

Nanomaterialien für Denkmalpflege und Bausanierung

IBZ-Freiberg ist mit Projektantrag im 7. Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Union erfolgreich

Als einem von wenigen Unternehmen ist es der IBZ-Salzchemie GmbH & Co.KG (IBZ-Freiberg) gelungen, sich im 7. Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Union erfolgreich zu bewerben. Das vom Ingenieurbüro Dr. Ziegenbalg GbR entwickelte Konzept zum Einsatz von Nanomaterialien in der Denkmalpflege sowie bei der Altbausanierung wurde in einem zweistufigen Bewertungsverfahren aus einer Vielzahl von Projektanträgen zur Förderung ausgewählt. Zusammen mit 5 Unternehmen und 6 Universitäten/Forschungseinrichtungen aus sieben europäischen Ländern sollen neue Möglichkeiten zur Sanierung und Restaurierung von Naturstein, Beton, Putzen und Mörteln durch den Einsatz von Nanomaterialien untersucht werden. Das weltweit einzige derartige Produkt, CaLoSiL, wird von IBZ-Freiberg seit einem Jahr erfolgreich hergestellt und vertrieben.

- Dessen Anwendung sowie die Entwicklung von weiteren neuen Nanomaterialien ist Gegenstand des Projektes STONECORE. Gleichzeitig werden neue geophysikalische Methoden zur Schadensdiagnose an Naturstein entwickelt und getestet. Umweltmikrobiologische Untersuchungen zum Einsatz von Nanomaterialien zur Bekämpfung von Schimmel- und Algenbewuchs sind ein weiterer wesentlicher Schwerpunkt. Im Mittelpunkt steht dabei der von IBZ-Freiberg hergestellte Schimmelentferner CaSoPaL. Das Projekt, welches über einen Zeitraum von drei Jahren läuft, wird mit einer Summe von 2.5 Millionen Euro von der Europäischen Union gefördert und vom IBZ-Freiberg koordiniert.

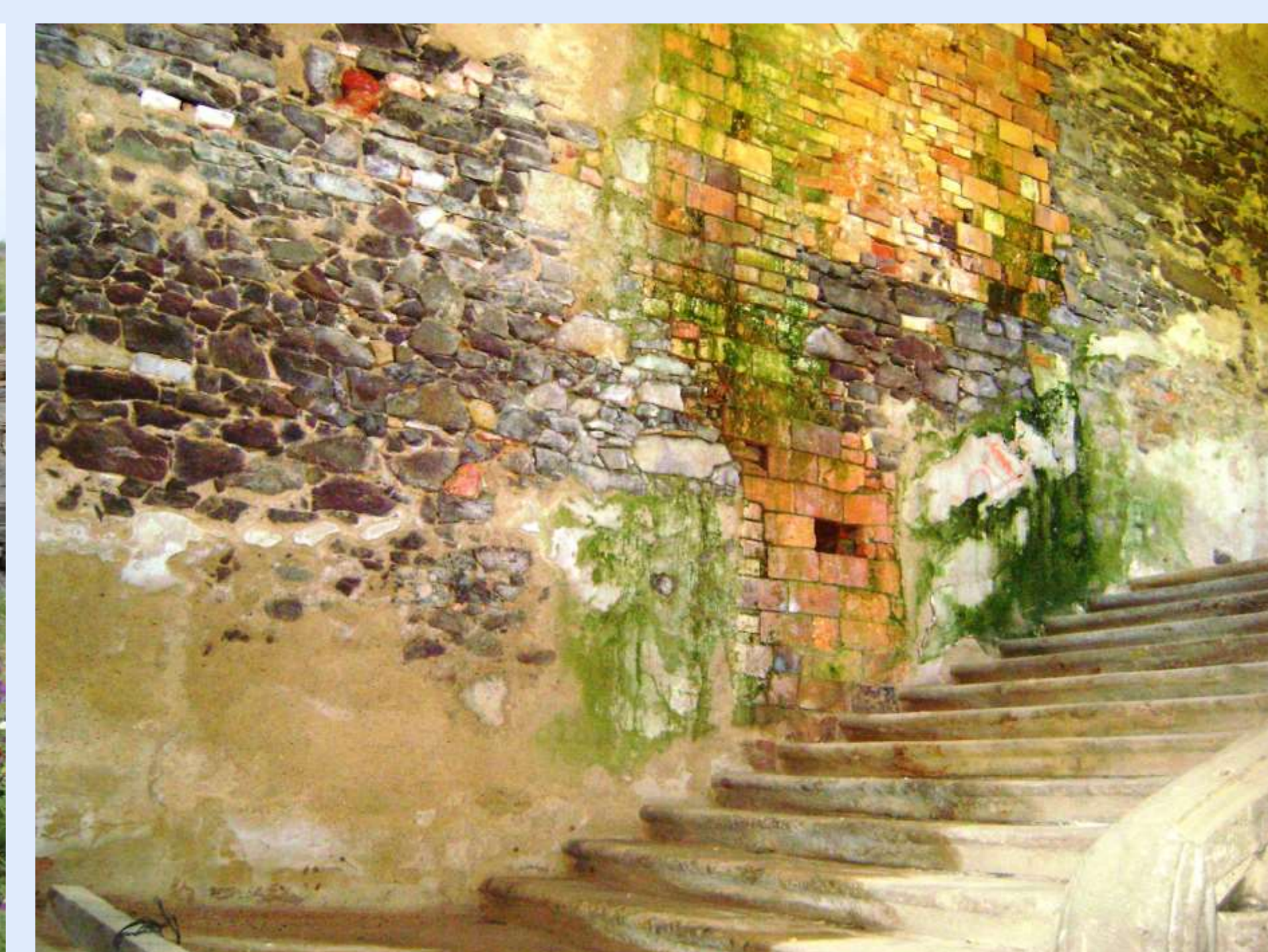
Stonecore, was ist das?

Steinkonservierung zur Erhaltung von Gebäuden ein von der Europäischen Union im 7. Forschungsrahmenprogramm gefördertes Projekt Grant Agreement No: NMP-SE-2008-213651. STONECORE beschäftigt sich mit der Entwicklung und Anwendung von Nanomaterialien zur Konservierung und Restaurierung von natürlichem und künstlichem Stein. Im Mittelpunkt steht die Entwicklung von neuartigen Materialien, die eine Festigung von Stein, Putz oder Mörtel sowie von Fresken durch den Einsatz von arteigenen, natürlichen Komponenten ermöglichen. In Kombination damit werden neuartige Methoden zur zerstörungsfreien Gesteinscharakterisierung entwickelt.

- Im Einzelnen beinhaltet STONECORE die folgenden Schwerpunkte:
- Entwicklung von Synthesemethoden für Nanomaterialien, die kompatibel zu natürlichen und künstlichen Gesteinen sind
- Entwicklung und Test von Technologien zur Anwendung von Nanomaterialien in der Denkmalpflege sowie zur Bekämpfung von Schimmelpilzen
- Entwicklung von neuartigen Charakterisierungsmethoden auf der Basis von geophysikalischen Messungen sowie weiterentwickelter Ultraschalltechnik
- Einsatz der entwickelten Materialien und Charakterisierung der erreichbaren Festigungen.

STONECORE startet mit Laborversuchen und führt über kleinflächige Tests zur Anwendung der entwickelten Materialien an ausgewählten Demonstrationsobjekten. Partner in STONECORE sind:

- Geoservice (Griechenland), Mr. Klisthenis Dimitriadis www.geoservice.gr
- Strotmann & Partner – Restauratoren (Deutschland), Frau Dr. Ewa Piaszczyński www.restaurierung-online.de
- RESTAURO Sp.zo.o, (Polen), Ms. Malgorzata Musiela www.restauro.pl
- GEOTRON ELEKTRONIK (Deutschland), Herr Rolf Krompholz www.geotron.de
- Industrial Microbiological Services Ltd. (Großbritannien) Mr. Peter Askew www.imsl-uk.com
- University of Fine Art Dresden (Deutschland), Herr Prof. Christoph Herm www.hfbk-dresden.de
- Hellenic Ministry of Culture (Griechenland), Mr. Dr. Demosthenes Giraud www.culture.gr
- Ustav Teoretické a Aplikované Mechaniky, Akademie věd České republiky, Vědecká Vyzkumná Instituce (Tschechische Republik), Mr. Prof. Miloš Drdák »www.itam.cas.cz, www.arcchip.cz
- University of Technology Delft (Niederland), Prof. Dr. Evert Slob www.tudelft.nl
- Univerzita Pardubice (Tschechische Republik), Mr. Karol Bayer www.upce.cz
- University of Applied Arts Vienna (Österreich), Institute of Art and Technology/conservation Sciences (Österreich), Herr Prof. Johannes Weber www.dieangewandte.at



**Stone Conservation for
Refurbishment of Buildings**



STONECORE deals with the development and application of nanoparticles for the consolidation and conservation of natural and artificial stone. Colloidal $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and related materials are in the centre of interest. They are used both for strengthening of stone and the removal of fungal and algal growth. The material development is accompanied by research to develop new technologies for non-destructive stone assessment. Six SME`s and six public research organisations from seven countries have jointed together to find new approaches for the conservation of the European cultural heritage.

www.stonecore-europe.eu



IBZ-Freiberg

Partners



Strotmann



RestauRO



Geotron



IMSL



**University of
Fine Arts
Dresden**



**Greek Ministry
of Culture**



ITAM



TU Delft

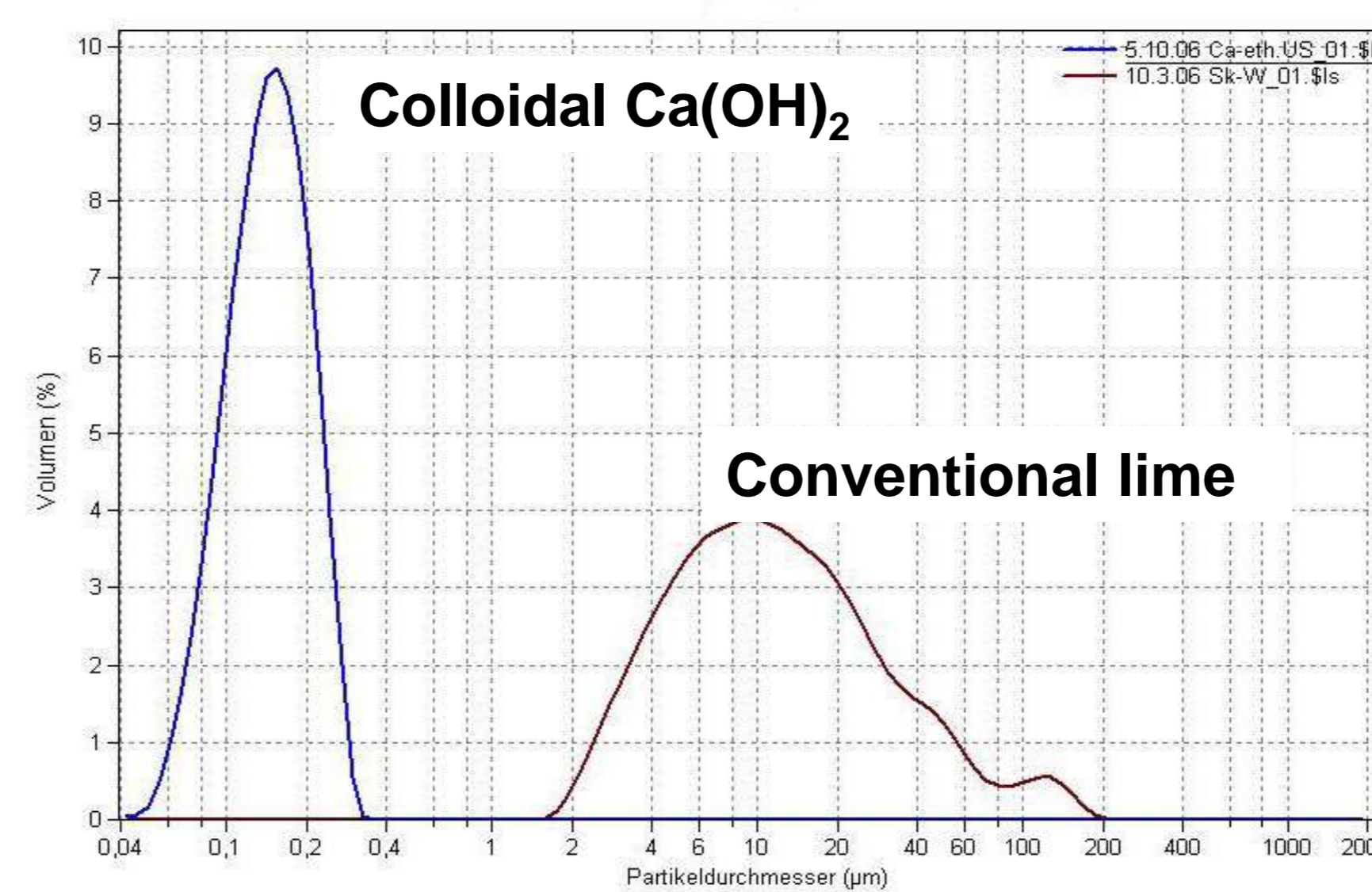
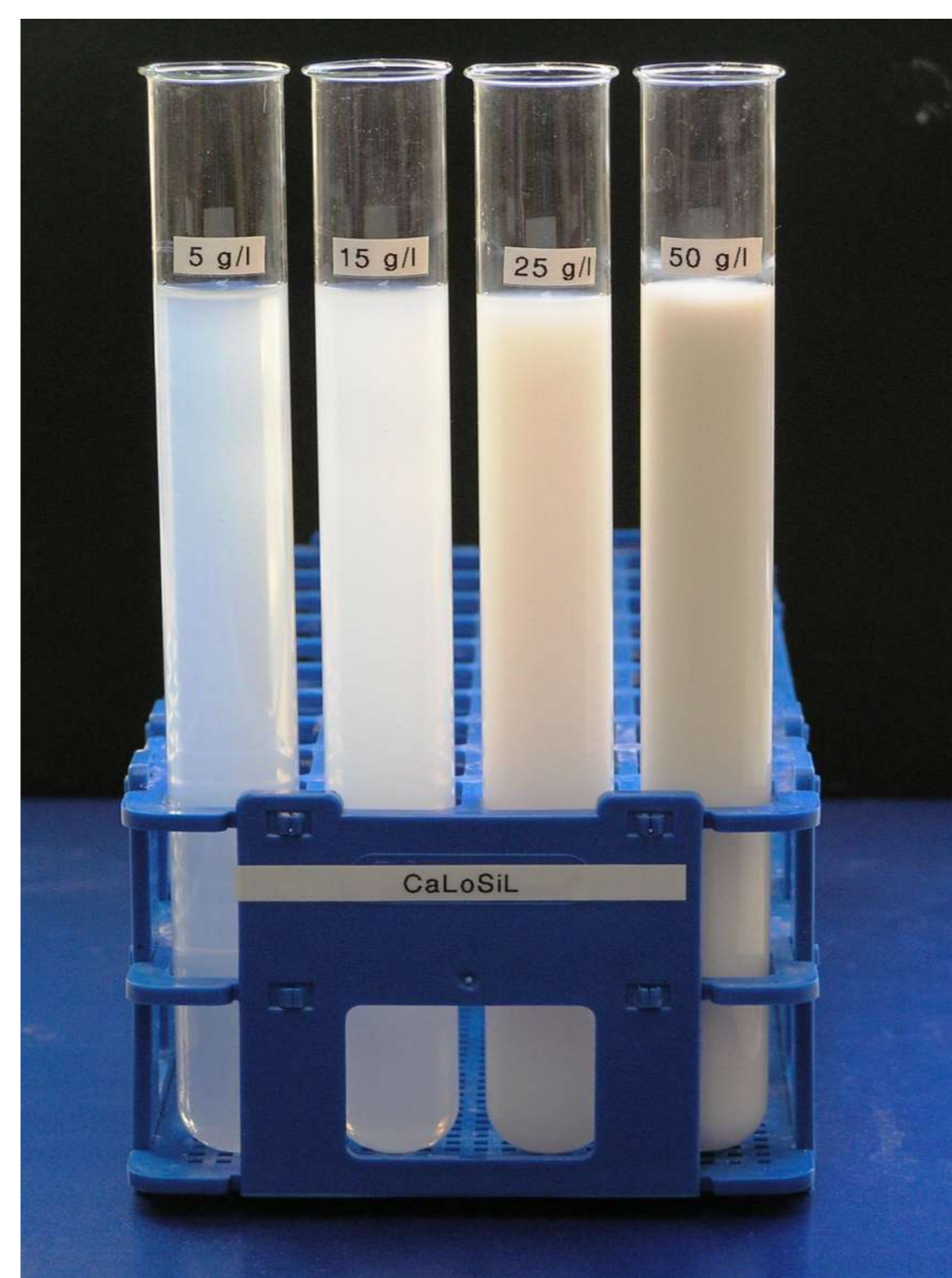


**University
Pardubice**

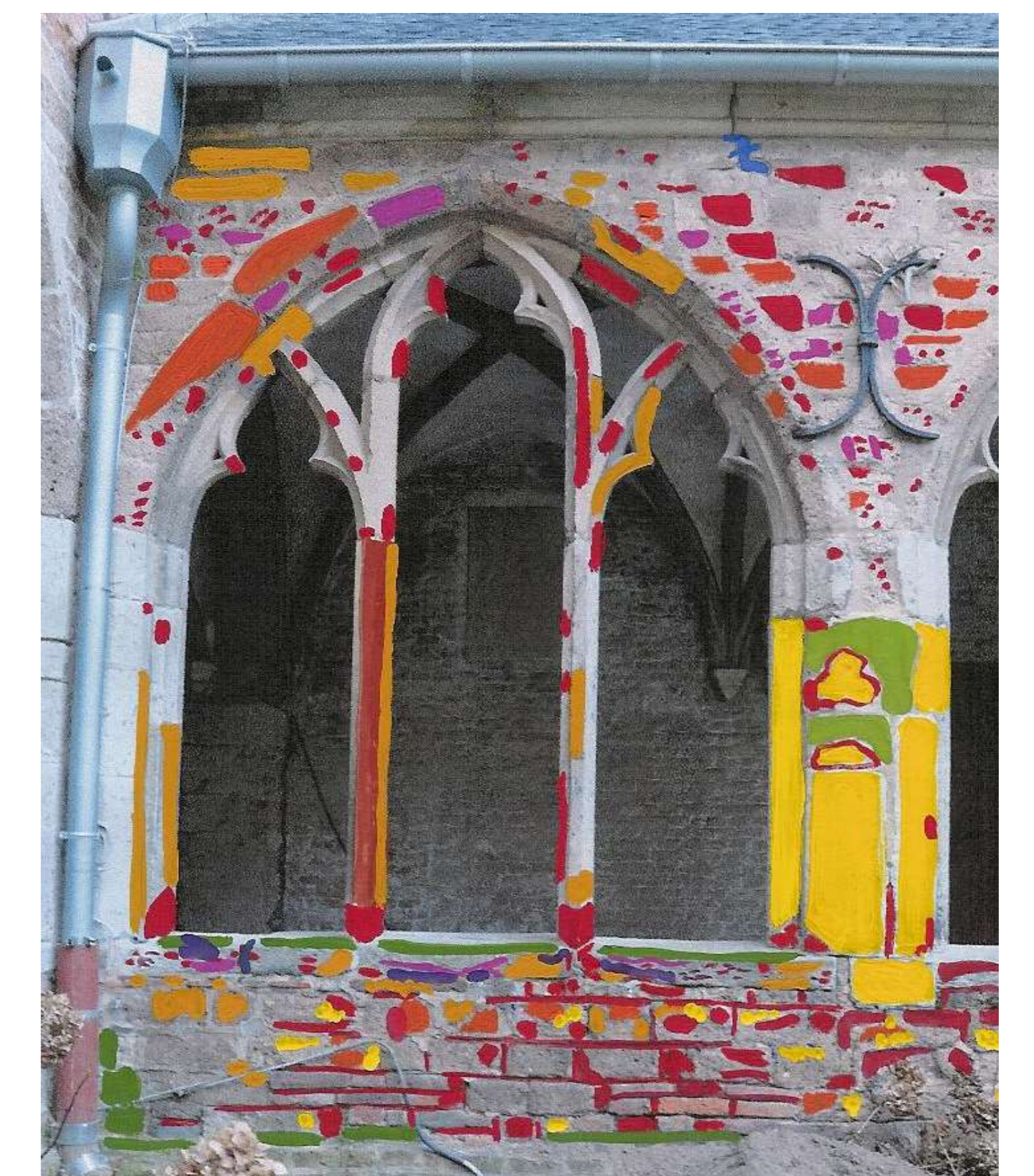


**University of
Applied Arts
Vienna**

Stone consolidation and strengthening by colloidal calcium hydroxide

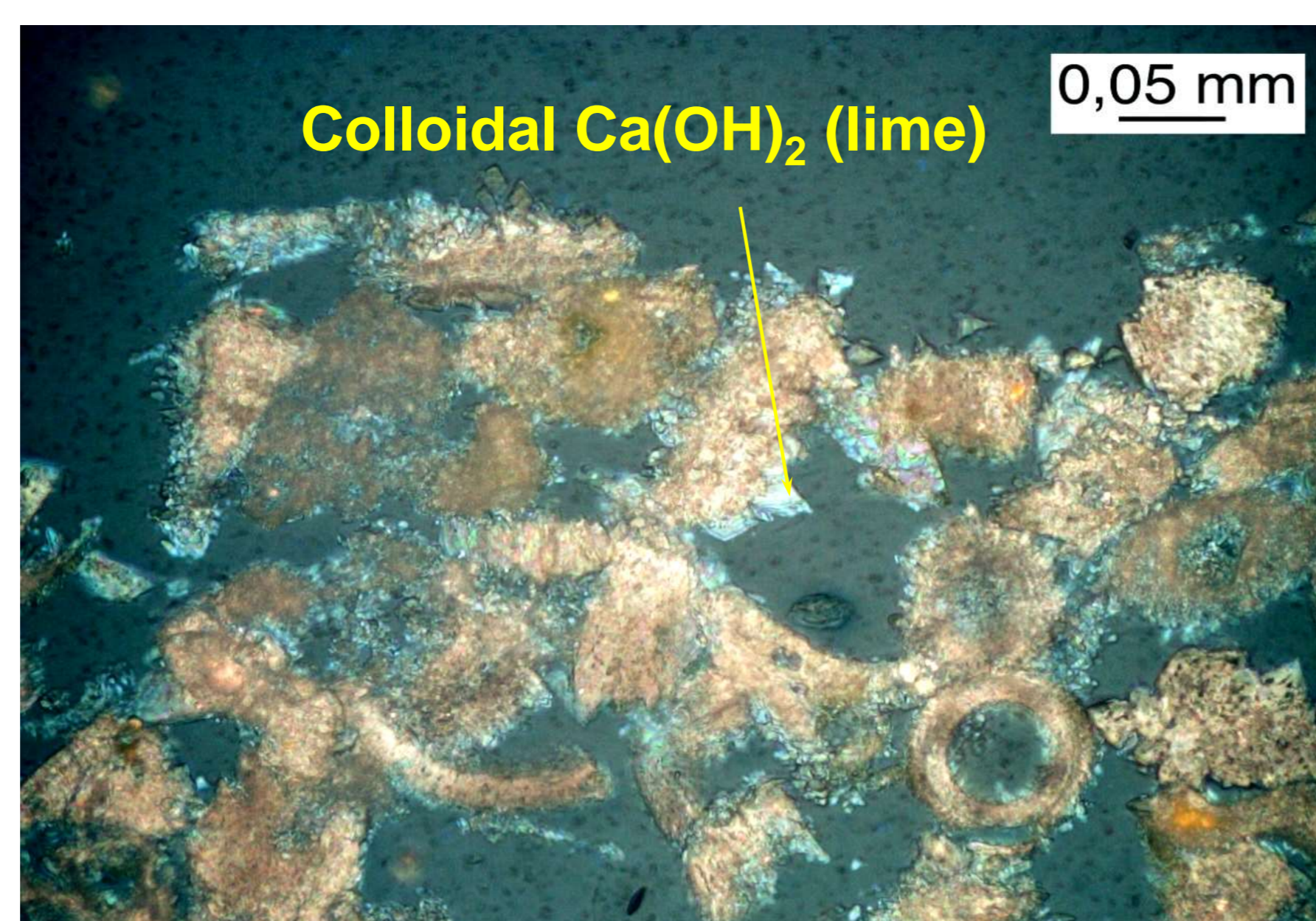


Material development: Colloidal $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -sol

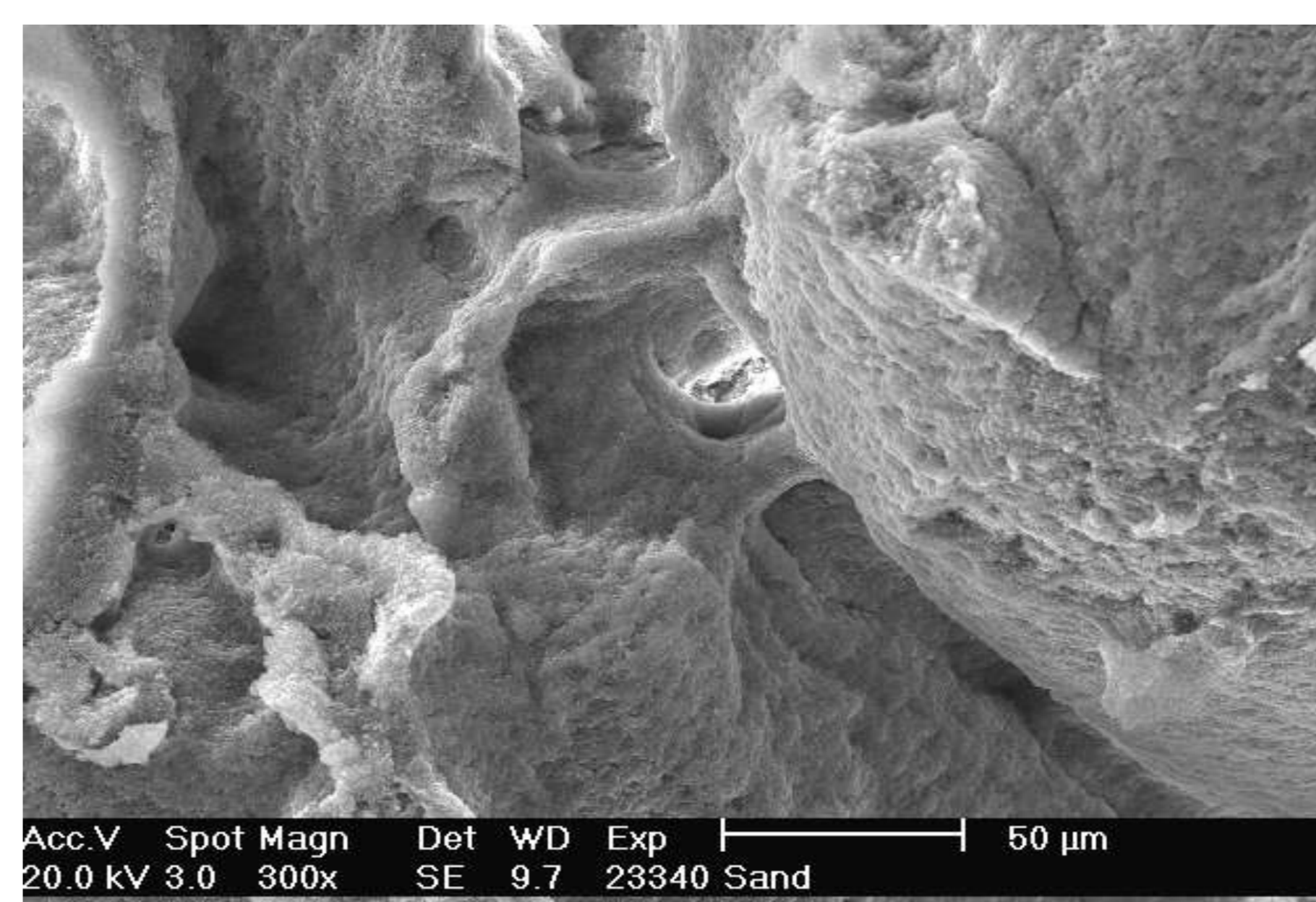


Test of different application technologies

Object characterisation



Porous limestone treated with colloidal lime



Fine structure of CaCO_3 crystals in matrix connecting sand grains (formed from colloidal $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sol)



Non-destructive stone assessment by using Georadar

Nano-materials for restoration and conservation of the cultural heritage



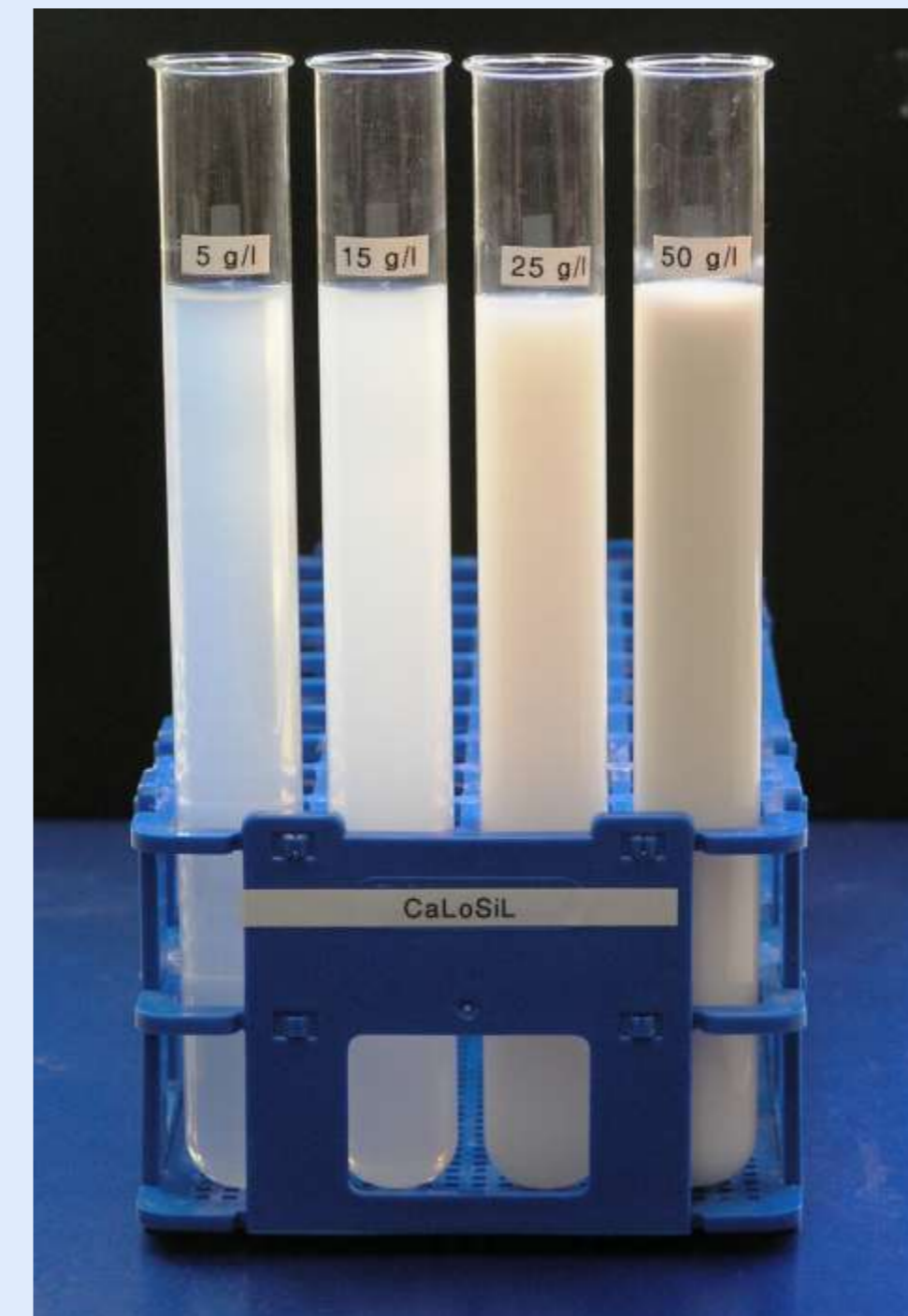
Gerald Ziegenbalg, IBZ-Freiberg, 09599 Freiberg, Halsbruecker Strasse 34
www.ibz-freiberg.de; gerald.ziegenbalg@ibz-freiberg.de

Challenge:

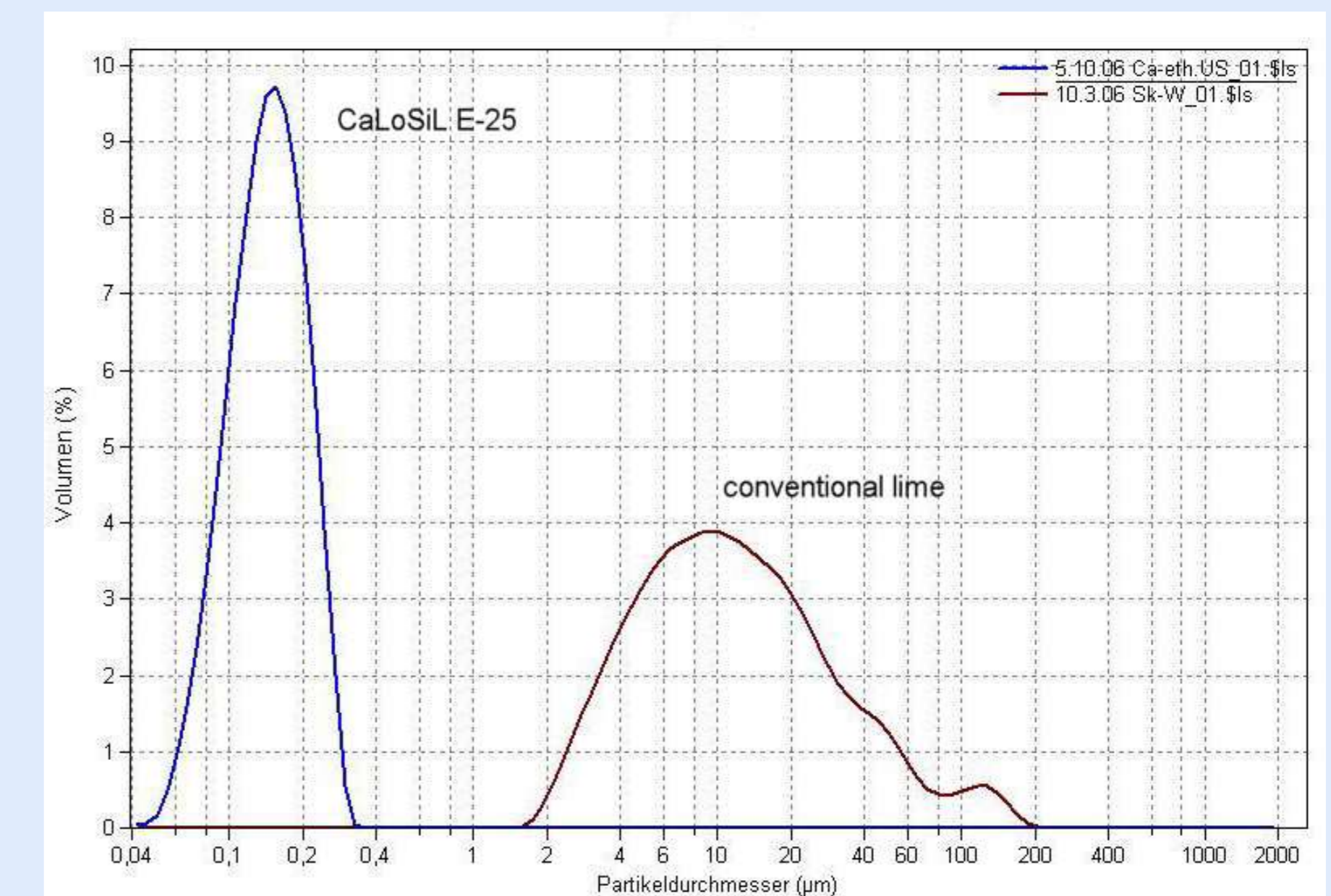
- Consolidation of limestone, marble, stucco, concrete, mortar and plaster with materials compatible to those used during construction
- Stabilisation of wall paintings
- Safe removal of fungal and algal growth

CaLoSiL® - Nano-lime:

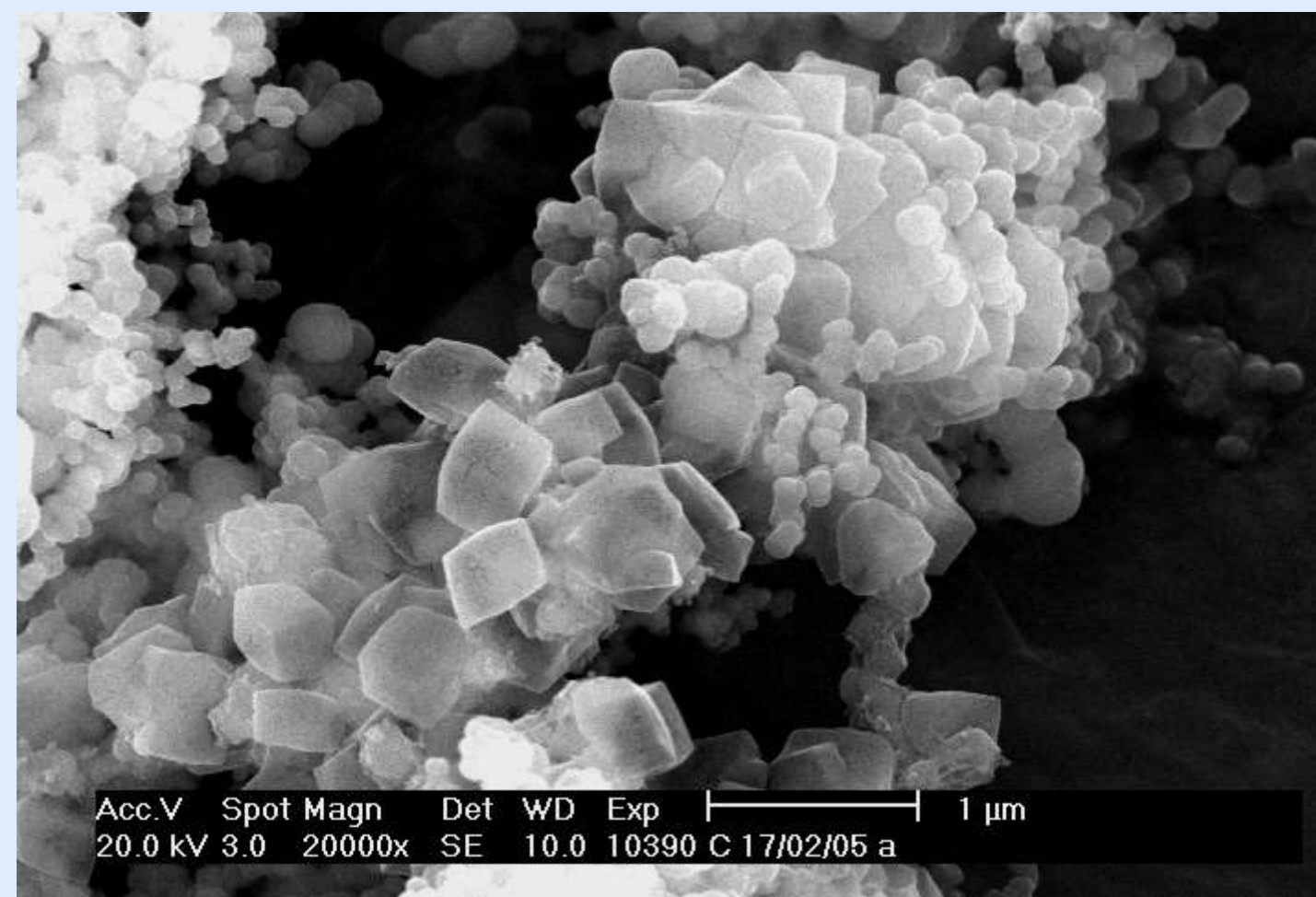
- Colloidal calcium hydroxide particles stable dispersed in different alcohols,
- Available in concentrations up to 80 g/L



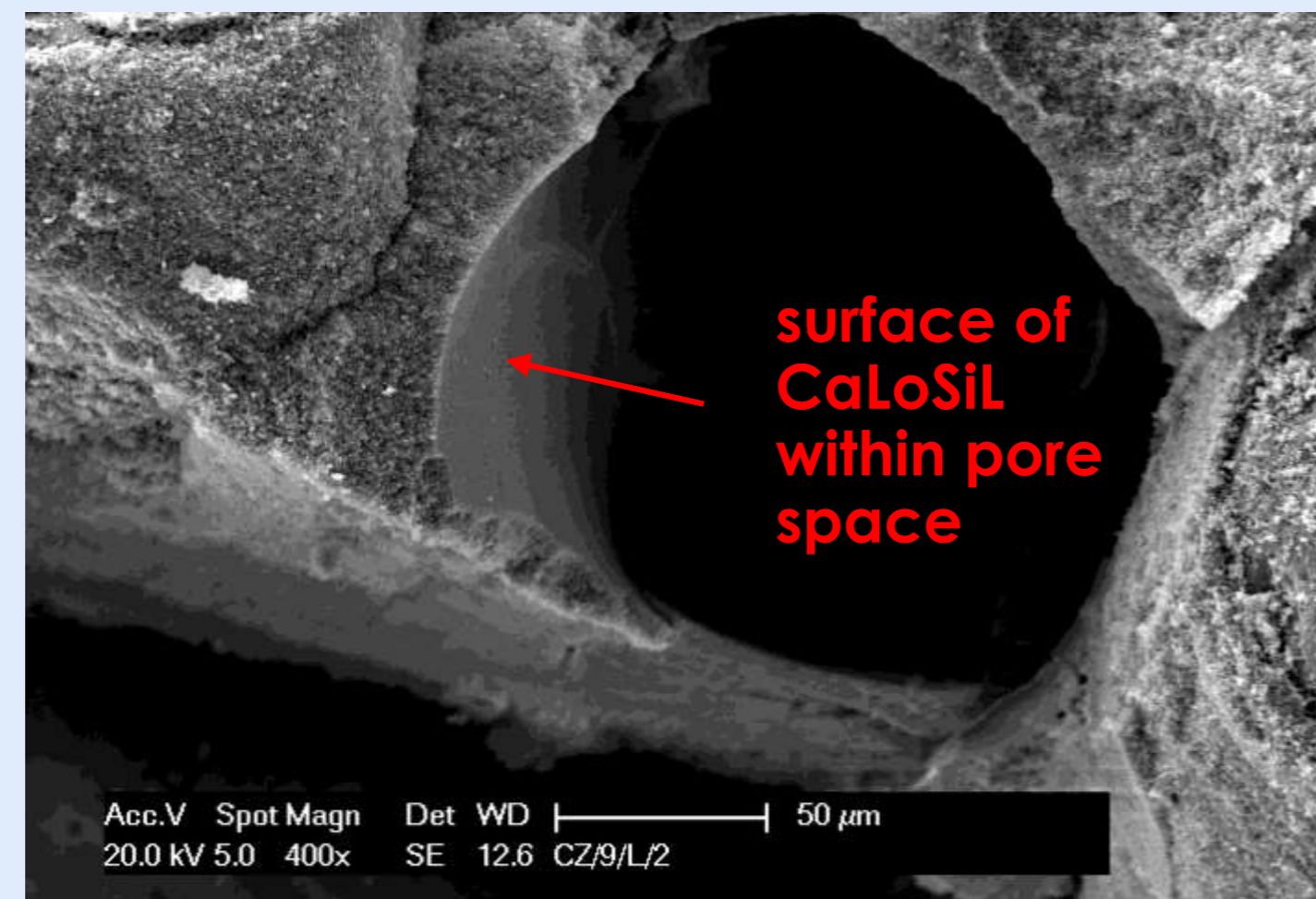
Colloidal calcium hydroxide dispersed in ethanol



Particle size of CaLoSiL® in comparison to conventional lime



Nano-lime



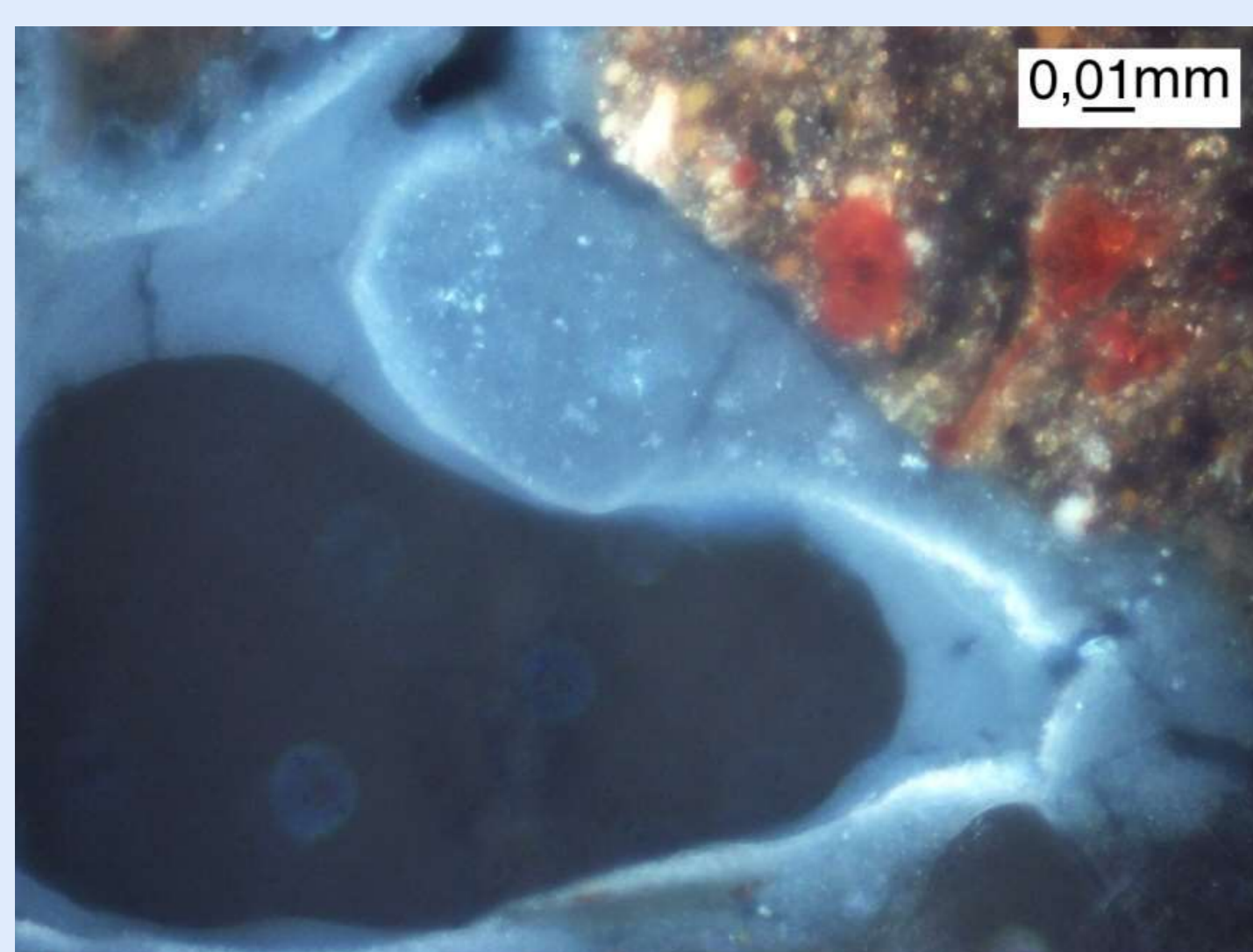
Secondarily formed calcite within a lime mortar
 picture: E. Ghaffari, Vienna



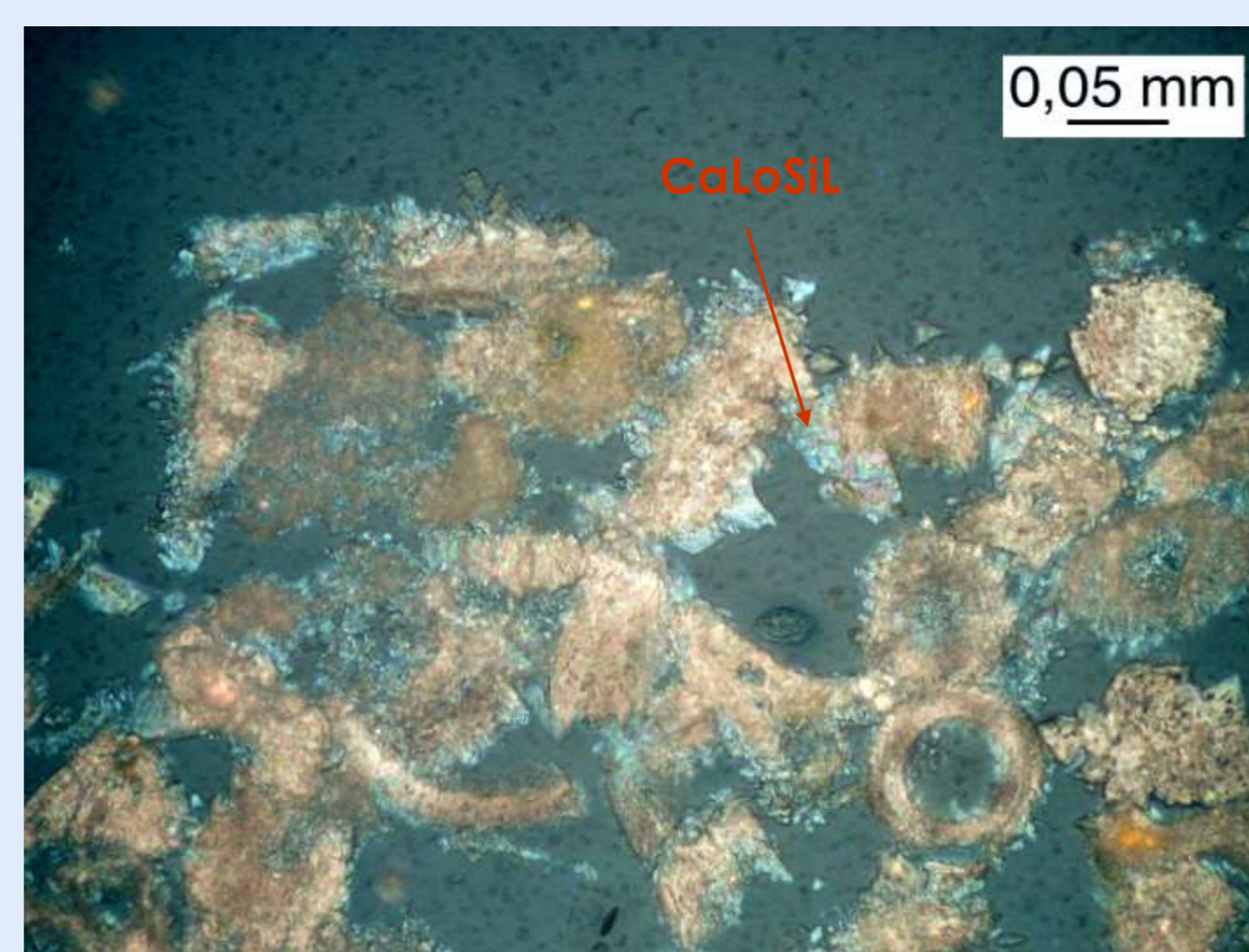
Application in the castle Malbork
 (picture: Restaura, Poland)



Consolidation of a powdering surface



Pore in lime mortar filled with newly formed calcite
 picture: E. Ghaffari, Vienna



Porous limestone filled with CaLoSiL®
 picture: E. Ghaffari, Vienna

Bending tensile strength of Żerkowice sandstone after the application of different calcium hydroxide sols (Restaura, Poland)

Type of nano-lime	Bending strength					
	After 1 treatment		After 3 treatments		After 6 treatments	
	MPa	% increase	MPa	% increase	MPa	% increase
control	2.47		2.47		2.47	
25 g/L in ethanol	3.31	34.0	3.14	27.1	4.17	68.8
25 g/L in iso-propanol	3.01	21.8	3.51	42.1	3.37	36.9
25 g/L in n-propanol	3.58	44.9	3.41	38	3.43	38.9



Stone consolidation / strengthening

- Solid calcium hydroxide is formed after evaporation of the alcohol.
- Consolidation is achieved by conversion of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ into calcite by reaction with atmospheric carbon dioxide.

Advantages:

- Deep penetration into damaged zones
- Strengthening by formation of minerals originally present in the damaged stone
- High purity and defined composition
- High reactivity and fast carbonatisation
- No by-products harming the stone



Penetration into mortar



Once the CaLoSiL® E25 (25g $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in ethanol) had fully carbonated, the fine fissures were grouted using a special mortar.



Consolidation of the most friable areas of stone was undertaken using a dispersion of CaLoSiL® E25.



Alkaline reaction of mortar samples after the treatment with CaLoSiL®



The research leading to these results has partially received funding from the European Community's Seventh Framework Programme under grant agreement no. 213651. IBZ-Freiberg is coordinating the project "STONECORE"; further information can be found at www.stonecore-europe.de



STONE, MORTAR AND PLASTER CONSOLIDATION BY CALCIUM HYDROXIDE NANO-SOLS

CHARACTERISTICS OF THE AVAILABLE MATERIALS AND RESULTS OF APPLICATIONS

Gerald Ziegenbalg ▪ IBZ-Salzchemie GmbH & Co.KG ▪ Germany ▪ www.ibz-freiberg.de

Challenge

- Consolidation of stone, mortar, plaster with materials compatible to those used during construction
- No input of components harming the original substance
- Consolidation without organic additives
- Simple application



Pre-consolidation with nano-lime (Strotmann & Partner; Germany)

STONECORE

- European project to characterise calcium hydroxide nano-sols and to test their application
- Development of methods to detect the nano-particles in treated stones
- Proof of enhanced mechanical properties after the application of nano-sols
- Combination with silicic acid esters
- Successful treatment of 17 different objects



Sample area, normal pressure

Sample area, vacuum

Materials:
Drachenfels trachyte,
Baumberger limestone, Roman
tuff and Weibener tuff

Xanten Cathedral cloister (1560)
(Strotmann & Partner; Germany)

Bending tensile strength of Żerkowice sandstone after the application of different calcium hydroxide sols
(Restaurow sp. z. o.o, Poland)

Type of nano-lime	Bending strength					
	After 1 treatment		After 3 treatments		After 6 treatments	
	MPa	% increase	MPa	% increase	MPa	% increase
control	2.47		2.47		2.47	
25 g/L in ethanol	3.31	34.0	3.14	27.1	4.17	68.8
25 g/L in iso-propanol	3.01	21.8	3.51	42.1	3.37	36.9
25 g/L in n-propanol	3.58	44.9	3.41	38	3.43	38.9



Alkaline reaction of mortar samples after the treatment with Nano-lime

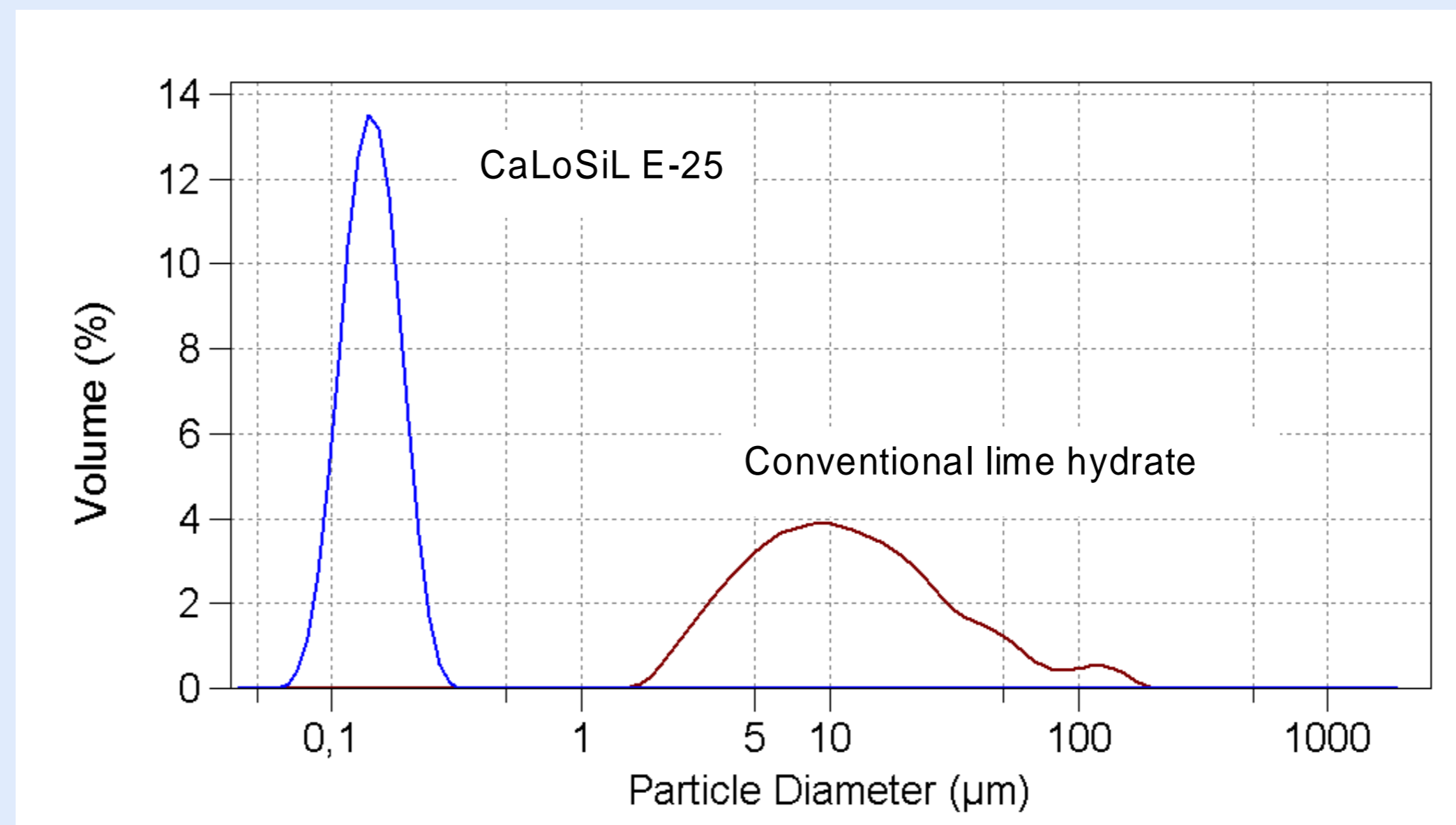


Available materials

- Calcium hydroxide nano-sols containing between 5 and 50 g/L $\text{Ca}(\text{OH})_2$ stable dispersed in ethanol, iso-propanol or n-propanol (CaLoSiL)
- Paste like suspensions containing up to 200 g/L nano-calcium hydroxide
- Injection grouts, repair mortars based on calcium hydroxide nano-sols as binder
- Paints, injection grouts allowing re-alkalization of concrete and corrosion protection of reinforcement
- Anti mould paint and spray (CaSoPaL)

Characteristics of calcium hydroxide nano-sols

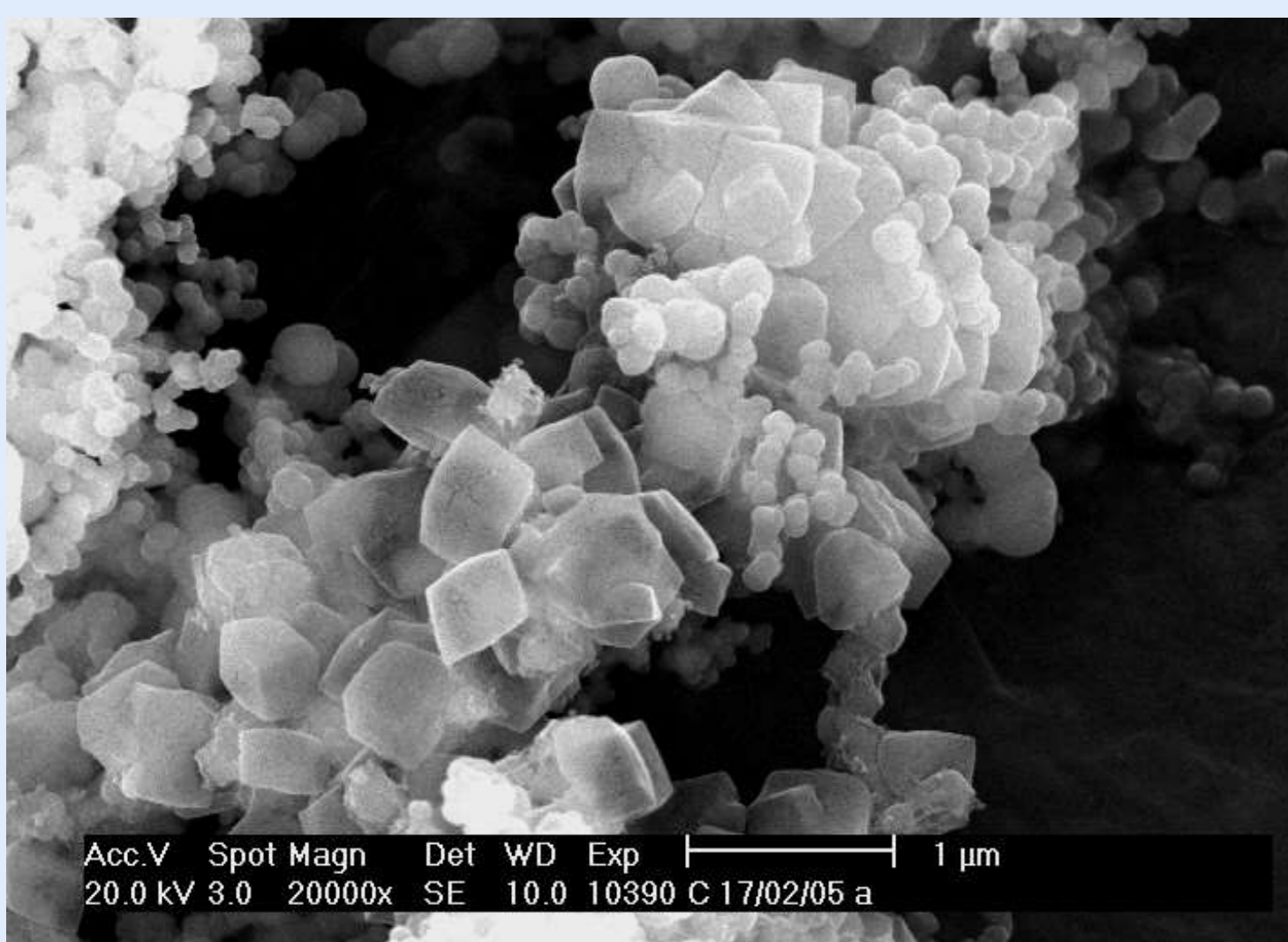
- Defined, extremely small particle size (50...250 nm)
- Penetration behaviour like a liquid
- Fast carbonation
- High purity due to chemical synthesis



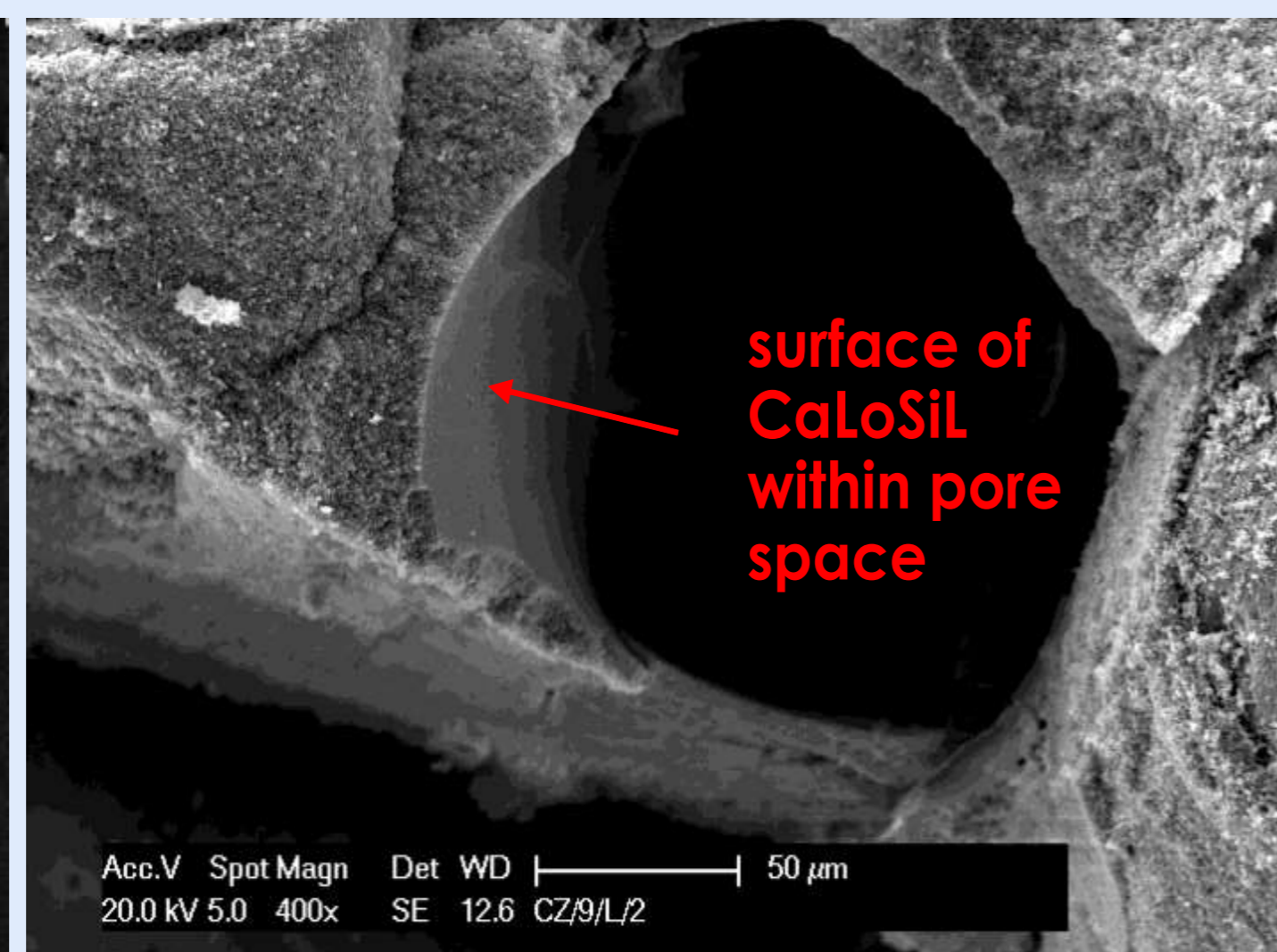
Particle size distribution of nano-lime in comparison to conventional lime slurries



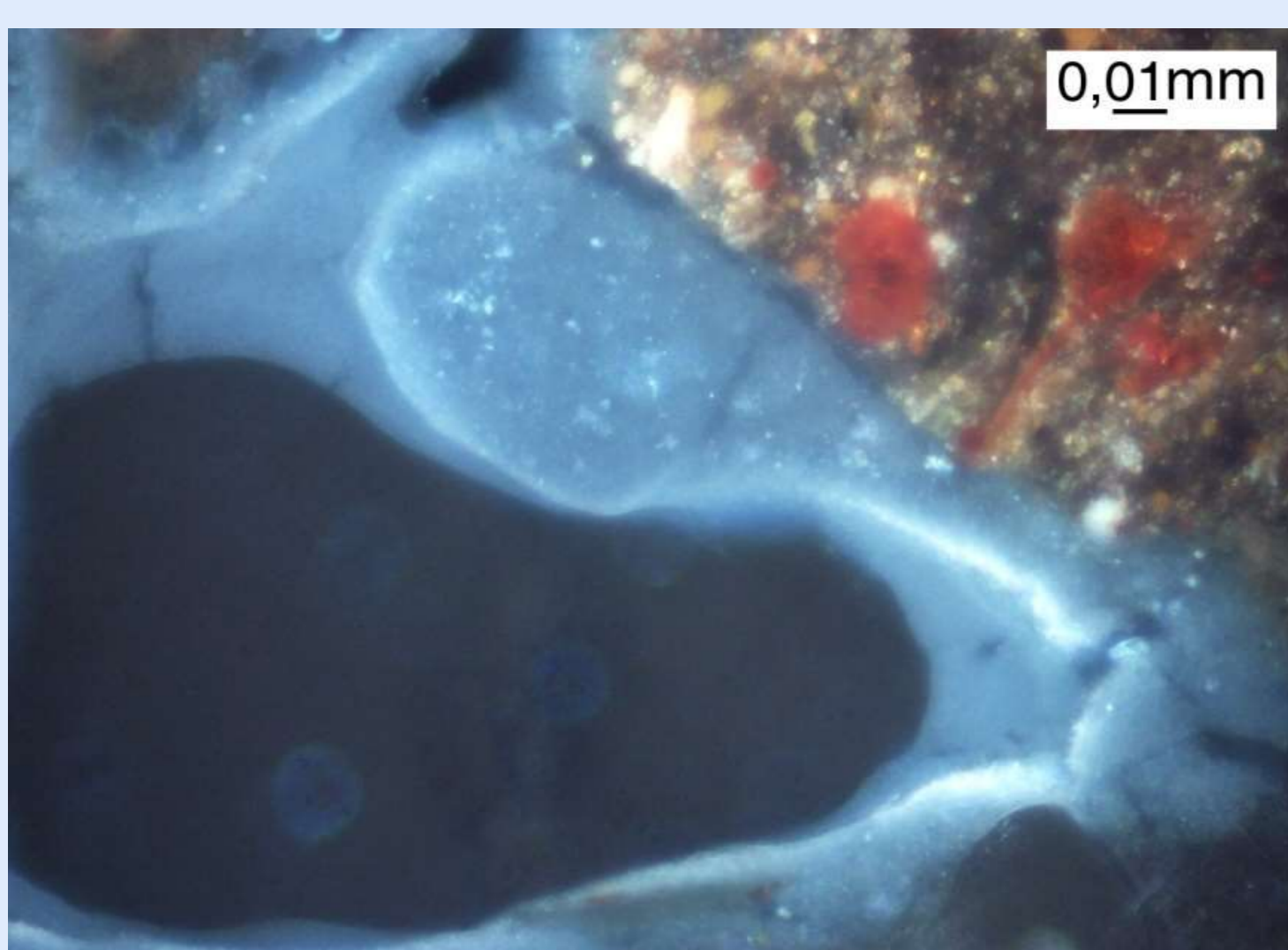
Malbork, (Poland);
Consolidation of disintegrated medieval plasters;
Realisation: Restaurow (Poland)



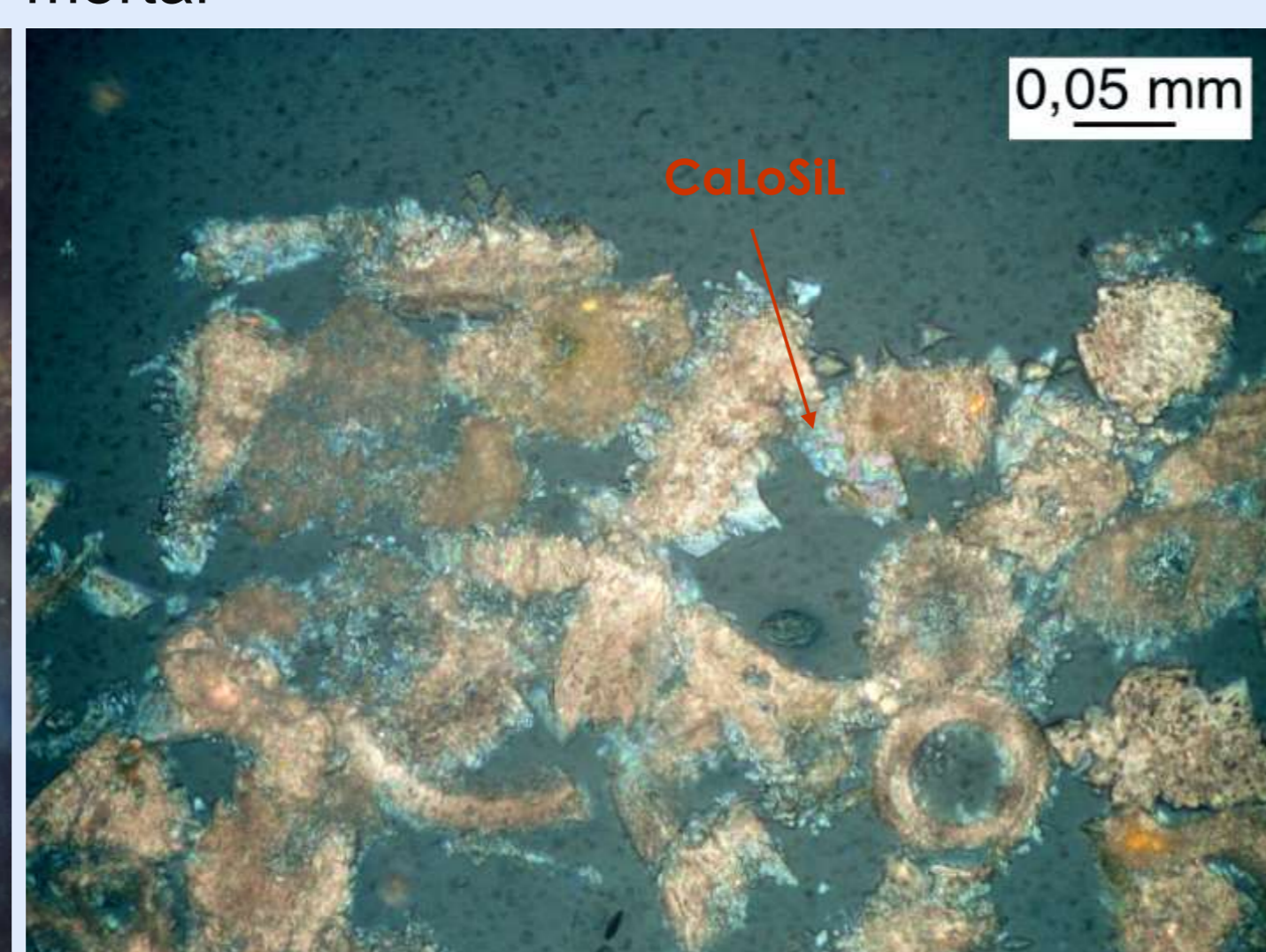
Nano-lime



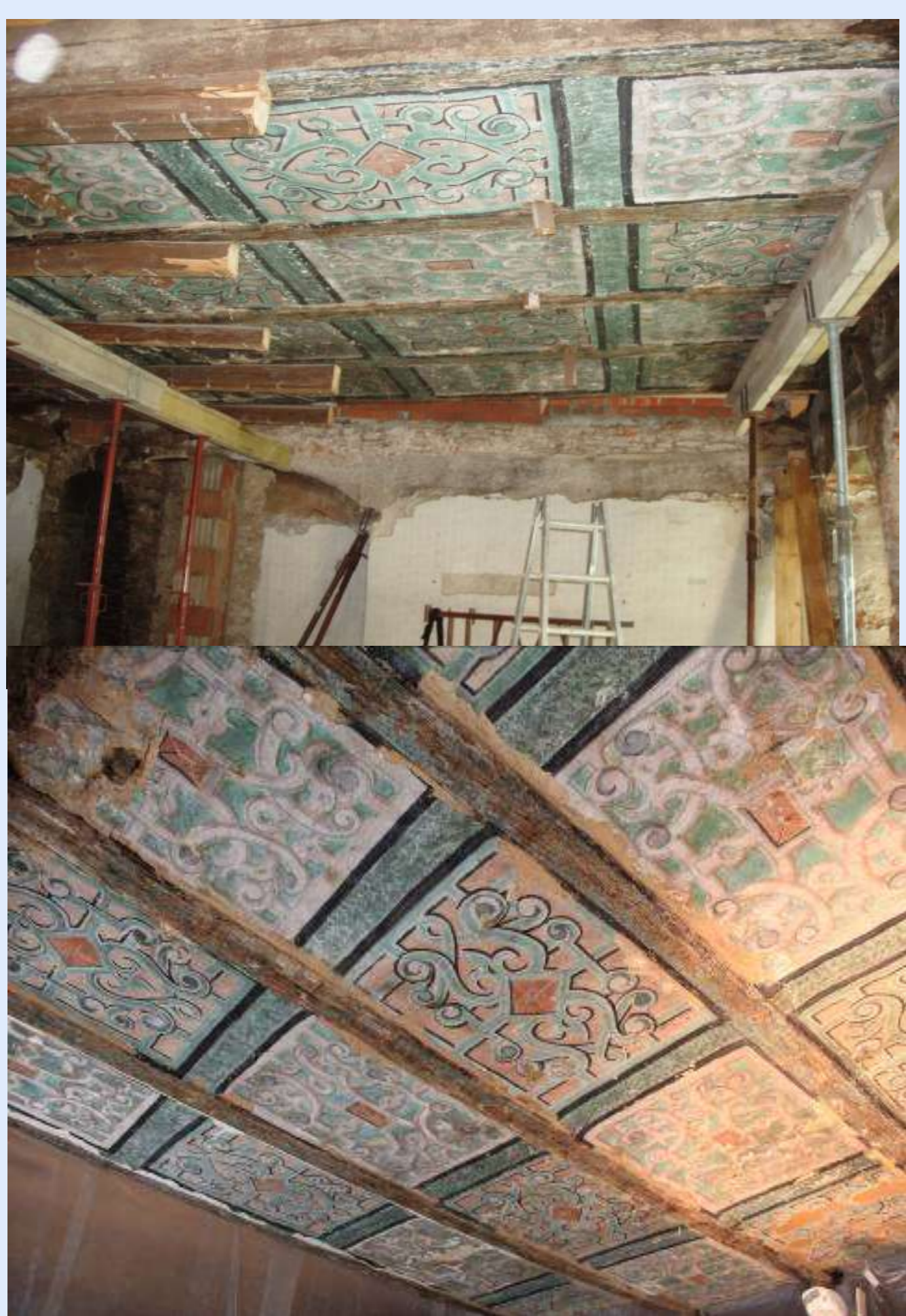
Secondarily formed calcite within a lime mortar



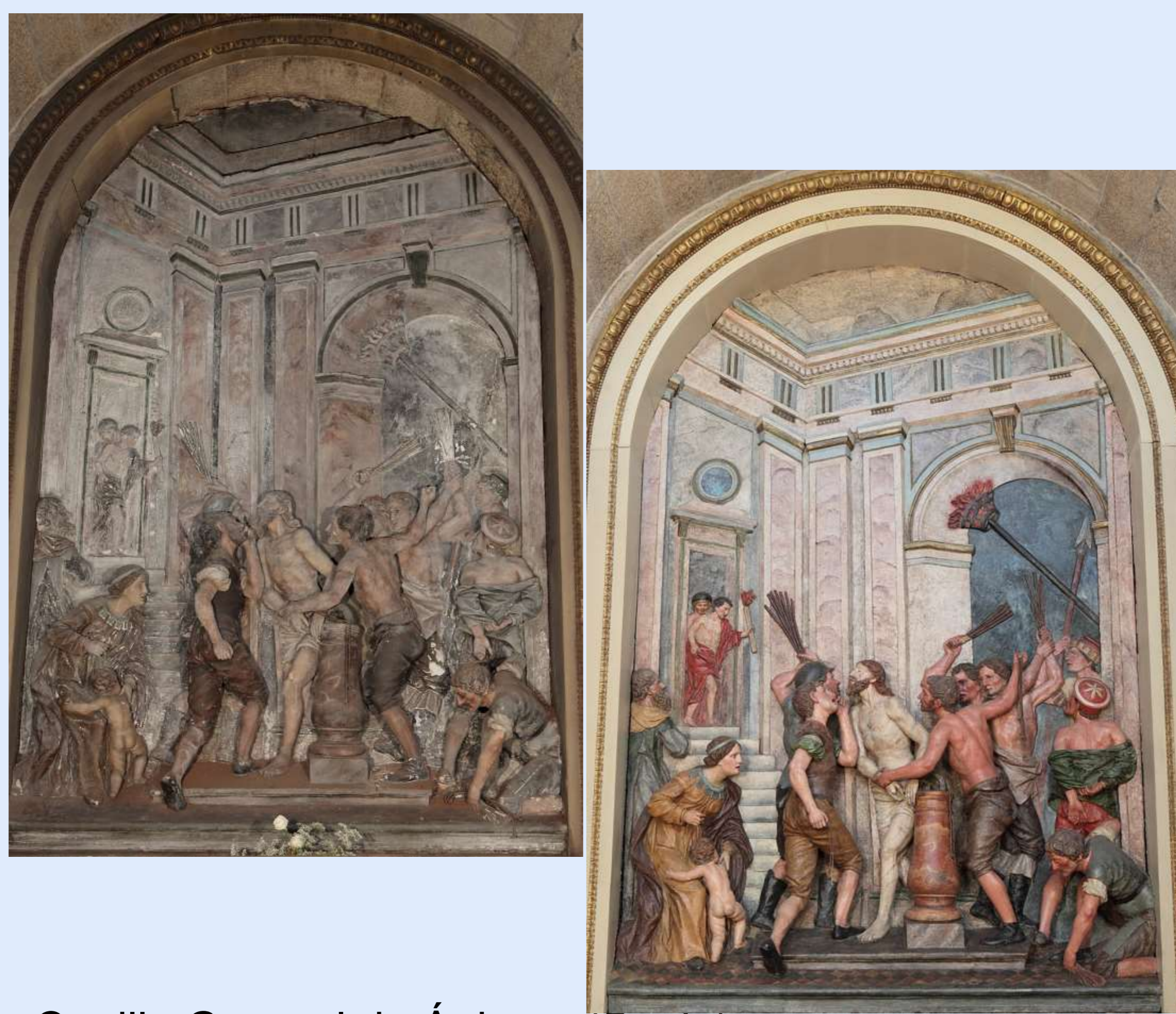
Pore in lime mortar filled with newly formed calcite



Porous limestone filled with Nanolime
(Pictures E. Ghaffari, Austria)



Freiberg (Germany), Consolidation of an adobe ceiling, realisation: Trommer Restoration



Capilla General de Ánimas (Spain)
Realisation: ALFAGÍA



„Heiliger Augustinus“ of St. Joseph Church Warsaw, Poland

(Restaurow sp. z. o.o, Poland)