

Tauwasserfreie Systeme

Geeignete Dämmstoffe und Sperrschichten



Matthias Schmid
MSc., Dipl. Ing. FH SIA
Mitinhaber, Geschäftsleiter Bauphysik, Energie, Akustik

bauphysikapéro 2013 - Innendämmung



Inhalt Referat

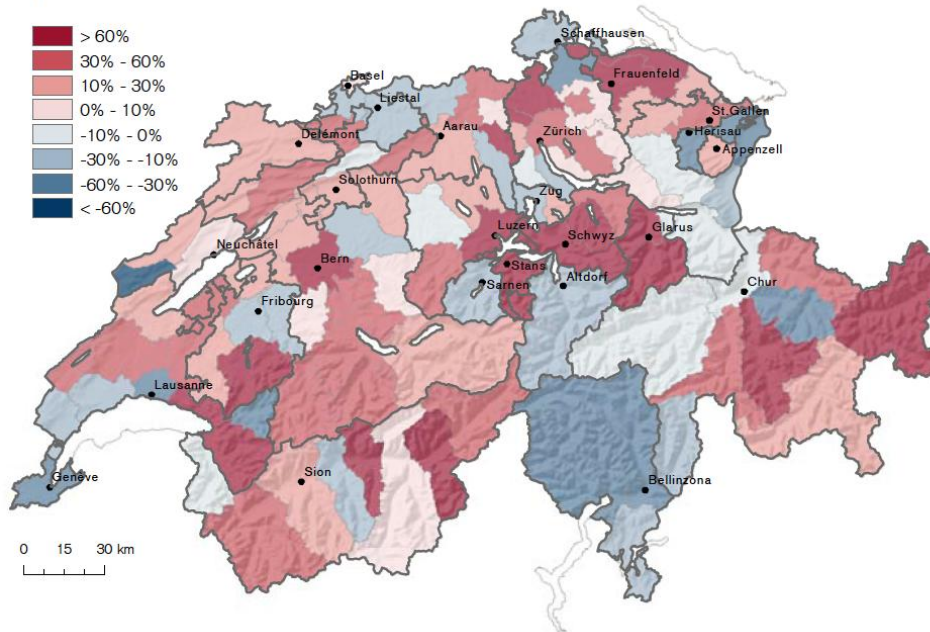
- Einstieg
Sanierung, Innendämmung
- Rückblick und Stand der Technik
F&E, SIA 180, SIA 380/1
- Aus der Praxis - für die Praxis
Feuchteschutz ‚à la carte‘
- Bauschadenprävention
Tipps für die Umsetzung
- Schlussfolgerung



Aktuelle Umbautätigkeit

- **Einstieg**
- **Rückblick**
- **Aus der Praxis**
- **Bauschaden**
- **Schlussfolgerung**

Umbaugesuche, Abweichung des Volumens eingereicherter Baugesuche der letzten sechs Monate vom 10-jährigen Mittel nach Wirtschaftsregionen*



Umbauschwerpunkte

Das Volumen eingereicherter Umbaugesuche der letzten sechs Monate liegt mit 21.5% markant über dem langjährigen Mittel. Umbauprojekte gewinnen flächendeckend an Bedeutung. Es gibt derzeit wenige Regionen, in denen nicht ausgiebig umgebaut und erneuert wird. Privathaushalte, Unternehmen und die öffentliche Hand nutzen die tiefen Zinsen gleichermassen, um Sanierungen und Erweiterungen in Angriff zu nehmen. Energetische Sanierungen werden zudem über das Gebäudeprogramm staatlich gefördert. An zentralen Lagen kann mittels Erweiterungen und Aufstockungen das kostbare Bauland effizienter genutzt werden, sofern die Bauzonenordnung dies zulässt. Die regulatorischen Veränderungen im Gesundheitswesen führen zu einem baulichen Wettrennen der Spitäler und viele sanierungsbedürftige Hotels müssen sich in Zeiten schwacher Nachfrage baulich neu erfinden.

* Die Wirtschaftsregionen sind durch Credit Suisse Economic Research in Anlehnung an die MS-Regionen (Mobilité Spatiale) des Bundesamtes für Statistik definiert worden. Grundlage für diese Abgrenzung bilden weniger politische Grenzen als vielmehr wirtschaftliche Phänomene, räumliche Strukturen und Mobilitätsmuster. Entsprechend können diese Wirtschaftsregionen auch kantonsübergreifend sein.

Quelle: Bauindex Schweiz, Indexstand 3. Quartal 2013



Sanierungen – das Thema

- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung



Quelle: Wikipedia



Innendämmung

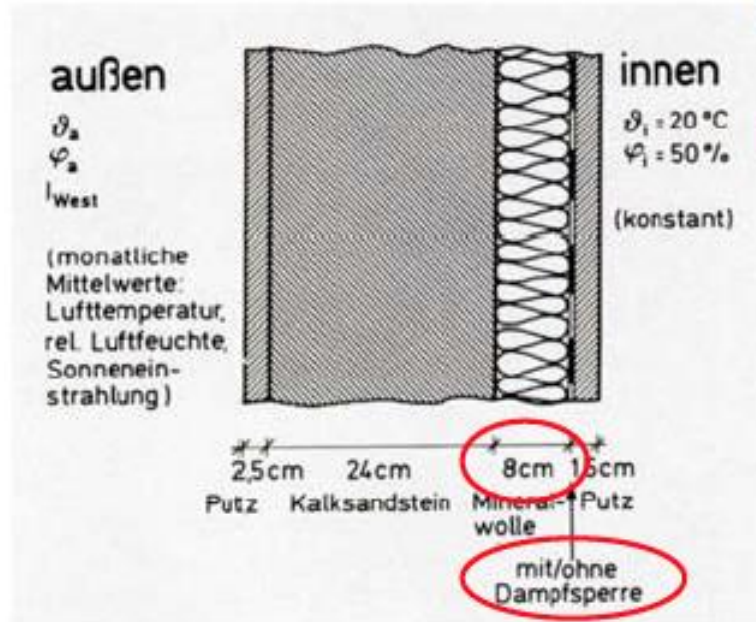
Grundsätze

- Einstieg
 - Rückblick
 - Aus der Praxis
 - Bauschaden
 - Schlussfolgerung
- Aussen- oder Kerndämmung ist der Innendämmung aus energetischer und feuchtetechnischer Sicht immer vorzuziehen.
 - Bei gewissen Bausituationen kann aber zur Erreichung von Energieeinsparungen und zur Schaffung von Wohnkomfort eine Innendämmung erforderlich sein.
Z.B.
 - Verputzte und strukturierte Fassaden
 - Sichtbare und erhaltenswerte Fachwerkbauten



Historischer Rückblick

- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung



12 (1985) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

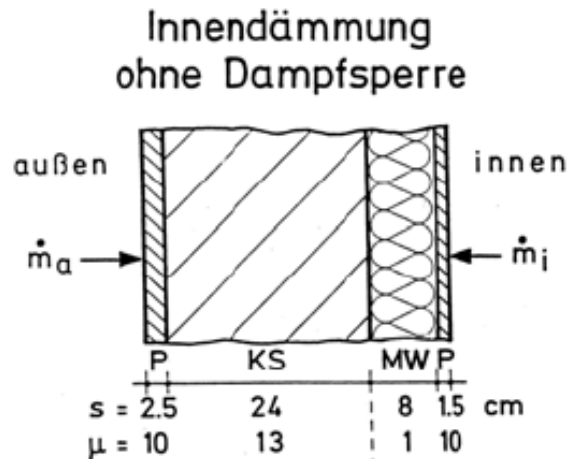
K. Kießl

Mineralfaserdämmung innen - auch ohne Dampfsperre?



Theorie: Glaserverfahren

- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung



Übliche Bedenken:

- Die Wand wird kalt und es entsteht Tauwasser auf der Mauerwerkinnenseite.
- Die Dämmung verliert ihre Dämmfähigkeit.
- Das winterliche Tauwasser kann im Sommer nicht austrocknen.
- Die Feuchte „schauelt“ sich im Laufe der Jahre hoch.

Berechnung nach dem Glaser-Verfahren (DIN 4108-3):

Winter	(60 Tage -10°C)	Tauwassermenge	$W_T = 3,3 \text{ kg/m}^2$
Sommer	(90 Tage 12°C)	Verdunstungsmenge	$W_V = 2,8 \text{ kg/m}^2$

Ergebnis:

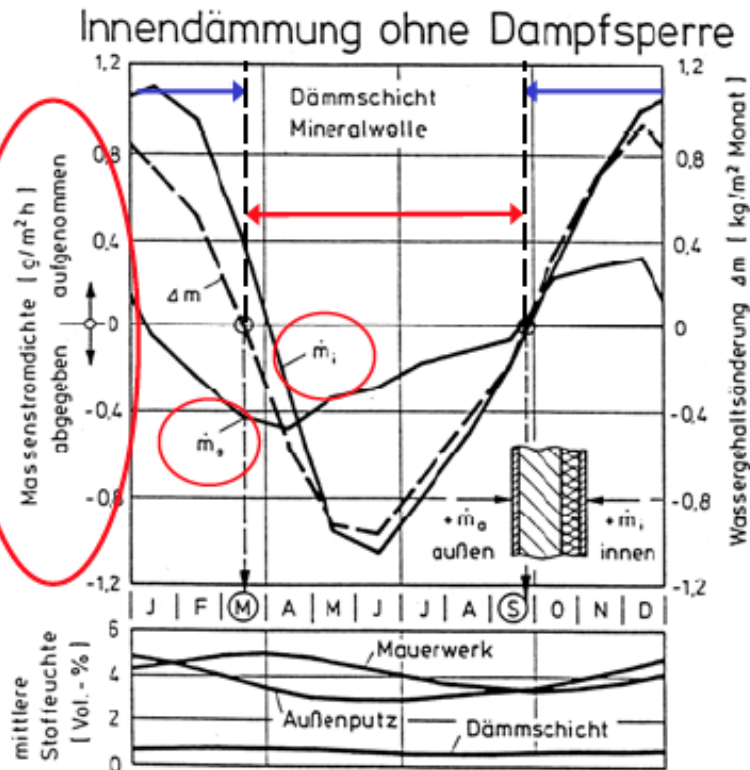
Tauwassermenge überschreitet Normvorgabe (W_T max. $1,0 \text{ kg/m}^2$).

Es verbleibt Tauwasser in der Konstruktion ($W_T > W_V$).



Erkenntnisse ohne Dampfsperre

- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung



Zustand nach 3 Jahren

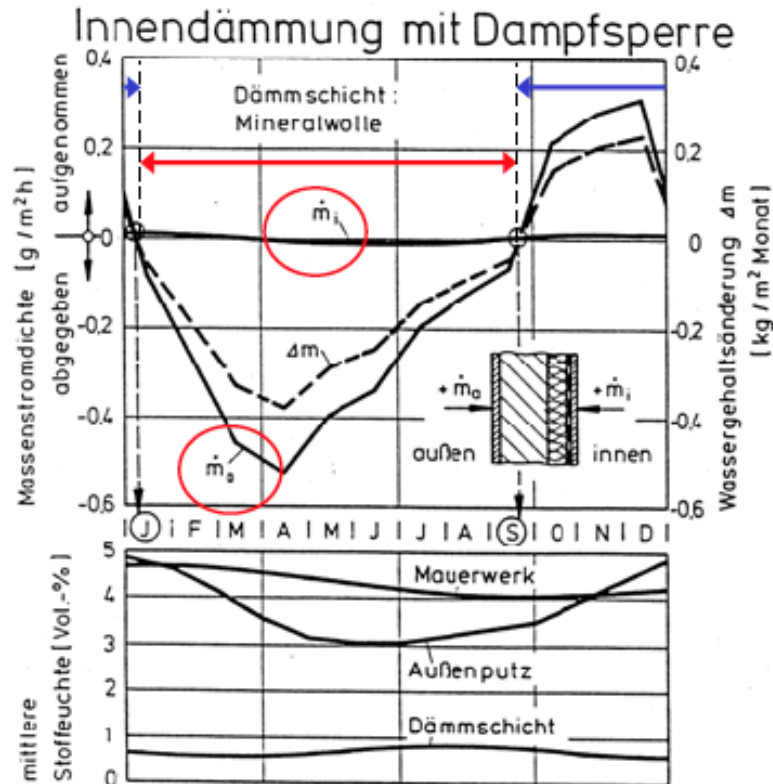
Fazit:

- Im Innenbereich des Mauerwerks kommt es zu erhöhten Feuchten, die aber im Sommer - entgegen der Norm-Berechnung - wieder austrocknen.
- Tauwasser fällt nicht aus !!!
aber
- Die Dämmwirkung der Mineralfaser reduziert sich geringfügig auf Grund erhöhter Feuchte.



Erkenntnisse mit Dampfsperre

- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung



Zustand nach 3 Jahren

Fazit:

- Die Variante mit Dampfbremse funktioniert.
- Es entsteht kein Tauwasser innerhalb der Konstruktion.

aber

- Bei einer inneren Dampfbremse ($s_d = 100\text{m}$) findet die Trocknung nur nach außen statt.
- Die Trocknungszeit wird durch die Dampfbremse verlängert.

s_d -Wert Dampfbremse = 100 m

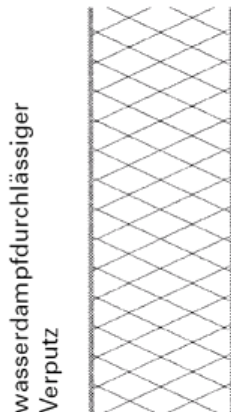


SIA 180 Ziffer 6.3.4.3

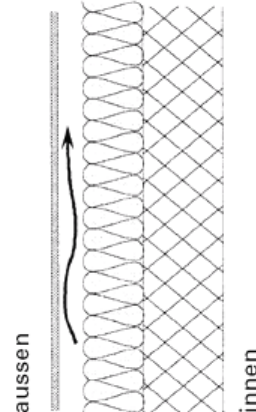
- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung

Es ist empfehlenswert die Konstruktion derart aufzubauen, dass die Diffusionswiderstände (s_d) der einzelnen Schichten von der warmen zur kalten Seite hin abnehmen.

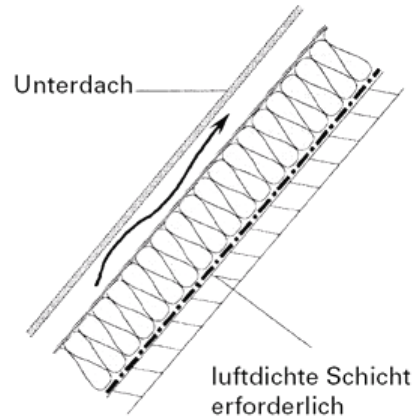
Homogene Wände, verputzt, aber ohne äussere diffusionsbehindernde Deckschicht



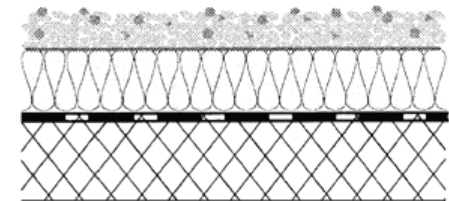
Aussendämmung mit Hinterlüftung (Wand oder Dach)



Leichtes Steildach mit Hinterlüftung, Unterdach und Luftdichtung



Umkehrdach mit diffusionsoffener Überdeckung



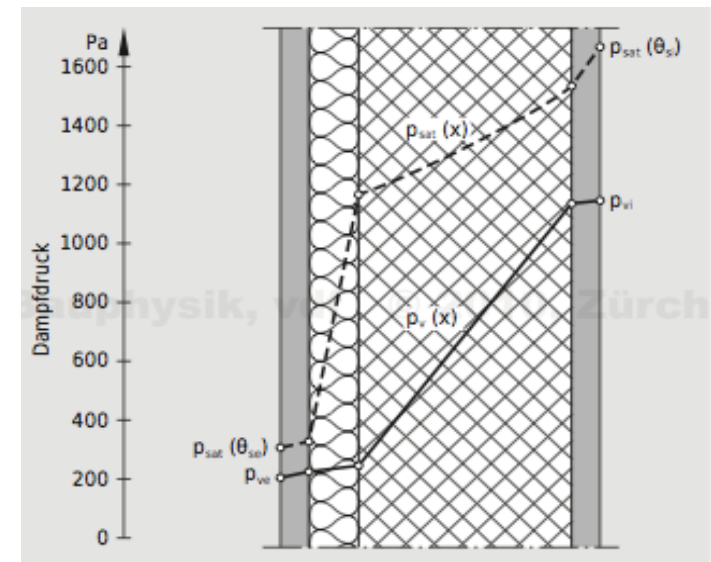
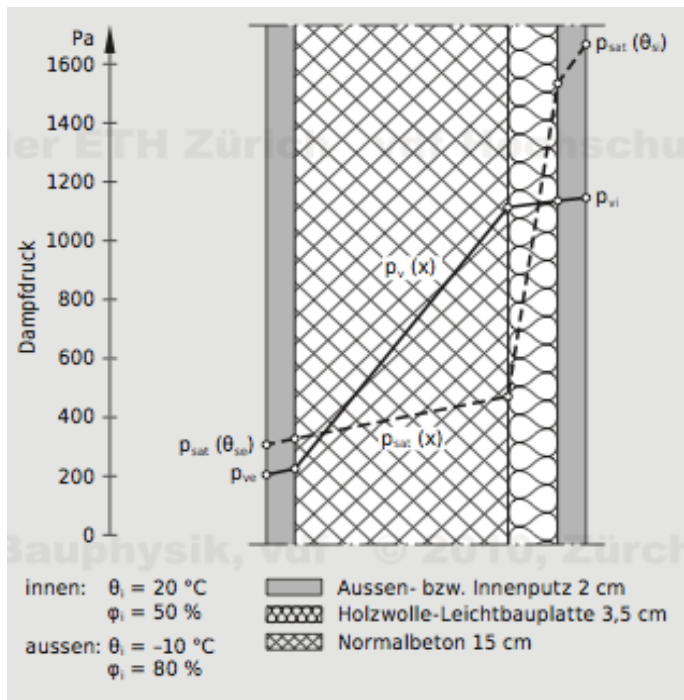
Figur 5 Diffusionsgünstiger Aufbau von Konstruktionen



Aussendämmung - Innendämmung

- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung

Verlauf Sättigungsdampfdruckkurve (p) und Dampfdruckabbau über den einzelnen Bauteilschichten (p_v)



Quelle: Bauphysik Bau & Energie, vdf



Praxisbeispiel

Umnutzung Kellergeschoss

- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung



Bild unkenntlich machen etc.



Bauphase

- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung



Aussenwand

BS Bestand

Nutzung: Mauer
Gegen Erdreich (2m)

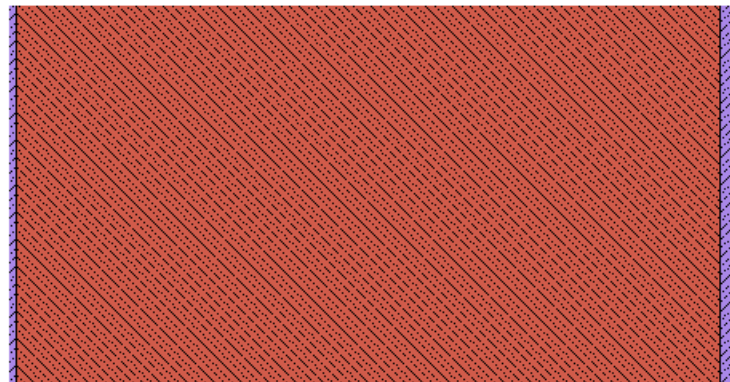
Wärmekapazität
[kJ/m²K]

Cm 10cm (24h): 185
Cm 3cm (2h): 53.3

Referenz: Custom

Geometrie
Dicke [mm]: 470

Innen SIA 180 Aussen



U-Wert

Statisch
1.6546 [W/m²K]

Rsi: 0.13 [m²K/W]

Rse: 0.00 [m²K/W]

Wetter: Bern Liebefeld (CH), Höhe ü. M. des Gebäudes: 565 m

Querschnitt 1

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	p [kg/m³]	c [Wh/kgK]	R [m²K/W]
Rsi							0.130
1 SIA 381/1 : Innenputz	0.5	0.04	0.7	8	1400	0.250	0.007
2 Lesosai : Bruchstein m. Kalkmörtel 1800 kg/m³	45	9.46	1	21	1800	0.290	0.45
3 SIA 381/1 : Aussenputz	1.5	0.375	0.87	25	1800	0.306	0.017
Rse							0.000
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]						dR	0
						RT	0.604

frsi = 0.575 [-], frsi,min,cond = 0.185 [-], frsi,min,moist = 0.854 [-]
Es besteht die Gefahr der Schimmelpilzbildung.



Bei Umbauten und Umnutzungen gelten vom Umbau oder der Umnutzung betroffene Bauteile die Grenz- und Zielwerte

- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung

Bauteil gegen Bauteil	Grenzwerte U_{li} W/(m ² ·K)		Zielwerte U_{ta} W/(m ² ·K)	
	Aussenklima oder weniger als 2 m im Erdreich	unbeheizte Räume oder mehr als 2 m im Erdreich	Aussenklima oder weniger als 2 m im Erdreich	unbeheizte Räume oder mehr als 2 m im Erdreich
opake (Dach, Decke) Bauteile (Wand, Boden)	0,25 0,25	0,28 0,30	0,15 0,15	0,20 0,20
opake Bauteile mit Flächenheizungen	0,25	0,28	0,15	0,20
Fenster, Fenstertüren	1,3	1,6	0,90	1,1
Fenster mit direkt vorge- lagerten Heizkörpern	1,0	1,3	0,80	1,0
Türen	1,3	1,6	1,1	1,3
Tore (Türen grösser als 6 m ²)	1,7	2,0	1,2	1,4
Storenkasten	0,50	0,50	0,30	0,30



BS ID GW

Nutzung: Mauer
Gegen Erdbreich (2m)

Innen

SIA 180

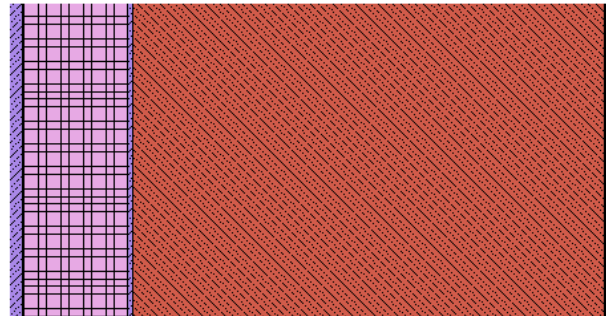
Aussen

Wärmekapazität
[kJ/m²K]

Cm 10cm (24h): 8.49
Cm 3cm (2h): 8.49

Referenz: Custom

Geometrie
Dicke [mm]: 582



U-Wert

Statisch
0.2571 [W/m²K]

Rsi: 0.13 [m²K/W]

Rse: 0.00 [m²K/W]

Wetter: Bern Liebefeld (CH), Höhe ü. M. des Gebäudes: 565 m

Querschnitt 1

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m ³]	c [Wh/kgK]	R [m ² K/W]
Rsi							0.130
1 Minergie ECO : Gipskartonplatte (2012)	1.25	0.0938	0.21	75	850	0.222	0.06
2 Minergie ECO : Glaswolle 22kg/m3 (2012)	10	0.1	0.031	1	22	0.286	3.226
3 SIA 381/1 : Innenputz	0.5	0.04	0.7	8	1400	0.250	0.007
4 Lesosai : Bruchstein m. Kalkmörtel 1800 kg/m ³	45	9.46	1	21	1800	0.290	0.45
5 SIA 381/1 : Aussenputz	1.5	0.375	0.87	25	1800	0.306	0.017
Rse							0.000
dUg= 0 [W/m ² K], dUf= 0 [W/m ² K]						dR	0
						RT	3.89

f_{rsi} = 0.915 [-], f_{rsi,min,cond} = 0.185 [-], f_{rsi,min,moist} = 0.854 [-]

 **Hygrothermische Kenngrössen**

Erste Monat: Oktober	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Faktor Austrock- nung
Innen													
Temperatur [°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	-
Relative Feuchtigkeit [%]	51.8	53.4	58.4	62.4	70.5	75.9	80.5	80.5	71.8	64.6	56.6	53.3	-
Aussen													
Temperatur [°C]	3.02	3.49	4.82	5.75	7.45	8.42	9.19	9.19	7.69	6.25	4.35	3.45	-
Relative Feuchtigkeit [%]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Benutzeroberfläche 2 - 3													
gc [g/m ²]	895	839	1044	1104	1365	1476	1671	1671	1356	1201	968	926	-
Ma [g/m ²]	3990	4829	5872	6977	8342	9818	11490	13161	14517	1201	2169	3095	-



BS ID GW dd

Nutzung: Mauer
Gegen Erdreich (2m)

Wärmekapazität
[kJ/m²K]

Cm 10cm (24h): 8.75
Cm 3cm (2h): 8.75

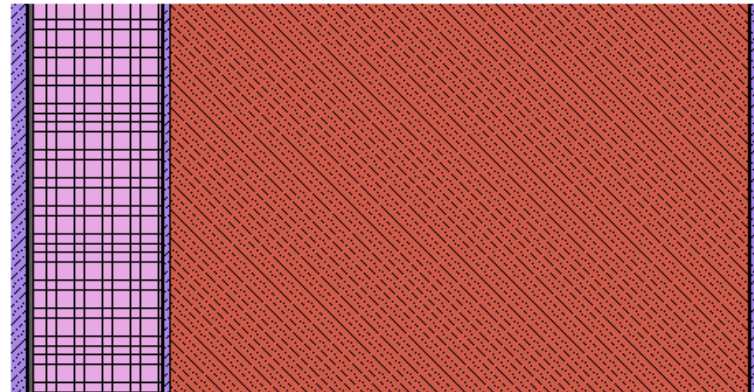
Referenz: Custom

Geometrie
Dicke [mm]: 583

Innen

SIA 180

Aussen



U-Wert

Statisch

0.2571 [W/m²K]

Rsi: 0.13 [m²K/W]

Rse: 0.00 [m²K/W]

Wetter: Bern Liebefeld (CH), Höhe ü. M. des Gebäudes: 565 m

Querschnitt 1

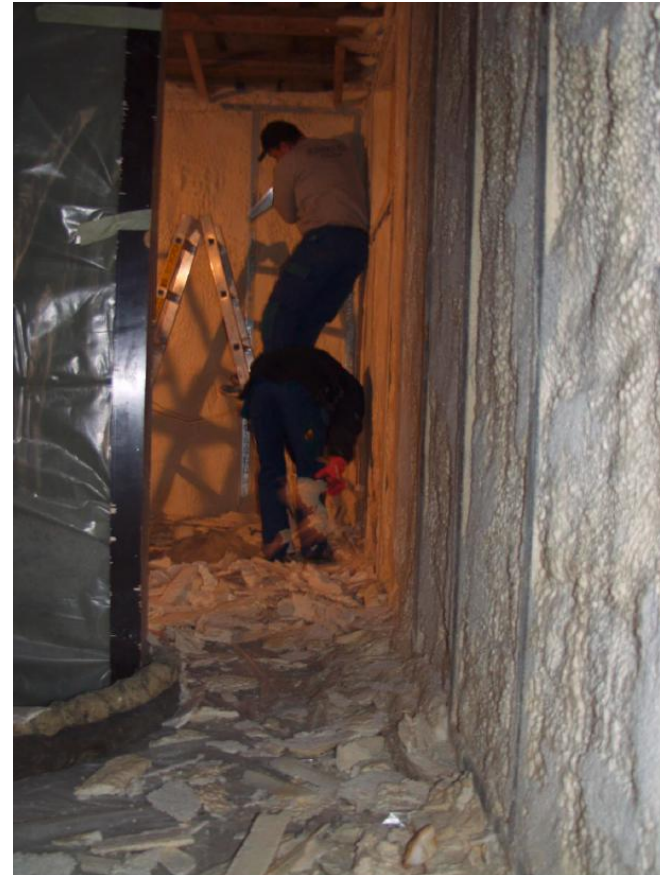
Materialname:		Dicke [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]
Rsi								0.130
1	Minergie ECO : Gipskartonplatte (2012)	1.25	0.0938	0.21	7.5	850	0.222	0.06
2	Isover : FLAMMEX N	0.02	66	2	325000	925	0.389	0
3	Minergie ECO : Glaswolle 100 kg/m³ (2012)	10	0.1	0.031	1	100	0.286	3.226
4	SIA 381/1 : Innenputz	0.5	0.04	0.7	8	1400	0.250	0.007
5	Lesosai : Bruchstein m. Kalkmörtel 1800 kg/m³	45	9.45	1	21	1800	0.290	0.45
6	SIA 381/1 : Aussenputz	1.5	0.375	0.87	25	1800	0.306	0.017
Rse								0.000
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]							dR	0
							RT	3.89

f_{rsi} = 0.915 [-], f_{rsi,min,cond} = 0.185 [-], f_{rsi,min,moist} = 0.854 [-]



Realisierung 2004

- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung



Situation 2013

- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung



- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung

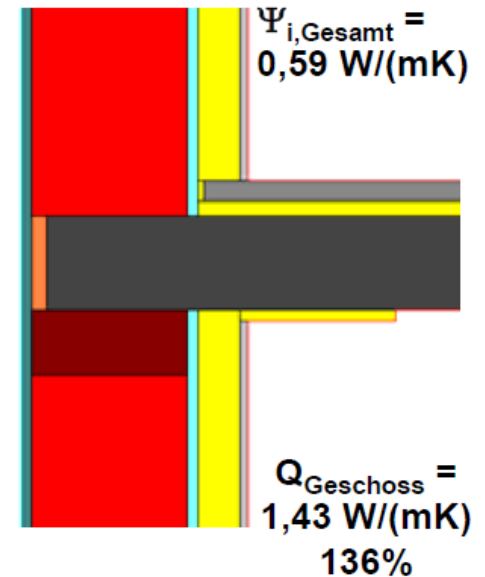
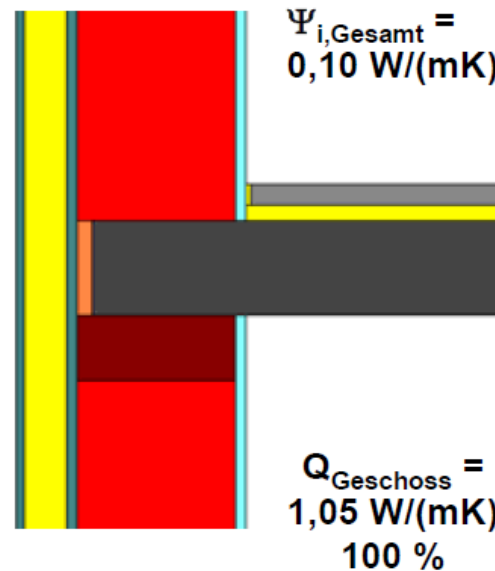
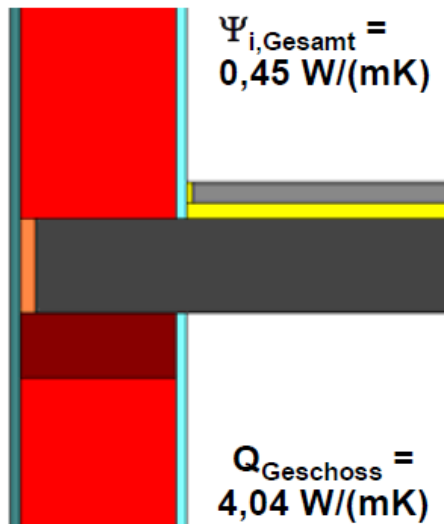


- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung



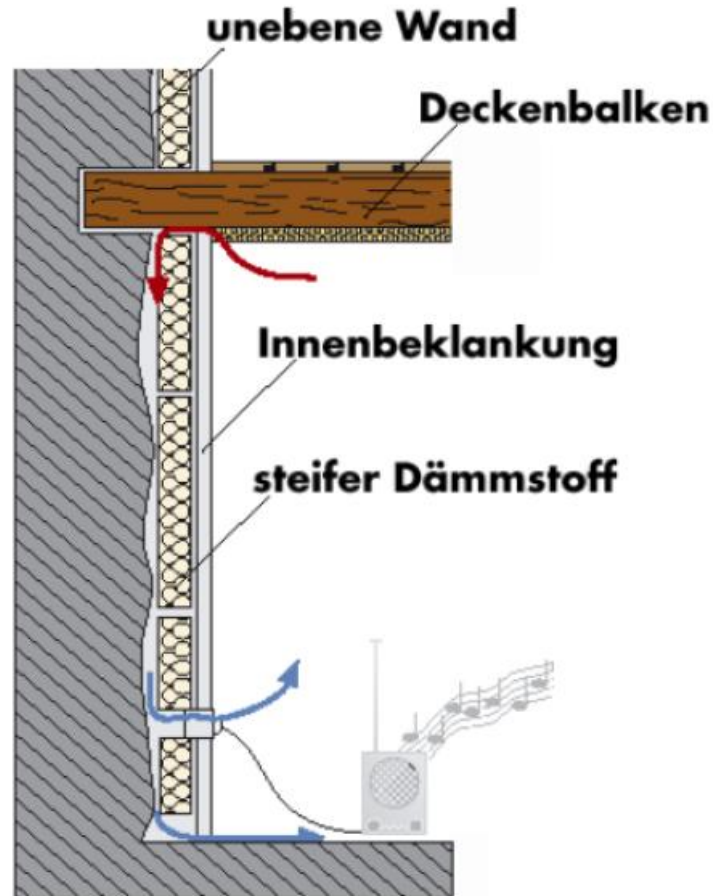
Wärmebrücken

- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung



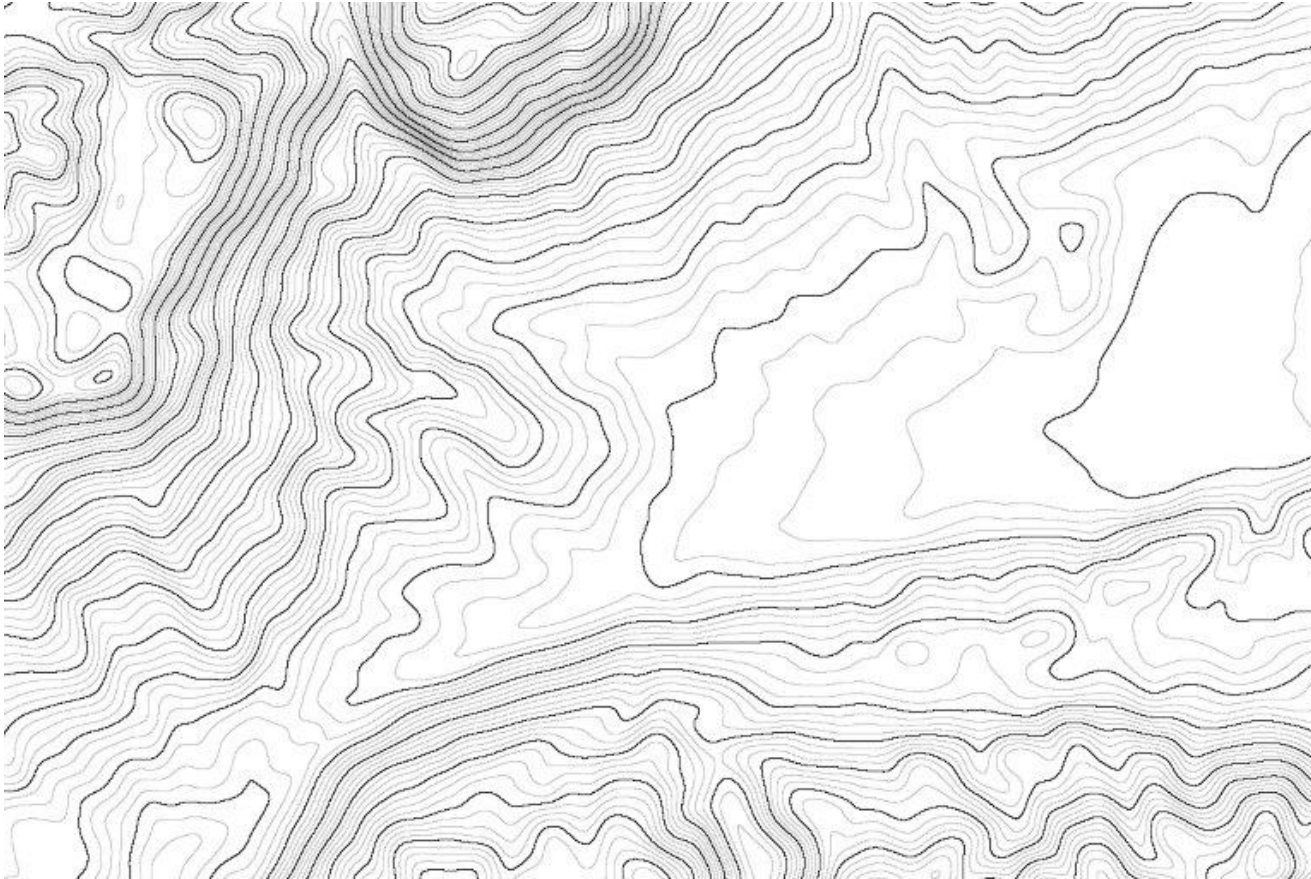
Konvektion

- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung



Klima

- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung



Geeignete Dämmstoffe und Sperrschichten

- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung

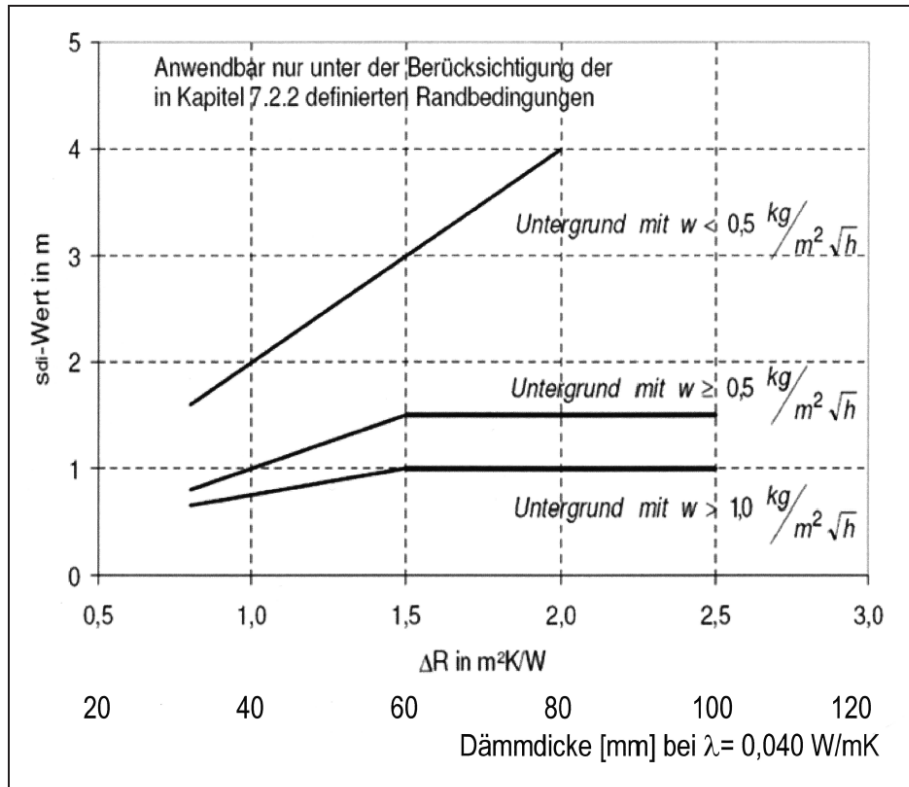


Bild 5: Minimal erforderlicher s_{di} -Wert des neuen inneren Aufbaus (Dämmung plus Dampfbremse) in Zusammenhang zur wärmeschutztechnischen Verbesserung ΔR bzw. der äquivalenten Dämmdicke für verschiedene kapillaraktive Untergründe.

Voraussetzungen für die Anwendbarkeit des Diagramms sind:

- Funktionstüchtiger Schlagregenschutz der Fassade.
- Die alte Wand hat einen R -Wert $\geq 0,39 m^2K/W$ (entspricht ca. 24 cm Vollziegelmauerwerk).
- Innenklima mit normaler Feuchtelast gemäß WTA-Merkblatt 6-2.
- Mittlere Jahrestemperatur des Außenklimas $\geq 7^\circ C$.
- Maximale Verbesserung des Wärmedurchgangswiderstands $\Delta R \leq 2,5 m^2K/W$ (kapillaraktiver Untergrund) bzw. $\leq 2,0 m^2K/W$ (nicht saugfähige oder unbekannte Untergründe).

Quelle: Arbeitsgruppe 6-12
'Innendämmung im Bestand' der WTA,
Merkblatt 6-4

Schlussfolgerung

- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung

- Tauwasserfreie Systeme sind möglich aber nicht immer nötig (Kenndaten!). Dazu gehört eine sorgfältige Planung und Realisierung.
- Das System ist auf das Objekt abzustimmen.
- Das Glaserverfahren eignet sich nicht immer um tauwasserfreie Systeme nachzuweisen (Sorption, Kapillarwirkung, Schlagregen).
- Es wird empfohlen die Luftdurchlässigkeit (BlowerDoor-Test) zu messen um Leckagen zu beheben – doch mindestens Ausführungskontrollen.
- Das Langzeitverhalten muss bei der Planung und Realisierung berücksichtigt werden (Dilatationen, Materialermüdung, etc.).



Kapillaraktive Innendämmung anno 1627

- Einstieg
- Rückblick
- Aus der Praxis
- Bauschaden
- Schlussfolgerung



Quelle: Dr.-Ing. Roswitha Kaiser,
Sprecherin AG Bautechnik der
VdL



Danke!



Matthias Schmid

Telefon +41 32 328 88 57
Mail m.schmid@prona.ch
Web www.prona.ch
Network LinkedIn, Xing

