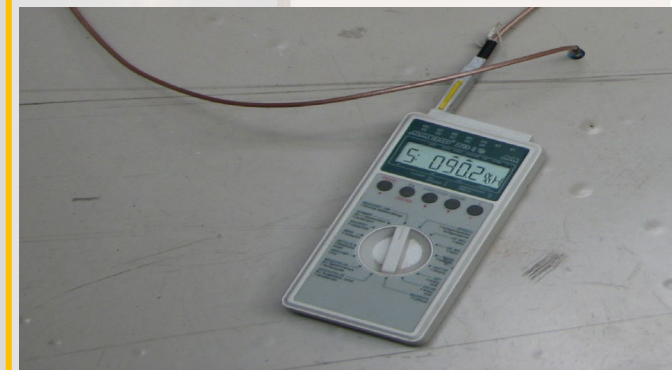
4 cm Estrich:

- > **Auffeuchtung um 0,25 M.-%/a**

(Estrich Absolut diffusionsdicht geschlossen)

Nachstoßende Restfeuchte ist zu Beginn ein Problem

- Egal ob weiss, schwarz, braun oder rot

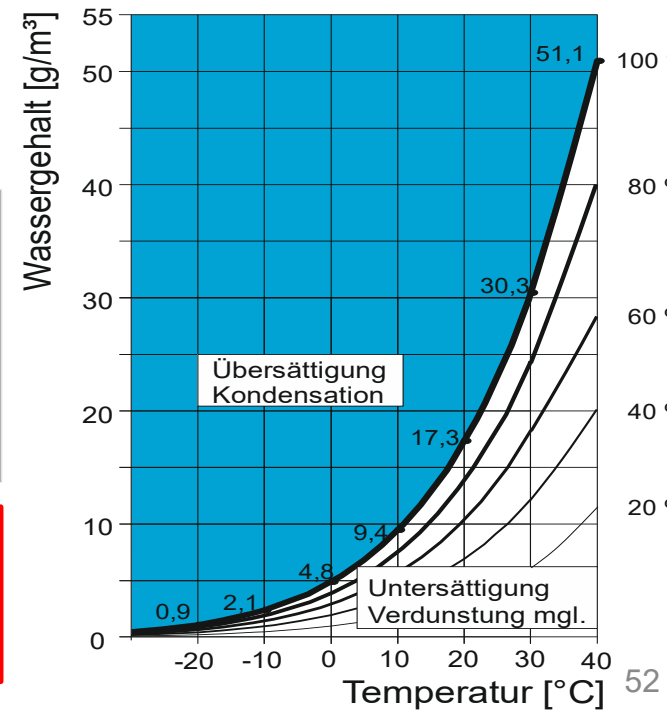
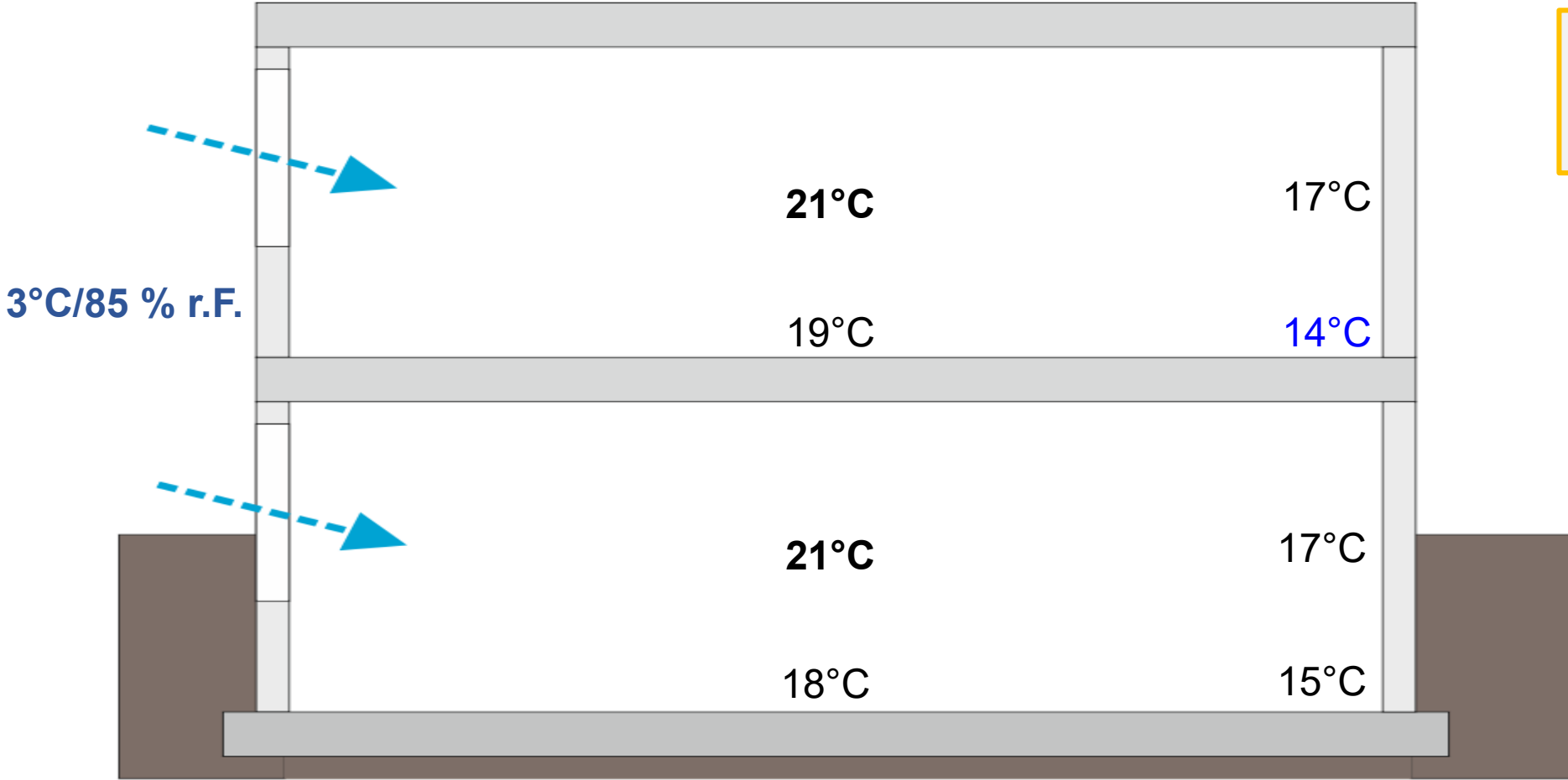


Tauwasser

Heizperiode (Winter)

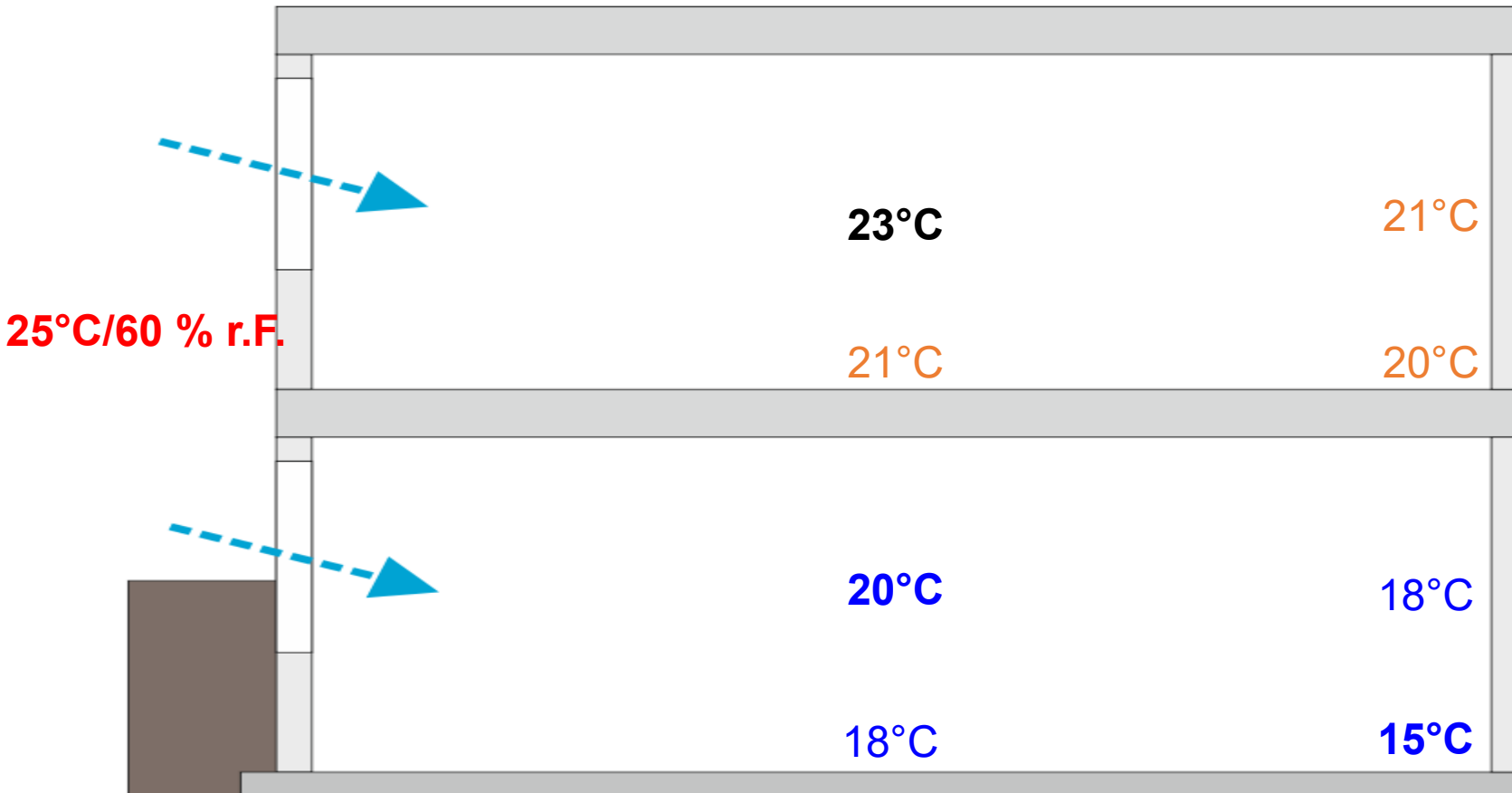
3°C, 85 % r.F.
 $cs = 6,0 \text{ g/m}^3$
 $c = 6,0 \times 0,85 = 5,1 \text{ g/m}^3$

14°C
 $cs = 12,0 \text{ g/m}^3$
 $\varphi = 5,1/12,0 = 43 \%$



Keine Taupunktunterschreitung!
Hauptsächlich Nutzungsbedingte Feuchte ablüften

25°C, 60 % r.F.
 $cs = 23,0 \text{ g/m}^3$
 $c = 23,0 \times 0,60 = 13,8 \text{ g/m}^3$

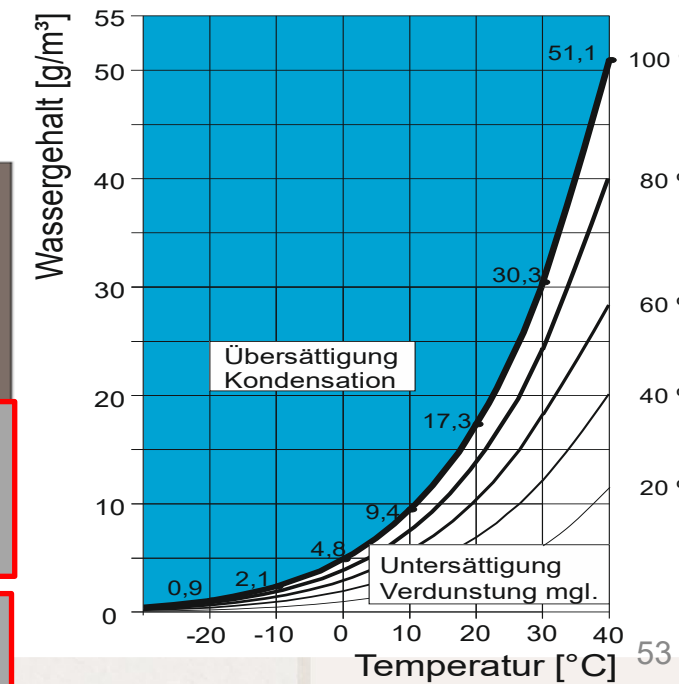


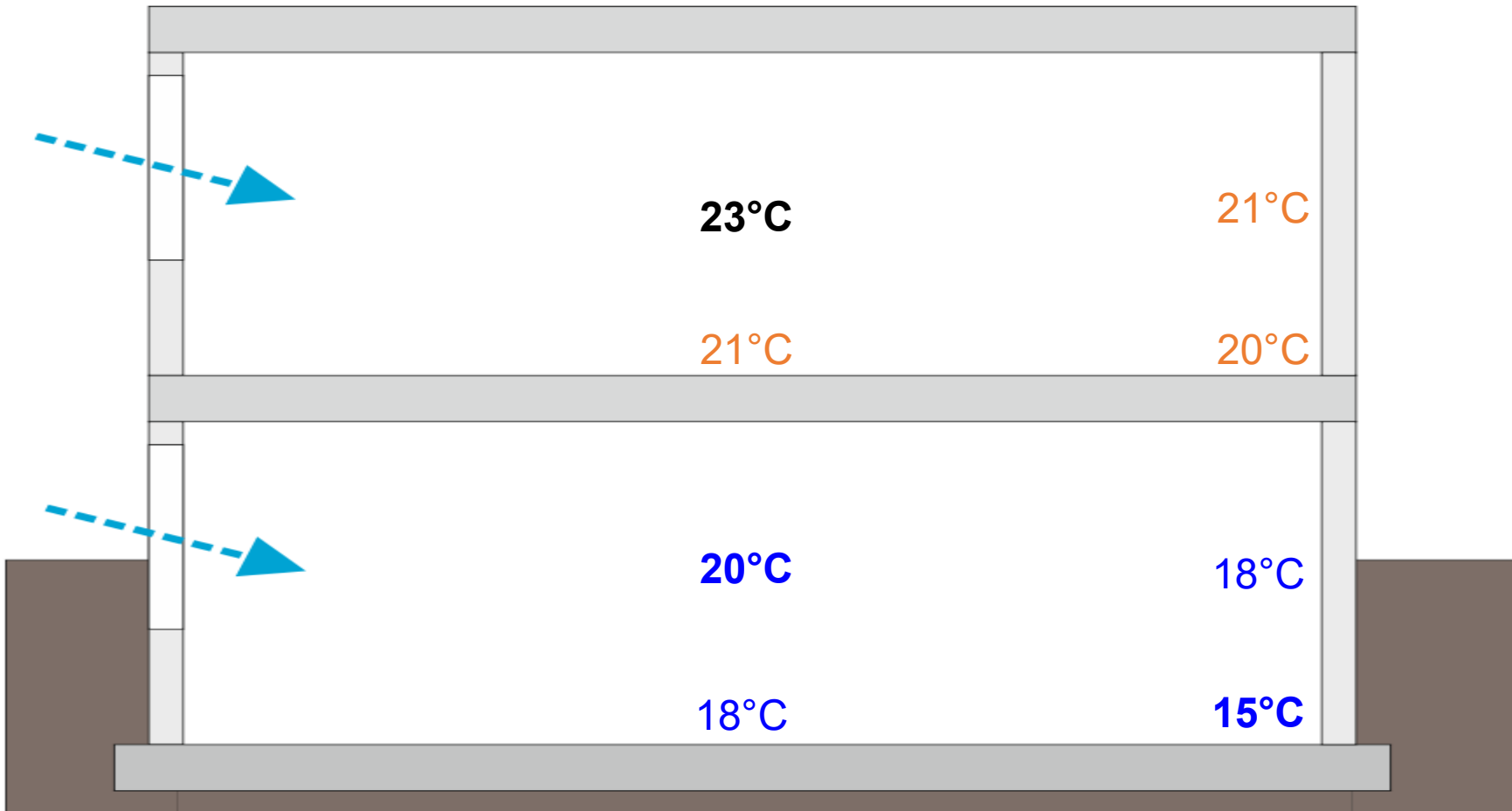
18°C
 $cs = 15,3 \text{ g/m}^3$
 $\varphi = 13,8/15,3 = 90 \%$

DIN 4108-2
 Tauwasser- und Schimmelpilzvermeidung
 Kritische Feuchte 80%

Taupunktunterschreitung im UG häufig!
 Raumluftheuchte nur mit (vor)getrockneter Außenluft abführen!

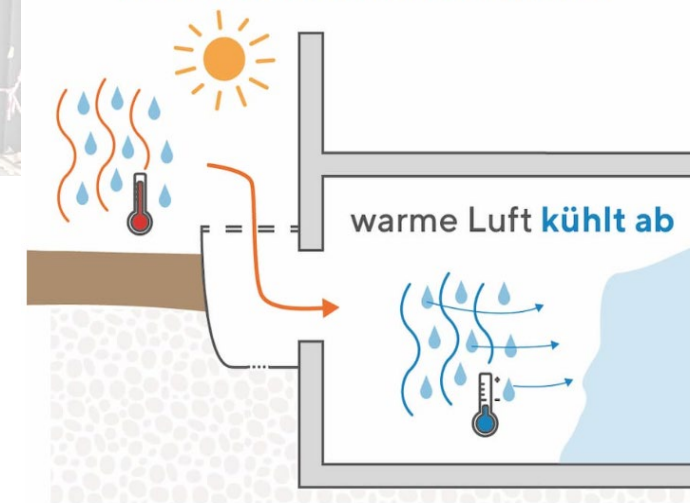
Abdichtung bringt keinen Vorteil!





Keller und Bodenplatten sind anders zu bewerten als Decken und OG

Keller im Sommer lüften?



➔ gibt Feuchtigkeit an Keller ab & fördert Schimmelbildung!

Keller im Sommer NICHT lüften!

(Es sei denn der Feuchtigkeitsgehalt der Außenluft ist niedriger als im Keller, dann kann gelüftet werden)



Taupunktunterschreitung Beispiel



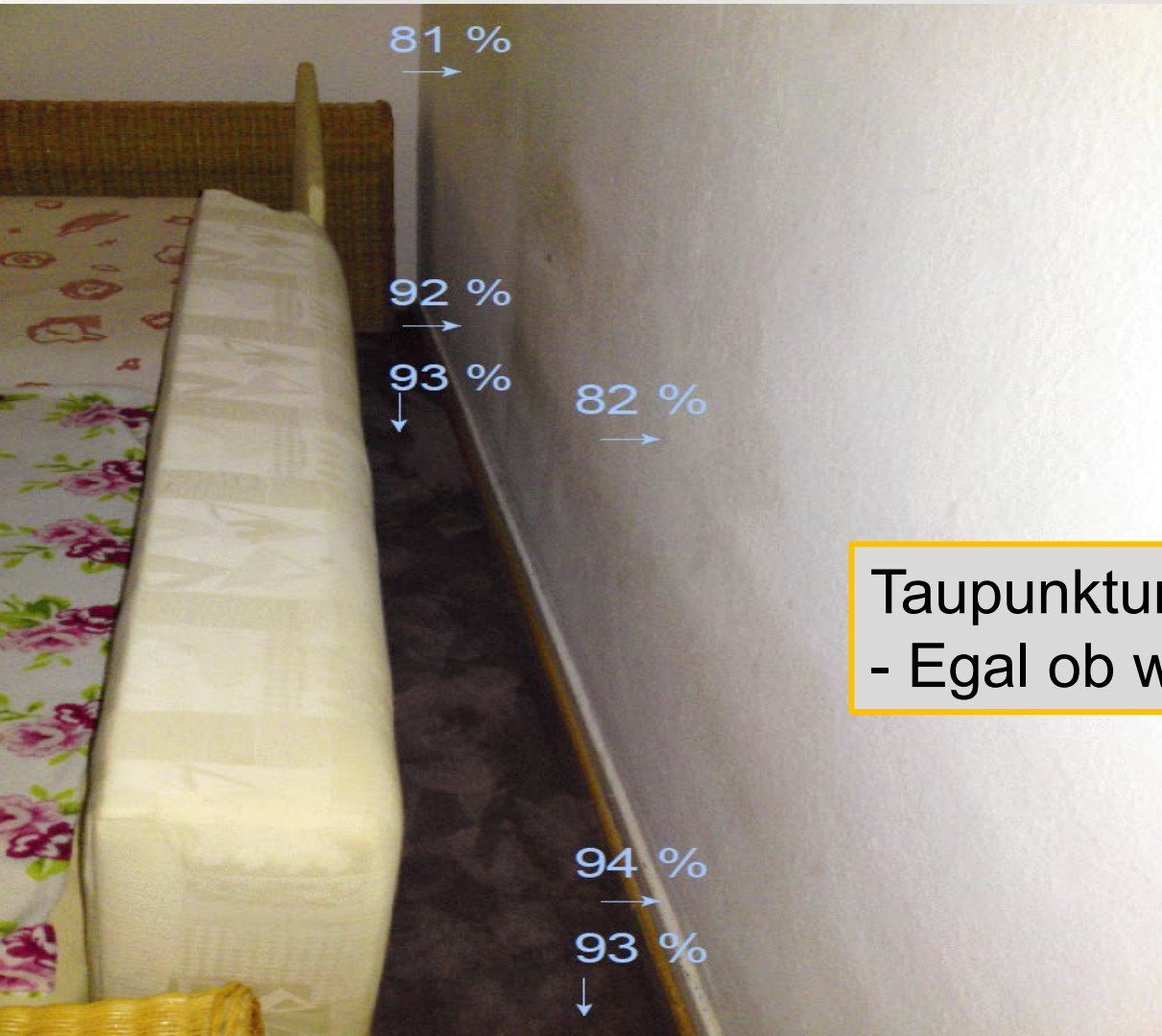
Feuchte- und Schimmelpilzprobleme an der Innenwand einer Souterrain-Wohnung

Messung am 27.08.09, 18.30 h nach ausgiebigem Lüften

Außenluft: 26,8 °C, 64 % rel. F.
Innenluft: 20,1 °C, 81 % rel. F.

**gemessene
Temperaturen in °C**

Taupunktunterschreitung Beispiel



Feuchte- und Schimmelpilzprobleme an der Innenwand einer Souterrain-Wohnung

Messung am 27.08.09, 18.30 h nach ausgiebigem Lüften

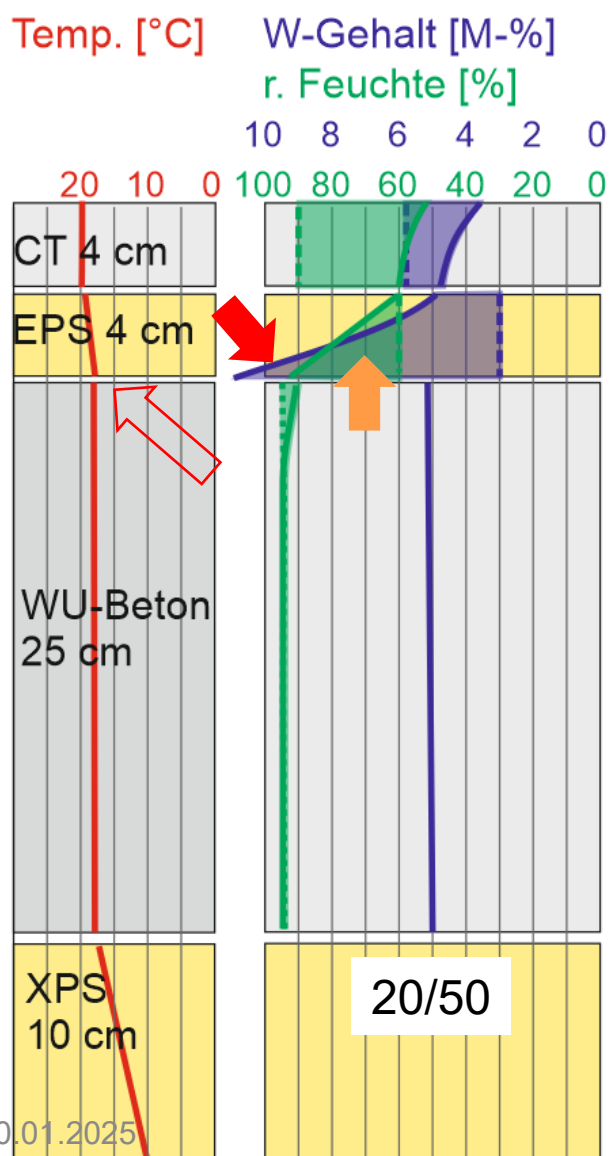
Außenluft: 26,8 °C, 64 % rel. F.
Innenluft: 20,1 °C, 81 % rel. F.

Taupunktunterschreitung ist ein Problem
- Egal ob weiss, schwarz, braun oder rot

aus Daten für Innenluft berechnete relative Luftfeuchten in %

Innendämmungen

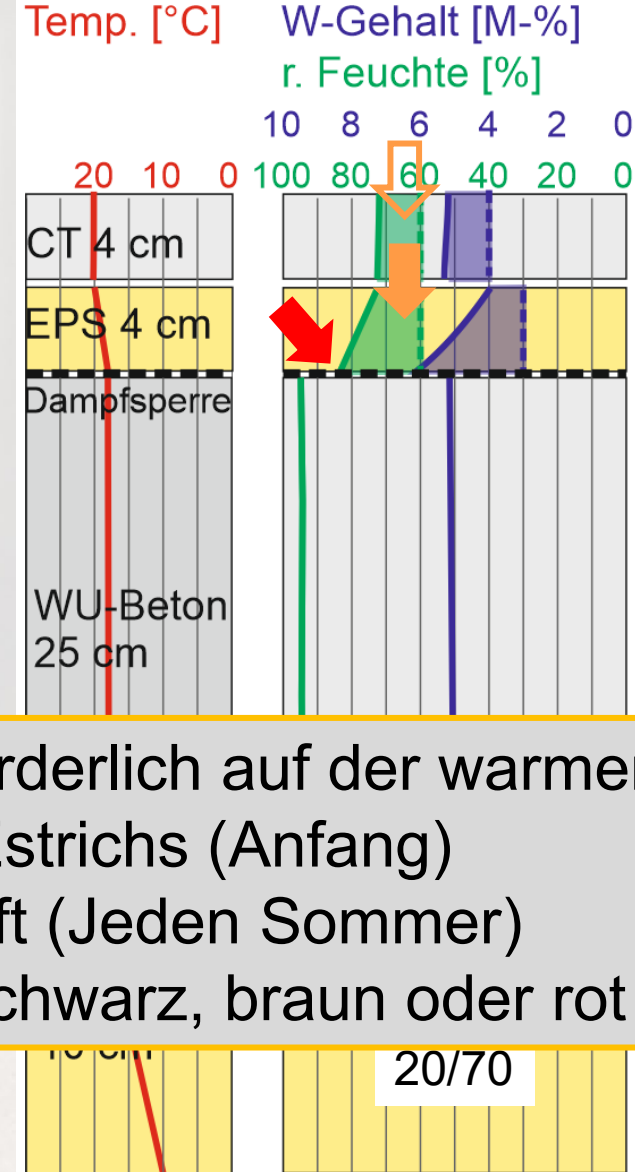
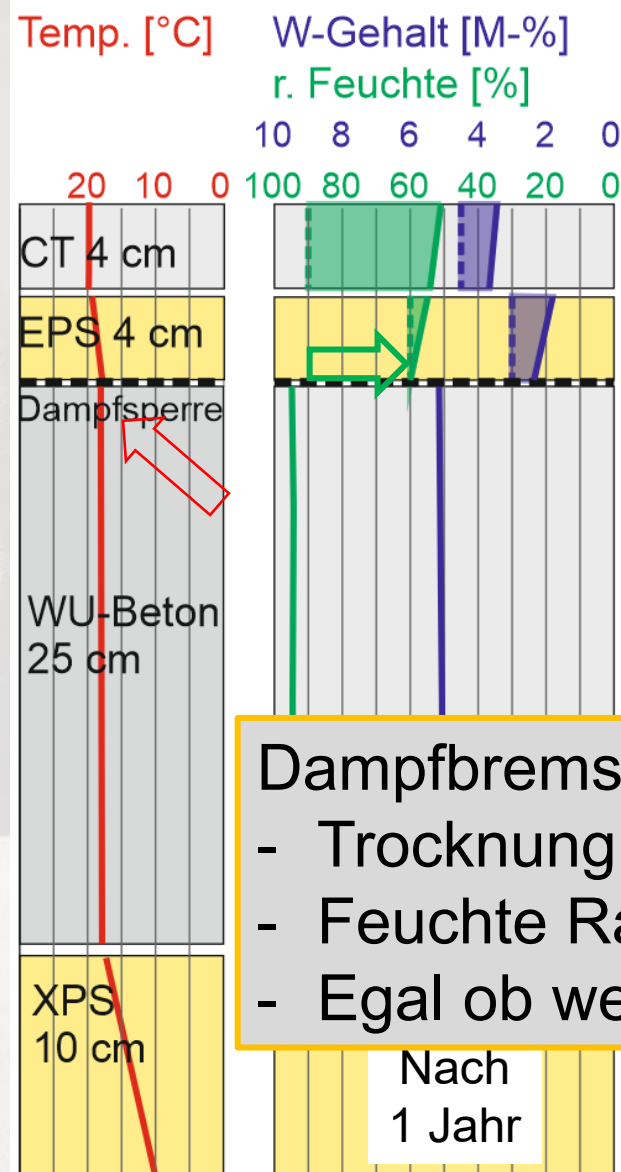
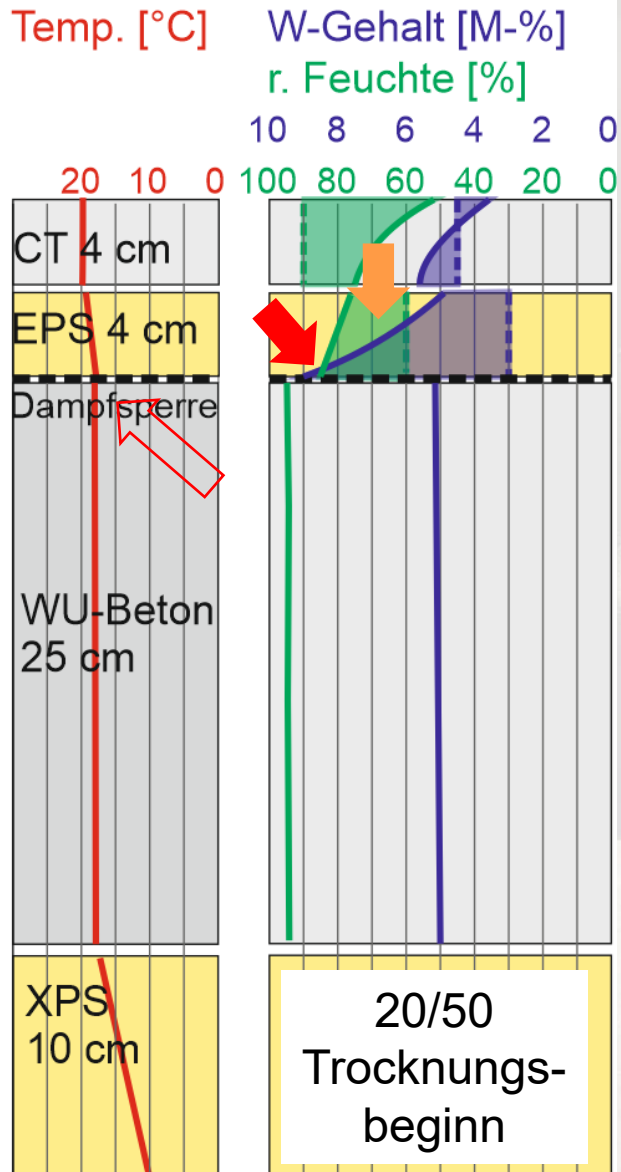
Verlauf mit Innendämmungen ohne Dampfbremsen



Dampfbremse erforderlich auf der kalten Seite EPS
- Restfeuchte WU-Beton



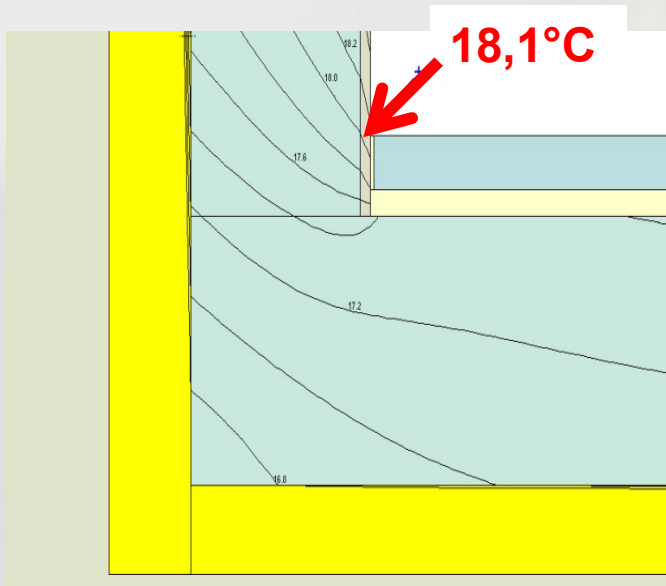
Verlauf mit Innendämmungen



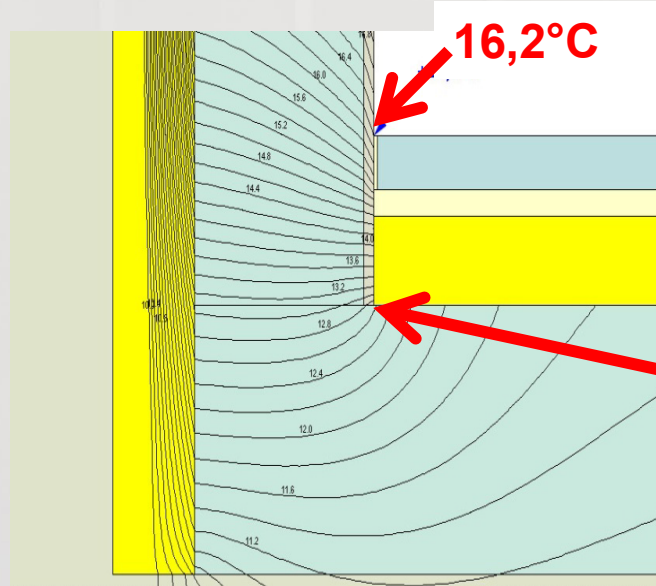
Dampfbremse erforderlich auf der warmen Seite EPS

- Trocknung des Estrichs (Anfang)
- Feuchte Raumluft (Jeden Sommer)
- Egal ob weiss, schwarz, braun oder rot

Vergleich Außen- zu Innendämmung Schimmelgefahr? EnEV-Nachweis?



$\Psi = -0,065 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
kein erhöhter Wärmetransport



$\Psi = 0,412 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ $\Delta\Psi = 0,477 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

→ zusätzlicher spezifischer Transmissionswärmeverlust 18 W/K

→ zulässige Raumluftfeuchte bei 20°C
 $\varphi \leq 72 \text{ \% r.F.}$

$\varphi \leq 63 \text{ \% r.F.}$

Empfehlung für Regelaufbauten

Selbstheilung (Rissbildung) nur bei zugänglichen Konstruktionen

Rechnerische Rissbildung bei Nutzungsklasse A nicht zulässig

Nassen Keller durch Baufeuchte vermeiden

Sorgfältige Inspektion auf Feuchte Stellen vor Innenausbau

Diffusionsoffene Aufbauten wg. Restfeuchte und Dampftransport

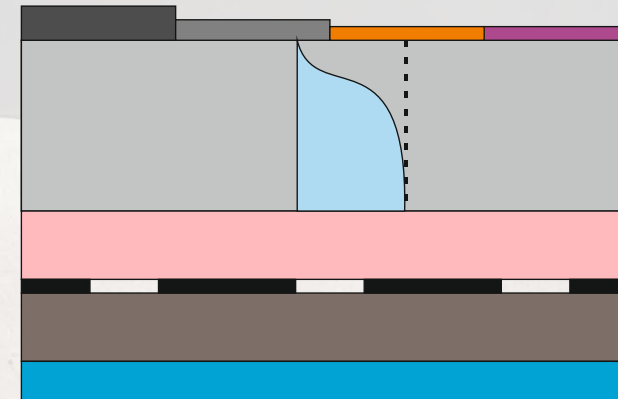
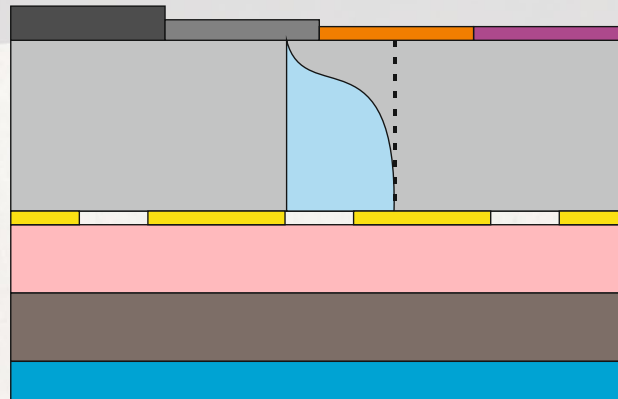
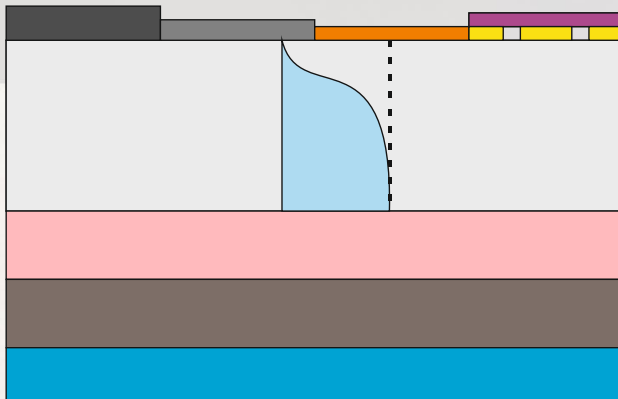
Feuchteunempfindliche Baustoffe wg. Restfeuchte; Dampftransport und Tauwasser

Dampfbremsen gg Restfeuchte aus Bodenplatte

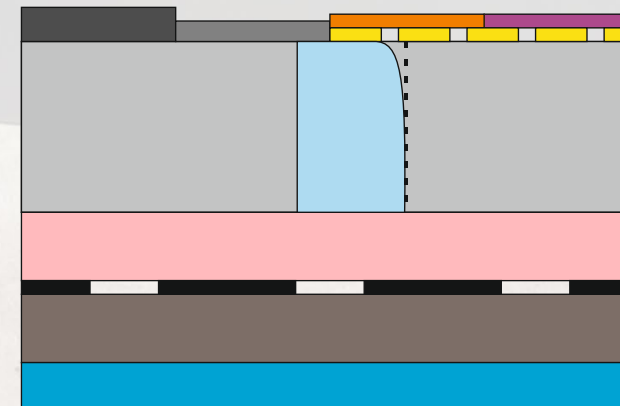
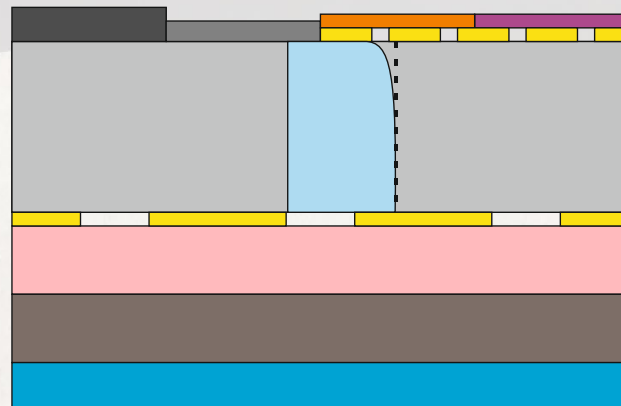
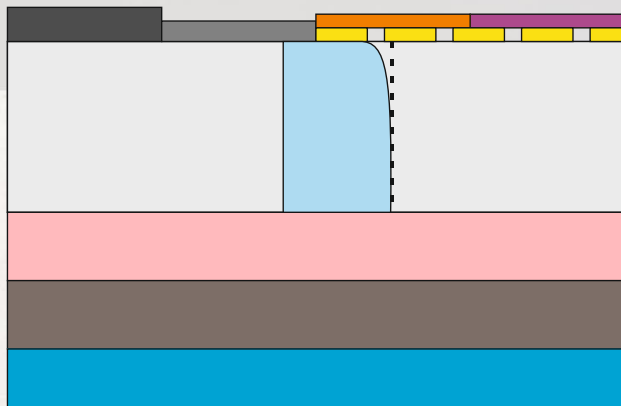
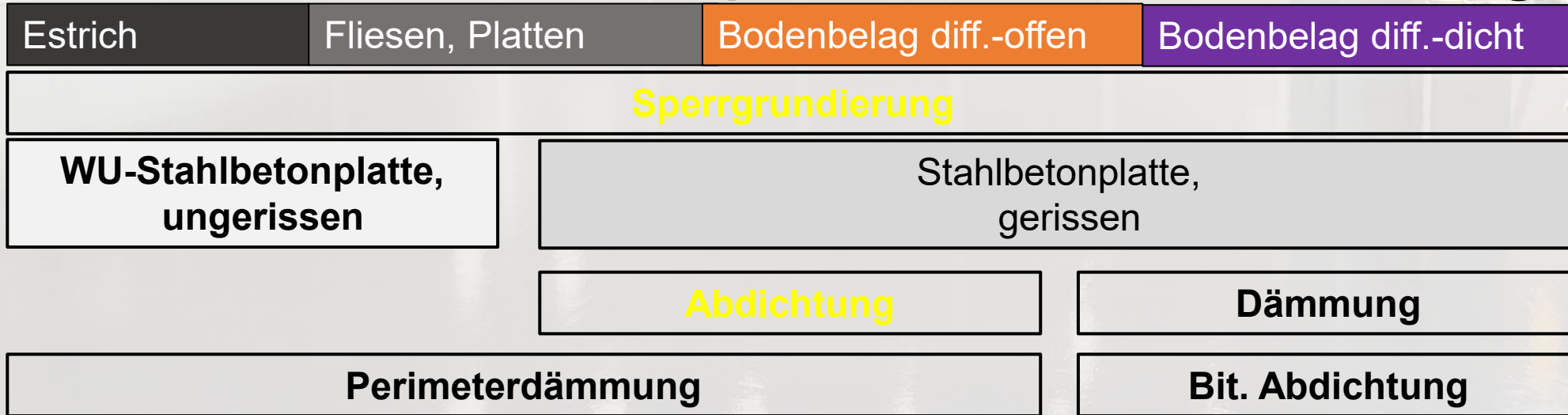
Dampfbremsen gg Innenfeuchte im Sommer; insb. bei Innendämmung + Wärmebrücke

Lüftungsmanagement zur Vermeidung von Tauwasser (Zwangslüftung; Trockner)

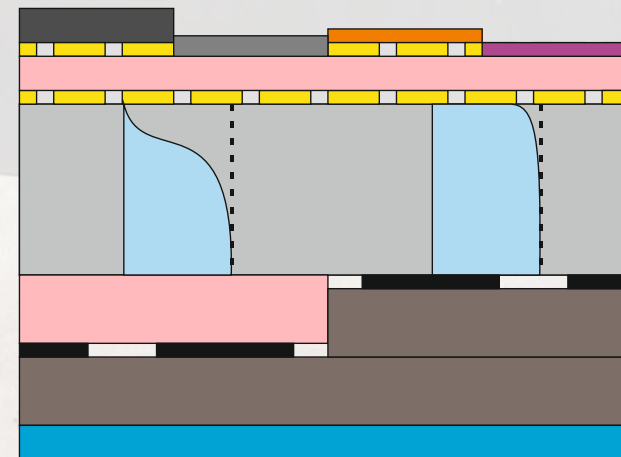
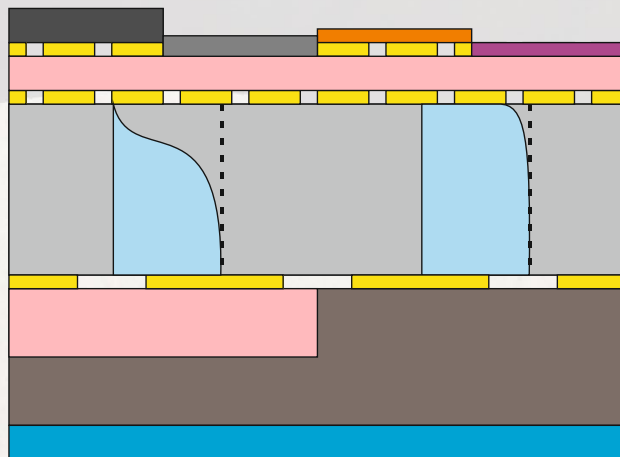
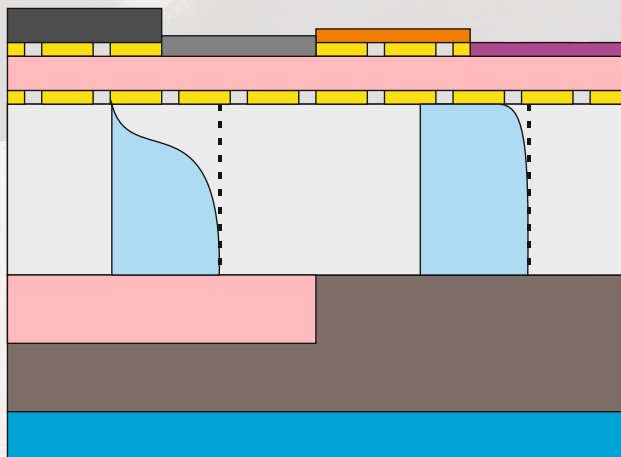
Empfehlung für Regelaufbauten Bodenplatte ausgetrocknet



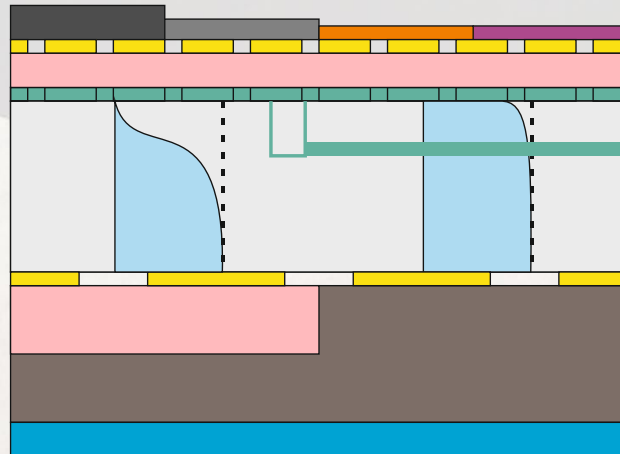
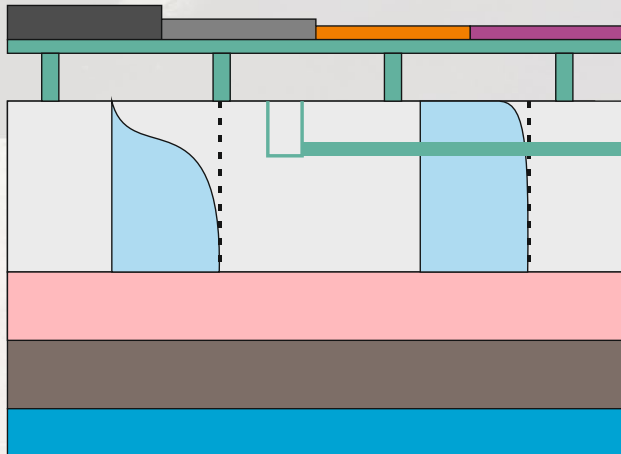
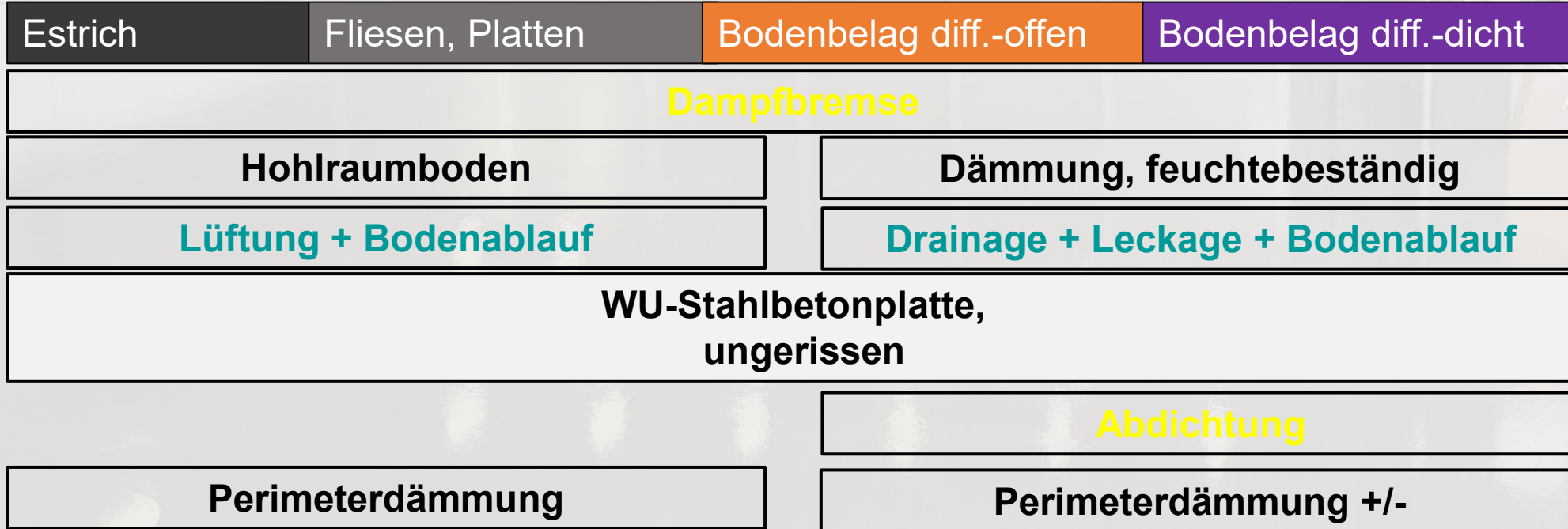
Empfehlung für Regelaufbauten Bodenplatte noch nicht ausgetrocknet



Empfehlung für Regelaufbauten Bodenplatte mit Innendämmung



Empfehlung für Regelaufbauten Weisse Wanne mit Inspektion



Abdichtung von erdberührten Bodenplatten

Ob **weiss**, **gelb**, **braun** oder **schwarz** ...

... immer ist Vorsicht geboten!