



## Mauerwerk feucht und salzig

Lösungen für eine exzellente Instandsetzung

Dr. Andreas Zahn



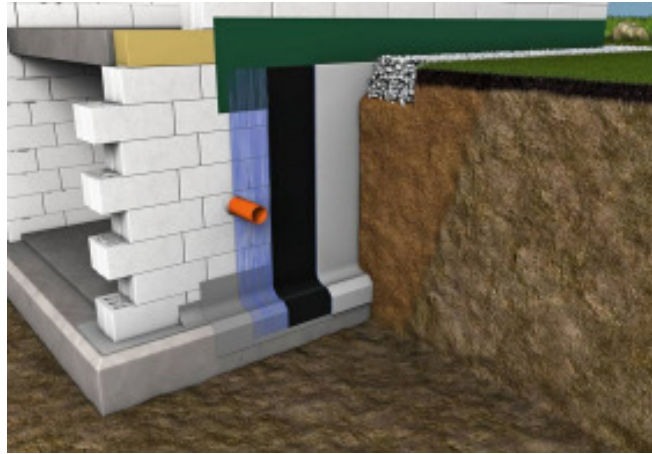
„Wasser das kommt und Wasser das geht,  
schadet dem Bauwerk nicht!

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

\* Unbekannter Baumeister aus dem 15. Jahrhundert



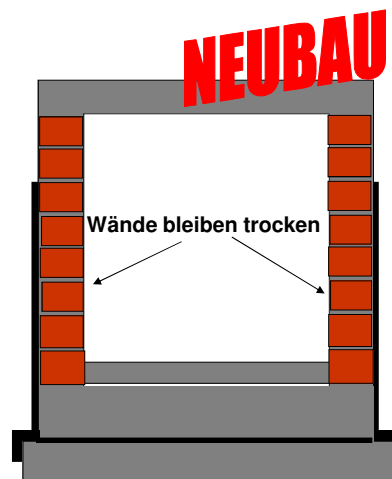
feuchter Keller → warmer bewohnter Raum



- Außenabdichtung + Dämmung notwendig!



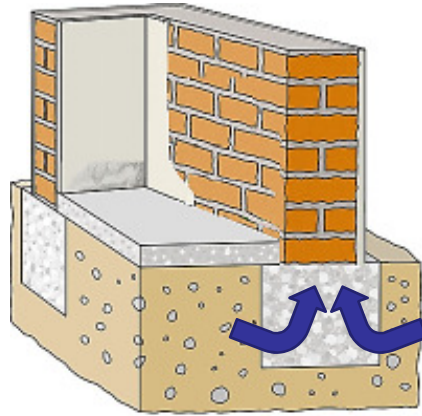
feuchter Keller → warmer bewohnter Raum



- 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)   | <b>Oxal SPM</b>         |
| ▪ Hohlkehle                         | <b>Oxal SPM</b>         |
| ▪ Mauerwerk ist feucht!             | <b>Oxal DS-HS</b>       |
| ▪ Außenabdichtung auf Altabdichtung | <b>Expert Proof eco</b> |
|                                     | <b>Nafuflex</b>         |



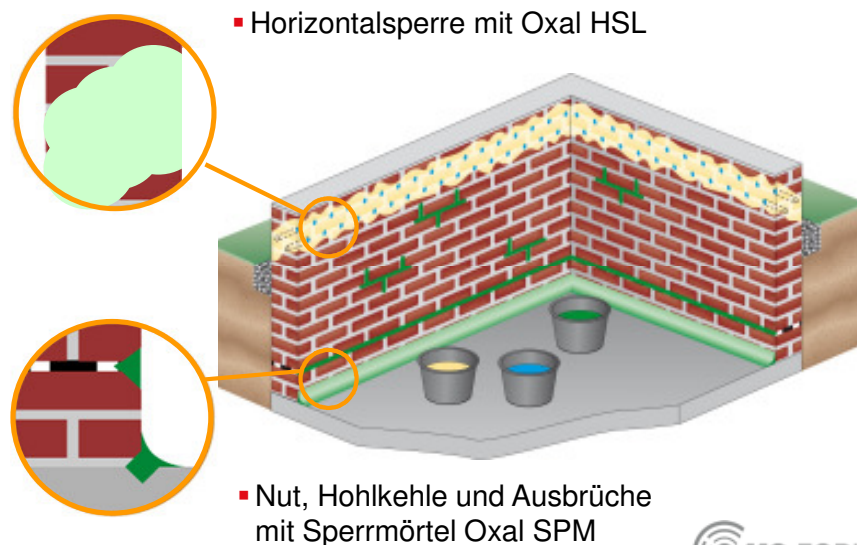
**feuchter Keller → warmer bewohnter Raum**

**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             | <b>Oxal RM-L</b>           |
| ▪ Egalisierung (Fugen, Ausbrüche) | <b>Oxal SPM</b>            |
| ▪ Hohlkehle                       | <b>Oxal SPM</b>            |
| ▪ Innenabdichtung                 | <b>Oxal DS-HS</b>          |
| ▪ Horizontalsperre                | <b>Oxal HSL</b>            |
|                                   | <b>Oxal HSC (Creme)</b>    |
| ▪ Putzauftrag                     | <b>Oxal Wertputzsystem</b> |



## 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

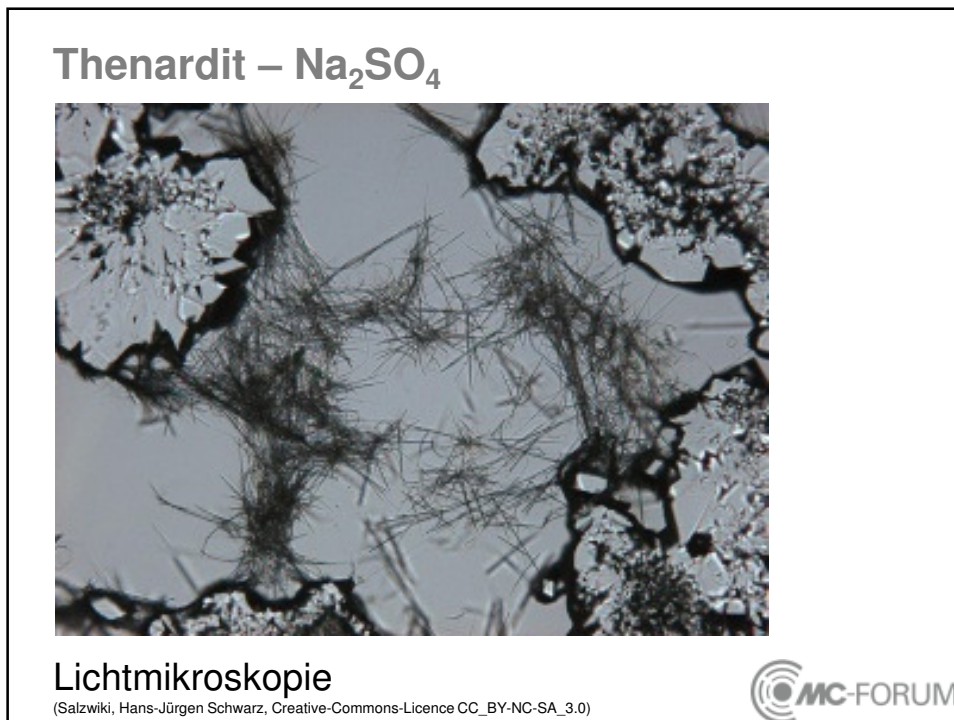
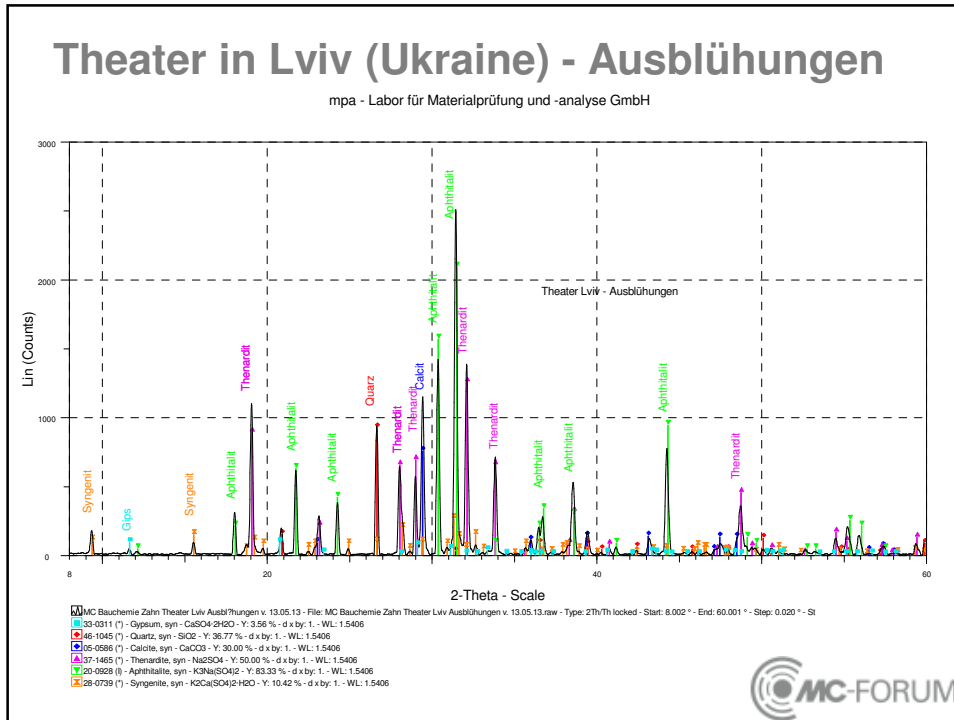
	Sulfat	Nitrat	Chlorid
Anion	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NO}_3^-$	$\text{Cl}^-$
Kation	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Na}^+$ $\text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+}$
Salze	Gips Glaubersalz Bittersalz	Kalksalpeter Mauersalpeter	Steinsalz Kochsalz
Löslichkeit	schwer	leicht	leicht
Hygroskopie	(-)	$\geq 50\%$ r.F.	$\geq 29\%$ r.F.



## Theater in Lviv (Ukraine) - Ausblühungen







## Ausblühungen – Salzkristallisationen

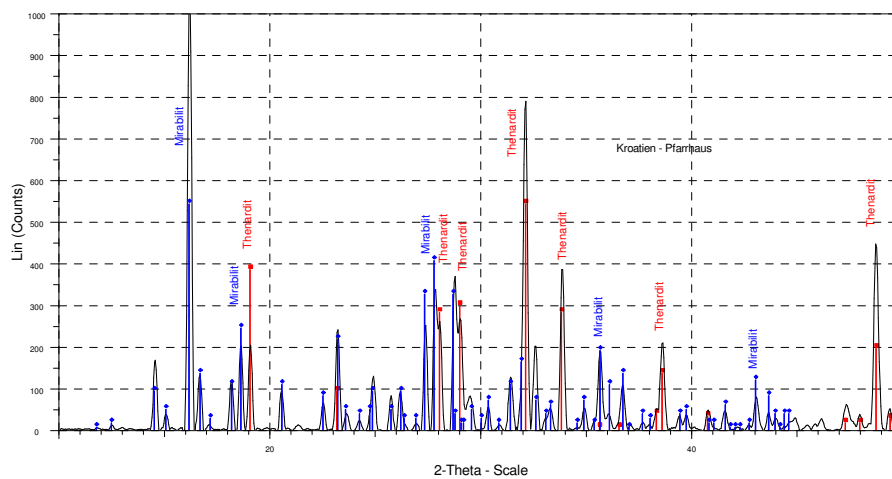


Pfarrhaus, Kroatien 2009



## 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 ° - Ste

57-1465 (°) - Thenardite, syn - Na2SO4 - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.54056

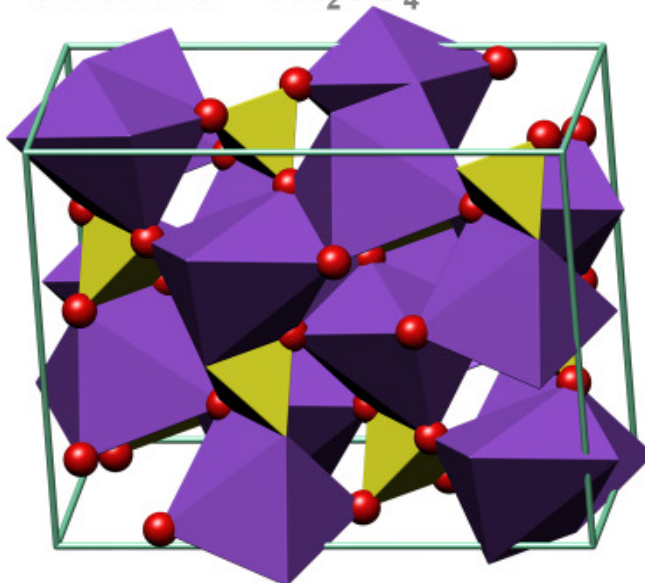
11-0647 (°) - Mirabilite - Na2SO4·10H2O - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.54056

Pfarrhaus, Kroatien 2009



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

Pfarrhaus, Kroatien 2009

**Thénardit –  $\text{Na}_2\text{SO}_4$** 

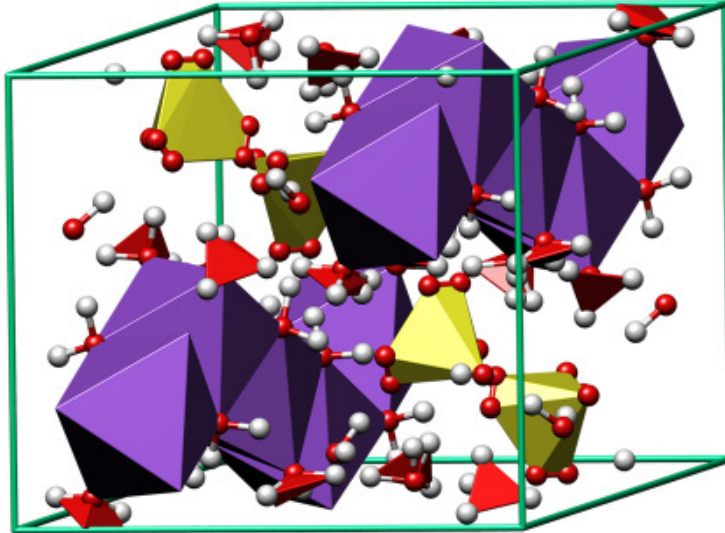
- Sodium, Na: violet
- Sulfur, S: olive
- Oxygen, O: red
- Cell: blue-green

**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 <sup>2</sup>	40,5 N/mm <sup>2</sup>	28,9 N/mm <sup>2</sup>
95,0	41,3 N/mm <sup>2</sup>	32,7 N/mm <sup>2</sup>	23,3 N/mm <sup>2</sup>
90,0	33,5 N/mm <sup>2</sup>	24,9 N/mm <sup>2</sup>	13,7 N/mm <sup>2</sup>
85,0	25,5 N/mm <sup>2</sup>	16,0 N/mm <sup>2</sup>	5,1 N/mm <sup>2</sup>
80,0	16,4 N/mm <sup>2</sup>	7,8 N/mm <sup>2</sup>	0,0
75,0	6,7 N/mm <sup>2</sup>	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

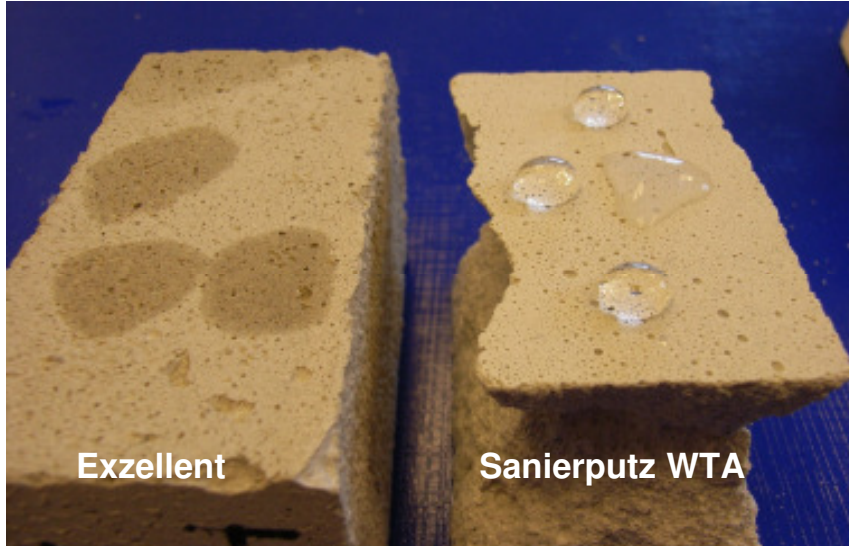
- ~~4-4-04/D - **Mauerwerksinjektion** gegen kapillare Feuchtigkeit~~
- ~~4-6-14/D - **Nachträgliches Abdichten** erdberührender Bauteile~~
- ~~4-7-02/D - Nachträgliche mechanische **Horizontalsperre**~~
- ~~4-10-13/D - **Injektionsverfahren** mit zertifizierten Injektionsstoffen gegen kapillaren Feuchtetransport~~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



## Mauerwerk feucht und salzig



## Wasseraufnahme

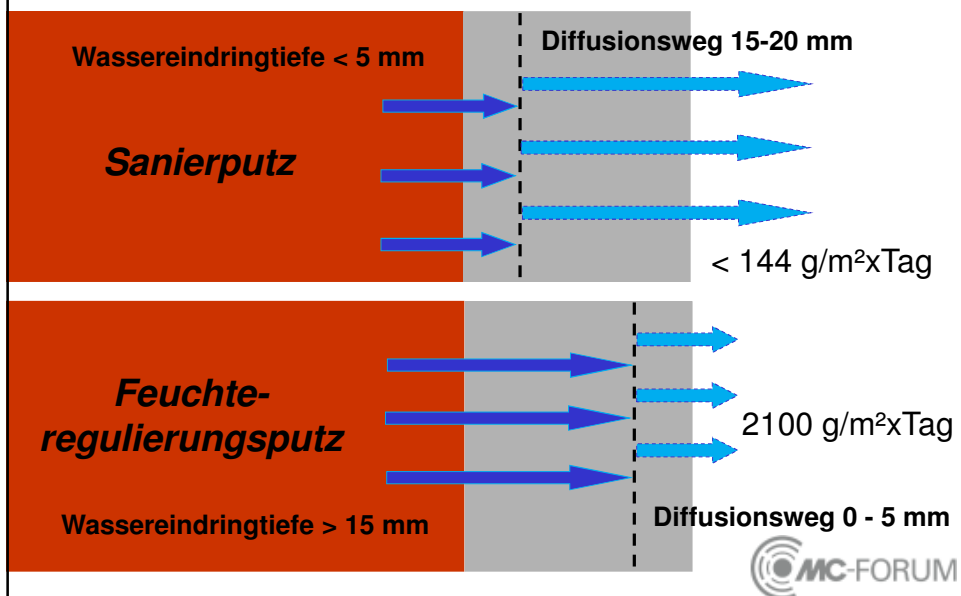


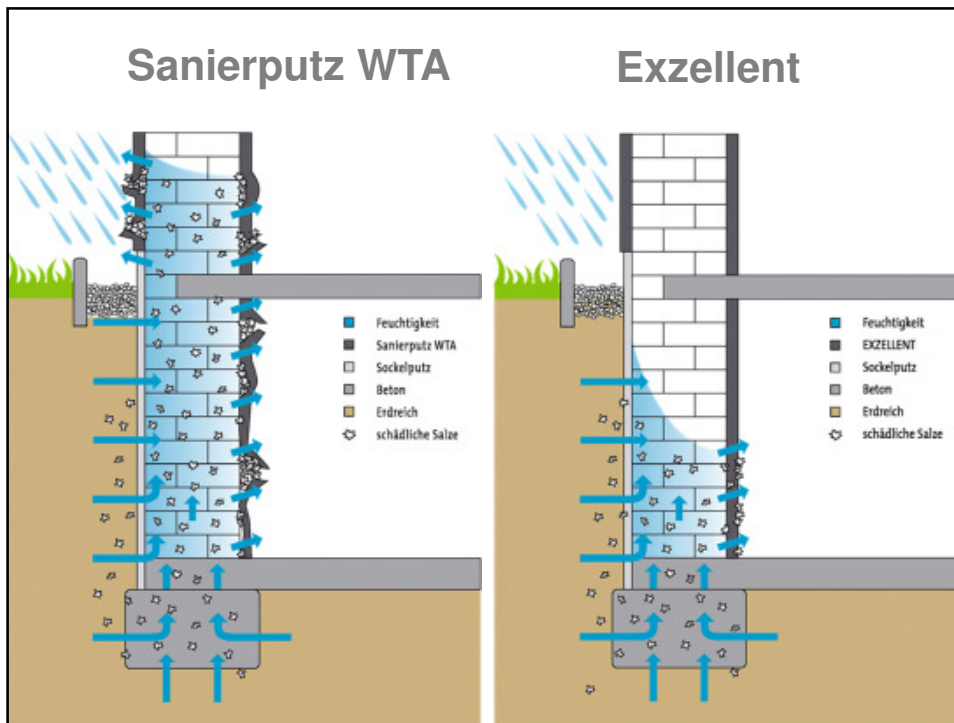
Exzellent

Sanierputz WTA



## Funktionsweise





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

Sanierputz WTA

Exzellent



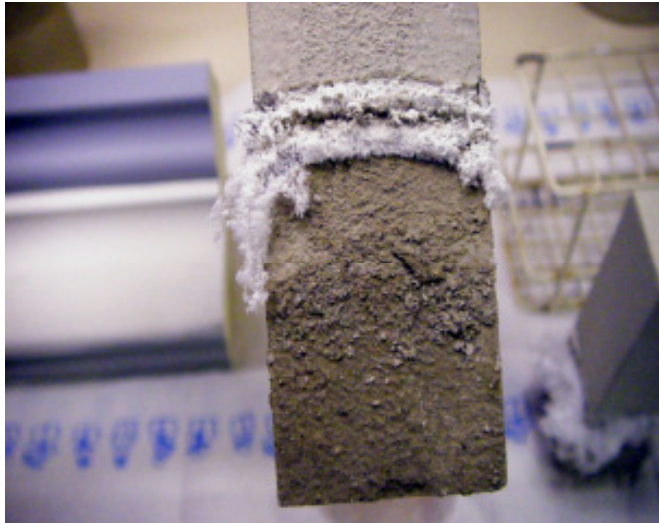
Rechts erhöhter  
Feuchtedurchsatz

Größere  
Salzkristalle



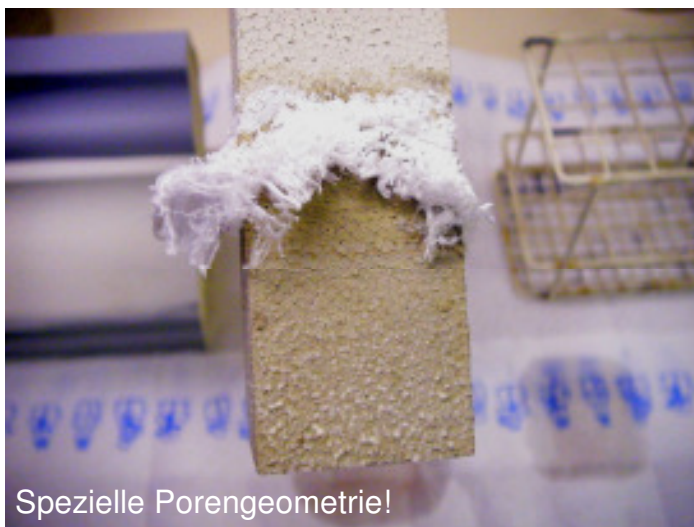
**Salzaufnahme** ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  - Glaubersalz)

**Sanierputz WTA an der Oberfläche zerstört**



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

**Exzellent an der Oberfläche nicht zerstört**



Spezielle Porengeometrie!

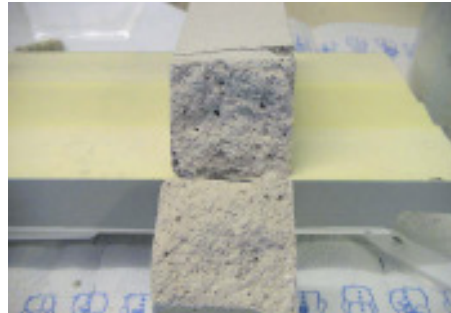
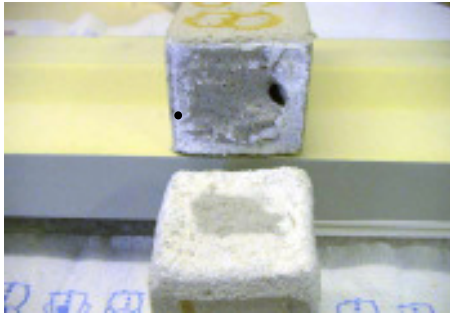




## Salzaufnahme ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ - Glaubersalz)

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**

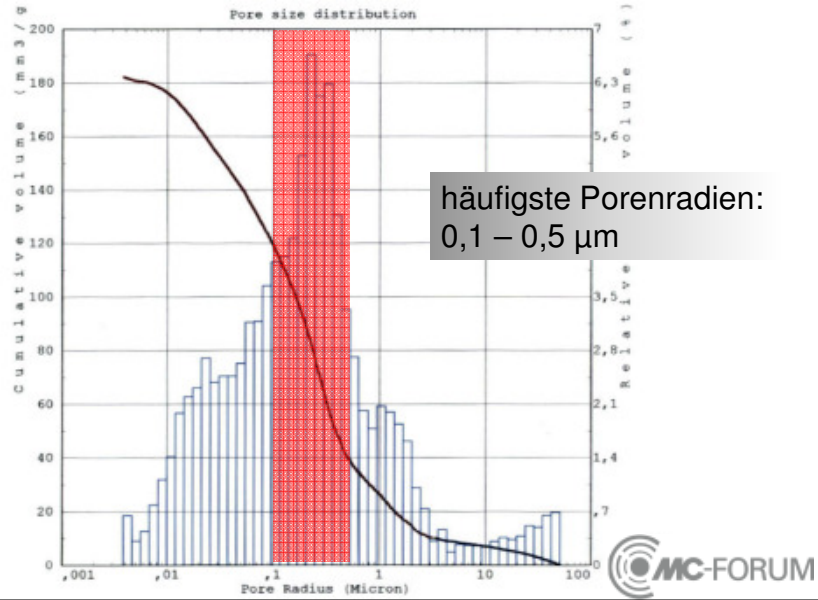


## Vergleich der Putztypen

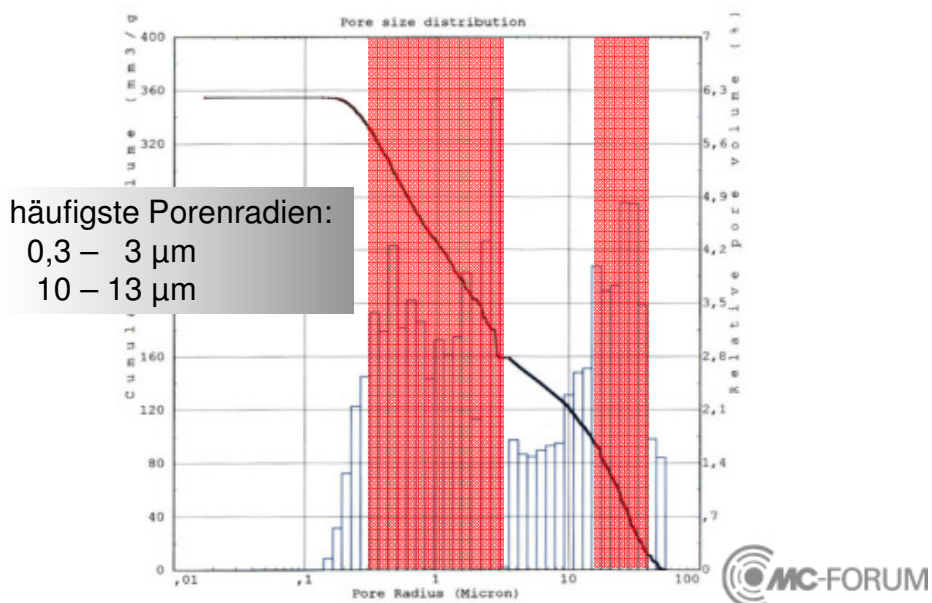
- Porosität (Quecksilberdruck- porosimetrie)
  - Porengrößen bis 100µm
  - Kapillarporen – kapillar aktiv
- Wasseraufnahme und Gesamtporosität
  - Porengrößen > 100µm
  - Makroporen – kapillar brechend



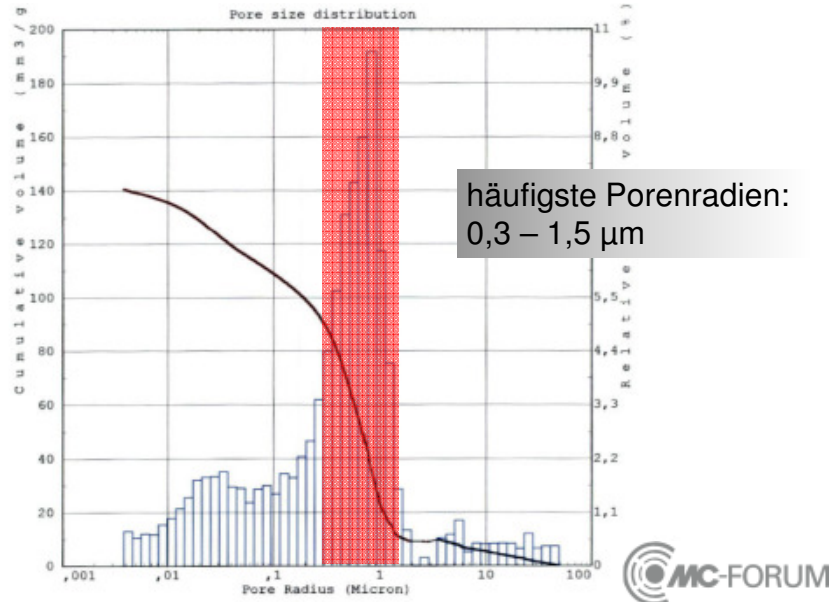
## Feuchteregulierungsputz



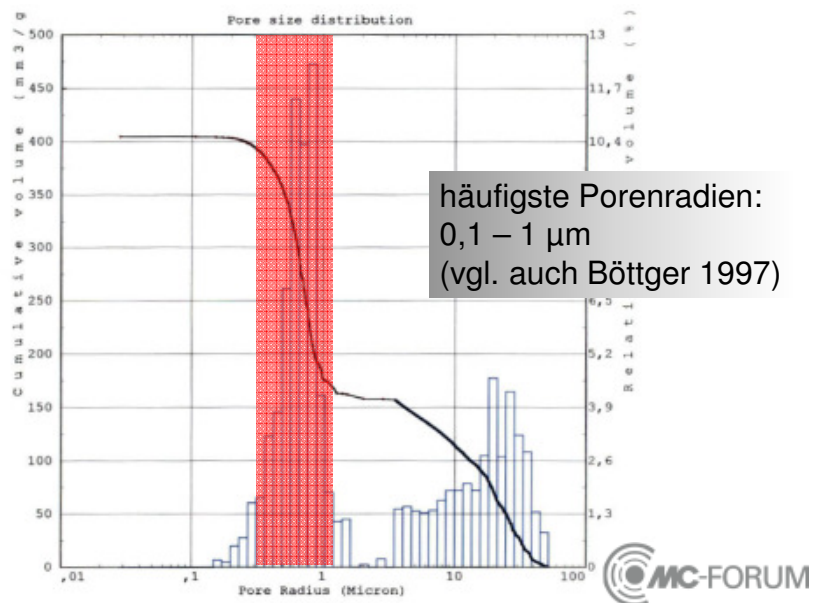
## Sanierputz



### Kalk-Zement Mörtel/Putz



### Kalkputz



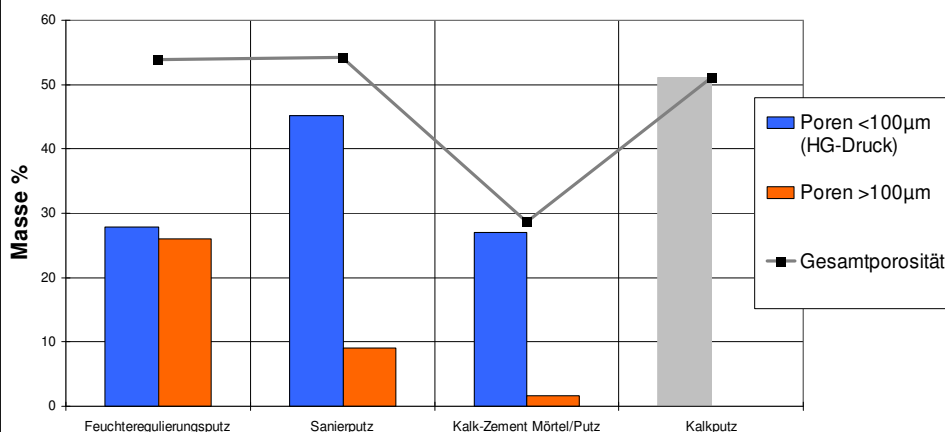
## Ergebnisse Gesamtporosität

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

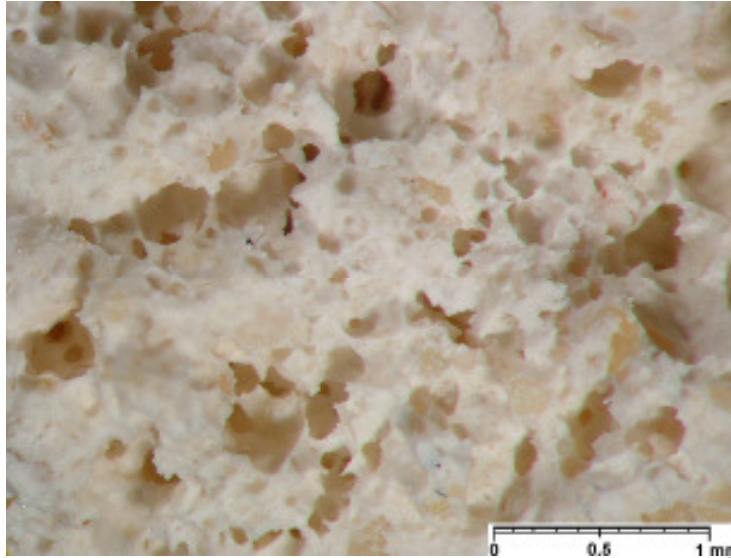


## Porengrößenverteilung

Ermittelte Porositätsunterschiede



## Porengefüge Exzellent



MC-FORUM

## Fazit aus den Untersuchungen

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

MC-FORUM

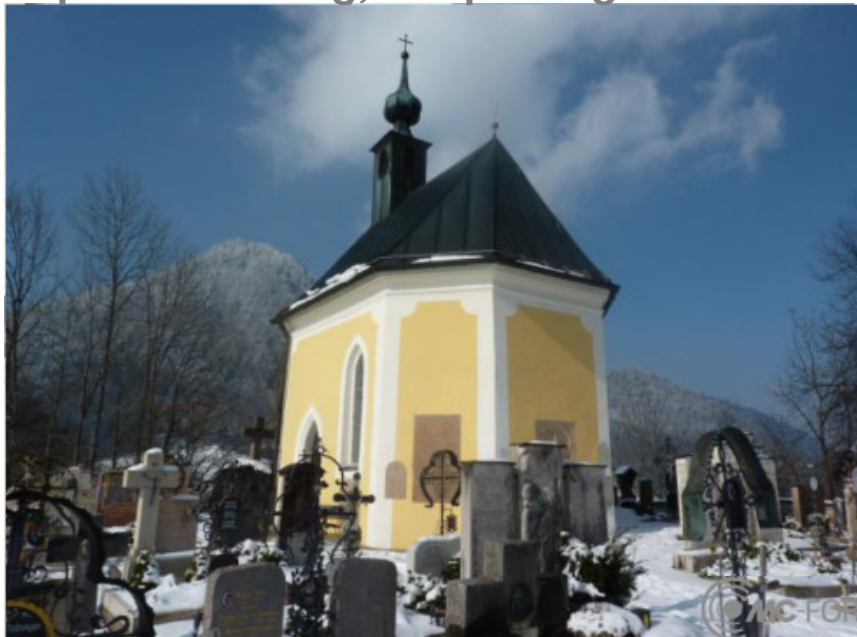
## Referenzen



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

