



Natursteine - Bausteine





Mineral - Gestein

Mineral: natürlicher, anorganischer Bestandteil der Erde. Minerale sind physikalisch und chemisch homogene (einheitliche) Festkörper (z.B. Kalzit: CaCO_3 , Quarz: SiO_2 , Gips: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, etc.)

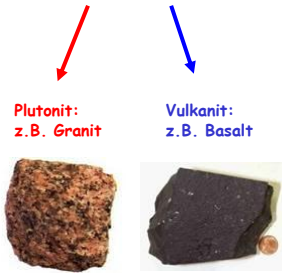
Gestein: durch natürliche Vorgänge entstandener geologischer Körper, der aus einem Gemenge von Mineralen (und/oder Gesteinsbruchstücken, Organismen) besteht (z.B. Kalkstein, Sandstein, Marmor, Granit, etc.)



Klassifizierung der Gesteine

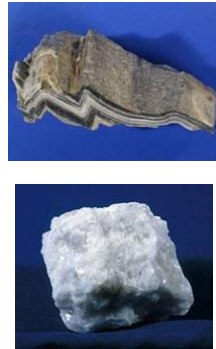
Magmatite

Aus einer Schmelze unter- o. oberhalb der Erdoberfläche erstarrt



Metamorphite (Umwandlungsgesteine)

Entstehung in der tieferen Erdkruste durch Umwandlung (Metamorphose) infolge zunehmenden Druck und Temperatur aus anderen Gesteinen unter Beibehaltung des festen Zustandes. z.B.: Marmor, Schiefer



Sedimentgesteine (Ablagerungsgesteine)

An der Erdoberfläche abgelagerte Gesteine, die aus dem Zerfall anderer Gesteine durch Abtragung und Verwitterung entstanden sind. Ihre Bestandteile wurden durch Wasser, Wind oder Eis transportiert, chemisch ausgefällt oder Organismen aufgebaut. Durch Verfestigungsprozesse (Diagenese) entstehen aus lockeren Sedimenten (z.B. Ton, Sand, Kies, etc.) Sedimentgesteine: z.B. Kalkstein, Sandstein



Kreislauf der Gesteine

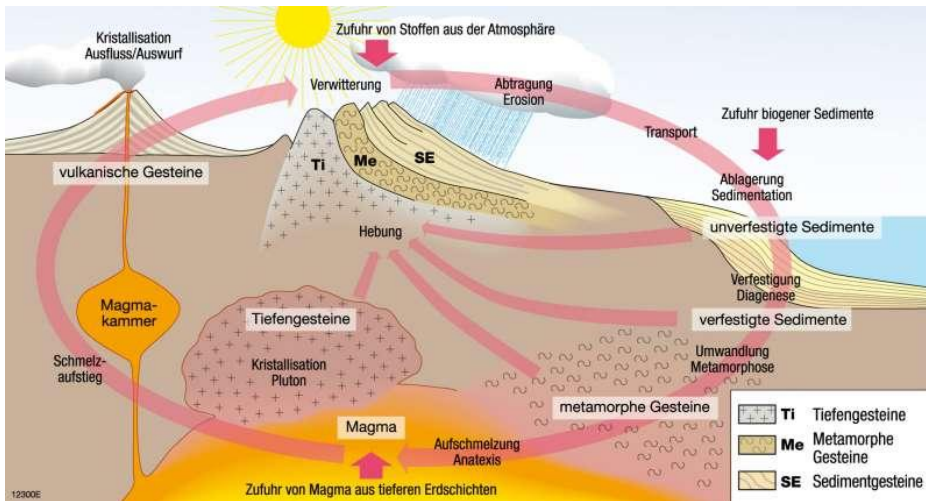
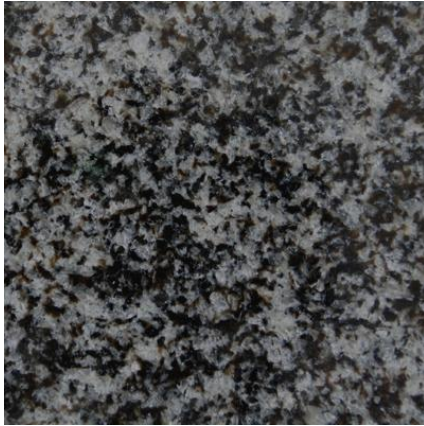


Bild: diercke.de

Bausteine in Österreich - einige Beispiele

Magmatit: **Granit** (Mauthausen, Schärding, Hartberg, NÖ)



<http://www.pronaturstein.at>

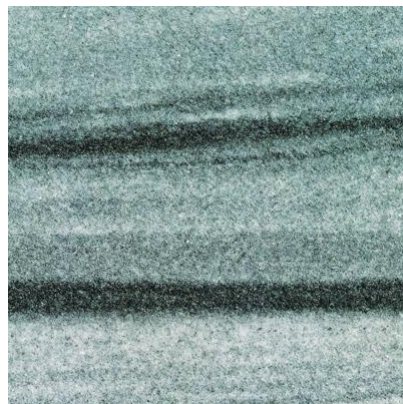


Danubiusbrunnen

Metamorphit: **Sterzinger Marmor** (Sterzing, Südtirol)

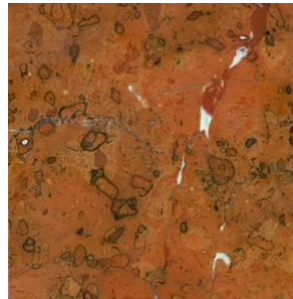


Wachauer Marmor (NÖ)



<http://www.pronaturstein.at>

Sedimentgestein: „Rotmarmor“ (roter, dichter Kalkstein, Adnet, Sbg.)



<http://www.pronaturstein.at>



Sedimentgestein: „Untersberger Marmor“ (dichter Kalkstein, Untersberg, Sbg)



<http://www.pronaturstein.at>



Pestsäule, Graben, Wien



Portalrahmung, Seminarkirche, Linz

Fotos: BDA

Sedimentgestein: Kalksandsteine (Leithagebirge, NÖ)



Lithothamnienkalk mit fossilen Rotalgen
St. Margareten, Bgld.

<http://www.univie.ac.at/Verbreitung-naturwiss-Kenntnisse/images>



Wichtige Bau- und Dekorsteinvorkommen in Österreich



Steinkorrosion - Steinverwitterung

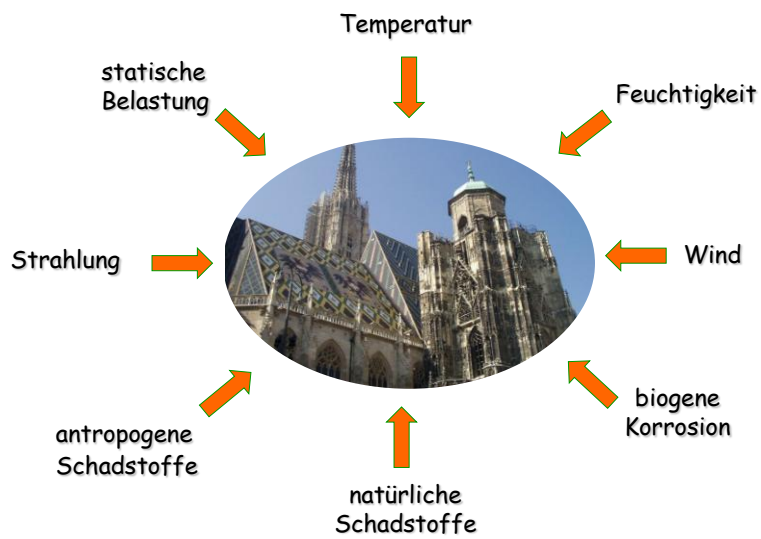


1900



1969

Weber, 1985



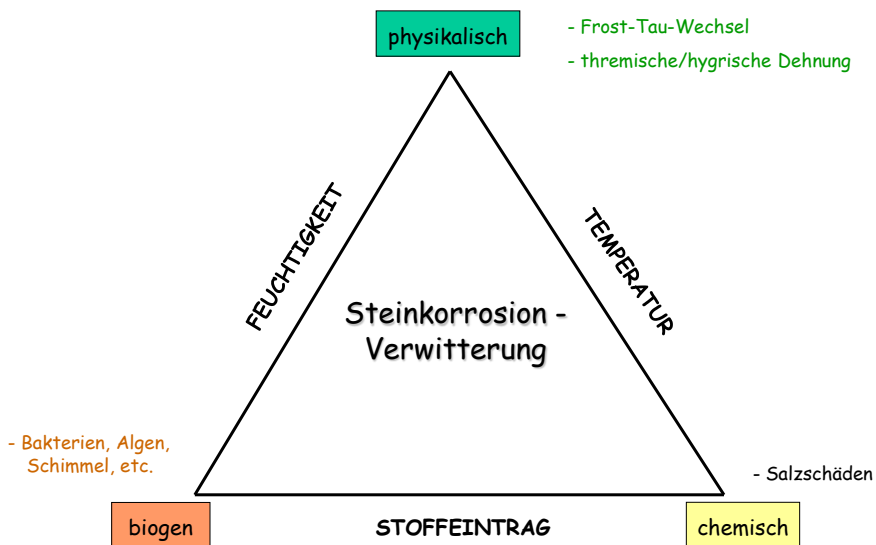
Verwitterung - Korrosion

Veränderung der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Baumaterials infolge der Einwirkung von externen Prozessen (Feuchtigkeit, Temperatur, Wärme, Schadstoffe, etc.) + Zeitfaktor

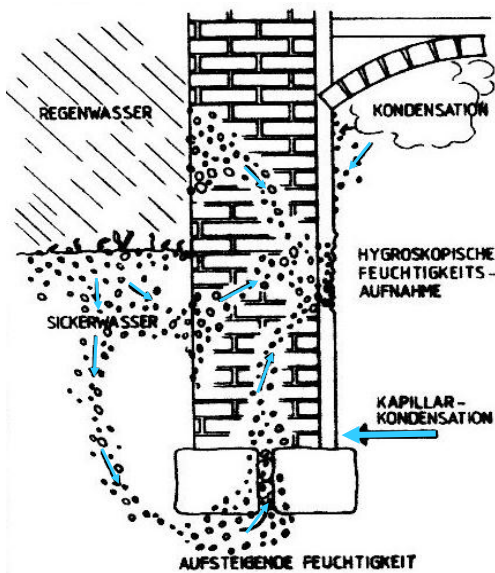
Die Veränderungen treten in der Form von:

- Auflockerung der Struktur;
- Veränderungen in der chemisch-mineralischen Zusammensetzung;
- Materialverlust auf.

„Feuchtigkeit ist der größte Feind der Bauwerke“



Physikalische, chemische u/o. biologische Verwitterungsarten treten am meisten gemeinsam auf!



Rahn & Müller, 2006

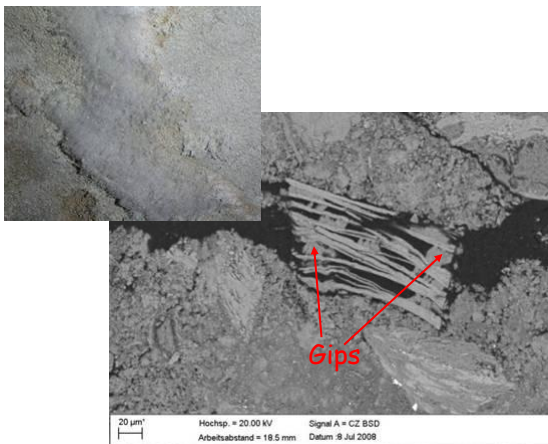
- Materialtransport
- Lösung von Salzen
- physikalische Korrosion (Frost-Tau Wechsel)
- biogene Korrosion

Schadsalze - Salzschäden

Kristallisierung immer aus einer Lösung!

Kristallisation und Hydratation → Volumenzunahme → Druck → Salzsprengung

Salzsprengung nur dann, wenn die Kristallisation unterhalb der Oberfläche stattfindet!



Herkunft von Schadsalzen

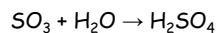
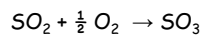
1. Grundwasser (kapillare Wasseraufnahme)
2. Verwitterungsprodukt der Baustoffe (durch Luftverschmutzung)
3. spezifische Industrieemittenten, Meerwasserspray
4. aus Baumaterialien (z.B. Sandstein mit nat. Salzanteil, etc.)
5. aus (zementhaltigem) Mörtel, Putz
6. bautechnische, restauratorische Fehler
7. biologische Herkunft (z.B. Guano)
8. antropogene Tätigkeit (z.B. Streusalz)



Gipsbildung - Krustenbildung

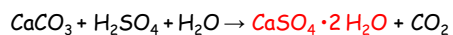


Abnahme der SO₂-Emissionen in den letzten Jahrzehnten
 → weniger saurer Regen/Abnahme der Gipsbildung



Reaktion mit dem CaCO₃-Anteil der Baustoffe (Kalkstein, Kalkputz, etc.) →

Gipsbildung:



(Volumenzunahme ca. 100%)

Gipskrustenbildung auf Kalkstein



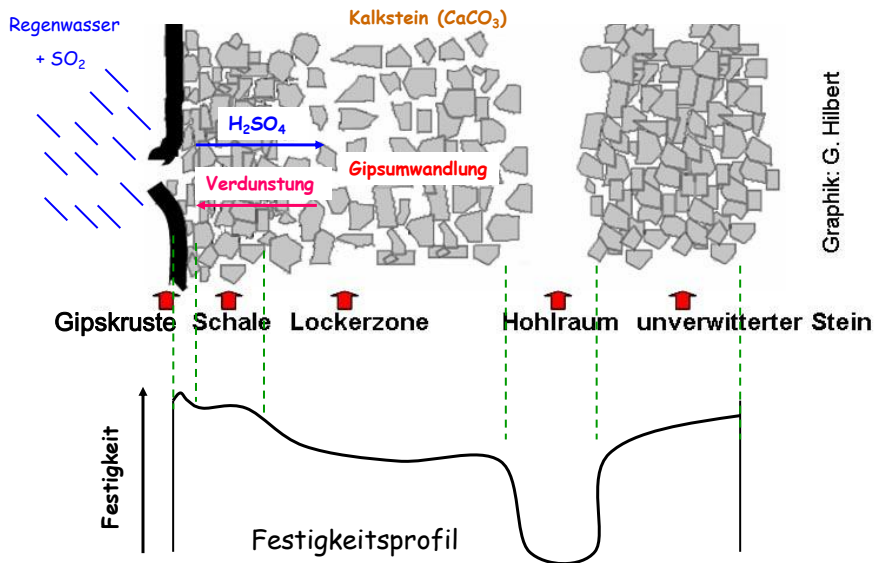
exponierte Zone → Abwaschen (weiß) geschützte Zone → Krustenbildung (schwarz)

Gipskrustenbildung auf porösem Kalkstein



Krustenbildung, Gefügauflockerung, Materialverlust

Mechanismus der Gipskrustenbildung beim porösen Kalkstein



Schäden infolge bautechnischer, restauratorischer Fehler



Dichte, zementhaltige Mörtel, Ergänzungen und Fugen können schwere Schäden in den porösen Bausteinen verursachen!

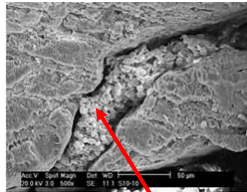
Biologische Korrosion

Bakterien - Pilzen - Flechten

Einfluss von mikrobiologischen Prozessen auf die Baustoffe

- biochemische Säurebildung
- Bildung von Wasserfilmen auf der Oberfläche
- Ionenmobilisierung
- biochemische Oxidation
- Maskierungseffekte, Verfärbung
- Krustenbildung
- Bildung pathogener Stoffe

nach Goretzki



Dyonisos-Brunnen, Sizilien.
Foto: Dr. Katja Sterflinger

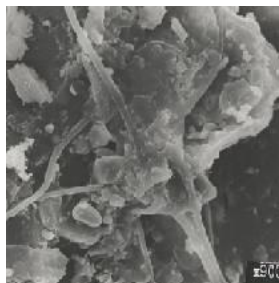


Wien 13, Schönbrunn, Parkanlage, Sterzinger Marmor
(Weber et al, 2007)

Pilzbefall an Kittungsmaterial mit organischem Anteil



Kittungen von 1980/81
Acryl-dispersion (Primal
AC33 mit kalkigem
Sand).



Die dunkle Verfärbung
entsteht durch Pilze,
Algen und Bakterien).

Wien 1, Graben, Pestsäule

Moose: halten die Feuchtigkeit auf der Steinoberfläche

Bäume, Busche: Wurzeldruck, organische Säure

Vögel, Fledermäuse: Exkreme (Guano, Taubenkot) → (organische) Salzbelastung



Steinkonservierung-Steinrestaurierung

OBJEKT



0. Naturwissenschaftliche Voruntersuchungen (vor Ort, Labor, Monitoring)
1. Schonende (Oberflächen)reinigung, Entsalzung (ev. mit Vorfestigung)
2. Steinkonservierung (Festigung, Ergänzung, etc.)
3. ggf. Oberflächenbehandlung (Hydrophobierung, anti-Graffiti)
4. Monitoring, Ausbesserung der Fehlstellen

Schonende Reinigung

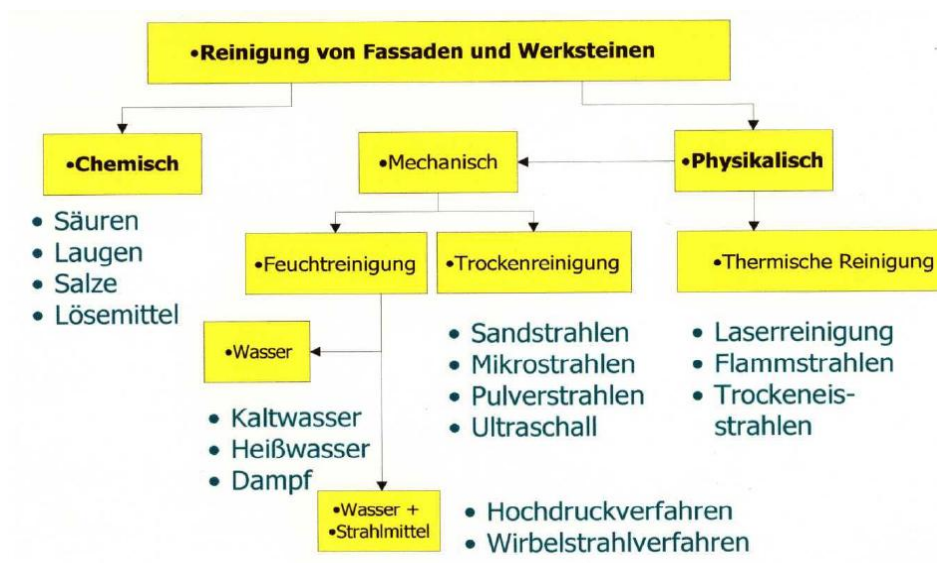
Reinigung ist ein physikalischer bzw. chemischer Materialabtrag und/oder eine Materialumwandlung auf der Oberfläche

Ziele:

- Entfernung der Verschmutzungen von und unterhalb der Oberfläche
- Wiederherstellung der feuchtetechnischen Eigenschaften des Baustoffes
- Verbesserung der ästhetischen Wirkung des Objektes

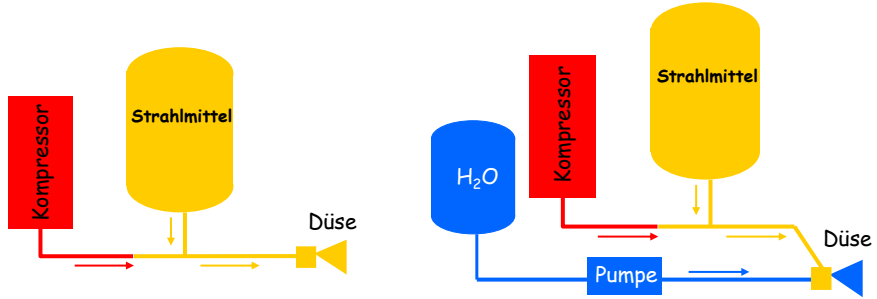
Kriterien:

- Verfahren soll keine Schäden Verursachen!
- keine sekundäre Schadstoffe während der Reinigung
- Erhalten der Originaloberfläche (Vermeiden der „Überreinigung“)
- Verfahren soll kontrollierbar sein



Quelle: L. Goretzki: Bauchemie (Bauhaus Universität, Weimar)

Trockene und feuchte (JOS, TORBO) Strahlsysteme





Laserreinigung

- gepulste Laserstrahlung entfernt Schmutzschichten durch Verdampfen
- leistungsstarke, aber kurze Laserpulse verursachen sehr geringe thermische Einwirkungen auf das Basismaterial -> schonend



- ☺ **schonender Abtrag von Beschichtungen**
- ☹ **nicht für alle Pigmentarten und Bindemittel geeignet**

Quelle: IWS Dresden



Fotos: E. Pummer



Reinigungspasten, Feuchtekompresen, Silikonreinigungsfolie



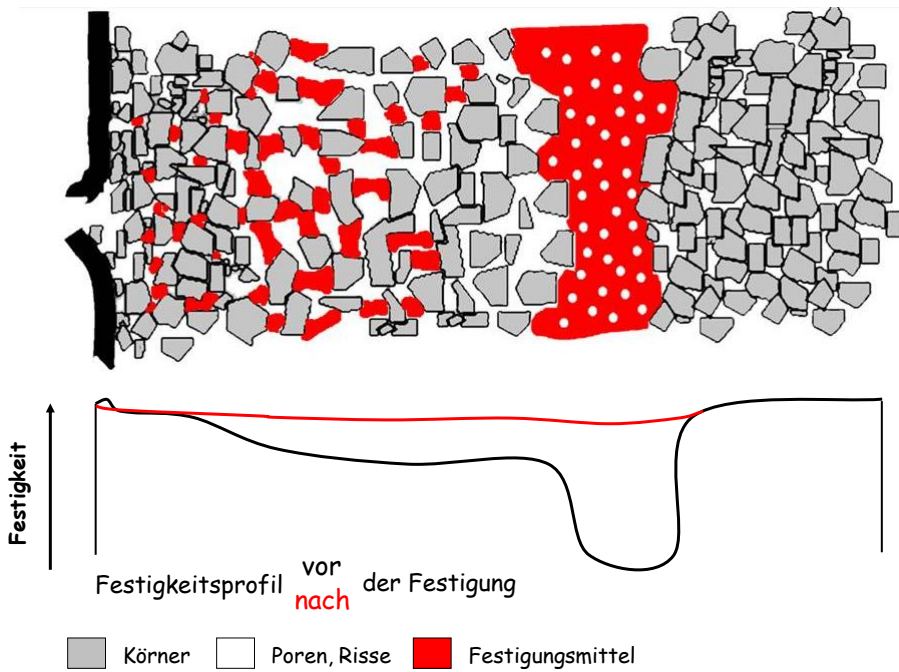
Steinkonservierung

„Konservieren bedeutet das Reduzieren der Geschwindigkeit anthropogener oder natürlich vorgerufener Verwitterungsmechanismen“

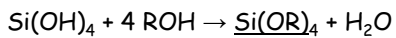
Ziel ist der Nachtrag des infolge der Verwitterung verlorengangenen Bindemittels und somit die Konsolidierung des Steines

Kriterien:

- gute Eindringtiefe (bis zum unverwittereten Gefüge)
- keine Schadstoffe
- keine negative Wirkung auf die bauphysikalischen Eigenschaften
- keine Verfärbungen
- keine Krustenbildung



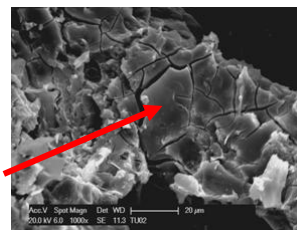
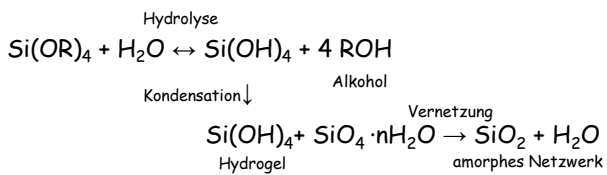
Steinfestiger I. Kieselsäureester - KSE



Säure + Alkohol → KSE + Wasser

Im konz. Zustand flüssig und kann mit org. Lösemitteln verdünnt werden

Wirkungsprinzip des KSE



Reaktionszeit: 1 bis 3 Wochen

Anwendungsbereiche des KSE

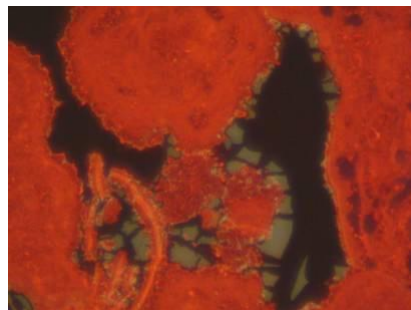
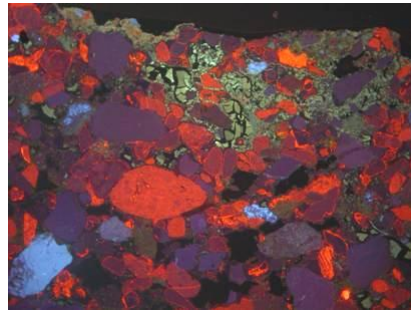
- poröse, mineralische Baustoffe (Sandsteine, Tuffe, Ziegel, ev. karbonatische Steine (Haftvermittler))
- bei sandenden Korrosionsphänomenen

Vorteile:

- anorganisch
- Verdünnbarkeit
- keine Salzbildung
- kann z.B. mit Kunstharzen kombiniert werden

Nachteile:

- Irreversibilität
- Poren > 0,1 mm können nicht gefestigt werden
- Schrumpfung → sekundäre Porosität



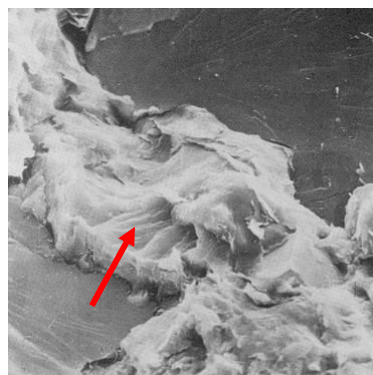
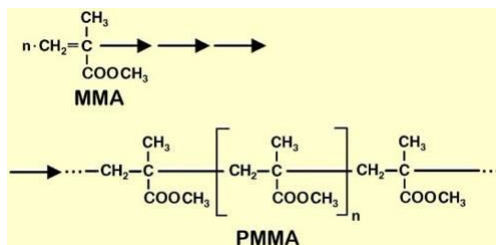
Steinfestiger II. Kunstharze - Acrylharze (MMA, PMMA)

Makromolekulare Stoffe, die vorwiegend aus C-Verbindungen bestehen und durch Synthese aus Erdölderivaten entstehen

Monomere: kleine, reaktionsfähige Moleküle, die durch Atombindungen zu Polymeren (Makromolekül) entstehen können → Polymerisation

z.B. Paraloid B72 („Plexiglas“)

Besonders geeignet für Steine mit geringer Porosität (Marmor, Granit)



Anwendungsbereiche des PMMA

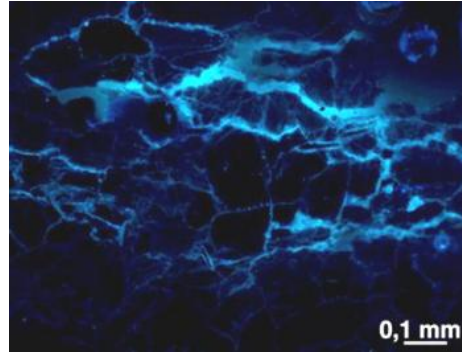
- dichte, (mineralische) Baustoffe (Marmor, Granit, Wandmalerei, etc.)
- für imprägnierende Festigung

Vorteile:

- Verdünnbarkeit
- keine Salzbildung
- (theoretische) Reversibilität

Nachteile:

- exzellenter Nährboden für Mikroorganismen
- Alterung unter Vergilbung
- „Verstopfung“ der Poren



Paraloid B72 im Sterzinger Marmor (UV-Aufnahme)

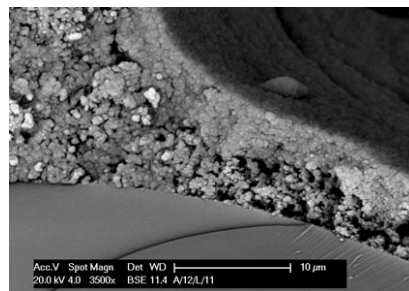
Steinfestiger III. Nanokalk

Nanomaterialie - Partikelgröße im nm ($1 \text{ nm} = 10^{-6} \text{ mm}$) Bereich

Nanokalk: in Ethanol, iso- oder n-Propanol suspendierte Nanopartikel von Calciumhydroxid. Die Stein- oder Putzfestigung wird durch die Ausbildung von feinsten Calciumcarbonatkristallen erreicht. Es werden Eindringtiefen erreicht, die ein Vielfaches über denen von normalen Kalksuspensionen liegen. Kombination mit KSE, Kieselsol möglich.

Kontroverses Material für die Konservierung von Kalkputz und -anstrich:

- z.T. noch keine langfristige Erfahrungen (Gesundheitsrisiko)
- z.T. schlecht Verwitterungsbeständigkeit)

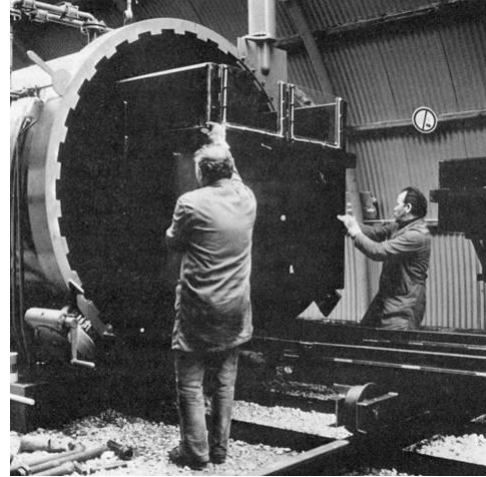


<http://www.ibz-freiberg.de/download/pdf/nanomaterialien/CaLoSil-anwendungssymposium.pdf>

Steinfestigung - Verfahren



Injektierung



Acrylharzvolltrankung (Uberdruck-Verfahren)

Vakuumkreislauf-Festigung (VKF)



Foto: E. Pummer



Steinergänzung - Steinrestaurierung



Steinrestaurierung: mineralisch gebundene Anstragmörtelsysteme



Weisszement-Sumpfkalk



NHL, Romanzement, etc.

Steinrestaurierung: Austausch - Vierungen

