

## 251.705 Untersuchungsmethoden der Denkmalpflege

Teil 4u5, Traditionelle Anstriche und moderne Beschichtungen in der Denkmalpflege

- 1.) Ölanstrich
- 2.) Leimfarbe
- 3.) Kalkanstrich
- 4.) historische Maltechniken
- 5.) Silikatfarben
- 6.) Kunstharzdispersionen
- 7.) Kennzahlen
- 8.) Chemischer Nachweis
- 9.) historische Pigmente
- 10.) Hydrophobierung



Internet Explorer browser window showing a poll on the burgenland.orf.at website. The poll asks: "Abstimmen Welche Farbe soll das Schloss Esterházy bekommen?" (Vote: Which color should the Esterházy Castle get?). The results are:

- 42,5 % Ich bin für rosa (I am for pink)
- 50,78 % Ich bin für gelb (I am for yellow)
- 6,71 % Ich bin für eine andere Farbe (I am for another color)

Screenshot of the burgenland.orf.at website. The main headline is "Neues Schlossfassade: Rosa oder Gelb?" (New Castle Facade: Pink or Yellow?). The article discusses the general renovation of the Esterházy Castle facade and the public consultation on the color choice. It mentions that the castle was historically pink in the 17th century and that the renovation will be completed in the next few years. A secondary headline reads "Teil bereits eingerüstet" (Part already scaffolded), indicating that the renovation work has begun. The article also includes a section titled "Bewegte und bunte Geschichte" (Eventful and colorful history), which traces the castle's origins back to the 13th century.

## Ölfarben

Als Reaktion auf die schnell verwitterten Kalkanstriche im Barock und vor allem im 19. Jhd. fallweise eingesetzt. Häufig wurden Steine komplett in heißem Öl getränkt.

2 Methoden: hitzopolymerisiertes Standöl  
bleisiccativiertes Leinöl

Chemischer Nachweis durch Bestimmung von Blei im Stein oder mittels UV-Mikroskopie (Ölnachweis).

Beim Härten/Altern entstehen Linoxin und Metallseifen (hydrophobe Wirkung geht verloren), Stein vergilbt

Entfernung von Ölanstrichen:  
LM-Kompressen, mechanisch, Laser



Foto: Hans Nimmrichter, BDA



Foto: Hans Nimmrichter, BDA

Marmorimitationsanstrich („Polierweiß“)



Ursprünglich Marmorimitationsanstrich mit Quarzmehl / Bleiweiß („Carrara-Effekt“)

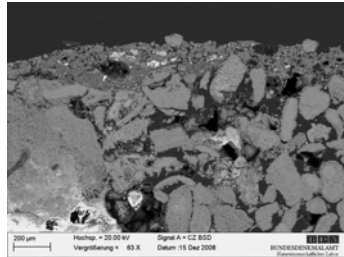
Restauriert mit Silikonharzschlämme



### Ölanstriche auf Stein



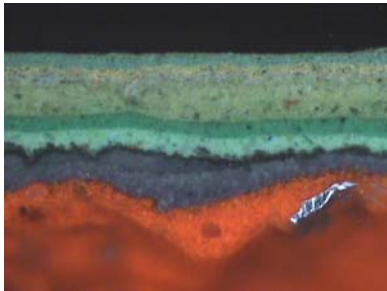
Fotos: Hans Nimmrichter, BDA



Nachweis von Resten einer historischen Bleiweißfassung bzw. bleisiccativierten Öl imprägnierung mittel Rasterelektronenmikroskop

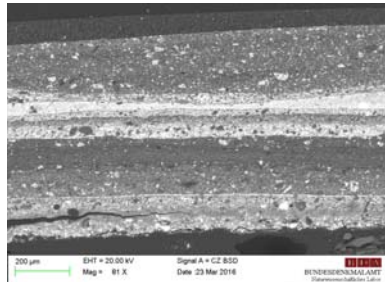
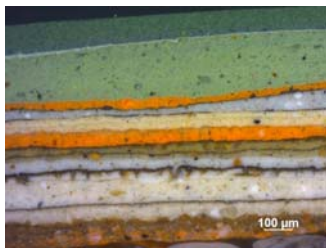
Wien 1, Kohlmarkt 14 („Demel“), Letzte Restaurierung 1995, alter Ölstrich, Brandschaden 1995, Abbeizung, Kalkfärbelung neu, Öl schlägt jetzt durch, Neufassung mit Dispersion

### Ölstriche auf Metall



Korrosionsschutz mit Minium („Mennige“) ab ca. 1850.





Wien 14, Hadikpark, Denkmal Franz Xaver Mayer, Eisen gefasst 1853



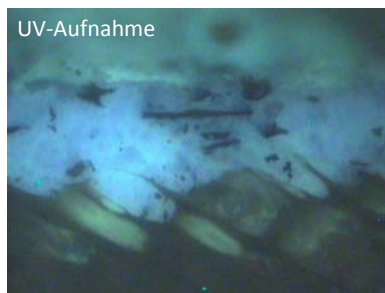
Fotos und Restaurierung: Georg Kolmanitsch



### Ölanstrich auf Holz



Querschliff eines grauen Ölanstrichs mit Bleiweiß und Holzkohle auf Holz



UV-Aufnahme

Gute Verwitterungsbeständigkeit als bleisiccativiertes Standöl

#### **Moderne Alternativen:**

- Alkydharz (lösemittelhaltig)
- Acrylharz (wasserverdünnbar)
- Acryl-Alkyd (wasserverdünnbar)

Cobalt- und Zinksiccative in Leinölfarbe entsprechen zwar Umweltstandards, erreichen jedoch nicht die Verwitterungsbeständigkeit von bleisiccativiertem Leinöl

Bleiweiß ist aufgrund seiner Toxizität grundsätzlich seit 1993 verboten, „Ausgenommen die Verwendung als Künstlerfarbe und als Farbe zur originalgetreuen Restaurierung von Kunstwerken.“

unterschiedliches Alterungsverhalten:

Ölanstrich vs. Kunstharzanstrich



Öl



Alkyd



Dürnstein, NÖ

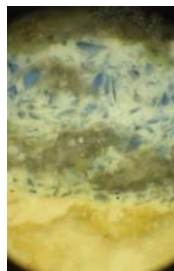


Foto: H. Paschinger



Barockfassung: hellblauer, Bleiweiß-Smalte Anstrich  
heute: Silikatfarbe als Volltonfarbe  
*Farbwirkung geht verloren*



Historische Farbwirkung???



Göllersdorf (NÖ), Schloß Schönborn, Orangerie, Ovidzimmer



Öl, Cu-pigment

Öl, Pbw.

Gips, Öl eindiffundiert

Gips



## Leimfarben

- Bindemittel: pflanzlicher Stärkeleim  
Zelluloseleim (Hydroxiethylcellulose)  
z.B. Tapetenkleister: Propylcellulose  
tierischer Leim (Proteine), *früher verwendet*
- Füllstoffe: Kreide,  
Pfeifenton (Schichtsilikate)
- Pigmente

wasserlöslich, daher nur für  
Innenraum geeignet  
vor neuem Anstrich abwaschen.

heute weitgehend durch  
Dispersionsfarben abgelöst bzw. als  
Zelluloseleimfarbe mit  
Dispersionszusatz erhältlich  
(„Halbdispersion“)



Nachweis über  
Fuchsinfärbetest am  
Querschliff

korrosionsfreie Untergründe ist Polyester-Spachtelmasse (UP-Spachtel) zu verwenden.

### 2.4 Wasserverdünnbare Beschichtungstoffe (Beschichtungssysteme)

Zu verwenden sind:

#### 2.4.1 für mineralische Untergründe

- **Kalkfarbe**  
aus Kalk nach DIN 1060 Teil 1 „Baukalk; Begriffe, Anforderungen, Lieferung, Überwachung“ mit kalkbeständigen Pigmenten bis zu einem Masseranteil von 10%; Kalkfarben sind nicht auf gipshaltigen Untergründen zu verwenden;
- **Kalk-Weißzementfarbe**  
als weißer Zement nach DIN 1164 Teil 1 „Portland-Eisenportland, Hochofen- und Trübzement; Begriffe, Bestandteile, Anforderungen, Lieferung“ und Kalk nach DIN 1060 Teil 1 mit zementbeständigen Pigmenten; Kalk-Weißzementfarben sind nicht auf gipshaltigen Untergründen zu verwenden;
- **Silikatfarbe**  
aus Kalwasserglas (Fixativ) und kalwasserglasbeständigen Pigmenten als Zweikomponentenfarbe; Silikatfarben dürfen keine organischen Bestandteile, z.B. Kunststoffdispersionen, enthalten; Silikatfarben sind nicht auf gipshaltigen Untergründen zu verwenden;
- **Dispensions-Silikatfarbe**  
aus Kalwasserglas mit kalwasserglasbeständigen Pigmenten, Zusätzen von Hydrophobierungsmitteln und maximal 5% Mineralstoffsorganische Bestandteile, bezogen auf die Gesamtmenge des Beschichtungstoffes; mit Quarz gefüllte Dispersions-Silikatfarben werden zu Strukturbeschichtungen verwendet; Dispersions-Silikatfarben sind auf gipshaltigen Untergründen nur mit besonderer Grundbeschichtung zu verwenden;
- **Leimfarbe**  
aus wasserlöslichen Bindemitteln (Leim) mit Pigmenten und gegebenenfalls Füllstoffen, z.B. Faserstoffen; Leimfarben dürfen keine Zusätze von Kunststoffdispersion enthalten; sie sind nur auf innenflächen zu verwenden;
- **Kunststoffdispersion**  
nach DIN 55 347 „Anstrichstoffe und Kunststoffe; Gemeinsame Begriffe“ für farblose Beschichtungen auf innenflächen;
- **Kunststoffdispersionsfarbe (Dispersionsleimfarbe)**  
Dispersionsfarben können disperse, pastös oder gefüllt sein; Kunstharzdispersionsfarben für innenflächen müssen nach DIN 53 776 Teil 1 „Kunststoffdispersionsfarben für innenflächen“ wasserbeständig oder schweißbeständig sein; für Außenbeschichtungen sind nur wetterbeständige Dispersionsfarben zu verwenden; für das Überbrücken von Haarrissen sind plastelastische Dispersionsfarben zu verwenden;

- Mehrfarbenauffarbe auf Dispersionsbasis aus unterschiedlich gefärbten Pigmentemulsionen, die sich nach dem Verarbeiten nicht vermischen, sondern einen Spreneffekt bewirken;
- Siliconharz-emulsionsfarbe aus Siliconharz-emulsionen mit Kunststoffdispersionen, Pigmenten, Füllstoffen und Hilfsstoffen; sie sind wasserabweisend (hydrophob);
- Dispersionslackfarbe aus Kunststoffdispersionen mit wasserlöslichen Lösungsmitteln sowie Pigmenten und Hilfsstoffen für Beschichtungen mit dem Aussehen von Lackierungen;
- Kunstharzputz nach DIN 18 556 „Kunstharzputze; Begriffe, Anforderungen, Ausführung“;

## Kalkfarbe

3000-jährige Tradition

bis ins 19. Jhd. wichtigstes Anstrichsystem

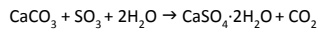
Kalk bindet Pigmente nur bis ca. 5% gut bis 10% fallweise möglich, daher keine starken Farbtöne möglich

Bindemittel: 1) Sumpfkalk (ca. 2 Jahre) als Kalkmilch  
2) mit Wasser aufgeschlämmtes Kalkhydrat

Pigmente: alkalibeständig (z.B. kein Bleiweiß, kein Azurit)

Verwitterung durch Vergipsung (bessere Löslichkeit),

Gefahr der Auswaschung von Pigmenten

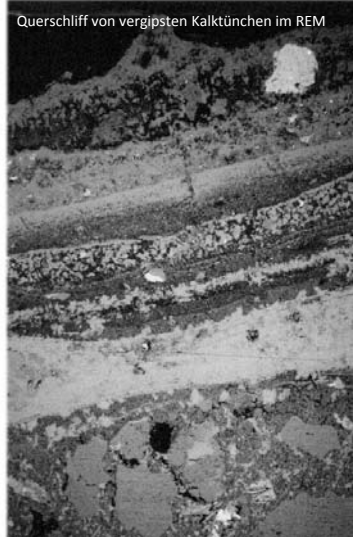


Löslichkeit in Wasser bei RT:

Kalk: 14 mg/l (ohne CO<sub>2</sub>)  
0,85 g/l (mit CO<sub>2</sub>)

Gips: 2,7 – 8,8 g/l (je nach Modifikation)

Querschliff von vergipsten Kalktünchen im REM

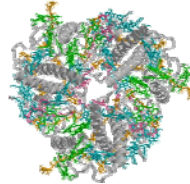


OÖ, Bauernhaus, barock  
mit über 100 orig. Kalkfärbelungen

### Kalkzusätze, **historisch**

Leinölfirnis: Haftvermittler  
verbesserte Verarbeitbarkeit  
reduzierte Wasseraufnahme (und -abgabe)  
erhöhte Verwitterungsbeständigkeit  
(längere Lagerfähigkeit)

Kasein: Haftvermittler  
erhöhte Verwitterungsbeständigkeit,  
jedoch biologisch abbaubar  
(luftporenbildender Effekt)



Seife

Paraffin

Harze

(Leim, Zucker, Bier, Melasse,...)

### Kalkzusätze, **modern I**

- Kunstharze: Acrylate (Primal AC 33 („Dispersion K9“), Paraloid B72, Polystyrolacrylate...)

verbesserte Verarbeitbarkeit  
schnellere Abbindung (nicht Carbonatisierung!)  
bessere Haftung zum Untergrund  
reduzierte Wasseraufnahme (und -abgabe)  
bessere Pigmentbindung  
das „5% Problem“ (org. Kohlenstoffgehalt ↔ org. Festkörperanteil ↔

Kunststoffanteil)

- hydraulische BM (NHL, HL, Weißzement)

Härte  
Frühfestigkeit, Druckfestigkeit, Haftzugfestigkeit,...

- Überschusswasser: ????? → \$\$\$\$ [CaO + H<sub>2</sub>O → Ca(OH)<sub>2</sub>] (Daumenregel ca. 50%iger Wasseranteil)

## Kalkzusätze, modern II

- Verdickungsmittel (Cellulose, Celluloseether, Na-Polyacrylat)

Vorteile: erhöhter Fließwiderstand → höhere Viskosität → größere Schichtdicken  
→ weniger Arbeitsschritte  
verhindert Füllstoff/Pigmentsedimentation  
Emulgator  
reduziert Spritzneigung, bessere Streichfähigkeit (Walzen und Sprühen)  
Wasserretentionsmittel zur besseren Carbonatisierung

Nachteile: reduziert die Bindungseigenschaft von Kalk  
verschließt Poren  
reduziert Diffusionsgeschwindigkeit von  $\text{CO}_2$  → langsamere Carbonatisierung  
organische Zusätze fördern mikrobielles Wachstum

- Zucker: „natürliche Kohlenhydrate“ bis ca. 2010 in einigen Kalkfarben als Zusatz verwendet („...zur Verbesserung der Auftrageigenschaften...“)

Bsp: Keim Patent DE10052928 (Mai 2002): 6% Saccharose, 14% Titandioxid, 37% Kalkhydrat, 43% Wasser.

## Beispiel Technisches Merkblatt, (KEIM-Athenit-lucente)

The image shows a screenshot of a technical data sheet for KEIM Athenit-lucente paint. The document is titled "TM Technisches Merkblatt" and "KEIM Athenit®-lucente Innenfarbe ohne Titandioxid". It includes a KEIM logo and a section "1. Produktbeschreibung" which states that the paint is based on pure, aged lime and white Greek marble powder. It also lists material data such as specific weight and vapor diffusion resistance, and mentions the composition (water, calcium hydroxide, calcium carbonate, natural carbohydrates, cellulose) and color (off-white).

**TM Technisches Merkblatt**

**KEIM Athenit®-lucente**  
Innenfarbe ohne Titandioxid

**1. Produktbeschreibung**

KEIM Athenit-lucente ist eine anwendungsfertige Kalkfarbe gemäß DIN 55945 auf Basis von reinem, mindestens 3 Jahre abgelagertem Sumpfkalk und hochweißem griechischem Marmormehl in klassischem Kalkweiß. Die hochwertigen Rohstoffe und der vollständige Verzicht auf Titandioxid und synthetische Bindemittelzusätze verleihen KEIM Athenit-lucente den klassischen Kalküstereffekt mit der semitransparenten Optik.

**Materialkenndaten**

- Spez. Gewicht: ca. 1,41 g/cm<sup>3</sup>
- Dampfdiffusionswiderstand: s, < 0,02 m

**Zusammensetzung**

Wasser, Kalziumhydroxid, Kalziumcarbonate, natürliche Kohlenhydrate, Cellulose

**Farbton**

Kalkweiß und in Anlehnung an die KEIM Palette  
Produkt-Nr.: 0022 0040 0044



## Beispiel Technisches Merkblatt, (RÖFIX Sesco)

RÖFIX Fachberater zu Rate ziehen. Dieser bewertet Objekt und Anstrich gerne zusätzlich hinsichtlich Eignung.







**Materialbasis:**

- Bindemittel: Sumpfkalk (3 Jahre), Cellulose
- Pigmente: natürliche Erdpigmente, Titandioxid
- Additive: Marmormehl, natürliche Kohlenhydrate
- Wasser

**Eigenschaften:**

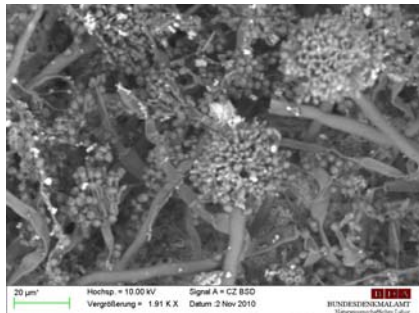
- Hervorragende Verarbeitung
- Hohe Diffusionsoffenheit
- Feuchtigkeitsregulierend
- Gute Haftung
- Hohe Deckkraft
- Wischfest
- Al fresco - Technik bei Kalkputzen möglich
- Unterstützt Abbau von CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid) und SO<sub>2</sub> (Schwefeldioxid) in belasteten Umgebungen (Industriegebiete, Einzugsgebiete, aber auch stark frequentierten Räumlichkeiten - bspw. Klassenzimmern, Versammlungsräumen, etc.).

**Verarbeitung:**



**Verarbeitungsbedingungen:** Während der Verarbeitungs- und Trocknungsphase und zwei Wochen danach darf die Umgebungs- bzw. Lufttemperatur nicht unter +5°C sinken. Die Temperatur darf über +25°C nicht ansteigen.

Fertig

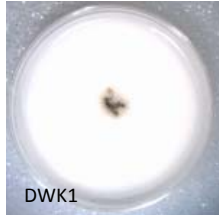


Gefahr der Schimmelpilzbildung auf Kalkfärbelungen mit Zusatz von „natürlichen Kohlenhydraten“

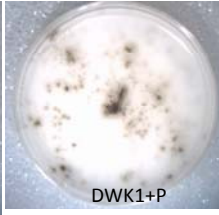
2010



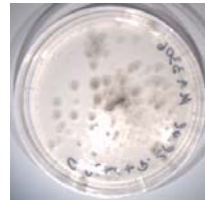
Testreihe von Priv.Doz. Dr. Katja Sterflinger, BOKU:



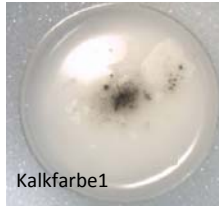
DWK1



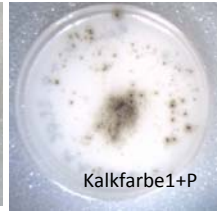
DWK1+P



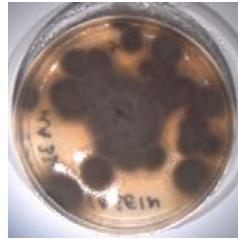
Cladosporium tenuissimum,  
H<sub>2</sub>O+P



Kalkfarbe1



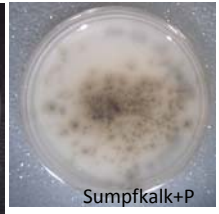
Kalkfarbe1+P



Cladosporium tenuissimum,  
Kasein



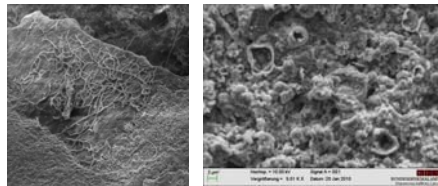
Sumpfkalk



Sumpfkalk+P

### Kalkzusätze, modern III

- Biozide: Fungizide, Algizide, Bakterizide,...



- Hydrophobierungszusätze („Nanotechnologie“, Silane, Siloxane, Silikonharze, Silikonöle, Silikone,..)

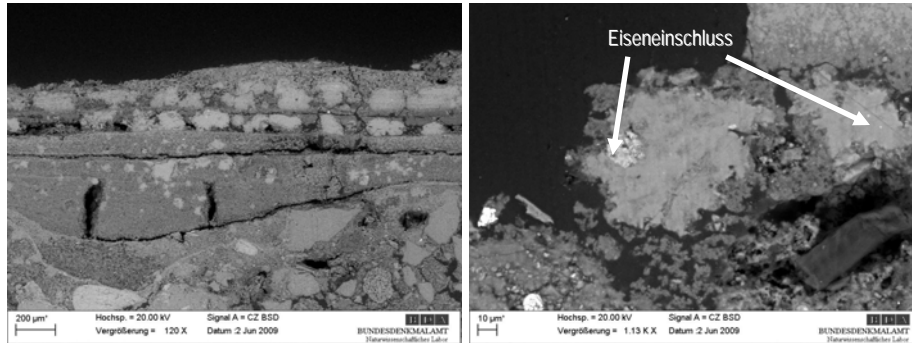
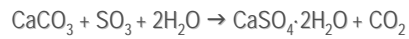


- Hydraulfaktoren (für schnellere Abbindung)

Lagerzeit von Sumpfkalk: 3 Monate bis 10 Jahre

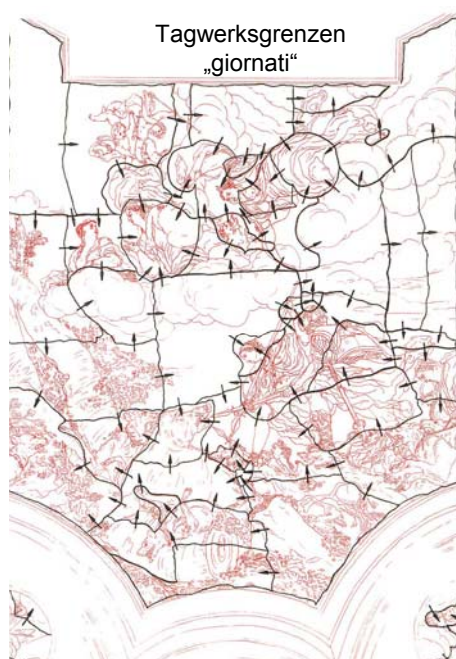
Vorteile einer langen Lagerzeit:

- größere Calcite
- höhere Bindekraft
- höhere Lichtbrechung
- höherer Weißgrad



### Historische Maltechniken auf Wand/Putz

- Fresco (fresco bouno, al fresco): Feinputz + Pigment + Wasser
- Fresco mit Seccovollendung („frescosecco“), Fresco + „Retusche“
- Kalksecco: Milch-, Ei-, Leim- oder Kaseintempera
- Kalkkaseinmalerei
- Kalkfresco: Feinputz + Pigment + Kalkmilch/Kalksuspension
- Secco: Pigment + Sumpfkalk
- Öl-Wandmalerei
- Marouflage



Fotos: Ernst Lux; Salzburg, Residenz, Carabinierensaal, Rottmayr: Die calydonische Eberjagd, Barockberichte 34/35

### KARTONPAUSE mittels Lochpause (italienisch „spolvero“)



Andrea Verrochio um 1470  
(Berlin, Kupferstichkabinett)



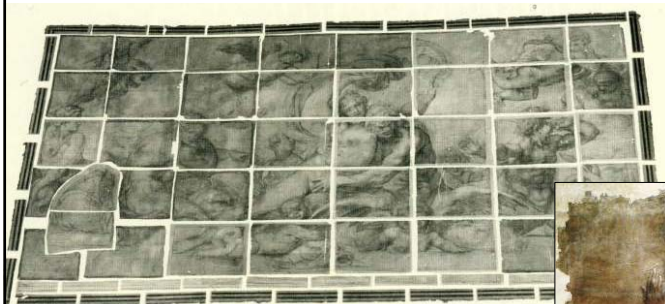
Karton = fertige Entwurfszeichnung  
in Originalgröße



Hans Holbein d.J.1527: Thomas Morus (Windsor)



KARTONS: Italien 17. Jh. für Freskomalerei und große Gemälde



Annibale Carracci um 1605, für Gall.Farnese Rom  
(London, National Gallery)



Marc Antonio Franceschini, um 1690,  
ca. 200 x 180 cm (Orvieto, Dommuseum)

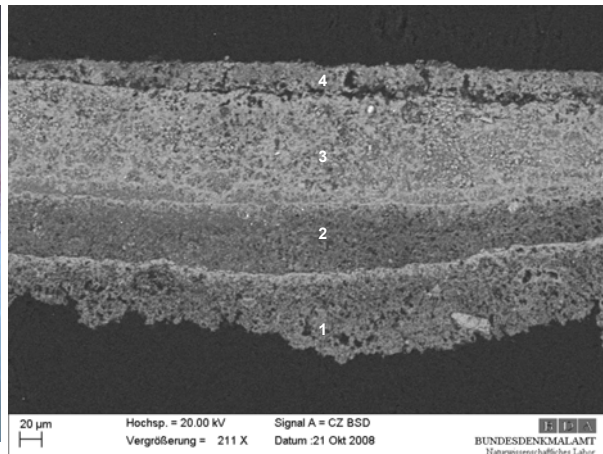
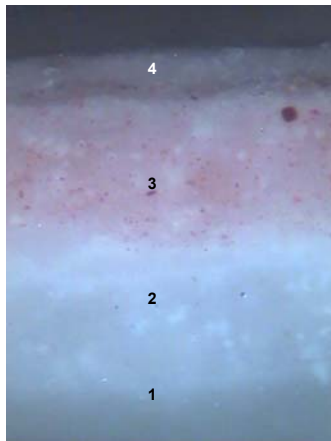
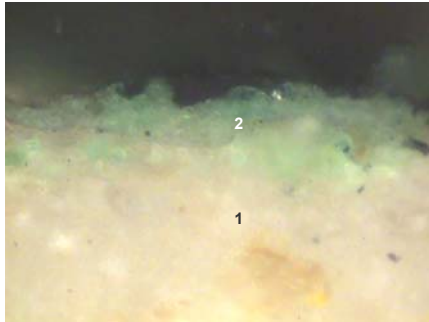


Fotos: Manfred Koller und Herbert Schwaha, Barockberichte 34/35



Krems, NÖ, Gozzoburg, Wandmalereien,  
14. Jh, Wappenschild grün

2) 20 µm grün: basisches Kupferchlorid,  
wenig/kaum Kalkbindemittel, typ.  
Freskoauftrag  
1) bindemittelreicher Putz mit  
Silikatkörnung um 0,5 mm, Bindemittel Kalk



Kalkmalerei secco

## Kalkkasein

### Herstellung:

Topfen oder in Wasser vorgequollenes Kaseinpulver + Sumpfkalk oder Kalkhydrat

### Kasein (Casein):

Hauptbestandteil von Milcheinweiß (Kuhmilch 83%)

Kasein = aus vernetzten Proteinen bestehende Makromolekül mit keiner einheitlichen Zusammensetzung

### Herstellung:

- 1.) Milch entfetten durch Zentrifugieren
- 2.) mit Milchsäurebakterien Milchzucker in Milchsäure umwandeln (pH = 4,6)
- 3.) Kasein gerinnt
- 4.) Trocknen

### Vorteile:

- weitgehend wetterfest
- bildet mit Calciumsalzen (Kalk) wasserunlösliche Verbindungen
- guter Klebstoff

### Nachteil:

Biologisch abbaubar, d.h. gilbt

Bis in die 1960er  
traditionelles Festigungsmittel

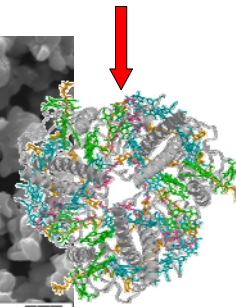
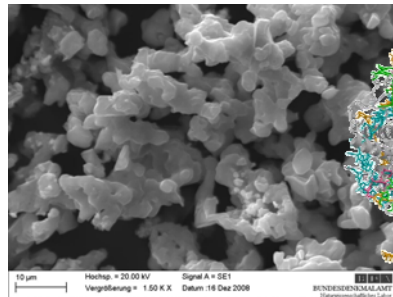
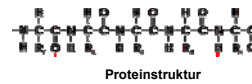


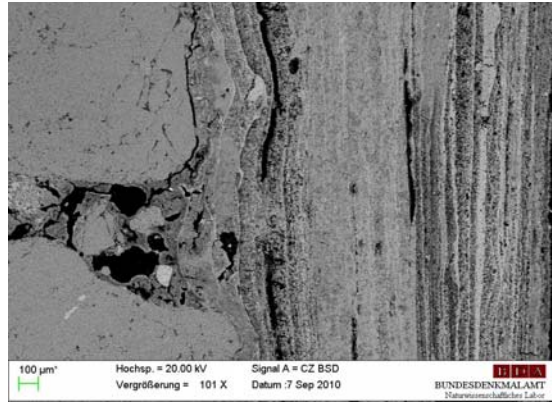
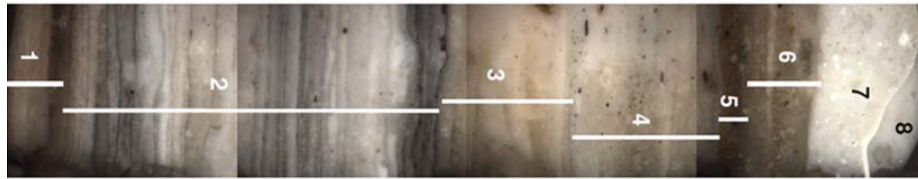
Foto: S. Jackwerth

über 30 Kalkfärbungen

Letztanstrich mit Silikatfarbe

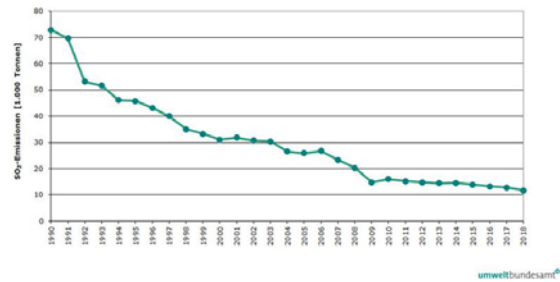
1010 Wien, Singerstraße 13  
Außenfassade  
Bj 1785

Putz



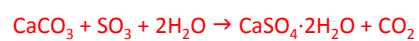
### SO<sub>2</sub>-Belastung in Österreich

**SO<sub>2</sub>-Emissionen  
(ohne Kraftstoffexport) 1990 bis 2018**



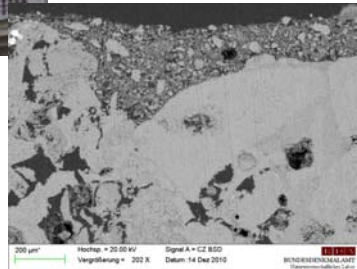
Warum ist die Verripsung an Außenwänden immer stärker?

Grundsätzlich ist SO<sub>2</sub>/SO<sub>3</sub> Konzentration in Innen- und Außenräumen gleich hoch, nur außen ist die Luftfeuchtigkeit höher, d.h. die Reaktion läuft außen beschleunigt ab.



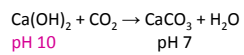


### Kalk als Opferschlämme für Stein



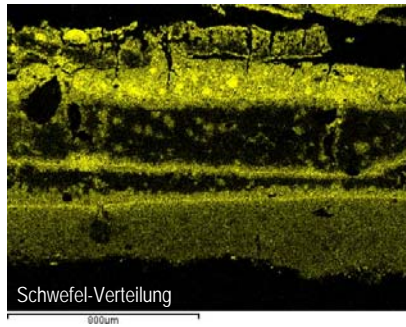
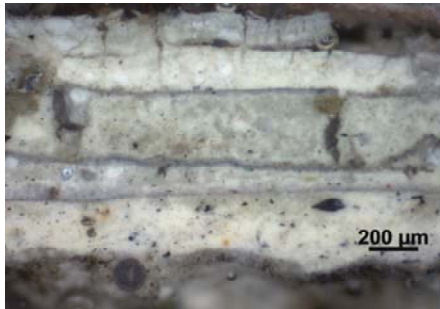
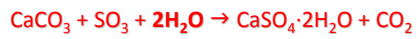
### Chemische Untersuchungen an Kalk

- Test auf hydraulischen Zusatz (NHL bis Zemente)
- Test auf Zusätze (Protein (Kasein), Leinöl, Kunststoffe, KSE, Hydrophobierungen etc.)
- Vergipsung
- Carbonatisierung von Kalk (Phenolphthaleintest: 1 Spatelspitze (1mm³) in 5 ml Aceton lösen und auf 100ml Wasser verdünnen)



Farbumschlag im alkalischen Bereich von farblos auf rosa

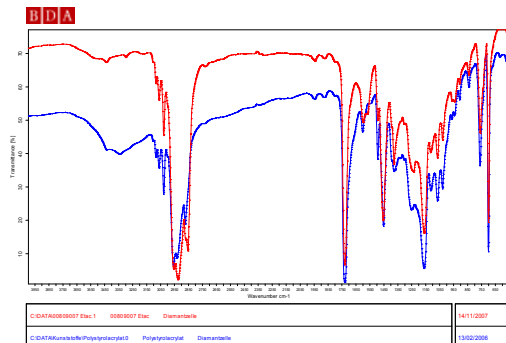




### Fouriertransformierte Infrarot Mikroskopie (FTIR)

zur Bestimmung von organischem Kunstharzanteil

nicht deklariertes Polystyrolacrylat in einer „Kalkfarbe“



### Auszüge aus Datenblättern

„Anwendungsfertiger acrylatvergüteter Werk trockenmörtel; Bindemittel und Zuschlagstoffe auf rein mineralischer Basis“

„... Trass, Putzsande, Zusätze.“

„Sumpfkalk, mineralische Füllstoffe, Zusätze, Wasser... Nicht im Sockelbereich und nicht für Verfliesung geeignet!... Trocken, kühl frostfrei und verschlossen 6 Monate lagerfähig.“

„Historisch nachgestellter Ersatzmörtel auf Basis NHL 15 und Natursand 0-4 mm mit Abbindeverzögerer... Frei von Portlandzement und organischen Zusätzen.“

„Wasseraufnahmemehmender, mineralischer Kalk/Trass Putz mit guter Wasserdampfdurchlässigkeit.“

Anwendung:

„... nicht im Sockel- und Spritzwasserbereich anwendbar.“

„...geeignet zum Spritzen und Walzen.“

*(Zusammenstellung von Maria Milchin)*

### Silikatfarben

Erfinder: Adolf Wilhelm Keim (1851 – 1913)

Patentschrift 1878 „*Befestigung von Mineralfarben auf Wandputz zur Herstellung von Wandgemälden*“

original „Fixativ“:

- 1,5 T Kieselerdehydrat
- 2 T zerstoßener Marmor
- 5 T Kaliwasserglas
- „Ätzammoniak“

Kaliwasserglas:

Gewinnung: Schmelzen von Quarzsand, Kaliumcarbonat (=Pottasche)

(bereits seit ca. 1800 bekannt, jedoch zahlreiche Rückschläge im 19. Jhdt)  
(Erfinder J. N. Fuchs 1818)



Mineralfarbe: „*Malmittel mit ausschließlich oder überwiegend anorganischen Bestandteilen wie Bindemittel, Pigmente, Füllstoffe oder Reaktivstoffe. Die Bindemittel sind entweder Kalk, Zement oder Wasserglas*“

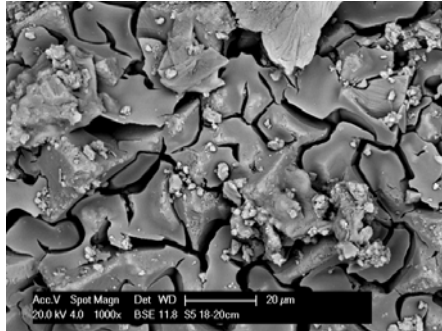
## Silikatfarben

(= Wasserglasfarbe = Mineralfarbe = Silikatfarbe)

### Keim'sches Prinzip:

Untergrund und Anstrich bilden homogene Masse

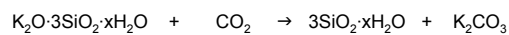
Magerer Putzuntergrund der den Bindungsausgleich durch Kaliwasserglas ermöglicht bzw. vor Auftrag Beseitigung der Sinterschichte



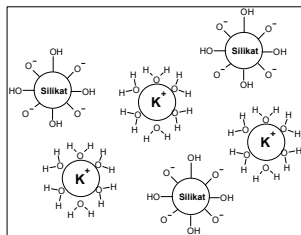
## Silikatfarben

### 3-stufiger Abbindeprozess:

1.) Bildung von Kieselgel durch Reaktion mit Luft-CO<sub>2</sub>

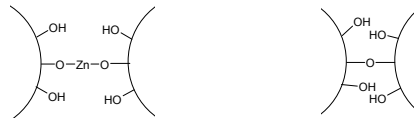


Kaliwasserglas + Kohlendioxid → Kieselgel + Kaliumcarbonat



Durch CO<sub>2</sub> wird pH erniedrigt (12 → 10.5), wodurch die elektrostatische Abstoßung abnimmt und die OH-Gruppen kondensieren können.

Durch Reaktion mit vorwiegend 2-wertigen „Pigmentkationen“ (Ca<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Ba<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> etc.) werden Brückenbindungen ausgebildet, was zur Bildung eines Films und zur Fixierung der Pigmente führt:



2.) Reaktion von Wasserglas mit Putz und Pigmenten durch Bildung von Silikaten (schnell)

Die Reaktion mit Ca<sup>2+</sup> (nicht carbonatisiertes Ca(OH)<sub>2</sub>) erfolgt schnell → Grauschleierbildung und Farbabplatzung (Carbonatisierter Untergrund erforderlich!!!)

3.) Verdichtung des Gels durch Verdunstung des gebundenen Wassers (langsam)

→ Aufhellung durch stärkere Reflexion

## Silikatfarben (DIN 18363)

- **Zweikomponentensilikatfarben**

Klassische Silikatfarbe, Bindemittel (Wasserglas-„Fixativ“) und Pigmente/Füllstoffe angeteigt in 2 unterschiedlichen Gebinden.

Verarbeitung innerhalb eines Tages.

Mineralischer Untergrund (für Verkieselungsprozeß), d.h. nicht für Dispersionsuntergrund geeignet

- **Einkomponentensilikatfarben („Dispersionssilikatfarben“, „Organosilikatfarben“), seit 1962**

fertige Mischung aus Wasserglas, Pigment und Kunstharz ( $\leq 5\%$  auf Trockenfarbe!)

DIN 18363 / 2.4.6: „5% Dispersionsfeststoffgehalt/Nassfarbe“, für Österreich keine Norm

Nassfarbe enthält ca. 50-60% Wasser, d.h. ( $\leq 2,5\%$  auf Nassfarbe)

- **Einkomponentensilikatfarbe mit organ. Anteil  $\leq 1\%$  und ohne Hydrophobierung**

- **Solsilikatfarbe**, seit 2002 auf dem Markt

- **Silikat-Lasur**

Maler- und Lackiererarbeiten:

DIN 18 363

korrosionsfreie Untergründe ist Polyester-Spachtelmasse (UP-Spachtel) zu verwenden.

### **2.4 Wasserverdünnbare Beschichtungsstoffe (Beschichtungssysteme)**

Zu verwenden sind:

#### **2.4.1 für mineralische Untergründe**

- Kalkfarbe  
aus Kalk nach DIN 1060 Teil 1 „Baukalk; Begriffe, Anforderungen, Lieferung, Überwachung“ mit kalkbeständigen Pigmenten bis zu einem Massenanteil von 10%; Kalkfarben sind nicht auf gipshaltigen Untergründen zu verwenden;
- Kalk-Weißzementfarbe  
aus weißem Zement nach DIN 1164 Teil 1 „Portland-, Eisenportland, Hochofen- und Traßzement; Begriffe, Bestandteile, Anforderungen, Lieferung“ und Kalk nach DIN 1060 Teil 1 mit zementbeständigen Pigmenten, Kalk-Weißzementfarben sind nicht auf gipshaltigen Untergründen zu verwenden;
- **Silikatfarbe**  
aus Kaliwasserglas (Fixativ) und kaliwasserglasbeständigen Pigmenten als Zweikomponentenfarbe; Silikatfarben dürfen keine organischen Bestandteile, z.B. Kunststoffdispersionen, enthalten. Silikatfarben sind nicht auf gipshaltigen Untergründen zu verwenden;
- **Dispersions-Silikatfarbe**  
aus Kaliwasserglas mit kaliwasserglasbeständigen Pigmenten, Zusätzen von Hydrophobierungsmitteln und **maximal 5% Massenanteil** organische Bestandteile, bezogen auf die Gesamtmenge des Beschichtungsstoffes; mit Quarz gefüllte Dispersions-Silikatfarben werden zu Strukturbeschichtungen verwendet; Dispersions-Silikatfarben sind auf gipshaltigen Untergründen nur mit besonderer Grundbeschichtung zu verwenden;



## Silikatfarben

### Kennzahlen und Eigenschaften

Wasserdampfdiffusionswiderstandsfaktor „μ“:

Einkomponentenfarbe: 100 - 300

Zweikomponentenfarbe: 50

Dispersionssilikatfarben:

Etwas verschmutzungsanfälliger als reine Silikatfarben

Vorteile: Bessere Lagerfähigkeit, einfachere Handhabung, keine große Wetterabhängigkeit beim Aushärten, können durch Zusätze hydrophobierend eingestellt werden

(flüchtiger Anteil (H<sub>2</sub>O, LM) ca. 50%)

## Silikatfarben

### Probleme / Nachteile:

- Gefahr der Glanzbildung bei nicht genügend saugfähigem Untergrund bzw. zu hoher Konzentration
- Zersetzungserscheinungen, Schleierbildung
- relativ hart (Rissbildungen), für (weiche) Kalkuntergründe daher wenig geeignet
- „Abdichtung“
- Nicht reversibel, verlustfreie Entfernung nicht möglich (nur Wirbelstrahlverfahren)
- Können nicht beliebig oft wiederholt werden da sonst zu hohe Verdichtung und Spannungsbildung
- Daher keine kontinuierliche Pflege (mehrmaliges Anstreichen) möglich
- Nicht ideal für Dispersionsfarbenuntergründe oder auf hydrophobierten Putzen/Steinoberflächen

## Silikatfarben

### Bestimmung des Kunstharzanteils bei Einkomponentensilikatfarben

- Gravimetrisch durch Glühverlustbestimmung bei 450°C (üblich)
- Gravimetrisch durch Extraktion mittels Lösungsmittels („Soxhlet-Extraktion“, eher aufwendig)

*Firmentrick: Hoher Feststoffanteil (z.B. Schwerspat) beeinflusst den Kunstharzanteil!*

*Problem: Farben enthalten auch Silikonharzzusätze, flüchtige anorganische Anteile (Wasserglasarten) oder Zelluloseester als Verdickungsmittel (=Thixotropiermittel), die den Glühverlustwert beeinflussen. (beliebte Ausrede bei Firmen)*

*Diese Additive erreichen in Summe durchschnittlich ca. 1% organischen Festkörperanteil*

*Achtung bei Verdünnungsmitteln (kunstharzhältige Wasserlösungen): erhöhen ebenfalls den Kunstharzanteil*

### Hilfsstoffe:

Netzmittel, Verdickungsmittel

## Dispersion

als Kunstharzdispersion

### Bindemittel:

Polyvinylacetat (PVAc)  
Polyvinylpropionat (PVP)  
Polystyrolbutadien („Latexfarben“)  
diverse Acrylate (z.B. Polystyrolacrylate)  
Alkydharzfarben  
Polyurethanlacke.....  
*in Wasser (oder Lösungsmittel) dispergiert*

Nach Verdampfen des Wassers kommt es zu Vernetzungsreaktionen und zu einer Filmbildung

### Hilfsstoffe:

Netzmittel, Verfilmungshilfsmittel, Verdickungsmittel, Entschäumer, Weichmacher, Algizide, Fungizide,..

Steigerung der Wasserdampfdurchlässigkeit durch Füllstoffzusatz

„Volltonfarbe“: Dispersionsfarbe mit hohem Pigmentanteil

getrocknete Farbe ist nur mehr in org. LM löslich oder quellbar („Aceton-Test“)

Vorteil: hält fast überall, universell einsetzbar

### Nachteile:

hoher thermischer Ausdehnungskoeffizient (Abblättern, Einrollen)  
geringe Wasserdampfdurchlässigkeit (Salz- und Frostschäden)

## Kunstharzdispersion (als Silikonharzfarbe)

Bei Silikonharzfarben handelt es sich im Prinzip um Dispersionsfarben, denen siliziumorganische Verbindungen als Hydrophobierung zugesetzt werden. Als Bindemittel dienen meist Kunststoffe wie Polyvinylacetat.

## Latexfarbe

### 1) Echte, klassische Latexfarben (historisch)

Bindemittel: natürliches Latex (Milchsaft des Kautschukbaumes bzw. eine Emulsion aus Kautschuk und Wasser).

Dieses verleiht ihnen spezielle, früher sehr rare, Eigenschaften wie Wasserbeständigkeit, Wasserdampfdurchlässigkeit, Elastizität, Glanz etc., macht sie aber auch sehr kostspielig.

Hist. Verwendung: Spitäler, Stiegenhuser

### 2) Moderne „Pseudo-Latexfarben“

durch den Namen soll lediglich suggeriert werden dass diese Farben Eigenschaften wie die echten Latexfarben aufweisen. Eigentlich gewöhnliche Dispersionsfarben, die sie insbesondere zur Verwendung in hoch beanspruchten, z.B. öffentlichen Räumlichkeiten (Schule, Spital, Treppenhaus etc.) befähigen.

Besonders gut abwaschbar, d.h. wasserabweisend

## ENERGIESPAREN MIT SILICONHARZFARBE

QUELLE: <http://www.srep.com>

### Fraunhofer-Gutachten bestätigt Einsparpotenzial

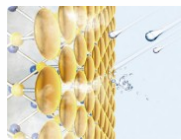


**Moderne Silikonharzfarben verringern den Wärmeverlust einer ungeschützten Fassade um bis zu 40 %. Besonders interessant für Denkmalschützer, die kein WDVS einsetzen können und wollen.**

Wasser ist ein hervorragender Wärmeleiter. Ein Ziegel mit einem Feuchteanteil von nur 4 % verliert die Hälfte seiner Wärme dämmenden Wirkung.

Silikonharzfarben halten Fassaden länger trocken – und unterstützen damit ideal alle Maßnahmen zur Außenwanddämmung. Das fand auch das Fraunhofer Institut für Bauphysik in Holzkirchen heraus.

An einzelnen Wandbauteilen in Nord- und Süddeutschland wurde der Einfluss von Wasseraufnahme und Diffusionswiderstand berechnet. Hochwertige Silikonharzfarben lieferten in allen Tests hervorragende Ergebnisse:



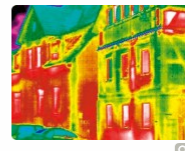
	Holzkirchen	Hamburg
Schlagregengruppe	III	II
w-Wert	0,05 – 0,1	0,05
sd-Wert	0,1	0,1

#### ENERGIEEINSPARUNG MIT SILICONHARZFARBE (MAX.)

Sandsteinfassade	13,1%	6%
Vollziegelfache	39,7%	18,9%

#### Weniger Heizwärme, optimale Energiebilanz

Auch auf die Gesamtenergiebilanz eines Hauses kann sich der Einsatz einer Silikonharzfarbe signifikant auswirken. Allein die Hydrophobierung einer Fassade kann den Gesamtverbrauch der Heizwärme eines Hauses um durchschnittlich 4,6 % senken. Und das vor dem Hintergrund, dass keine weiteren Schritte für eine Optimierung der Energiebilanz eingeleitet werden. Das bedeutet ein hohes Einsparungspotenzial für eine vergleichsweise einfach durchzuführende Maßnahme.



#### Anwendungsgebiet: Denkmal geschützte Gebäude

Zum Tragen kommen die Vorteile besonders dort, wo Wärmedämmverbundsysteme nicht erwünscht bzw. unmöglich sind – etwa bei Denkmal geschützten Gebäuden. Bei alten Gebäuden gehören Silikonharzfarben zu den wenigen Mitteln, die man zur Verbesserung der Energiebilanz einsetzen kann. Das spart Heizkosten und schont die Umwelt. Durch die Langlebigkeit des Fassadenanstrichs sparen sich Denkmalschützer beim Einsatz von Silikonharzfarben zusätzlich Renovierungsaufwand. Die Energiesparfarben tragen damit entscheidend zu einer kostengünstigeren und „grüneren“ Energiebilanz von Gebäuden bei.

#### QUELLEN

- „Beurteilung der energetischen Auswirkungen von hydrophobierenden Imprägnierungen und Anstrichen“, IBP-Bericht HTB-13/2007, Juni 2007
- „Hygrothermische Raumklimasimulationen zur Berechnung des Heizenergieaufwandes nach erfolgter Hydrophobierung, IBP-Bericht RKB-21-2007, November 2007

#### LINKS

Silikonharzfarbchemie  
Wärmedämmverbundsysteme  
Wasserabweisend  
[www.ibp.fraunhofer.de](http://www.ibp.fraunhofer.de)

Schadensklassiker bei Dispersionsanstrichen auf historischen Oberflächen

[www.konrad-fischer-info.de](http://www.konrad-fischer-info.de)



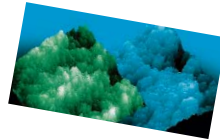
Mauerspinnen: häufig auf Silikonharzfarben beobachtet, jedoch kein 100%iger Indikator für organisches Anstrichsystem.

Kennzahlen von Silikatfarben ???



selbstreinigend

hoch wasserabweisend



Super Abperleffekt



wasserdampfdiffusionsoffen

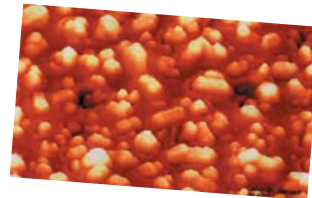
Schlagregendicht



hoch dampfdurchlässig



atmungsaktiv



Mit Nanotechnologie

Kennzahlen von Silikatfarben

Zit. aus Diplomarbeit bei Dr. Bagda (Caparol)  
publ. in Bagda und Michel: Farbe & Lack (1995)

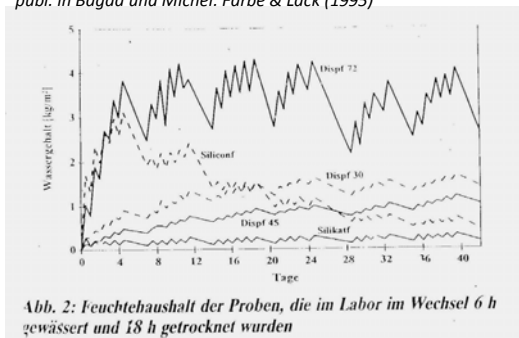


Abb. 2: Feuchtehaushalt der Proben, die im Labor im Wechsel 6 h gewässert und 18 h getrocknet wurden

- w-Wert Wasseraufnahmekoeffizient
- sd-Wert Diffusionswiderstand
- V-Wert Verdunstungsrate
- $\mu$ -Wert Wasserdampfdiffusionswiderstandsfaktor

Nicht die Farbe ist gut geeignet für historische Oberflächen, die feuchtigkeitsabweisend (hydrophob) ist, sondern die das Wasser möglichst schnell wieder abgeben kann.



### Wasseraufnahmekoeffizient (w-Wert)

Kennwert für die Wasseraufnahme eines Stoffes bei unmittelbarem Eintauchen in Wasser.

$$w = \frac{m}{A \cdot \sqrt{t}}$$

w...Wasseraufnahmekoeffizient [kg/(m<sup>2</sup> h<sup>0,5</sup>)]  
 m...Masse [kg]  
 t...Zeit [h]  
 A...Fläche [m<sup>2</sup>]

Beschreibt eigentlich die kapillare Sauggeschwindigkeit eines Baustoffs, wird aber häufig als Maß für die kapillare Saugfähigkeit von Baustoffen verwendet. Die Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten erfolgt nach DIN 52617 bzw. DIN-EN 1062.

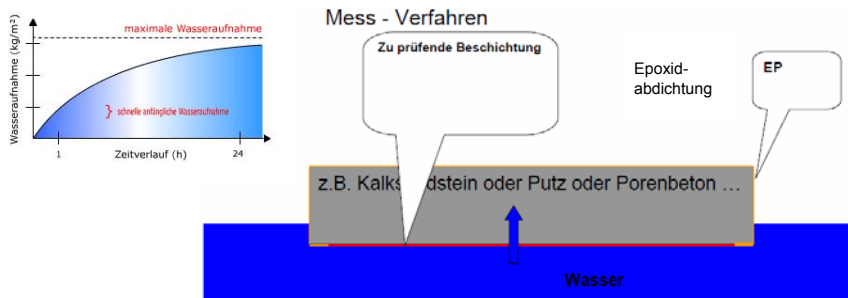
**Definition:**

Der Wasseraufnahmekoeffizient beschreibt die kapillare Wasseraufnahme eines Baustoffs in kg/m<sup>2</sup> nach einstündiger Saugzeit, auf den Trockenzustand bezogen. Wenn ein Baustoff einen w-Wert von 0,5 besitzt, dann hat er nach einstündiger Saugzeit eine kapillare Wasseraufnahme von 0,5 Liter pro m<sup>2</sup>, vom Trockenzustand aus gerechnet.

W-Wert-Klassen „Wasserdurchlässigkeit nach EN 1062“			
		w-Wert [kg/m <sup>2</sup> h <sup>0,5</sup> ]	W-Wert [g/m <sup>2</sup> d]
I	niedrig	<0,1	<490
II	mittel	0,1 – 0,5	490 – 2.450
III	hoch	>0,5	>2.450

w-Werte <0,05 sind mit diesem Verfahren nicht sinnvoll bestimmbar.

### Versuchsaufbau zur Ermittlung des w-Wertes



w-Wert [kg/m<sup>2</sup>h<sup>0,5</sup>]

Pro Tag: W = w x 24 h<sup>0,5</sup>

W = w x 4,9 [g/m<sup>2</sup>d]

Bspe für Umrechnung:

l/m <sup>2</sup> 24h:	0,5	2,5	10
w-Wert:	0,1	0,5	2

Bspe für Kennwerte w [kg/m<sup>2</sup>h<sup>0,5</sup>]

Ziegel: 20  
 Kalkstein: 5 - 10  
 Beton: 1 - 3  
 Dispersion: 0,05 – 0,2

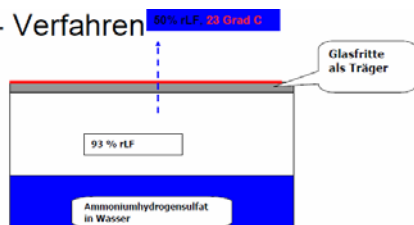
Anm.: Vor der Wägung ist die Oberfläche „sorgfältig zu trocknen“.

### V-Wert: Verdunstungsrate

Wie viel Wasser in einer bestimmten Zeit bei 23°C entweichen kann.

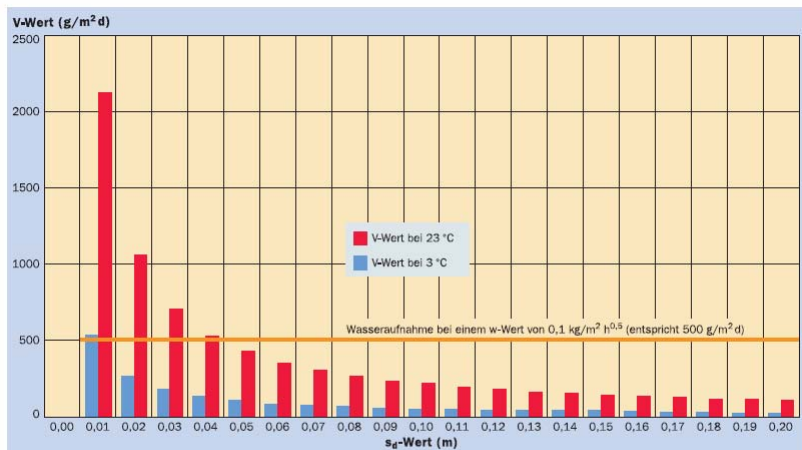
Pro Tag sollte mindestens so viel Wasser ausdiffundieren können als aufgenommen wird.

#### Mess - Verfahren



#### V-Wert-Klassen nach EN 1062

		V-Wert [g/m <sup>2</sup> d] @ 23°C	V-Wert [g/m <sup>2</sup> d] @ 3°C
I	hoch	>150	>37
II	mittel	15 - 150	4 - 37
III	niedrig	<15	<4



Austrocknung eines Anstrichs in Abhängigkeit von seinen s<sub>w</sub>-Werten. Je grösser der s<sub>w</sub>-Wert, desto schlechter ist die Verdunstungsrate (V-Wert). Bei warmem Wetter (23 °C, rote Säulen) erfolgt die Austrocknung etwa viermal schneller als bei kaltem Wetter (3 °C, blaue Säulen). Die orangefarbene Linie zeigt die kapillare Wasseraufnahme bei einem w-Wert von 0,1 kg/m<sup>2</sup>h<sup>0,5</sup>, also einer Wasseraufnahme von 500 Gramm pro Quadratmeter in einem Tag. Damit eine Fassade auf Dauer trocken bleibt, muss der durchschnittliche V-Wert über dem durchschnittlichen w-Wert liegen.

### Wasserdampfdiffusionswiderstandsfaktor „ $\mu$ “

Der Wasserdampfdiffusionswiderstand gibt an, wie stark ein Baustoff die Diffusion von Wasserdampf behindert und wird in Form der Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl  $\mu$  ausgedrückt.

$\mu$  ist ein dimensionsloser Materialkennwert, der angibt, um welchen Faktor das betreffende Material gegenüber Wasserdampf dichter ist als eine gleich dicke, ruhende Luftschicht. Je größer die  $\mu$ -Zahl, desto dampfdichter ist der Baustoff. Die Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl kann dabei keine Werte kleiner 1 ( $\mu_{\text{Luft}} = 1$ ) annehmen, jedoch bis Unendlich ansteigen.

Die  $\mu$ -Zahlen für die gebräuchlichsten Baustoffe werden in der DIN EN ISO 10456 und der DIN 4108-4 beziffert.

Multipliziert man die Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl mit der Dicke der Bauteilschicht, so erhält man die wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke (sd-Wert).

Meist besteht ein Bauteil aus mehreren Schichten, so dass die sd-Werte der jeweiligen Schichten addiert werden müssen, um den Diffusionswiderstand des gesamten Bauteils zu errechnen.

Eine genaue Kenntnis über die Wasserdampfdiffusionswiderstandszahlen einzelner Baustoffe in einem Bauteil ist wichtig zur Vermeidung von Tauwasserausfall und Schimmelbildung.

### Wasserdampfdiffusionswiderstandsfaktor „ $\mu$ “

Luft	1 (per def.)
Mineralwolle	ca. 1
Kalkputz	ca. 10-30
Holz	ca. 40
Beton	ca. 100
2K-Silikat:	50
1K-Silikat:	100 – 300
Dispersion:	>200

Der  $\mu$ -Wert von Luft ist mit 1 definiert. Holz hat z.B. gegenüber Luft den 40-fachen Widerstand ( $\mu = 40$ ). Dies bedeutet, dass das Diffundieren einer bestimmten Wassermenge durch das Holz 40-mal so lange dauert wie durch eine Luftschicht gleicher Stärke.

Industrie: „Wenn nicht genug abdampfen kann, machen wir, dass gar nicht erst so viel rein geht.“

→ Hydrophobierung

Hydrophobierung bildet jedoch einen Feuchtfilm auf der Oberfläche. Hydrophobe Oberflächen sind länger feucht als hydrophile Oberflächen (Fraunhofer IBP Holzkirchen)

→ Biogener Befall

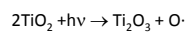
→ Biozide

→ halten nicht lange an Oberflächen

## Titanweiß, $\text{TiO}_2$

### Photoaktivität von $\text{TiO}_2$ :

Bei Belichtung von Abmischungen mit organischen oxidierbaren Stoffen (z.B. Farbkörpern) tritt Bleichung auf.



Der dabei gebildete atomare Sauerstoff wirkt stark oxidierend (bleichend) auf andere Substanzen.

### Erklärung:

$\text{TiO}_2$  fungiert als Halbleiter, es bildet sich bei UV/VIS-Einstrahlung ein Potential von 2,9V aus.

### Folgen:

Bindemittel (Kunststoff) wird abgebaut → Farbe krei det  
Organische Pigmente können gebleicht werden.  
Heute von den Herstellern weitgehend in den Griff bekommenes Problem



## Organische Pigmente

1992 KEIM Granital, Ocker 1995 organisches Pigment



[www.keimfarben.de](http://www.keimfarben.de)

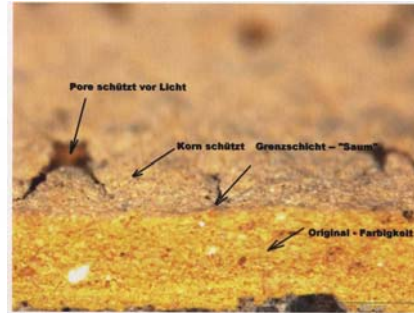


Foto: Ingo Rademacher, Restauo Extra: KEIM-Farbe Werbebroschüre



Linz, Landstraße 28, Sept. 2007 Vorzustand  
Foto: BDA



Linz, Landstraße 28, März 2009  
Foto: BDA



### weiße Pigmente

Bleiweiß  
Permanentweiß (Schwerspat)  
Zinkweiß  
Titanweiß

### Verwendung ab

Altertum  
1830  
1834  
1938



### blaue Pigmente

Azurit  
Indigo (natürlich)  
Ultramarin (natürlich)  
Smalte  
Preußischblau (künstlich)  
Coelinblau  
Cobaltblau  
Ultramarin (künstlich)  
Phthalocyaninblau  
Manganblau

Altertum  
Altertum  
11. Jhdt.  
Ende 15. Jhdt.  
1704  
1805  
1777  
1826  
1935  
1935



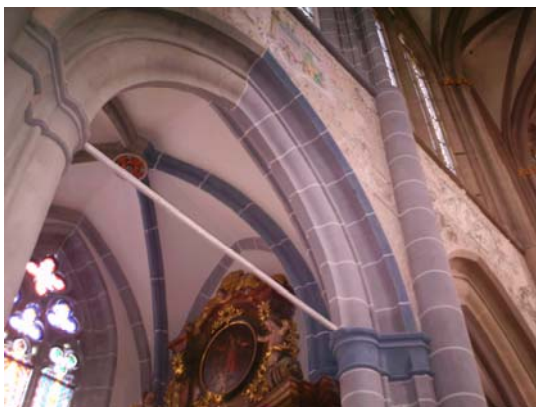
### Grüne Pigmente

Grüne Erden  
Malachit  
Grünspan  
Schweinfurter Grün  
Kobaltgrün  
Chromoxydgrün

Altertum  
Altertum  
Altertum  
1805  
1830  
1830er



Beispiel für Fassungsuntersuchungen in der Denkmalpflege:  
Zwettl, NÖ, Stiftskirche  
Seitenschiff, Decke, Azuritfassung mit dunkler Unterlegung





Padua, Arena Kapelle  
Giotto, 1303-1306

## Azurit

seit der Antike  
beständig in Öl, Tempera und Kalk

### Mögliche Veränderungen:

- Sulfidschwärzung mit  $H_2S$  (Kasein)  
 $Cu(OH)_2 + H_2S \rightarrow CuS + 2 H_2O$   
 $CuCO_3 + H_2S \rightarrow CuS + CO_2 \uparrow + H_2O \uparrow$
- Azuritvergrünung:  
 Azurit:  $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$   
 Malachit:  $Cu_2(CO_3)(OH)_2$   
 Chem. Bedingungen dafür noch nicht geklärt,  
 Feuchtigkeit jedenfalls Voraussetzung, hat nicht  
 zu tun mit einer evtl. Kalkunverträglichkeit.  
 (nicht verwechseln mit Vergrünung durch  
 Bindemittelgilbung!)
- Bildung von basischen Kupferchloriden:  
 Atacamit:  $Cu_2Cl(OH)_3$   
 Paratacamit:  $CuCl_2 \cdot 3Cu(OH)_3$

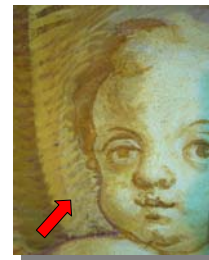
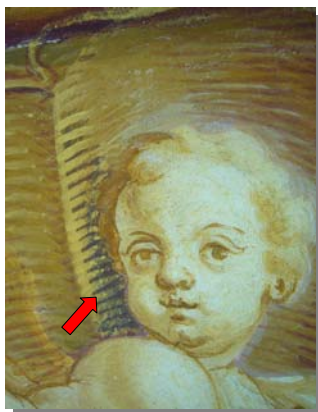
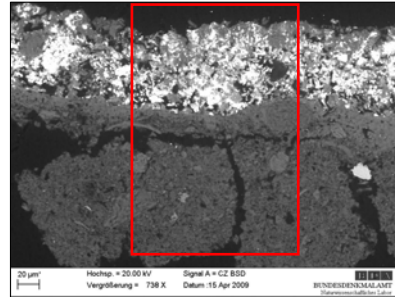
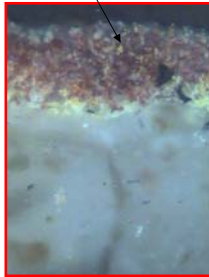


Gurk, Ktn, Dom, Wandmalerei



Steiermark, Stift Rein,  
Zisterzienserkloster,  
Huldigungssaal  
Joseph Amonte 1740

Neapelgelbschwärzung



Fotos und Restaurierung: Berzobohaty, Bizzarri, Riff-Podgorschek, Lauth

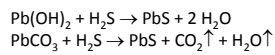
## Bleiweiß

(Bleihydroxycarbonat, basisches Bleicarbonat,  $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$ )

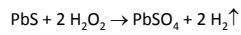
Säureempfindlich, in Ölfarben gut vor Verwitterung geschützt  
fallweise auf Naturstein  
In Kalk und Wasserglas nicht beständig (nicht alkalifest)  
Grundsätzlich seit 1989 EU-weit verboten, Ausnahme für Restaurierungen



### 1. Verschwärzungsreaktion:



Redoxreaktion:



Da  $\text{PbSO}_4$  farblos (weiß) ist, wird das ursprüngliche optische Erscheinungsbild von Bleiweiß wieder hergestellt.

## Welcher Anstrich ist der richtige?????

- 3 Prinzipien:
- 1.) nach außen hin diffusionsoffener werden
  - 2.) nach außen hin weicher werden
  - 3.) im System bleiben

Auswahl sollte sich nicht nach der Widerstandsfähigkeit gegen Umwelteinflüsse bzw. der Dauerhaftigkeit orientieren.

Geeignet ist eine Farbe, wenn sie dazu beiträgt, ihr Trägermaterial zu erhalten („Nachhaltigkeit“)

ästhetische Wirkung

langfristige Pflegefähigkeit

langfristig kostengünstige Pflegekostenbilanz

organische BM-zusätze nur in begründeten Fällen anwenden

organischer Anteil jedenfalls  $\leq 5\%$  / Trockenfarbe, bzw.  $2,5\%$  / Naßfarbe

Nicht maximale Erneuerung sondern minimaler Eingriff zur Bewahrung!

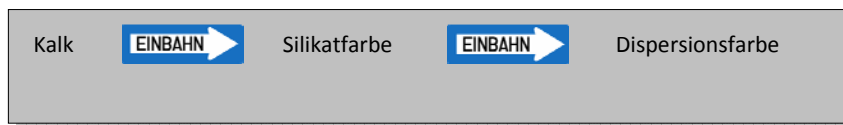
### Welcher Anstrich ist der richtige?????

#### *Wirtschaftlichkeit Kalk – Silikat*

Kalk: billiges Material, teure Arbeitszeit (3-fach mit Zwischenfeuchten)  
Preisanteil des Materials bei Kalk: 0,01%

Silikat: billige Arbeitszeit, „teures“ Material

Faustregel: je größer der Zementanteil im Putz ist, umso mehr kann der Silikatfarbe der Vorzug gegeben werden.



GRUNDSATZ:

„IM SYSTEM BLEIBEN“

### Hydrophobierungen

- Substanzen: Silane, Siloxane, Silikonharze (=siliziumorganische Verbindungen)
- wirken wasserabweisend (=hydrophob)
- reagieren chemisch mit mineralischen Baustoffen zu festen Verbindungen
- verfärben den Baustoff nicht
- gute UV- und Witterungsbeständigkeit
- reduzieren die Wasseraufnahme
- vermindern die Wasserdampfdurchlässigkeit nur geringfügig (5-10%)
- Kontroverse: Auswirkung auf Oberflächenschmutz (*Problem häufig in Verb. mit WDVS- Fassaden*)





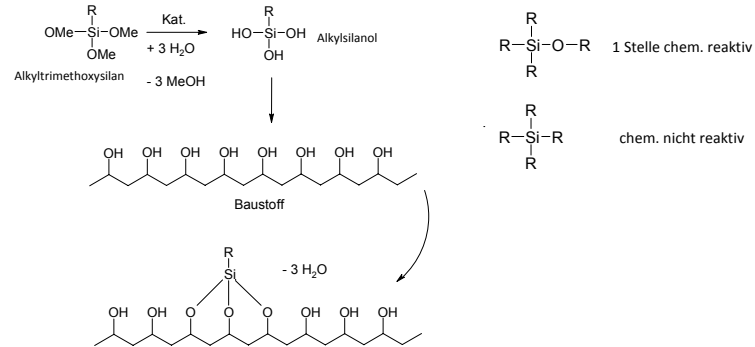


### Hydrophobierung: Wirkungsweise

Monomolekulare Form der Polysiloxane bzw. Siloxane  
Haben daher gutes Eindringvermögen in einen Baustoff.

Mehrere Silane reagieren zu einem Siloxan

Mehrere Siloxane reagieren zu einem Polysiloxan (Silikonharz)



funktionelle Organosilane als Haftvermittler zwischen mineralischen Materialien (Stein) und Kunststoffen

#### Größte Probleme:

- Hinterwanderung von Feuchtigkeit und daraus resultierende Folgeschäden
- Geringe Eindringtiefen
- Irreversible Maßnahme
- Frage der weiteren Pflege ist nicht gelöst

#### Vorher abklären:

- Intakte Wasserführung am Bauwerk
- Aufsteigende Feuchte?
- Fugennetz intakt?
- Hohlräume/Risse?
- Innenseitiges Tauwasser?
- Materialzusammensetzung (saugend/nicht saugend)
- Wasseraufnahmeverhalten
- Bauteilgeometrie
- Exposition
- Salzbelastung
- Klima, Mikroklima
- Restauriergeschichte
- Erhaltungszustand





Stiftskirche Eisgarn, NÖ, März 2009

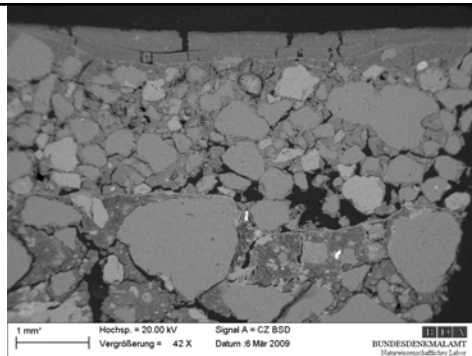
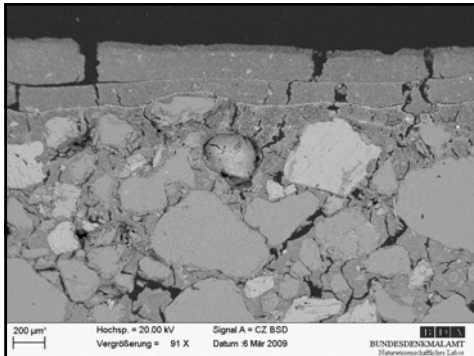
Neue Verputzung mit Kalkputz und Kalkfärbelung

und

*anschließender Hydrophobierung*

vor ca. 10 Jahren

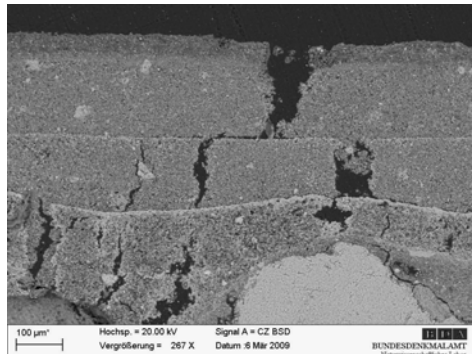
⇒ Schadensbild: Putz fällt in ca. 2 cm dicken Schollen ab



Rasterelektronenmikroskop

Stiftskirche Eisgarn, NÖ, März 2009

*Verhärtung der oberen Putz- und Anstrichlagen infolge einer Hydrophobierung.*



## Hydrophobierung von Stein

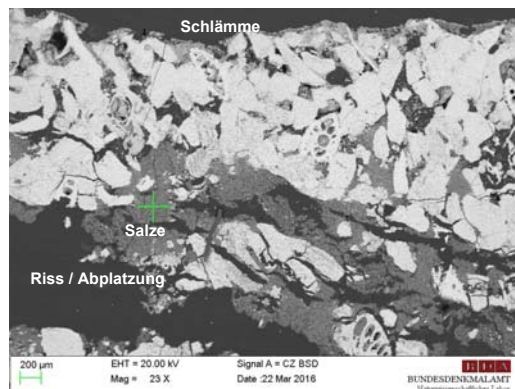


Neunkirchen, NÖ, November 2016

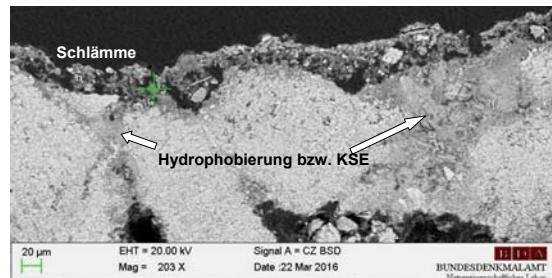
*Kalkstein, 1985 hydrophobiert und geschlämmt*



## Hydrophobierung von Stein



## Hydrophobierung von Stein



## Farbanalysen

- Farbe lässt sich biegen: → Kunstharzfarbe
- Feuerzeugprobe: Farbe wird schwarz beim Anzünden: → Kunstharzfarbe
- Geruchsprobe in Eprovette (karzinogen): für Polystyrolacrylat
- Farbe löst sich mit Aceton/Wattestäbchen: → Kunstharzfarbe
- Qualitative Identifikation des Kunstharzes: FTIR-Analyse (BDA-Labor)
- Bestimmung des Glühverlustes (% Kunstharzanteil/Trockenfarbe)

Akkreditierte Prüfstellen:

*MA 39, Versuchs- und Forschungsanstalt der Stadt Wien  
Rinnböckstraße 15, 1110 Wien*

*ofi Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik  
Franz-Grill-Straße 5, Arsenal Objekt 213, 1030 Wien*

*Technische Versuchs- und Forschungsanstalt GmbH der Technischen Universität Wien  
Gulßhausstraße 25a, A-1040 Wien*



