

WTA JOURNAL

Internationales Journal
für Technologie und Praxis der
Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege

International Journal
for Technology and Applications in
Building Maintenance
and Monument Preservation

2 – 2004

Wissenschaftlich-Technische-Arbeitsgemeinschaft
für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.

E. von Plehwe-Leisen Graffiti-Schutzbehandlungen von Natursteinfassaden - Nutzen und Gefahr	201
I. Rademacher „Sol-Silikat-Technologie – Eine mineralische Alternative auch auf Natursteinen“	217
Praxisforum	
G. Patitz Moderne Methoden der Bauwerksdiagnostik	229
WTA-News	
<i>Offizielle WTA-Mitteilungen</i>	21
<i>Aus der WTA: Regionale Gruppen/Referate</i>	23
<i>Veranstaltungen</i>	30
Inhaltsverzeichnis IZB 1/2004	
Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen und Baudenkmalpflege <i>International Journal for Restoration of Buildings an Monuments</i>	41
Buchbesprechung	43
Lesermeinung	49

Sol-Silikat-Technologie – Eine mineralische Alternative auch auf Natursteinen

Dr. Ingo Rademacher, KEIMFARBEN GmbH & Co. KG, Diedorf



Dr. Ingo Rademacher

Diplom-Chemiker, Studium an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen, Naturwissenschaftliche Promotion in der Physikalischen Chemie über die Oberflächen oxidischer Materialien. Seit 1990 in der Baustoffindustrie tätig. Mehrere Patente zum Arbeitsbereich „mineralisch gebundener Massen“. In 2000 Abschluß eines Zusatzstudiums im Bereich Altbausanierung und Denkmalpflege an der Universität Dresden. Seit 2001 Leiter der Entwicklung bei KEIMFARBEN GmbH & Co. KG.

Einführung

Silikatfarben und vor allem Dispersionssilikatfarben nach DIN 18 363, Abs. 2.4.1. sind seit Jahrzehnten als Anstriche und Lasuren auf Natursteinen [1][2], wie auch auf Putzen und Beton bewährt. Dabei erfüllen sie sowohl eine Schutzfunktion als auch eine Gestaltungsfunktion. Sie sind als mineralische Verwandte, vor allem zu den Gesteinen mit silikatischem Bindeanteil, materialgerecht im Sinne der Baudenkmalpflege [3]. Der Einsatz der silikatischen Farben auf Natursteinen reicht dabei von deckenden Anstrichen bis hin zu zart lasierenden Anstrichen. Auch für farntonangleichende Retuschen bei Steinerergänzungen werden Silikatfarben und Dispersionssilikatfarben eingesetzt. Dies ist sinnvoll, um das Saugvermögen der ergänzten Bereiche zu den anderen Steinen anzupassen.

Etwa ein halbes Dutzend Fassadenanstrichsysteme gemäß der DIN 18 363, Abs. 2.4.1 sind heute von Bedeutung. Zu diesen Anstrichsystemen gehören z. B. die Dispersionsfarben und die Siliconharzemulsionsfarben. Bei den mineralisch abbindenden Anstrichsystemen (Mineralfarben) sind die Kalkfarben, Silikatfarben und die Dispersionssilikatfarben von Bedeutung. Die 2-komponentigen Silikatfarben ohne jegliche organische Zusätze bezeichnet man als die Silikatfarben der 1. Generation und die mit maximal 5 Gew. % organischen Zusätzen vermischten 1-komponentigen Dispersions-silikatfarben als Silikatfarben der 2. Generation. Mit der sogenannten 3. Generation der Silikatfarben ist eine weitere Optimierung der silikatischen Bindemitteltechnologie gelungen. Diese 3. Generation der Silikatfarben sind die sogenannten Sol-Silikatfarben.

Die klassische Silikat-Technologie

Natursteine gelten generell als sensibler Anstrichuntergrund. Daher ist bei der Bestandaufnahme der Zustand des Gesteines zu überprüfen, bevor mit anstrichtechnischen Maßnahmen begonnen wird. Insbesondere sind die folgenden Punkte zu klären:

- 1.) Welches natürliche Bindemittel enthält der Stein?
- 2.) Welches Festigkeitsprofil besitzt der Stein von außen nach innen?
- 3.) Ist der Stein ausgelaugt und sandet die Oberfläche?
- 4.) Zeigt der Stein an der Oberfläche eine Kruste oder Schale?
- 5.) Gibt es Schadstoffe an der Oberfläche und können Eisen- oder Manganverbindungen aktiviert werden?
- 6.) Welche Sanierungsaltlasten (organischer Art) oder biogene und organische Verschmutzungen sind an der Oberfläche und in der Gesteinstiefe vorhanden?

Nach diesen Voruntersuchungen ist eine Auswahl der silikatischen Anstrichstoffe möglich. Für die Anwendung kamen bisher die reinen Silikatfarben und auch die Dispersionsilikatfarben in Frage. Dabei ist vor der Anwendung auch die Frage der Anstrichtransparenz zu klären. Durch die Verwendung von Basisfarbe und zugehörigem Fixativ (je nach Untergrund auch mit Wasser verdünnt) sind gestalterisch alle Anstrichmöglichkeiten von deckend bis hochtransparent (lasierend) möglich.

Für mechanisch feste Gesteine hat sich die Gestaltung mit reinen Silikatfarben bewährt [8]. Die Erfahrungen, zum Beispiel vom Mainzer Dom und vom Limburger Dom, belegen die hohe Nachhaltigkeit dieser Technologie.

Sehr sicher in ihrer Anwendung sind die Dispersionsilikatfarben. Schon durch die Zugabe von definierten Mengen an organischen Inhaltsstoffen in Dispersionsilikatfarben lassen sich deutlich spannungsärmere Silikatfarben erzielen [4]. So sind die Dispersionsilikatfarben universeller auf Natursteinen einsetzbar. Auch die Dispersionsilikat-Technologie erlaubt lasierende Anstriche [Abb. 1]. Insbesondere weichere Gesteine sind mit dieser Technologie zu pflegen und zu gestalten.



Abbildung 1: Bausanierung mit Dispersionsilikatfarben auf Naturstein

Die Anzahl an Flächen mit Mischuntergründen wächst zunehmend. Solche Mischuntergründe sind oft durch Wechsel der Materialart auf kleinsten Flächen gekennzeichnet [Abb. 2]. Bei Natursteinen zeigt sich dies beispielsweise durch mit alten Kunstharzdispersionsresten oder Hydrophobierungen belasteten Untergründen. Bisher forderten diese Untergründe die Vorbehandlung durch einen mineralischen „Contact“-Anstrich mit mittlerer Korngröße, bevor die eigentliche „feine“ Dispersionssilikatfarbe ausgeführt werden kann. Bei den anderen Anstrichsystemen, wie Dispersionsfarben oder Silikonharzfarben, wird hingegen auf mineralischen Untergründen die Anwendung von acrylhaltigen Tiefgründen (oft lösemittelhaltig) laut geltenden Richtlinien vorgeschrieben. Anschließend kann mit einer „feinen“ Farbe auf diese Untergründe gestrichen werden.

Die beschriebenen Mischuntergründe von Natursteinen, Putzen oder Beton ohne strukturenbende „Haftbrücke“ auch mit einer feinen Dispersionssilikatfarbe direkt farbig zu gestalten und gleichzeitig ein sehr spannungsarmes Anstrichsystem zu schaffen, ist der „Clou“ der Sol-Silikat-Technologie.

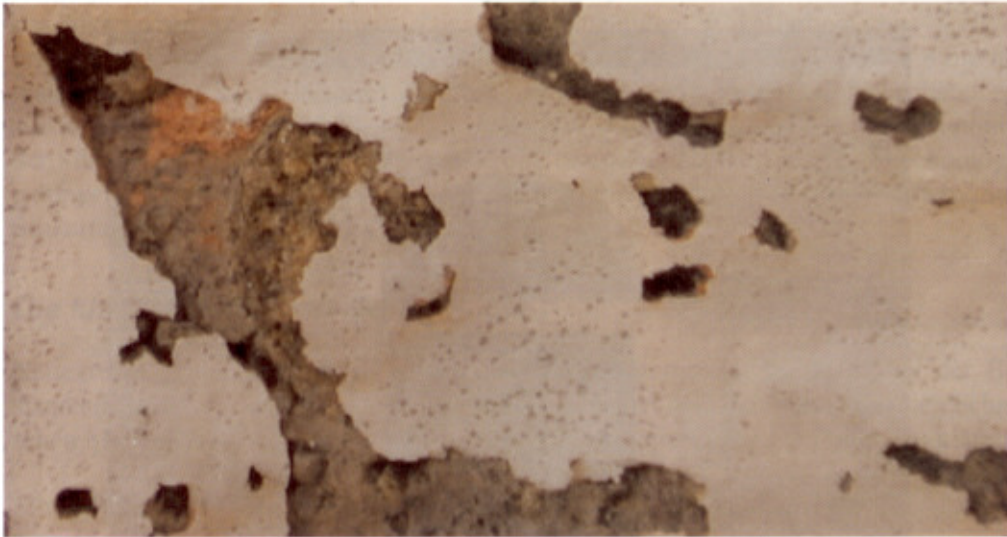


Abbildung 2: typischer Mischuntergrund in der Bausanierung

Die Sol-Silikat-Technologie

Diese Technologie ist die 3. Generation der Silikatfarben. Ihr Kennzeichen ist eine wesentliche Weiterentwicklung der silikatischen Bindeeigenschaften. Dadurch ist es jetzt möglich, Dispersionssilikatfarben auch auf organischen Untergründen und Anstrichresten zur Haftung zu bringen.

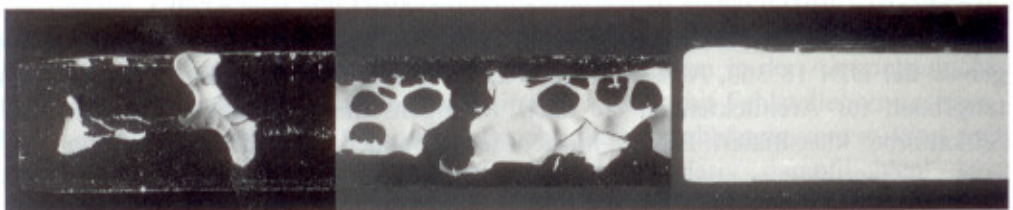
Wie erhält man diese Eigenschaften?

Der Schlüssel zu diesen Eigenschaften liegt in der speziell abgestimmten Mischung aus Kieselsole und Wasserglas. Durch eine gesteuerte Reaktion der feinverteilten Kieselsäure (Sol) und dem alkalischen Wasserglas entstehen neue silikatische Strukturen. Zur Steuerung der Reaktion wird ein Stabilisator verwendet. Erst durch dieses Verfahren ist es möglich, lagerstabile Farben herzustellen. Kieselsole werden seit langem in der Steinrestaurierung zur Herstellung von Hinterfüllmassen und Injektionsmörteln eingesetzt [5] [9].

Wie kann man die neuen Eigenschaften anschaulich darstellen?

Hierzu betrachten wir uns die folgende Bilderserie [Abb. 3]. Diese Darstellung zeigt einen Modellversuch. Dazu wird jeweils die gleiche Füllstoff-Pigmentmischung mit der gleichen Menge an unterschiedlichen Bindemitteln (Festgehalt konstant) angemischt. Als Bindemittel dienen im Modellversuch ein klassisches Wasserglas, ein reines Kieselol sowie eine speziell eingestellte Mischung aus stabilisiertem Kieselol und Wasserglas.

Diese „reinsilikatischen“ Farben werden auf einen elastischen Untergrund appliziert. Im dargestellten Modellversuch diente eine schwarze PVC-Folie (Marke Leneta) als Untergrund [Abb. 3]. Die Farben mit den Bindemitteln Wasserglas sowie Kieselol zeigen [Aufstrich 1 und 2] deutliche Benetzungsprobleme. Vor allem bei der Farbe mit dem Wasserglas und aber auch bei der Farbe mit dem Kieselol treten sichtbare Risse auf. Es entstehen im Verlauf ihrer Trocknung mikrometergroße „Scherben“ ohne Haftung. Die Sol-Silikatbindemittelkombination zeigt hingegen eine homogene Oberfläche ohne erkennbare Rissbildung [Aufstrich 3]. Die dargestellte Sol-Silikatkombination enthält keinen Zusatz an Kunstharzdispersion. Die verbesserten Bindeeigenschaften sind daher eindeutig auf die Kombination von Kieselol und Wasserglas zurückzuführen.



Aufstrich 1: reines Kieselol,
weiß pigmentiert

Aufstrich 2: reines Wasser-
glas, weiß pigmentiert

Aufstrich 3: Sol-Silikatfarbe,
ohne Dispersionszusatz

Abbildung 3: Silikatische Bindemittel mit der gleichen Füllstoff-Pigmentmischung auf PVC-Folie

Welche Einsatzbereiche erhält man mit diesen Eigenschaften?

Die zunehmende Anzahl an Flächen mit Mischuntergründen [Abb. 2] an Natursteinen, Putzen und Beton können jetzt ohne Einschränkungen gestaltet werden. So sind nun auch mit organischen Substanzen vorbehandelte Natursteine (z. B. durch Altlasten einer vorangegangenen Sanierung) direkt, ohne mineralische Haftbrücke und damit ohne Veränderung der Kornoberfläche, zu streichen oder zu lasieren. Dies gilt sowohl für mit Kunststoffdispersionsresten belastete wie auch für hydrophobierte Natursteinuntergründe. Bisher forderten diese Untergründe die Vorbehandlung durch einen mineralischen „Contact“-Anstrich, bevor die eigentliche „feine“ Dispersionssilikatfarbe ausgeführt werden konnte. Dieser Aufbau verändert aber die Oberflächenkornstruktur durch die 0,5 mm Zuschlagkörnung des „Contact“-Anstriches. Jetzt ist ein „feiner“ Dispersionssilikatfarbenanstrich direkt auf diese Untergründe möglich.

Was bringt die Sol-Silikat-Technologie bei rein mineralischen Untergründen?

Auch auf Natursteinflächen ohne organische Altlasten ist die Sol-Silikattechnologie empfehlenswert. Die optimierten silikatischen Bindeeigenschaften führen auch zu einer mineralischen Anbindung an den Natursteinuntergrund. Gleichzeitig wird durch die Bindemittelkombination eine einzigartige Mikrostruktur eingestellt. Diese Mikrostruktur wird durch die nanoskaligen Kieselolbausteine ausgelöst. Während der Abbindung des Anstriches entsteht ein nanoskaliges mikroporöses alkaliarmes silikatisches Bindegel. Wie der oben angeführte Modellversuch auf dem elastischen Untergrund beweist [Abb. 3] ist das Bindemittelsystem spannungsarm. Diese Eigenschaft ist auch auf den Einsatz von Kieselol zurückzuführen [9]. Die neuartigen Bindeeigenschaften des Bindemittels für sich allein versprechen auch bei anderen steinrestauratorischen Anwendungen neue Effekte.

Ein zusätzlicher Vorteil der Sol-Silikat-Technologie ist die schnellere Abbindung der Anstrichschichten. Dies ergibt zusätzliche verarbeitungstechnische Sicherheit bei ungünstigen Witterungsverhältnissen.

Da die Sol-Silikatfarbe auch organische Zusätze (unter 5 Gew. %) enthält, gilt sie gemäß der DIN 18 363, Abs. 2.4.1 auch als Dispersionssilikatfarbe. Im Standardleistungsbuch für Architekten ist sie auch als eigenständige Qualität mit „Kieselol-Silikatfarbe“ klassifiziert. Dies ist hinsichtlich der neuen Eigenschaften auch sinnvoll.

Der Feuchtehaushalt der Anstrichsysteme

Sol-Silikatfarben wie KEIM Soldalit erfüllen auch weitere Ansprüche eines idealen Anstrichsystemes. Die Qualitätsansprüche von Farbsystemen auf Natursteinuntergründen wurden bei Sneathlage [7] konkretisiert:

Die kapillare Wasseraufnahme und der Wassereindringkoeffizient (w -Wert) sollen klein sein. Der Wasserdampfdiffusionswiderstand (μ - oder s_d -Wert) soll durch den Anstrich nicht erhöht werden.

Sol-Silikatfarben besitzen einen idealen „Feuchtehaushalt“. Über ihre bauphysikalischen Kennwerte wie s_d -Wert bzw. dem V -Wert (gemäß EN ISO 7783-2) kann ihr Potential zur Wasserabgabe über die Dampfphase des Anstriches berechnet werden. Dieses ist bei Sol-Silikatfarben (KEIM Soldalit) mit einem V -Wert (Wasserdampf-Diffusionsstromdichte) von circa 2000 g/m^2 in 24 h extrem hoch. Die marktgängigen Siliconharzfarben besitzen Wasserdampf-Diffusionsstromdichten von nur circa 400 g/m^2 am Tag. Das diesen Zahlen zugrunde liegende Bestimmungsverfahren ist als DIN EN ISO 7783-2 genormt. Das bedeutet, dass die Anforderungen an das Bestimmungsverfahren für alle Farbenhersteller vergleichbar sind. Der s_d -Wert und der V -Wert beziehen sich auf Temperaturen von $23 \text{ }^\circ\text{C}$. Bei einer Temperatur von $13 \text{ }^\circ\text{C}$ verändert sich diese Wasserdampf-abgabemenge allerdings gemäß den physikalischen Gesetzen der Gaskinetik auf etwa die Hälfte! Je weniger Wasser über die Wasserdampfdiffusion abgegeben wird, desto länger bleibt eine nennenswerte Menge an Feuchte im Naturstein. Die Zunahme von Frost-Tau-Verwitterung und ein höheres Risiko von biogenem Befall (z. B. Algen und Pilze) sind die Folge. Überlegungen zum „Feuchtehaushalt“ sind auch messtechnisch schon umgesetzt worden. So bestimmte Bagda [10] schon 1995 die Wassermengen, die sich im Anstrichstoff in Abhängigkeit vom Wechsel zwischen Wasserbelastungen (Wasserlagerungen) und Trocknungsphasen (Wasserdampf-abgabe) ansammeln. Es zeigte sich, dass bei den verschiedenen Anstrichsystemen die Akkumulation von Wassermengen im Anstrich und im Untergrund unterschiedlich ist. Proben mit Dispersionssilikatfarben zeigten hierbei die besten Ergebnisse [10].

Bei der Wasseraufnahme liegen gut formulierte Dispersionsfarben und Siliconharzfarben mit den gut formulierten Dispersionssilikatfarben im vergleichbaren Bereich. Der entscheidende Unterschied von Dispersionssilikatfarben zu anderen Anstrichsystemen basiert vor allem auf dem hohen Potential der Wasserdampf-abgabe. Dies ist von entscheidender Bedeutung, wie die Überlegungen zu Fehlstellen in der Anstrichschicht [10] zeigen. Bei der Anstrichausführung ist immer wieder mit Fehlstellen zu rechnen (Haarrisse, Ausführungslücken), durch die Feuchtigkeit - unabhängig vom w -Wert der Beschichtung - eindringen kann. Daher reicht bei einem relativ „dampfdichten“ Anstrich auch ein extrem guter w -Wert bauphysikalisch nicht, um Durchfeuchtungen des Untergrundes zu verhindern. Ein hervorragender w -Wert ist also von weit geringerer Bedeutung in der Praxis als der s_d -Wert bzw. V -Wert.

Die optischen Vorteile von Mineralfarben

Es gibt aber auch ästhetische Argumente für den Einsatz von Sol-Silikatfarben. Die ungetrübte Farbbrillanz der Mineralfarben ist ein wichtiger Pluspunkt gegenüber ac-

rylhaltigen Anstrichstoffen. Große Mengen an Kunstharzdispersion in einer Anstrichformulierung bewirken einen grauen bzw. schmutzigeren Farbton. Dies wird durch die Lichtabsorption der mit dem Kunststoffilm umhüllten Pigmente verursacht. Dies wird bei Dispersionsfarben aber auch Siliconharzfarben beobachtet [11]. Die Farbtonbrillanz des Anstriches wird reduziert. Silikatfarben und Dispersionssilikatfarben zeigen hingegen keine Absorption des sichtbaren Lichtes. Sie zeigen im Gegenteil zusätzlich noch eine ungehemmte Lichtreflexion an den Kristallebenen der Pigmente [Abb. 4]. Dieser Effekt wird auch als „mineralische Brillanz oder Leuchten“ der Mineralfarben bezeichnet. Diese Erscheinung ist vor allem im Streiflicht gut zu beobachten und bringt eine Plastizität in die Fassade. Entscheidend hierfür ist die Verwendung von anorganischen Pigmenten und anorganischen Bindemitteln, um absolut lichtbeständige Farbtöne bis hin zu Volltönen zu ermöglichen.

Zusätzlich trocknen Sol-Silikatfarben, genauso wie die anderen Silikatfarben, absolut matt auf und entsprechen somit in sehr guter Weise der Natursteinoptik. Silikatfarben können sowohl deckend als auch zart lasierend auf porösem Naturstein verwendet werden.

Die beschriebenen optischen Vorteile von Silikatfarben und Dispersionssilikatfarben auf Natursteinuntergründen bleiben auch bei der Sol-Silikat-Technologie erhalten.

Ihrem universellen Charakter, auch auf Natursteinen, verdanken die Sol-Silikatfarben einen noch nicht angesprochenen Vorteil. Mit organischen „Altlasten“ versehene Natursteinflächen erhalten durch die Sol-Silikatfarbe wieder eine mineralische Oberfläche. Die Natursteinfläche erhält somit ihre einzigartige „mineralische Brillanz oder Leuchten“ wieder.

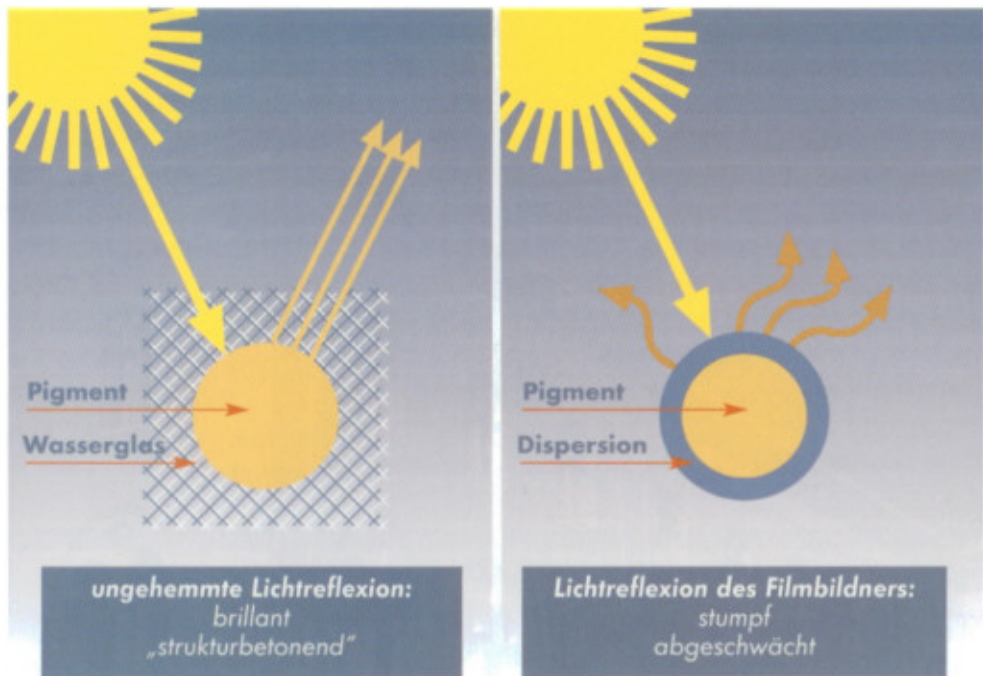


Abbildung 4: Lichtwirkung; Brechung und Absorption an Mineralfarben und an Farben mit hohem Kunstharzdispersionsanteil

Fazit

Die Sol-Silikat-Technologie bietet eine interessante mineralische Alternative für die Natursteinoberfläche. Diese Technologie bietet unter anderem einen spannungsarmen Anstrich. Der große Vorteil dieser Sol-Silikatfarben ist die nicht strukturverändernde, „nahezu universelle“ Einsetzbarkeit auch auf allen schon organisch behandelten Natursteinen. Die mit Sol-Silikatfarben gestrichenen Oberflächen haben eine mineralische Optik und bieten eine ideale Bauphysik durch ihre extrem hohe Wasserdampfdurchlässigkeit. Somit lassen sich Schutz und Gestaltung von Natursteinflächen in idealer Weise miteinander verbinden.



Abbildung 5: Bausanierung mit Dispersionssilikatfarben auf Naturstein

Literatur :

- [1] C. Brandes: *Anstriche und Beschichtungen für Bauwerke aus Naturstein*; Expert-Verlag, Renningen-Malmsheim, 1999.
- [2] A. Boue: *Farbe in der Steinrestaurierung*; Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2000.
- [3] I. Rademacher: *Grenzen und Möglichkeiten der Industrie zur Wiederherstellung historischer Architekturoberflächen*; ICOMOS-Tagung (Vortrag); München 2002
- [4] H. Elsner: *Silikatfarben in „Farbe in der Steinrestaurierung“*; Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2000, 33.
- [5] E. Kaiser: *Dünnschichtige Schlämme auf originalen Oberflächen mit kieselsolegebundenen Massen in „Farbe in der Steinrestaurierung“*; Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2000, 49.
- [6] E. Stadlbauer und C. Brandes:
Anstrichsysteme auf Naturstein im Bewitterungstest in „Farbe in der Steinrestaurierung“; Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2000, 129.
- [7] R. Snethlage: *Leitfaden Steinkonservierung - Planung von Untersuchungen und Maßnahmen zur Erhaltung von Denkmälern aus Naturstein*, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 1997.
- [8] J. Osswald: *Silikatfarbe Abbindeprozess und Untergrundbeeinflussung in „Farbe in der Steinrestaurierung“*; Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2000, 113.
- [9] Deffner & Johann GmbH:
Lieferprogramm; Röthlein, März 2004
- [10] E. Bagda und R. Michel:
Zur Beurteilung des Feuchtehaushaltes von Beschichtungsstoffen. Vincentz-Verlag, Hannover, Farbe + Lack, 7, 1995.
- [11] U. Erfurth: *Siliconharzfarbe - Dichtung und Wahrheit*; Callwey-Verlag, München, Die Mappe, 4, 1992.