

Innere Trocknung

Eine wenig beachtete Eigenschaft



Innere Trocknung

Eine wenig beachtete Eigenschaft

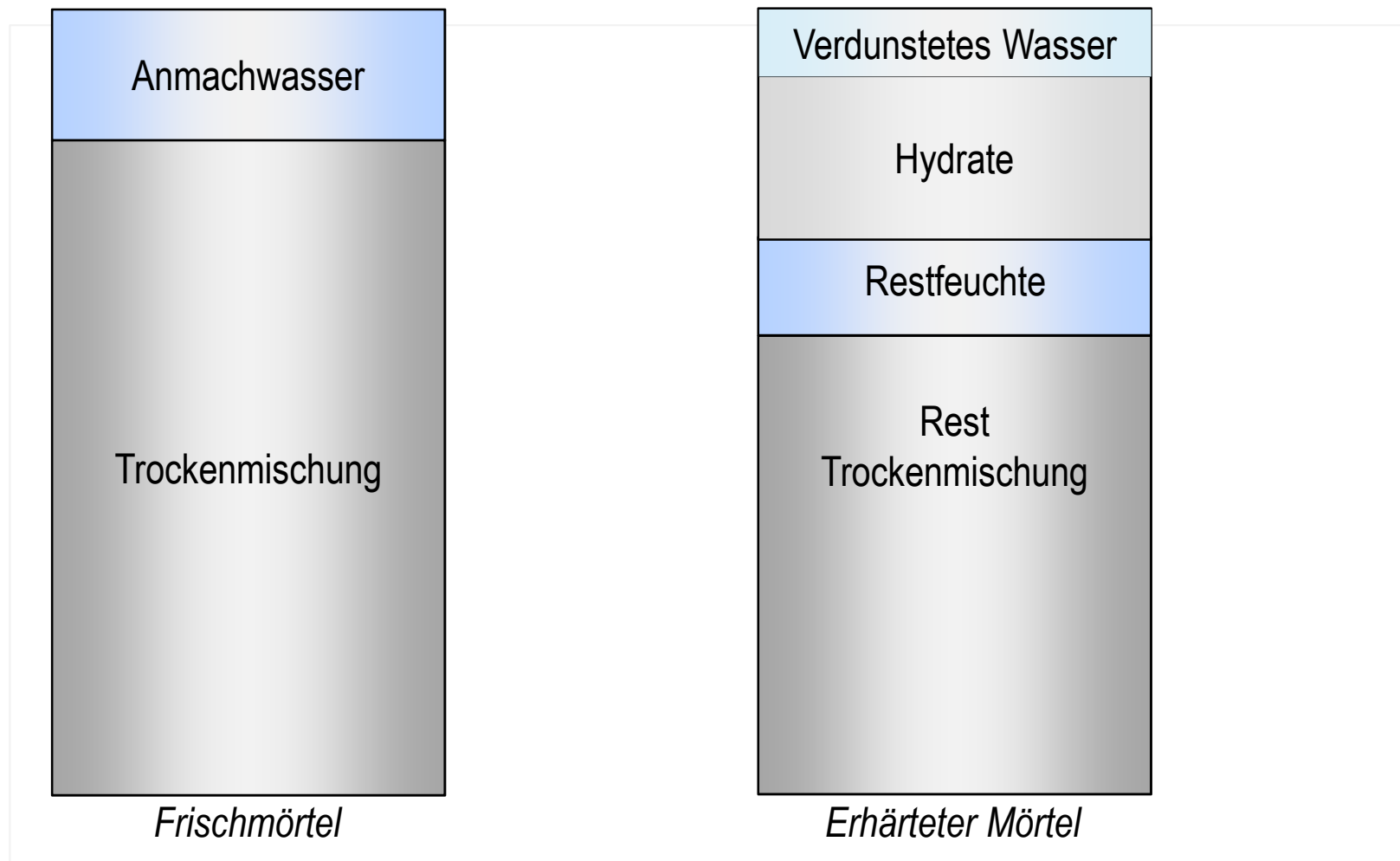
Trocknung – Mechanismus

Untersuchung – Innere Trocknung

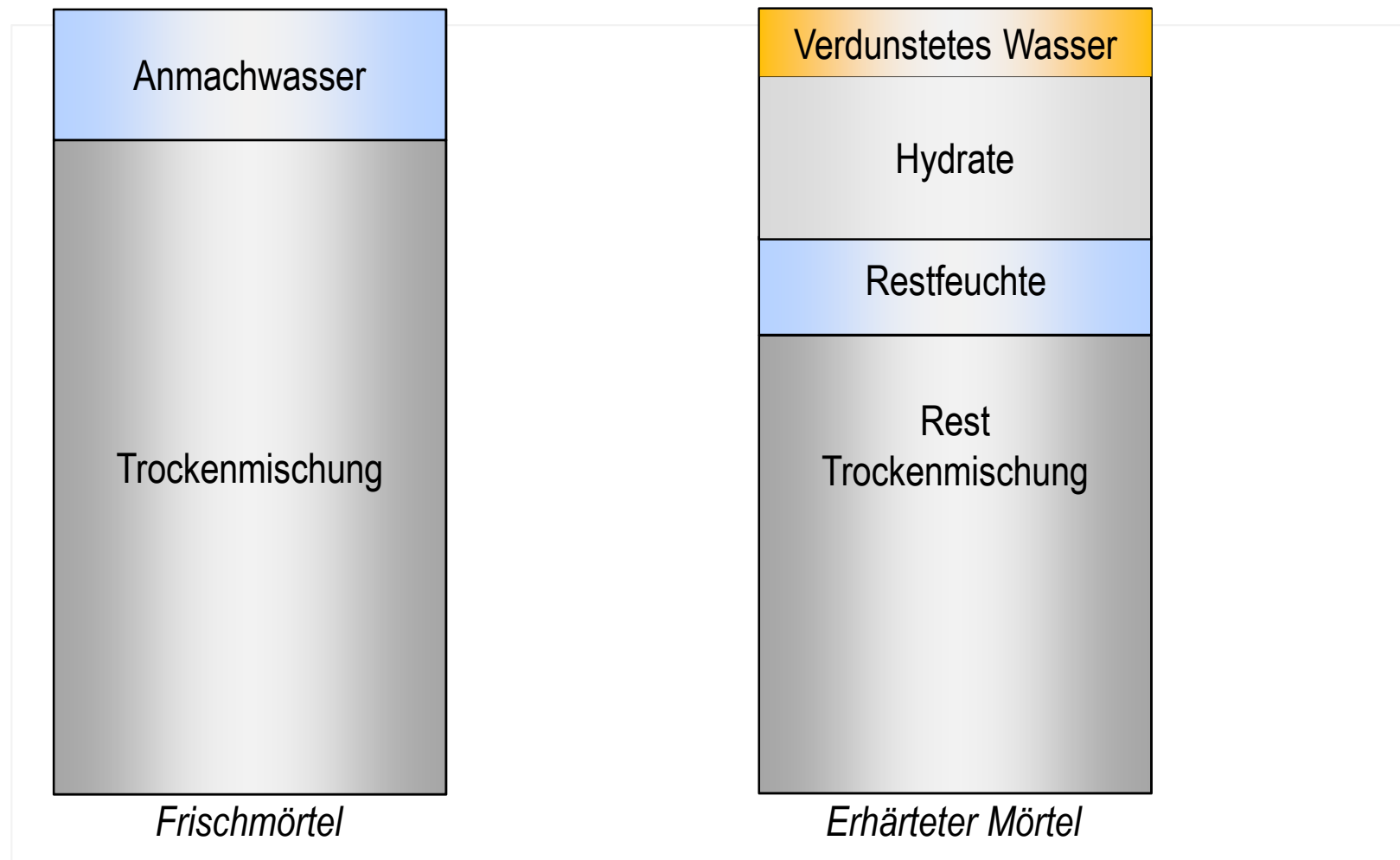
Baupraxis – heute

Gedankenexperiment

Der Wasserhaushalt wird durch 3 Hauptkriterien beschrieben: Verdunstung, Hydratation and Restfeuchte



Der Wasserhaushalt wird durch 3 Hauptkriterien beschrieben: Verdunstung, Hydratation and Restfeuchte

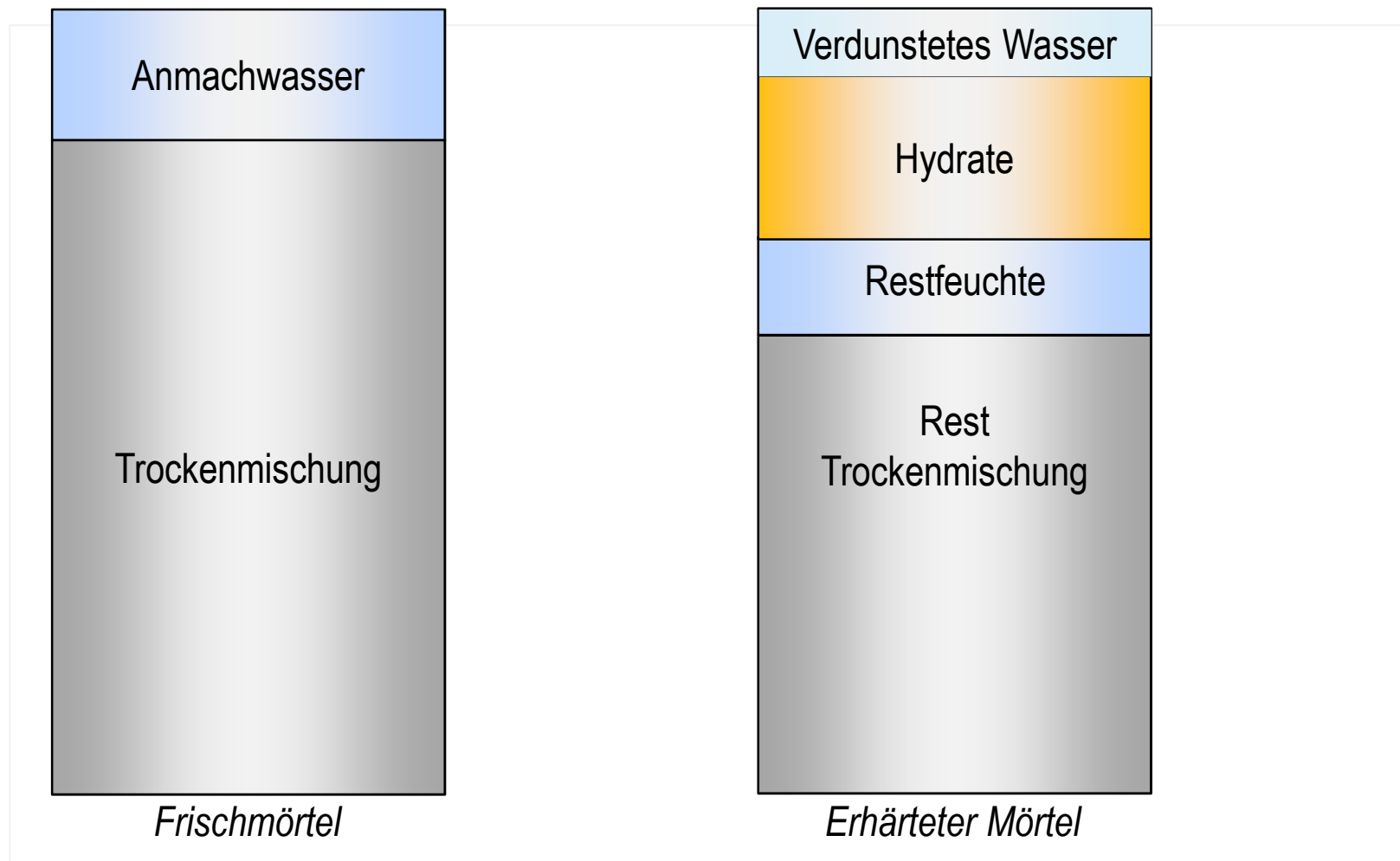


Verdunstung

Verdunstung ist der Prozess, wenn eine Flüssigkeit vom flüssigen Zustand in den gasförmigen Zustand übergeht ohne den Siedepunkt zu erreichen. Verdunstung ist stark abhängig von der **Temperatur** und der relativen **Luftfeuchtigkeit**.

Temp. in °C	Water in g/m ³				
	100%	80%	60%	40%	20%
-15	1,4	1,1	0,8	0,6	0,3
-10	2,3	1,8	1,4	0,9	0,5
-5	3,3	2,6	2,0	1,3	0,7
0	4,8	3,8	2,9	1,9	1,0
5	6,8	5,4	4,1	2,7	1,4
10	9,4	7,5	5,6	3,8	1,9
15	12,8	10,2	7,7	5,1	2,6
20	17,3	13,8	10,4	6,9	3,5
25	23,1	18,5	13,9	9,2	4,6
30	30,4	24,3	18,2	12,2	6,1
35	39,6	31,7	23,8	15,8	7,9

Der Wasserhaushalt wird durch 3 Hauptkriterien beschrieben: Verdunstung, Hydratation and Restfeuchte



Hydratation – Innere Trocknung

➤ Aluminat- & Silikatphasen

Gebundenes Wasser



➤ Calciumsulphat



➤ Ettringit



Innere Trocknung

Eine wenig beachtete Eigenschaft

Trocknung – Mechanismus

Untersuchung – Innere Trocknung

Baupraxis – heute

Gedankenexperiment

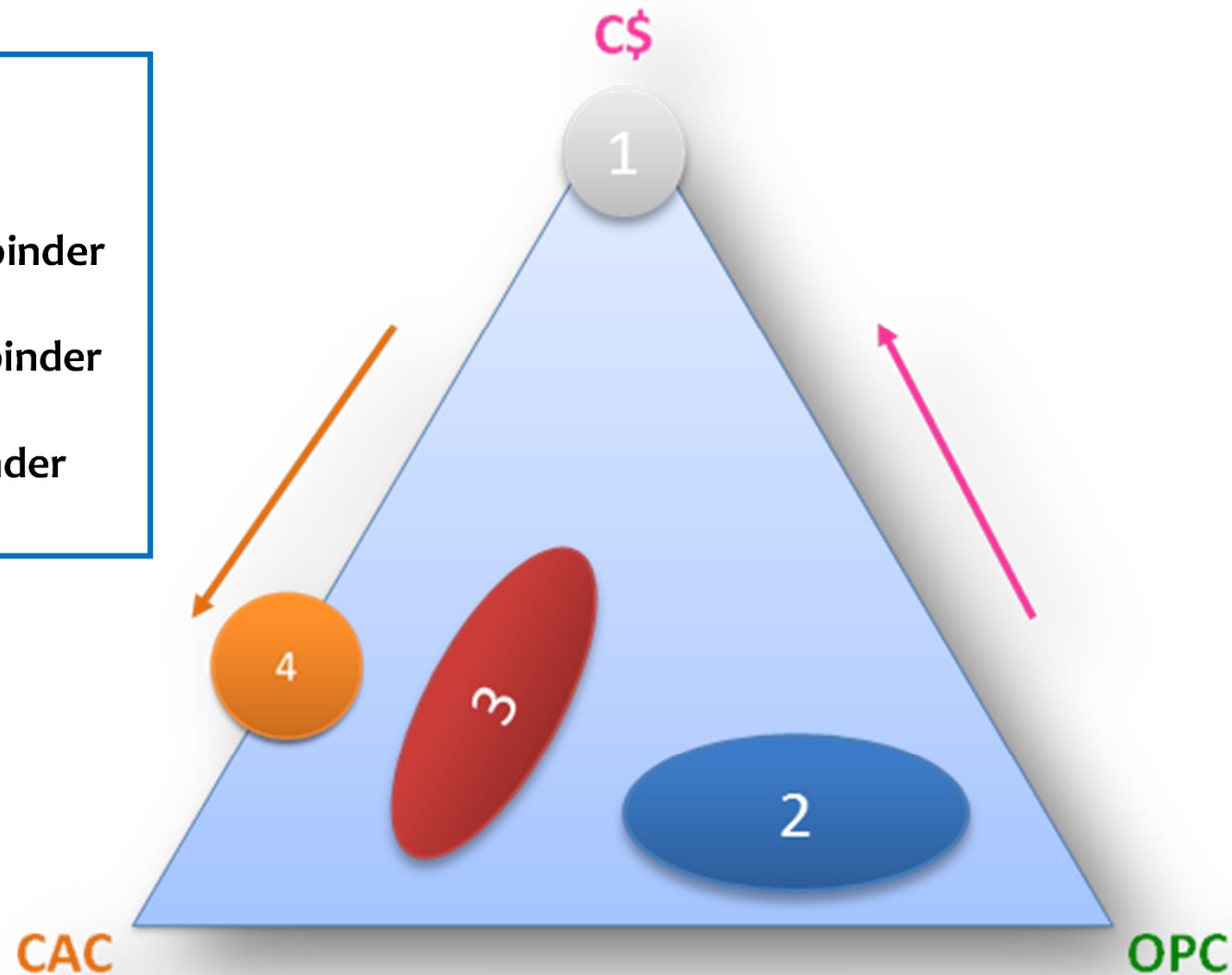
Betrachtete Bindemittelsysteme

1 - Pure C\$

2 - OPC-rich binder

3 - CAC-rich binder

4 - E-Tech binder



Betrachtete Bindemittelsysteme

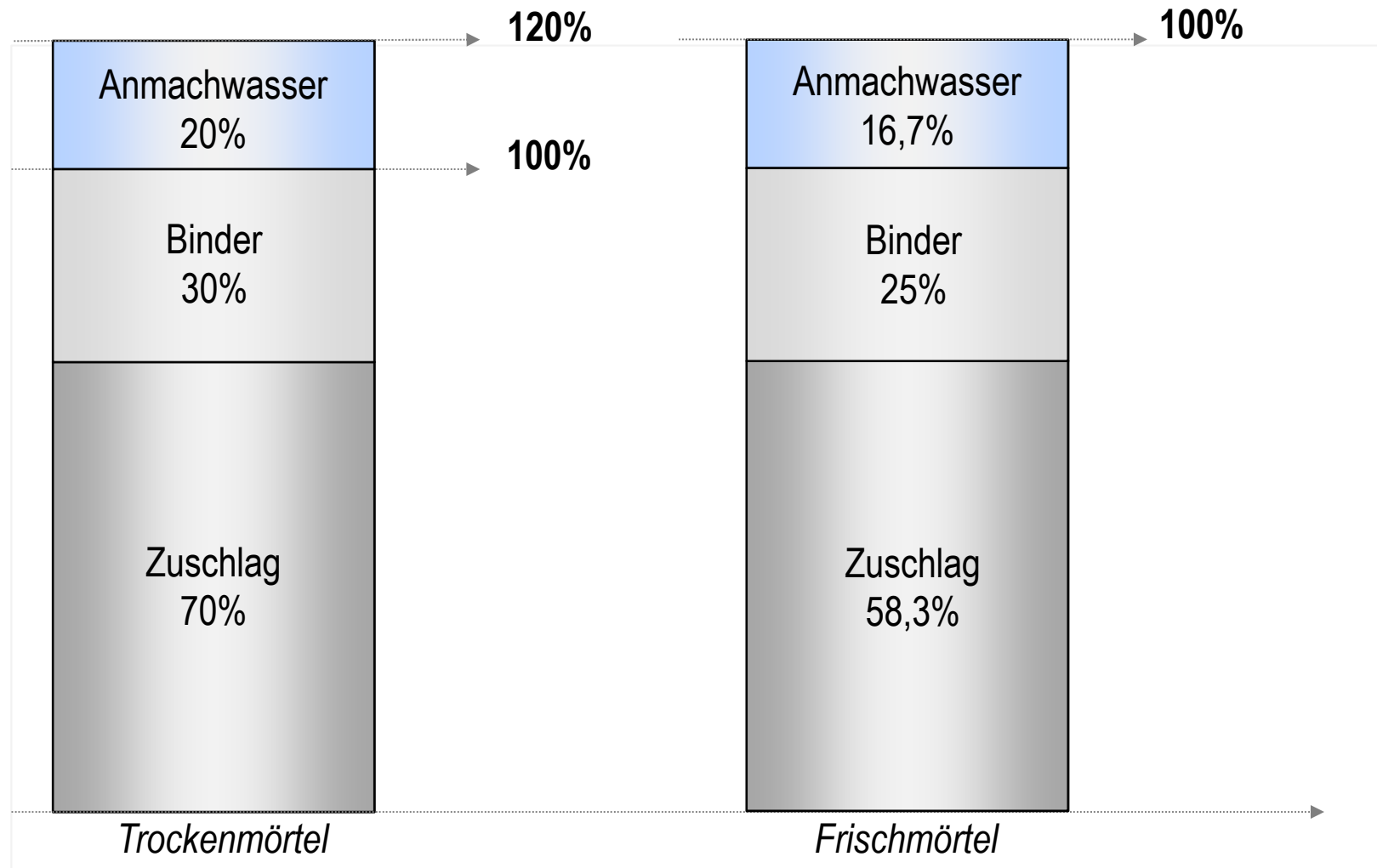
Ettringitic systems ($C_3A.3C\$.H_{32}$)				
Trockenmischung (wt.%)	E-Tech.	CAC-Rich	OPC-Rich	C\$
C ₁₂ A ₇ cement	20.0 %	-	-	-
CA cement	-	19.3 %	7.0 %	-
OPC 52.5R	-	3.85 %	19.5 %	3.4 %
Anhydrite	-	-	3.5 %	26.6 %
Hemihydrate	10.0 %	6.85 %	-	-
Zuschlag	70 %			
Wasserzugabe	20 % (Wasser/Binder = 0.67)			
TOTAL	120 %			
Ettringitanteil in Frischmörtel	≈ 25 wt.%	≈ 20 wt.%	≈ 10 wt.%	Sehr wenig

30 wt.% konstanter Binderanteil

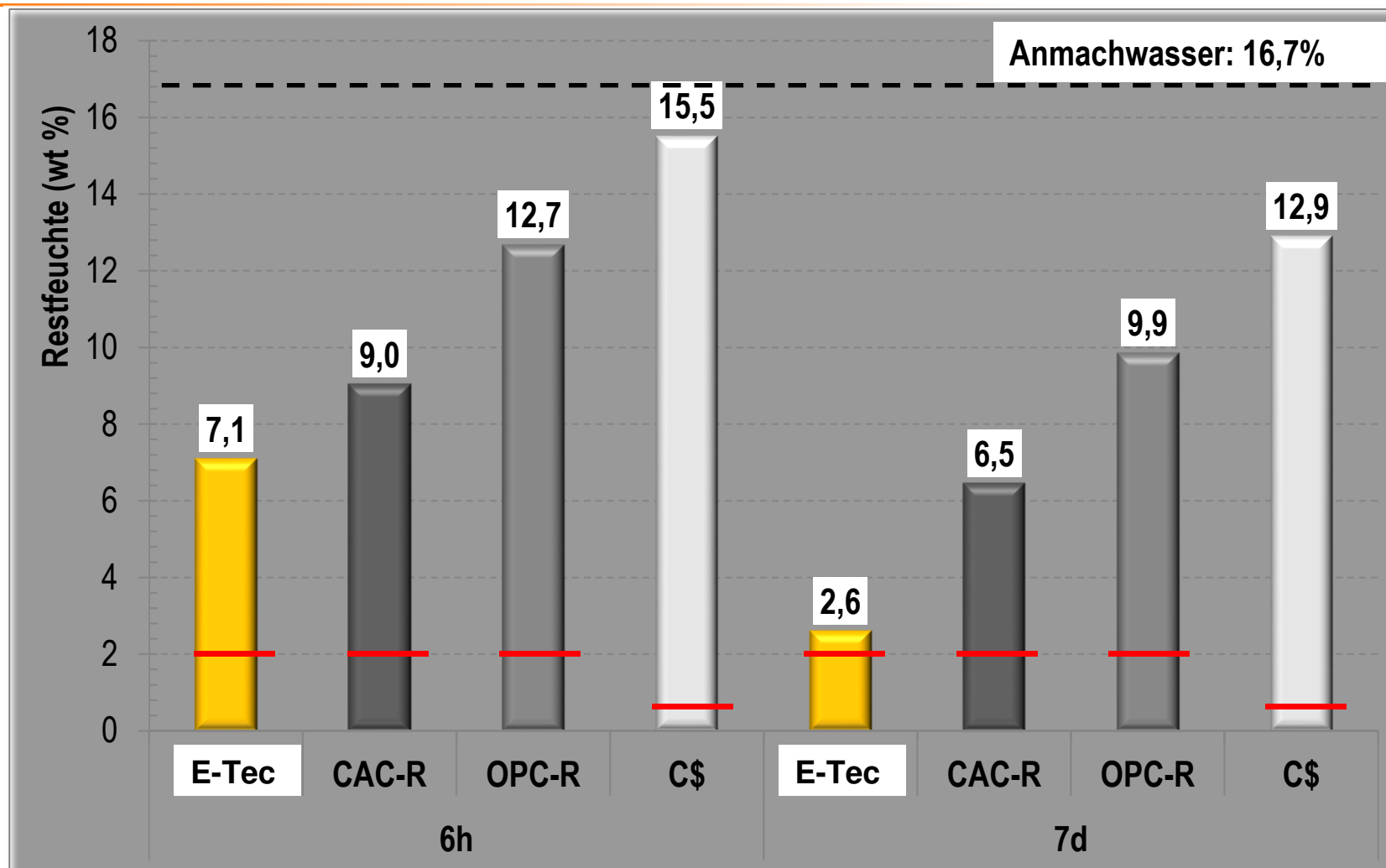
Interne Trocknung

Versiegelte Beutel 23°C unter Wasser gelagert

Angaben zum Wasserhaushalt



Innere Trocknung nach 6 Stunden & 7 Tagen



— Restfeuchte Grenze für Parkett in Deutschland

Wasser Bindekapazität nach Bindertyp

Bindertyp	Restfeuchte	Gebundenes Wasser
E-Tec	2,6%	14,1%
CAC-R	6,5 %	10,2 %
OPC-R	9,9 %	6,8 %
C\$	12,9 %	3,8 %

Wasser Bindekapazität nach Bindertyp

Bindertyp	Gebundenes Wasser	Bindemittelgehalt
E-Tec	14,1%	25%
CAC-R	10,2 %	25%
OPC-R	6,8 %	25%
C\$	3,8 %	25%

Wasser Bindekapazität nach Bindertyp

Bindertyp	Gebundenes Wasser	Bindemittelgehalt	Bindekapazität
E-Tec	14,1%	25%	0,564 kg Wasser /kg Binder
CAC-R	10,2 %	25%	0,408 kg Wasser /kg Binder
OPC-R	6,8 %	25%	0,272 kg Wasser /kg Binder
C\$	3,8 %	25%	0,152 kg Wasser /kg Binder

Innere Trocknung

Eine wenig beachtete Eigenschaft

Trocknung – Mechanismus

Untersuchung – Innere Trocknung

Baupraxis – heute

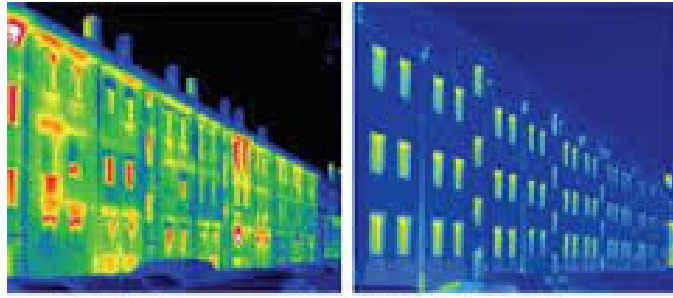
Gedankenexperiment

Der Bautrend in Europa ist heute - Energieeinsparung

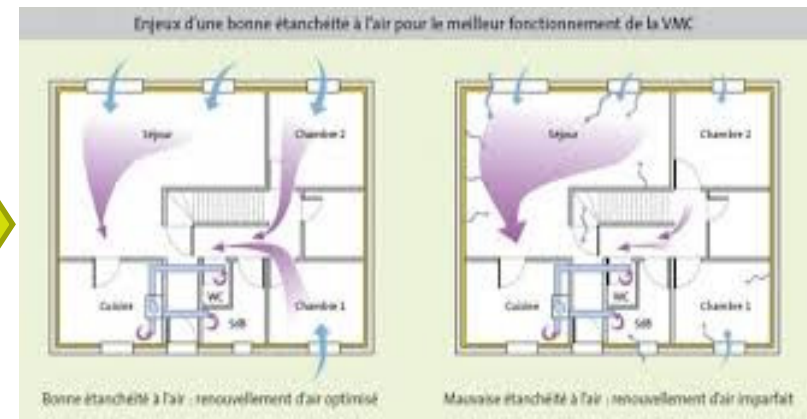
- Europäische Richtlinie: Nullenergiehaus bis Ende 2020
- Hauptziel für nationale Richtlinie: max. Primärenergie für Neubauten - 50 kWhEP/(m²*Jahr)
- Reduzierung der Treibhausgase bei 40% bis 2020, und mindestens 80% bei 2050 (verglichen mit 1990)
- Einführung der ersten Energieeinsparverordnung am 1 Februar 2002



Der Bautrend in Europa ist heute - Energieeinsparung



- Bessere Isolierung erfordert die Entwicklung von effizienten Materialien, die gleichzeitig die Anforderungen an Nachhaltigkeit erfüllen.
- Bessere Isolierung führt zu dichteren Gebäuden mit geringeren Luftaustauschraten und damit geringeren Trocknungskapazitäten.



Innere Trocknung

Eine wenig beachtete Eigenschaft

Trocknung – Mechanismus

Untersuchung – Innere Trocknung

Baupraxis – heute

Gedankenexperiment

Gedankenexperiment - Basisparameter

Dicke 80 mm

Fläche 1 m²

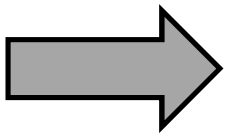


Einfaches Modell ohne Berücksichtigung von Transportprozessen

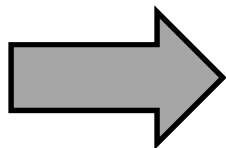
- Verdunstungsverlauf
- Transportprozesse innerhalb des Estrichs

Gedankenexperiment - Basisparameter

Dicke 80 mm
Fläche 1 m²



Volumen 80 l
Dichte 2,0 kg / l
Material 160 kg



Bindemittel 28,6 kg (20% Binder in Trockenmischung)
Anmachwasser 17,1 kg (12% Wasserzugabe auf Trockenmischung)

Gedankenexperiment – Interne Trocknung durch Hydratation

Bindemittel	28,6 kg
Anmachwasser	17,1 kg

	Bindevermögen	geb. Wasser	Restfeuchte
	kg Wasser / kg Binder		
E-Tech.	0,564	16,13 kg	970 g/m²
CAC-R	0,408	11,67 kg	5430 g/m²
OPC-R	0,272	7,78 kg	9320 g/m²
C\$	0,152	4,35 kg	12750 g/m²

Gedankenexperiment – Berechnung Überschusswasser

Erlaubte Restfeuchte bei Parkett

C\$ 0,5% - 800 g/m²

Zement 2,0% - 3200 g/m²

	Restfeuchte	Grenzwert	Überschusswasser
E-Tech.	970 g/m ²	3200 g/m ²	selbsttrocknend
CAC-R	5430 g/m ²	3200 g/m ²	2230 g/m ²
OPC-R	9320 g/m ²	3200 g/m ²	6120 g/m ²
C\$	12750 g/m ²	800 g/m ²	11950 g/m ²

Gedankenexperiment – Luftfeuchte

	Wasser in g/m ³				
Temp. in °C	100%	80%	60%	40%	20%
-15	1,4	1,1	0,8	0,6	0,3
-10	2,3	1,8	1,4	0,9	0,5
-5	3,3	2,6	2,0	1,3	0,7
0	4,8	3,8	2,9	1,9	1,0
5	6,8	5,4	4,1	2,7	1,4
10	9,4	7,5	5,6	3,8	1,9
15	12,8	10,2	7,7	5,1	2,6
20	17,3	13,8	10,4	6,9	3,5
25	23,1	18,5	13,9	9,2	4,6
30	30,4	24,3	18,2	12,2	6,1
35	39,6	31,7	23,8	15,8	7,9

Gedankenexperiment – Klimatabelle Nürnberg

Temp. in °C	100% r.H. in g/m ³	60% r.H. in g/m ³	Δ in g/m ³
15 °C	12,8	9,6	3,2
30 C	30,4	22,8	7,6

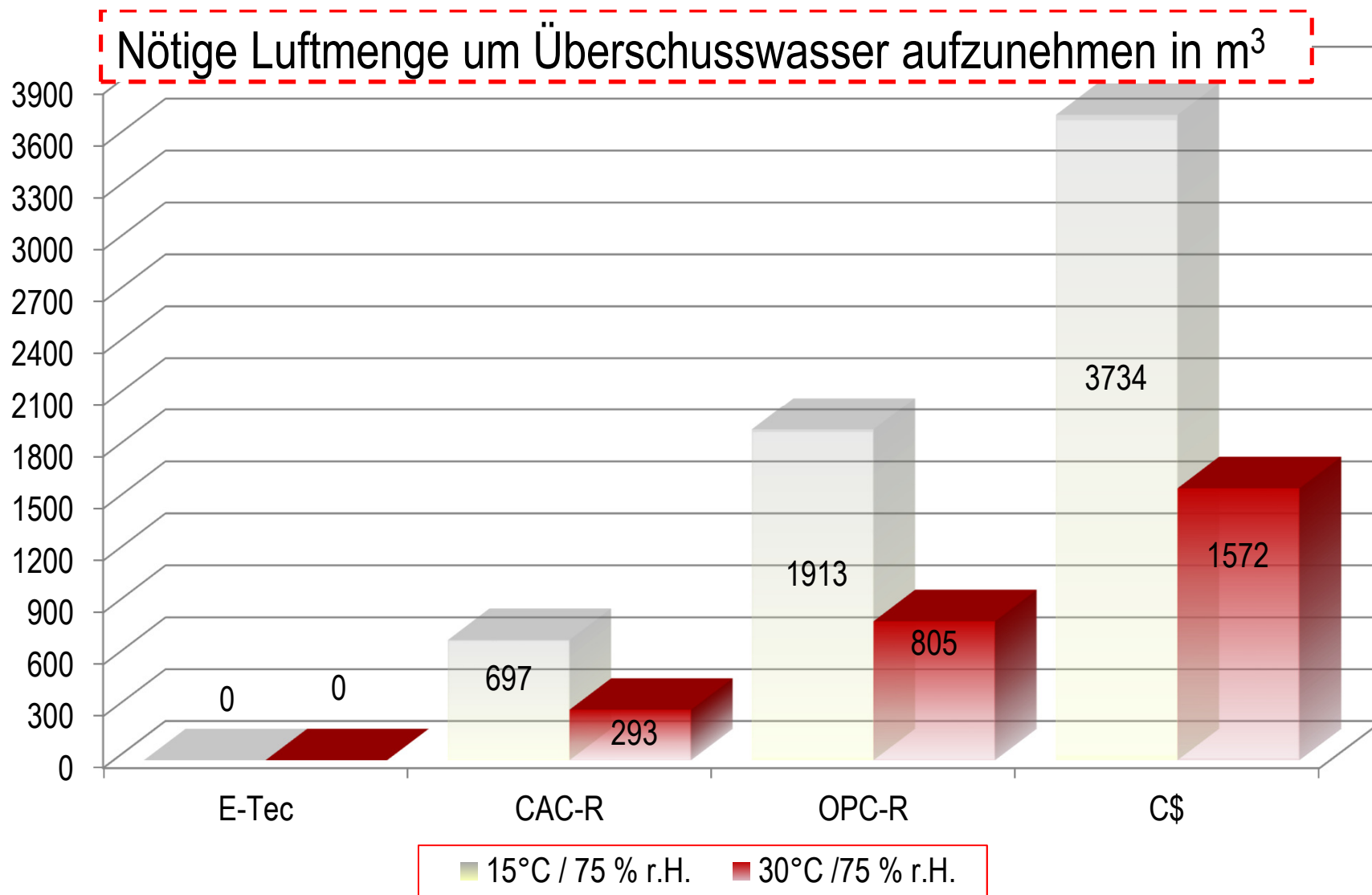
Klimatabelle:

Nürnberg

Data from 1961 till 1990

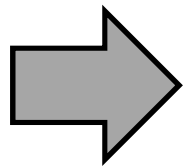
	Temp. in °C		Regenmenge		r.H.
	Max. Ø	Min. Ø	Mm	Tage	
Jan	1,9	-4	45	10	85
Feb	4,3	-3,3	39	9	80
Mar	8,9	-0,7	46	9	75
Apr	13,6	2,7	48	10	70
Mai	18,7	7,2	64	11	67
Jun	22,0	10,6	75	11	67
Jul	23,7	12,4	69	10	67
Aug	23,3	12,1	67	9	71
Sep	20,0	8,5	51	8	76
Oct	14,2	4,6	45	7	80
Nov	7,0	0,8	44	10	83
Dez	3,2	-2,4	52	10	84
Jahr	13,4	4	644	113	76

Gedankenexperiment – Berechnung Luftmenge um Feuchtigkeit aufzunehmen

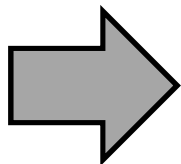


Gedankenexperiment – Definition Parameter zum Luftaustausch

Dicke 80 mm
Fläche 1 m²



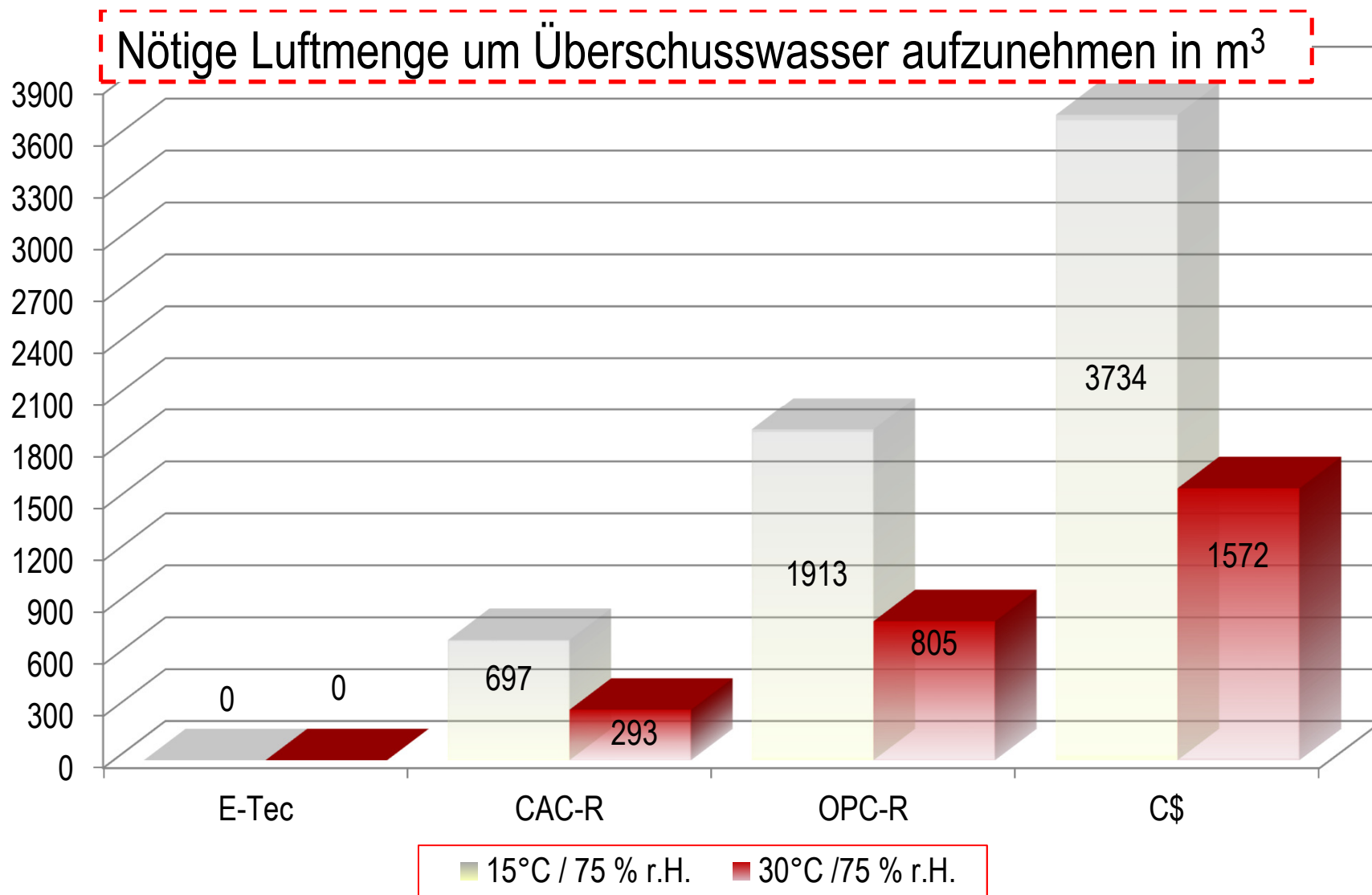
Höhe 2,5 m
Luftvolumen 2,5 m³



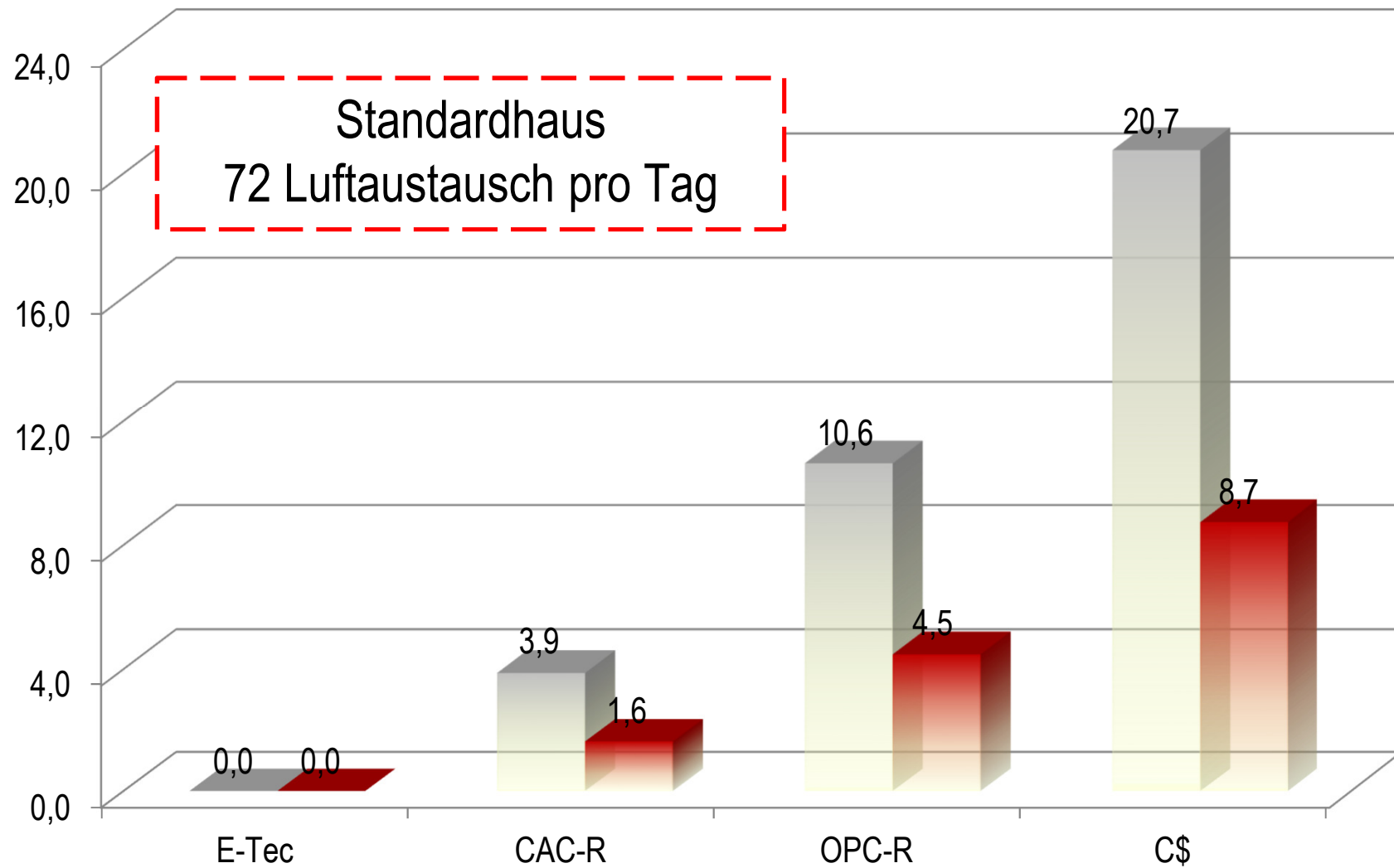
Luftwechselrate

Standardhaus	72	mal/Tag
Passivhaus	14	mal/Tag

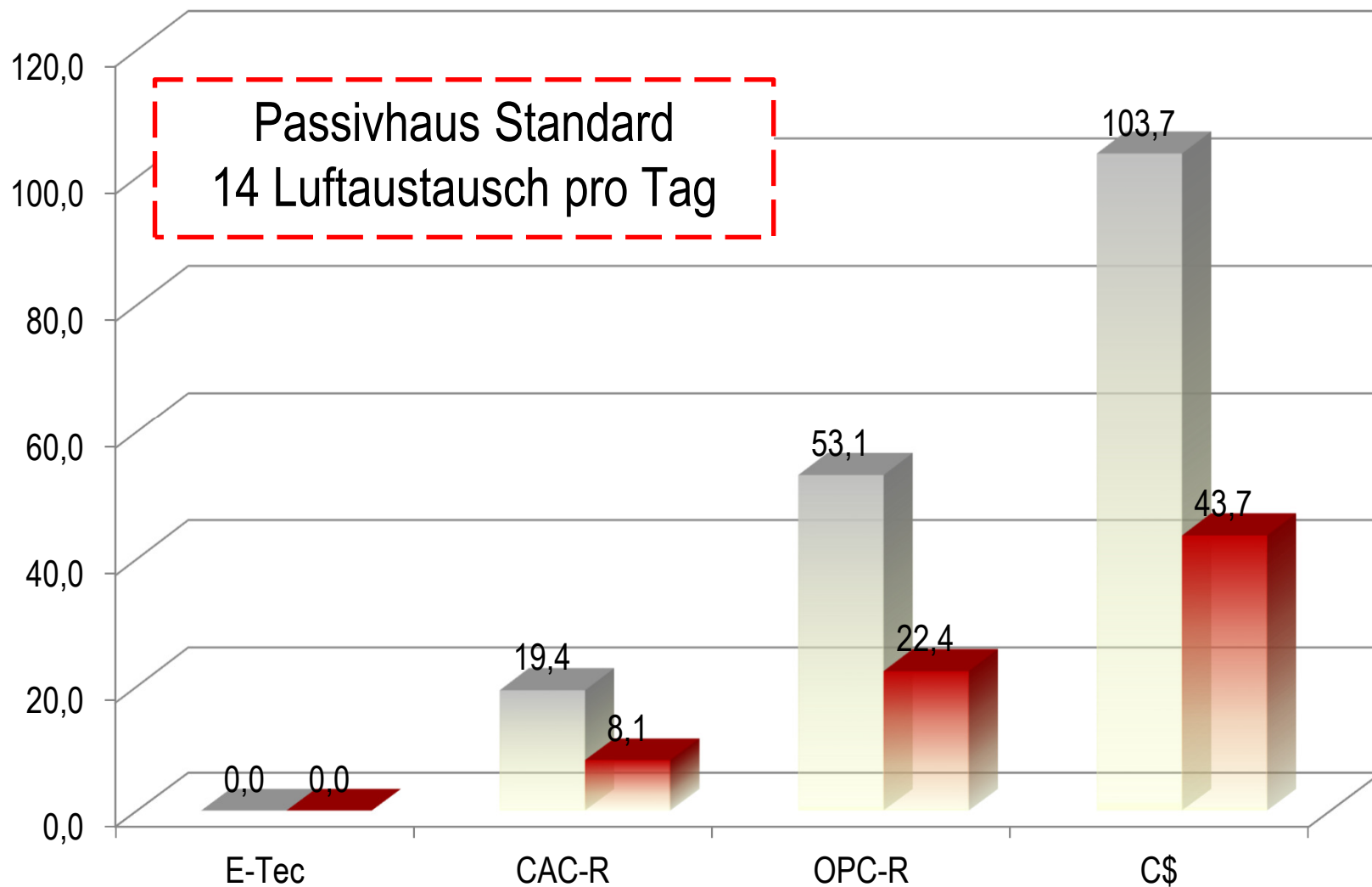
Gedankenexperiment – Benötigte Luftmengen

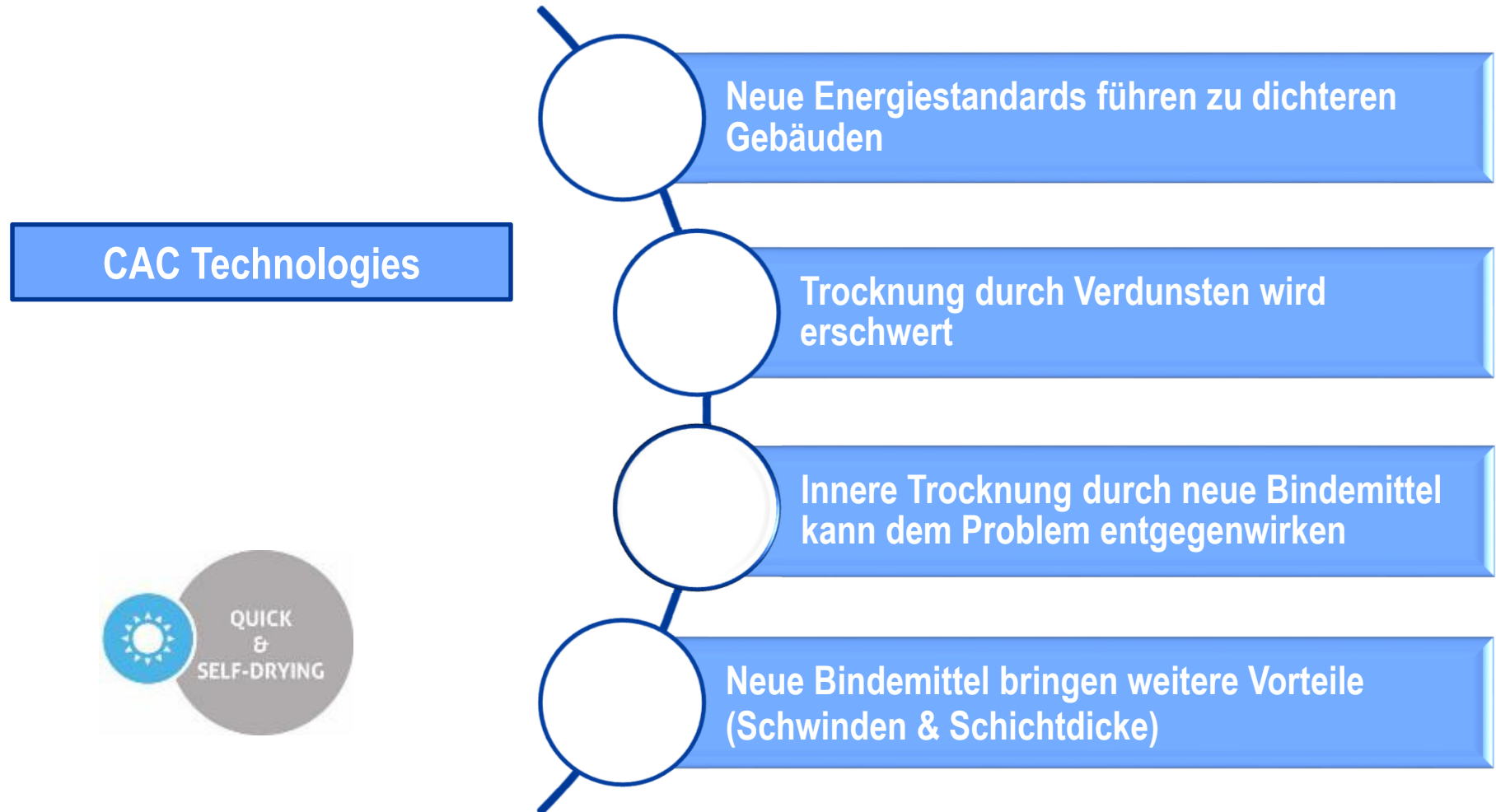


Gedankenexperiment – Trocknungsdauer in Tagen



Gedankenexperiment – Trocknungsdauer in Tagen







Danke für Ihre Aufmerksamkeit, Fragen ?

dirk.niepmann@imerys.com

