



Mauerwerk feucht und salzig

Lösungen für eine exzellente Instandsetzung

Dr. Andreas Zahn



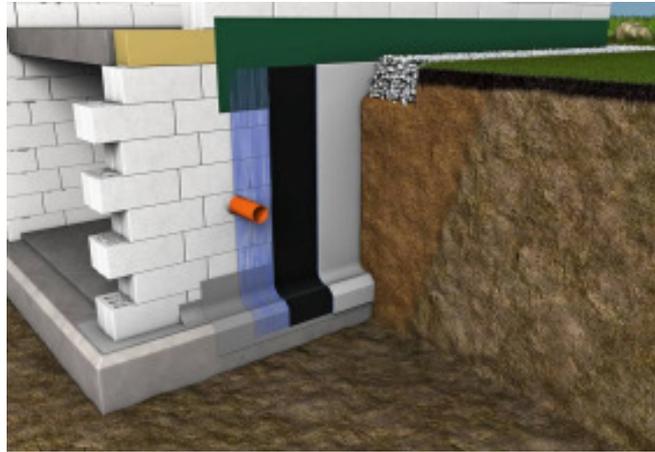
„Wasser das kommt und Wasser das geht,
schadet dem Bauwerk nicht!

**Wasser das steht,
schadet dem Bauwerk!“ ***

* Unbekannter Baumeister aus dem 15. Jahrhundert



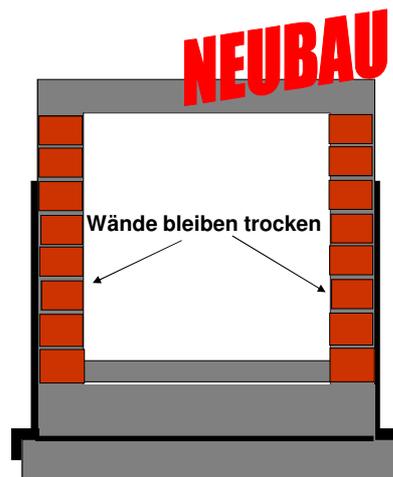
feuchter Keller → warmer bewohnter Raum



- Außenabdichtung + Dämmung notwendig!



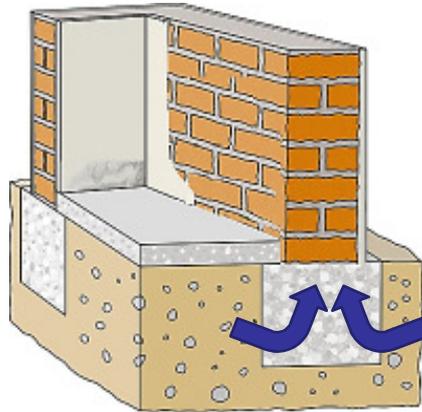
feuchter Keller → warmer bewohnter Raum



- Außenabdichtung + Dämmung notwendig!



feuchter Keller → warmer bewohnter Raum



- Außenabdichtung
- Streifenfundament → auch an Horizontalsperre denken!



feuchter Keller → warmer bewohnter Raum

Arbeitsschritte in der Instandsetzung (Außenabdichtung)

- | | |
|-------------------------------------|--|
| ▪ Mauerwerk aufgraben + reinigen | |
| ▪ Egalisierung (Fugen, Ausbrüche) | Oxal SPM |
| ▪ Hohlkehle | Oxal SPM |
| ▪ Mauerwerk ist feucht! | Oxal DS-HS |
| ▪ Außenabdichtung auf Altabdichtung | Expert Proof eco
Nafuflex |



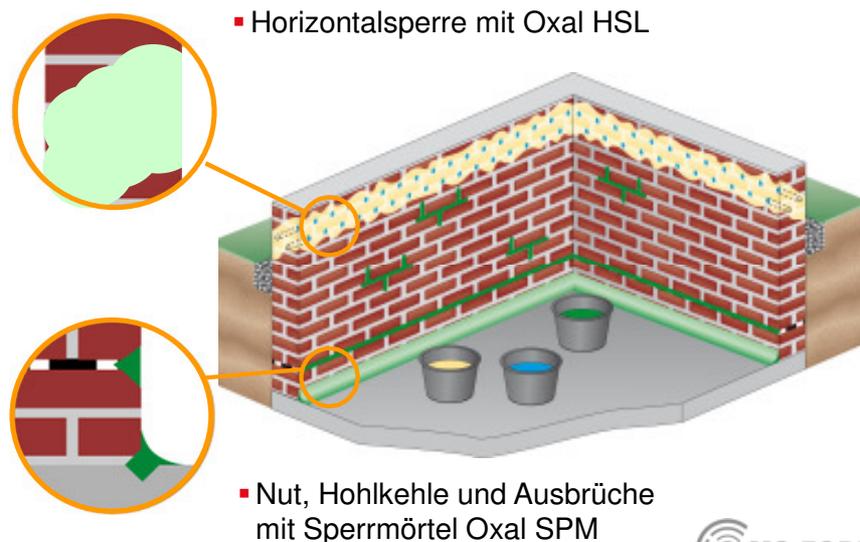
feuchter Keller → warmer bewohnter Raum

Arbeitsschritte in der Instandsetzung (Außenabdichtung)

- Mauerwerk aufgraben + reinigen
- Egalisierung (Fugen, Ausbrüche) **Oxal SPM**
- Hohlkehle **Oxal SPM**
- Mauerwerk ist feucht! **Oxal DS-HS**
- Außenabdichtung auf Altabdichtung **Expert Proof eco**
Nafuflex
- **Flächenausgleich (Spritzverfahren) Oxal RM-L**



**feuchter Keller → trockener „Wohnraum“
Innenabdichtung mit Horizontalsperre**



Chemische Horizontalsperren → Oxal HSL

- Durchfeuchtungsgrad maximal 95%
- Mischungsverhältnis mit Wasser

Durchfeuchtungsgrad 95 %	1:12	Oxal HSL : Wasser
Durchfeuchtungsgrad 80 %	1:16	Oxal HSL : Wasser
Durchfeuchtungsgrad 60 %	1:20	Oxal HSL : Wasser
- sehr stark hydrophobierend
- dynamische Viskosität wie Wasser (chemische Lösung)
- **kapillarverengend + sehr stark hydrophobierend**
- **bis 95 % DFG**
- **keine zusätzlichen Kationen**



feuchter Keller → trockener „Wohnraum“ Horizontalsperre mit Innenabdichtung

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| ▪ Flächenegalisierung | Oxal RM-L |
| ▪ Egalisierung (Fugen, Ausbrüche) | Oxal SPM |
| ▪ Hohlkehle | Oxal SPM |
| ▪ Innenabdichtung | Oxal DS-HS |
| ▪ Horizontalsperre | Oxal HSL |
| | Oxal HSC (Creme) |
| ▪ Putzauftrag | Oxal Wertputzsystem |



Instandsetzung feuchter Mauerwerke

Möglichkeiten zur Mauerwerkstrockenlegung

WTA – Merkblätter

- ~~4-4-04/D - Mauerwerksinjektion gegen kapillare Feuchtigkeit~~
- ~~4-6-14/D - Nachträgliches Abdichten erdberührender Bauteile~~
- ~~4-7-02/D - Nachträgliche mechanische Horizontalsperre~~
- ~~4-10-13/D - Injektionsverfahren mit zertifizierten Injektionsstoffen gegen kapillaren Feuchtetransport~~
- ~~5-20-09/D - Gelinjektion in der Bauwerksabdichtung~~



Altbauinstandsetzung - Schadensbilder



Altbauinstandsetzung - Schadensbilder



Altbauinstandsetzung - Schadensbilder



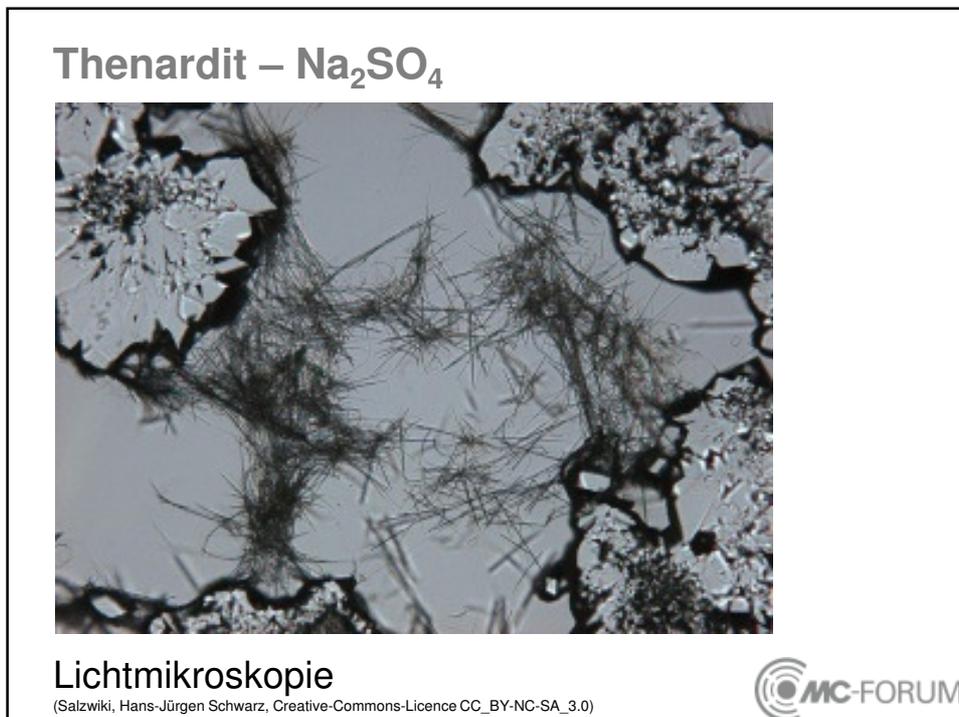
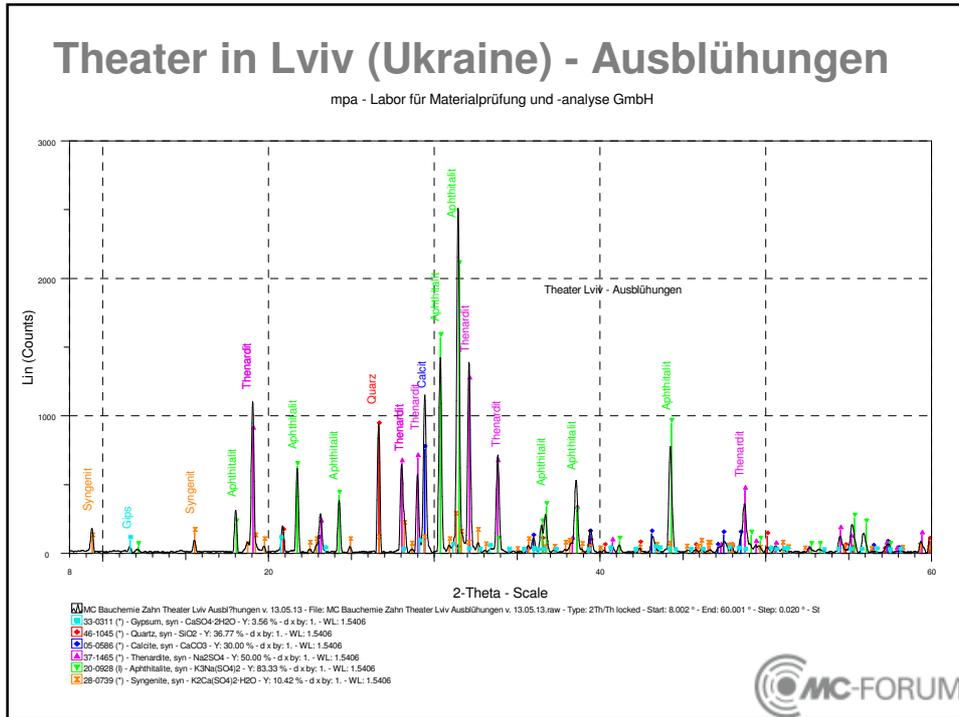
Salzbildung – wasserlösliche Salze

	Sulfat	Nitrat	Chlorid
Anion	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-
Kation	Ca^{2+}	Na^+ K^+	Mg^{2+}
Salze	Gips Glaubersalz Bittersalz	Kalksalpeter Mauersalpeter	Steinsalz Kochsalz
Löslichkeit	schwer	leicht	leicht
Hygroskopie	(-)	≥ 50 % r.F.	≥ 29 % r.F.



Theater in Lviv (Ukraine) - Ausblühungen





Ausblühungen – Salzkristallisationen

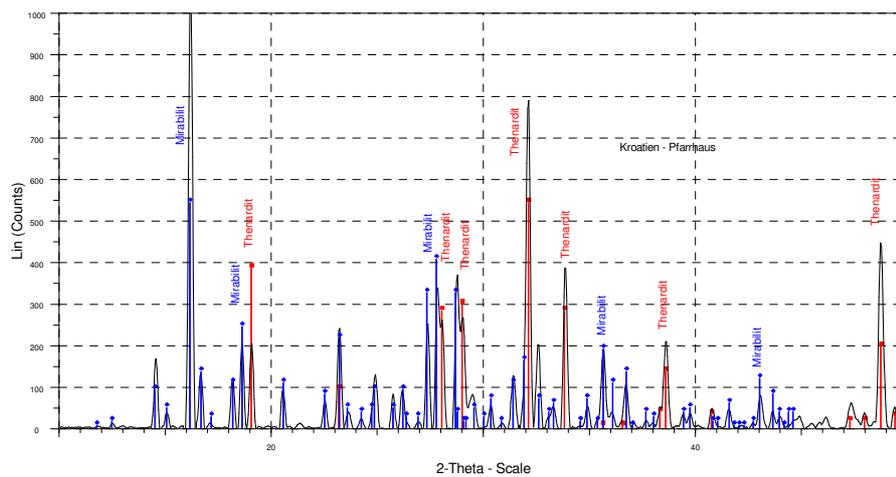


Pfarrhaus, Kroatien 2009



Mirabilit – $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$

mpa - Labor für Materialprüfung und -analyse GmbH



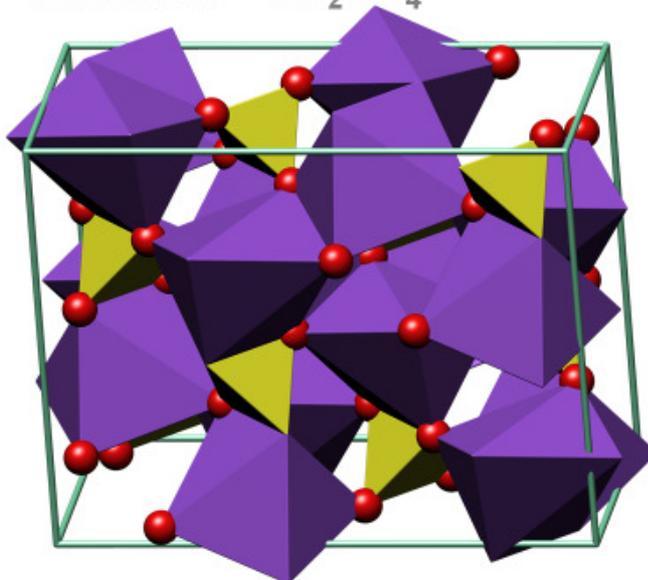
D:\DIFFDAT1\MC Bauchemie Zahn Kroatien Pfarrhaus v 030709.R - File: MC Bauchemie Zahn Kroatien Pfarrhaus v 030709.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 8.000 ° - End: 50.000 ° - Step: 0.040 ° - Site
 57-1465 (°) - Thenardite, syn - Na₂SO₄ - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.54056
 11-0647 (°) - Mirabilite - Na₂SO₄·10H₂O - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.54056

Pfarrhaus, Kroatien 2009



Mirabilit – $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ 

Pfarrhaus, Kroatien 2009

**Thénardit – Na_2SO_4** 

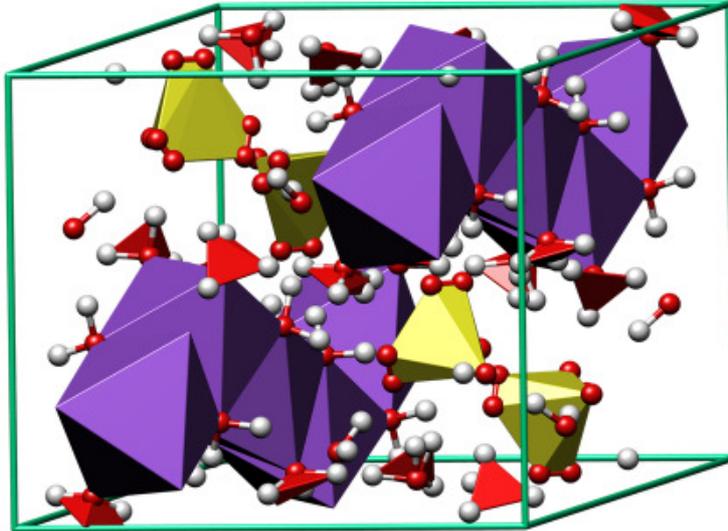
-  Sodium, Na: violet
-  Sulfur, S: olive
-  Oxygen, O: red
-  Cell: blue-green

Elementarzelle (8 Formeleinheiten/EZ)

Wikimedia, Abbildung: Marina Vladivostok, Lizenz: Creative Commons CC0 1.0



Mirabilit – $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$



Elementarzelle (4 Formeleinheiten/EZ)

Levy H, Lisensky G; Acta Crystallographica B34 (1978) 3502-3510



Thénardit - Mirabilit Umkristallisation

Tabelle 3: Hydratationsdruck Thénardit-Mirabilit nach [Winkler.etal:1970]Titel: Saltburst by Hydration Pressure in Architectural Stone in Urban AtmosphereAutor / Verfasser: Winkler, Erhard M.; Wilhelm, E.J.

rel. Feuchte %	20,0 °C	25,0 °C	30,0 °C
100	48,9 N/mm ²	40,5 N/mm ²	28,9 N/mm ²
95,0	41,3 N/mm ²	32,7 N/mm ²	23,3 N/mm ²
90,0	33,5 N/mm ²	24,9 N/mm ²	13,7 N/mm ²
85,0	25,5 N/mm ²	16,0 N/mm ²	5,1 N/mm ²
80,0	16,4 N/mm ²	7,8 N/mm ²	0,0
75,0	6,7 N/mm ²	0,0	-

Die Volumenveränderung, die beim Phasenübergang stattfindet, ist mit ca. 320% anzugeben. Sperling.etal:1980

Titel: Salt Weathering on Arid Environment, I. Theoretical ConsiderationsII. Laboratory Studies
Autor / Verfasser: Sperling, C.H.B.and Cooke, R.U.



Instandsetzung feuchter Mauerwerke

Möglichkeiten zur Mauerwerkstrockenlegung

WTA – Merkblätter

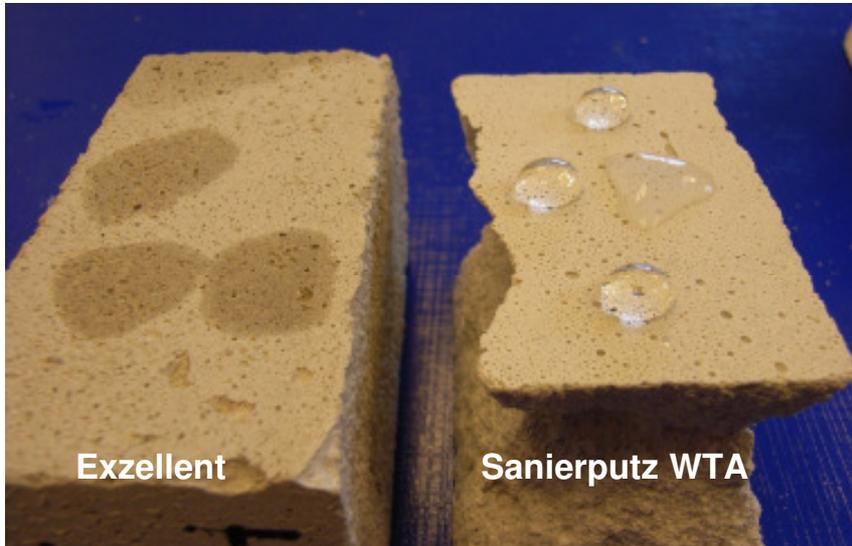
- ~~4-4-04/D - **Mauerwerksinjektion** gegen kapillare Feuchtigkeit~~
- ~~4-6-14/D - **Nachträgliches Abdichten** erdberührender Bauteile~~
- ~~4-7-02/D - Nachträgliche mechanische **Horizontalsperre**~~
- ~~4-10-13/D - **Injektionsverfahren** mit zertifizierten Injektionsstoffen gegen kapillaren Feuchtetransport~~
- ~~5-20-09/D - **Gelinjektion** in der Bauwerksabdichtung~~



Mauerwerk feucht und salzig



Wasseraufnahme

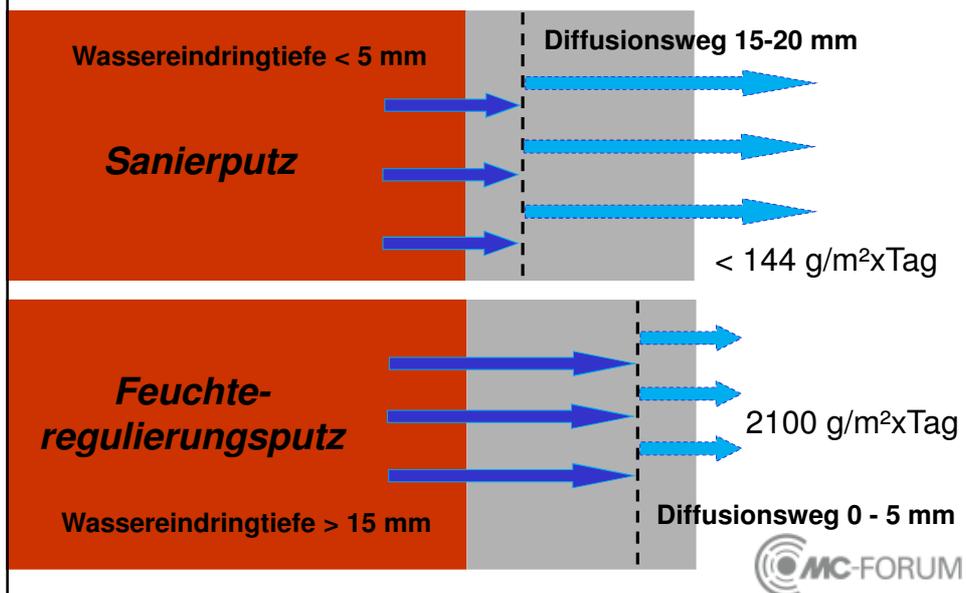


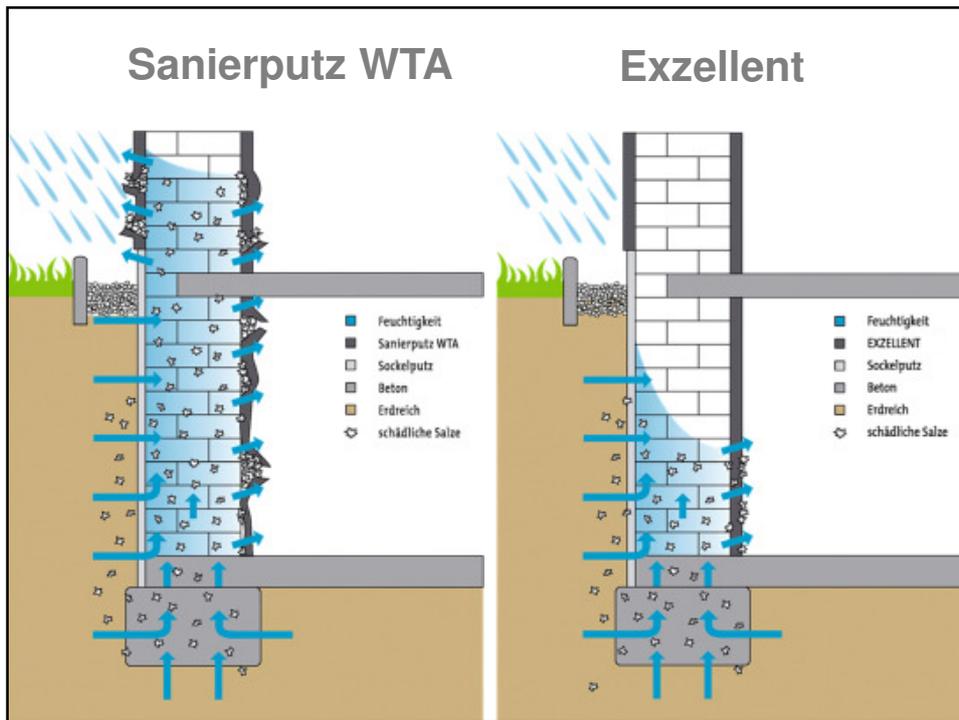
Exzellent

Sanierputz WTA



Funktionsweise





Salzaufnahme ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ - Glaubersalz)

Sanierputz WTA

Exzellent



Rechts erhöhter
Feuchtedurchsatz
—
Größere
Salzkristalle



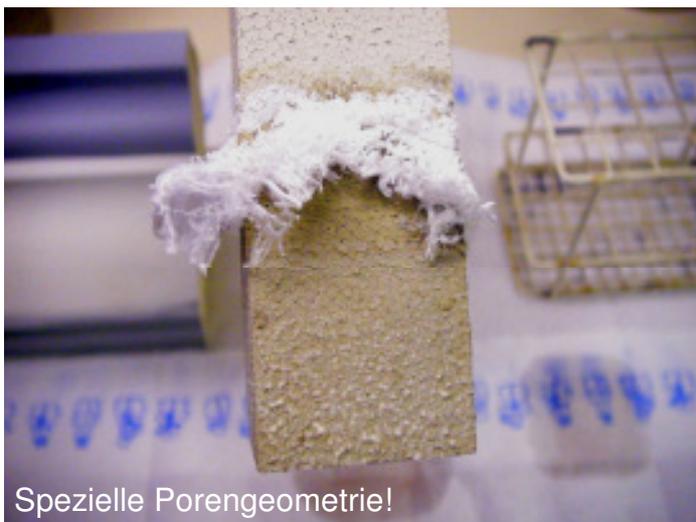
Salzaufnahme ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ - Glaubersalz)

Sanierputz WTA an der Oberfläche zerstört



Salzaufnahme ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ - Glaubersalz)

Exzellente an der Oberfläche nicht zerstört



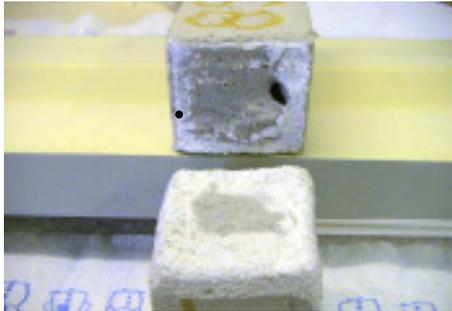
Spezielle Porengeometrie!



Salzaufnahme ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ - Glaubersalz)

Beim Sanierputz WTA haben sich die Salze aufkonzentriert und das Putzprisma durchgesprengt.

Das Exzellent-Prisma musste gebrochen werden. Die Salze wurden durchgeleitet, der Querschnitt bleibt intakt.



Porenstruktur

Mikroskopischer Vergleich von Putzbruchflächen nach Feuchte- und Salzbelastung

Versuchsdauer: 6 Wochen

Bild unten: Exzellent 510 - Vergrößerung 40-fach



Exzellent

Bild unten: Sanierputz - Vergrößerung 40-fach



Sanierputz WTA



Untersuchungen

- Porosität → **Salzspeicherkapazität**
- Porengefüge → **Salz- & Wassertransport**
- Wasserdampfdurchlässigkeit → **Mikroklima,
Atmungsaktivität**

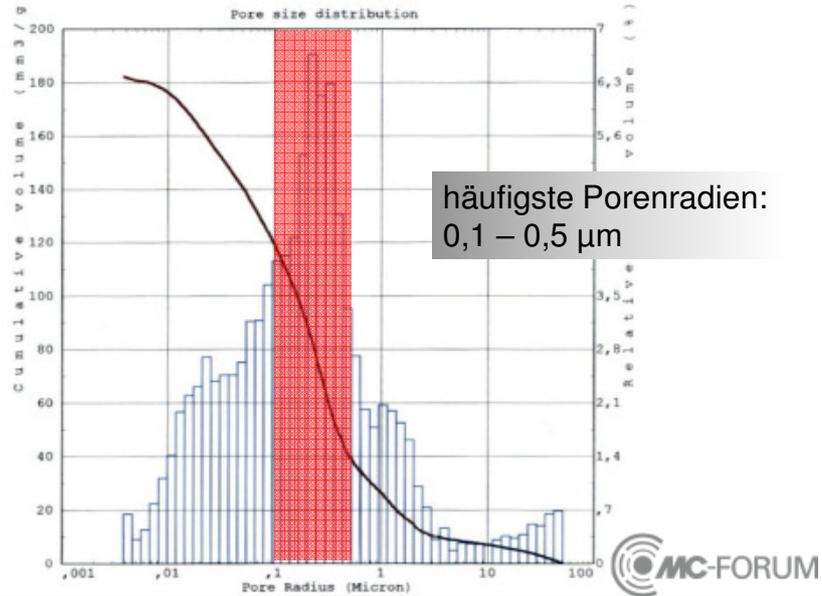


Vergleich der Putztypen

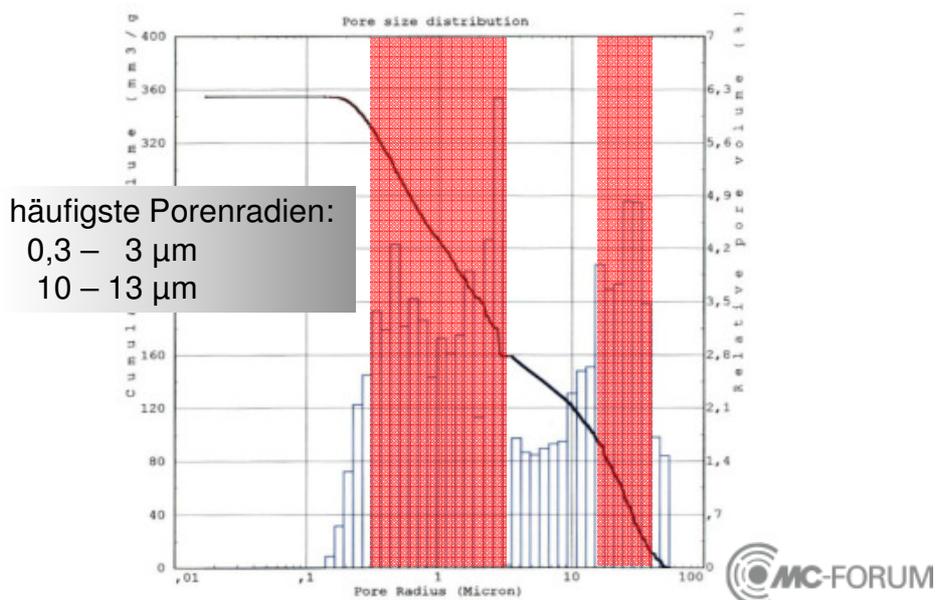
- Porosität (Quecksilberdruck- porosimetrie)
 - Porengrößen bis 100µm
 - Kapillarporen – kapillar aktiv
- Wasseraufnahme und Gesamtporosität
 - Porengrößen > 100µm
 - Makroporen – kapillar brechend



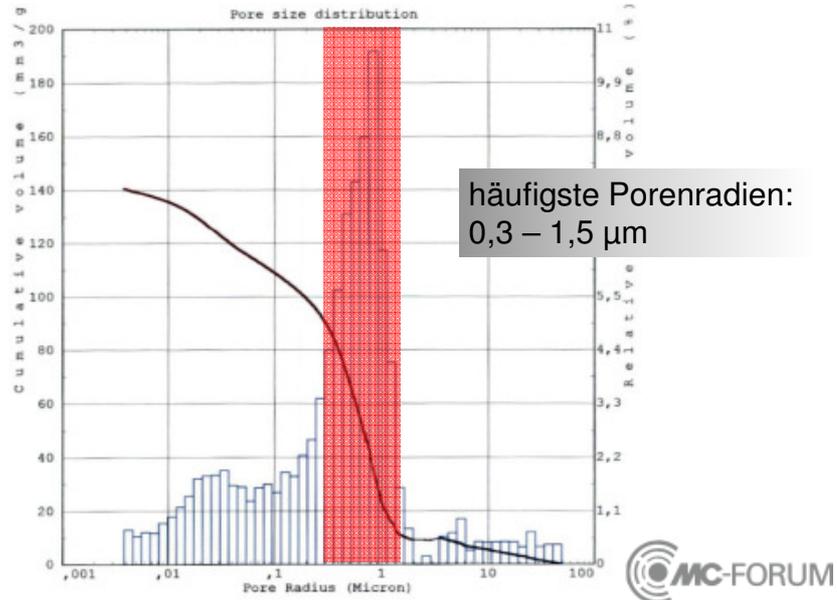
Feuchteregulierungsputz



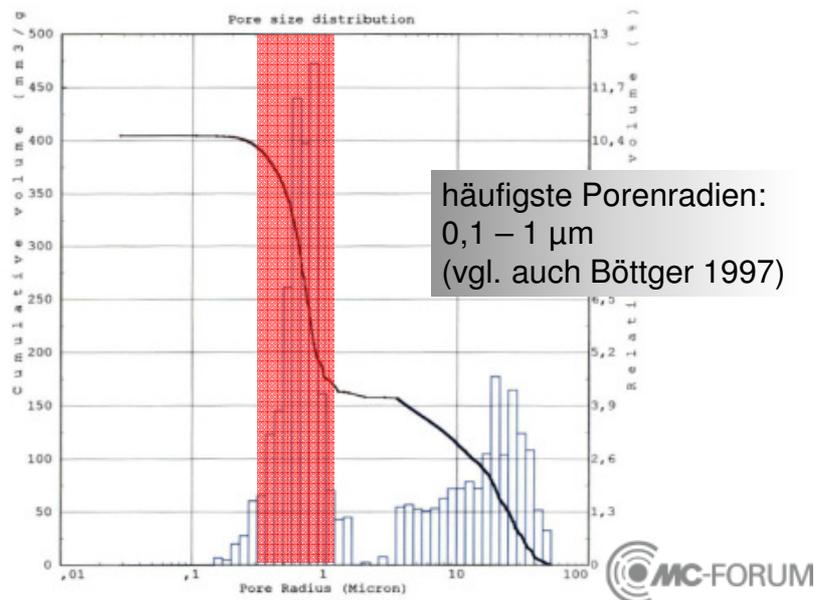
Sanierputz



Kalk-Zement Mörtel/Putz



Kalkputz



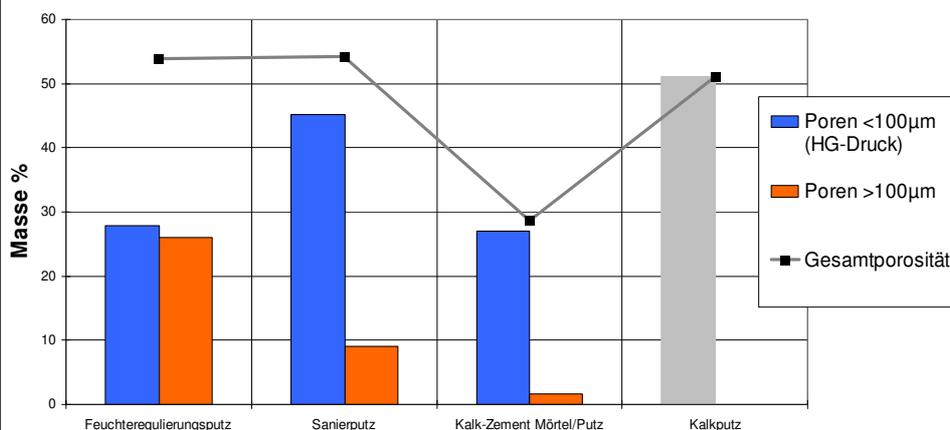
Ergebnisse Gesamtporosität

Kennwerte Putz	Porosität <100µm (Hg-Druck) [Vol-%]	Wasser- aufnahme [M%]	Gesamt- porosität [Vol-%]
Feuchte- regulierungsputz	27,8	35,0	53,9
Sanierputz	45,2	14,7	54,3
Kalk-Zement Mörtel	27,0	11,4	28,7
Kalkputz	nicht bestimmt	13,1	51,1

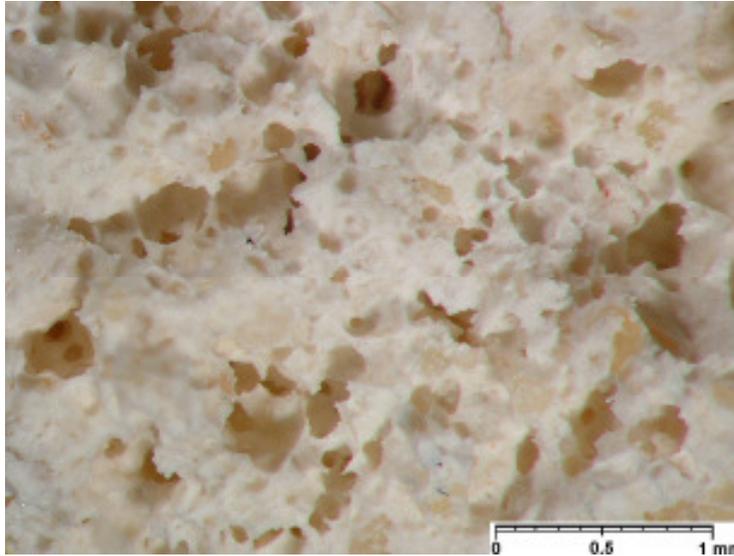


Porengrößenverteilung

Ermittelte Porositätsunterschiede



Porengefüge Exzellent



MC-FORUM

Fazit aus den Untersuchungen

Bezeichnung	Salzspeicher- kapazität (Kapillarporen)	Salztransport (Makroporen)	Atmungs- aktivität (μ -Wert)
Feuchte- regulierungs- putz	★ ★	★ ★ ★	★ ★
Sanierputz	★ ★ ★	★	★ ★
Kalk-Zement Mörtel	★	★	★
Kalkputz	★	★	★ ★ ★

MC-FORUM

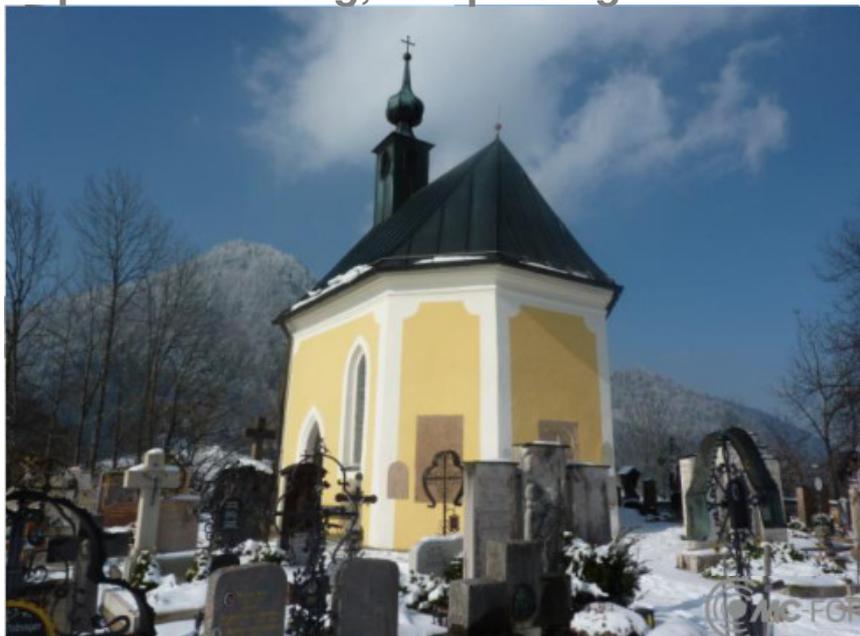
Referenzen



Residenz München - Ansicht "Brunnenhof"



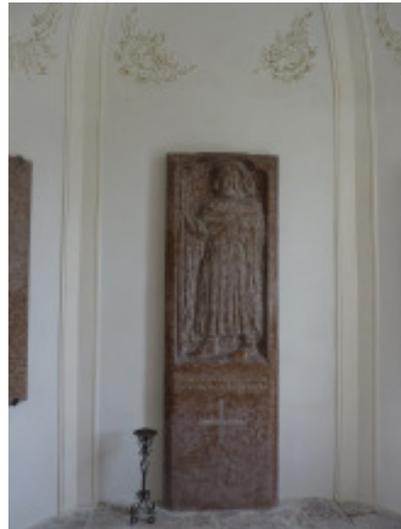
Kapelle St. Georg, Ruhpolding



Kapelle St. Georg, Ruhpolding



Kapelle St. Georg, Ruhpolding



Historisches Museum, Frankfurt a. M.



Wohnhaus, Parthenstein



Wohnhaus, Parthenstein



Fugenmuster wurde mit Fugeisen eingearbeitet



Treppenwange – Riga (Littauen)



Kritische Außenmauern - Treppenbereiche



Treppenwange und Sockel - Vilsbiburg



Kritische Außenmauern - Treppenbereiche



Kelleraußenwand – Wohnhaus, Viersen



Kelleraußenwand – Wohnhaus, Viersen



Wohnhaus, Zürich



Wohnhaus, Zürich



Karmeliterkloster, Frankfurt



Stärken des Exzellent

- ✓ erhöhte Trocknungsraten feuchter Mauerwerke
- ✓ verbessertes Raumklima
- ✓ kein Feuchtestau (Durchfeuchtungshöhe steigt nicht)
- ✓ beständig gegen Salze, Nitrate, Sulfate und Seewasser
- ✓ lange Lebensdauer (kein Opferputz)



Exzellent: Standard-Farbtöne



Durchgefärbte Maschinenputze



Exzellent komplett

Exzellent 520	Vorspritzputz
Exzellent 540	Ausgleichsputz
Exzellent 510	Handputz grau
Exzellent 500	Maschinenputz grau
Exzellent 610	Handputz weiß
Exzellent 600	Maschinenputz weiß
Exzellent 700	Maschinenputz farbig
Exzellent 750	Feinputz weiß
Exzellent 750	Feinputz farbig



Instandsetzung feuchter Mauerwerke

