

# bausubstanz

9/00



## **GLAS - SPECIAL**

Historische Verglasungen oder High-Tech-Fassade,  
beides sind Sanierungsthemen!

## **ALLES THEATER**

Umnutzung eines Straßenbahndepots zum tanzhaus nrw  
Ein Ballsaal wird zum Varieté  
Theaterstadel - Umbau einer alten Scheune

## **FARBE**

Sanierungskonzepte mit farbdesign  
Farbliche Gestaltung von Treppenhäusern  
Verwitterung von Silikatfarben



# 9/00

## ARCHITEKTUR

- 10 Umbau eines ehemaligen Straßenbahndepots zum tanzhaus nrw  
**Architekten: Jochen Boskamp / Dorothea Faust**
- 14 Restaurierung und Umbau eines Tanzsaals zum Varieté-Theater  
**Architekten: Sroka Architekten**
- 18 Umbau einer alten Scheune in ein Theater  
**Architekten: Hild & K.**

## SPECIAL - GLAS

- 24 Sanierete Lichtdecken im Neuen Rathaus in Hannover  
**Architekten: Pax, Hadamczik, Arndt, Brüning**
- 28 Eine neue Fassade für ein Geschäfts- und Bürohaus in Hamburg  
**Architekten: nps und partner**
- 31 Marktumfrage Sicherheitsgläser

## FARBE

- 32 Farbgestaltung als fester Bestandteil von Sanierungskonzepten  
**Von Katja Reich**
- 36 Farbliche Gestaltung von Treppenhäusern in Wohngebäuden  
**Von Friedrich Schmuck**
- 40 Verwitterung von Silikatfarben  
**Von Ingo Rademacher**

## TECHNIK UND FORSCHUNG

- 44 Akustiklösungen müssen nicht teuer sein  
**Von Olaf Cremer**
- 48 Abdichten von Gebäuden, Teil 5  
**Von Helmut Weber**

## FBE

- 54 Facility Management im Bestand  
**Von Jörg Lorenz**

## RECHT

- 58 Rechts-Forum - Gerichtsurteilsammlung mit Praxis-Tipps, Teil 32  
**Von Friedrich-Karl Scholtissek**

## PROBLEMLÖSUNG

- 61 Ein Aufzug für Schloss Neuschwanstein
- 62 Möglichkeiten der Aufzugsmodernisierung

## RUBRIKEN

- 5 Editorial
- 6 Magazin
- 8 Produktfocus - Trockenbau
- 47 Bücher und Broschüren
- 57 Forum
- 60 Weiterbildungskalender
- 64 Aktuelle Produkte
- 66 Planer und Autoren / Impressum

FOTO: SUZANNA LAUTERBACH, BERLIN



Ein alter Name wird Programm. Der »Glaskasten« im Berliner Wedding ist das neue Terrarium des Chamäleons.



## LANGE LEBENSDAUER

### Verwitterung von Silikatfarben

Von Ingo Rademacher

Silikatfarben sind bewährte Anstrichmaterialien mit einer relativ hohen Lebensdauer und damit langen Renovierungsintervallen. So wird von einer hohen Nutzungsdauer von 10-20 Jahren berichtet [1]. Dispersions-Silikatfarben, aber auch Anstriche mit hydrophobierten reinsilikatischen Farben, besitzen außerdem hervorragende bauphysikalische Eigenschaften [2,3] und eine sehr geringe Verschmutzungsneigung. Die ältesten Wasserglasanstriche wurden vor mehr als 150 Jahren angewendet. Aus diesem Grund und wegen ihrer überwiegend mineralisch matten Erscheinung, besitzen Sie große Bedeutung in der Denkmalpflege.

#### GRUNDLAGEN

Die DIN 18363 unterscheidet zwischen den Reinsilikatfarben ohne organische Bindemittel und den Dispersionsilikatfarben. Letztere besitzen einen durch die Norm festgelegten maximalen organischen Anteil (kleiner 5 Gew.%), der in der Praxis den Dispersionsanteil vorgibt.

Silikatfarben sind Anstriche, die mit dem Untergrund und mit ihren Füllstoffen nach der Applikation chemisch reagieren. Diese Reaktionen sind für die Qualität und die Verwitterungsbeständigkeit von entscheidender Bedeutung. Das Saugvermögen des Untergrundes, die chemische Reaktivität des Untergrundes und die Witterungsbedingungen bei der Applikation und Trocknung sind wichtige Reaktionsparameter. Darin unterscheiden sich diese Farben von den Dispersionsfarben, die bei der Trocknung physikalisch verfilmen und deren Ergebnis weniger stark von diesen Faktoren beeinflusst wird.

Bei der Anstrichtrocknung entsteht aus dem Bindemittel zunächst ein silikatisches Hydrogel. Dieses härtet unter weiterer Wasserabgabe zu einem röntgenamorphen Glasgel [7,8] mit 1-3 % Restwasser aus [6]. Die Aushärtung unter Wasserverlust wird begleitet durch Polykondensationsreaktionen der Silikatoligomeren. Der vollständige Ablauf dieser Reaktionen benötigt je nach Klimabedingungen bis zu drei Wochen. Das nach der Aushärtung entstandene Silikatnetzwerk ist chemisch identisch zu dem eines Silikatglases [6,8]. Es unterscheidet sich von diesem nur durch seinen höheren Wassergehalt und seine geringere Dichte. Untersuchungen im Rasterelektronenmikroskop lassen sowohl für reinsilikatische Farben als auch Dispersionsilikatfarben keine geschlossene Oberfläche erkennen. Man erkennt in diesen Abbildungen Füllstoff- und Pigmentagglomerate, die mit Bindemittelbrücken verklebt sind. Außerdem zeigen beide Anstrichsysteme bei hoher Vergrößerung vereinzelte feine Risse. Das sind die für die Wasseraufnahme entscheidenden Kapillarporen. Diese und die kleineren Gelporen sind aber auch für die Wasserdampfdiffusion wichtig. Die Anzahl und Verteilung der Poren ist vom Verhältnis Bindemittel zu Füllstoff in der Farbe abhängig.

#### BESTANDSANALYSE

Das Wissen um die Verwitterungscharakteristika eines Objektes ist von Bedeutung für konstruktive Planungen und für die handwerklichen Ausführungen bei Altbauintandsetzungen. Aus den Verwitterungseigen-

schaften des Altanstriches kann der Planer viele Eigenschaften seines Objektes ablesen. In der Folge kann er konstruktive Mängel beheben, die Anstrichsysteme anspruchsgerechter auswählen und die Bearbeitungsweise des Anstrichsystems steuern. Damit leistet er einen konservierenden Beitrag für das Bauwerk.

Die hier vorgestellten Untersuchungen wurden 1999 im Ergänzungsstudium am Weiterbildungszentrum für Denkmalpflege und behutsame Altbauintandsetzung, Dresden durchgeführt [5]. Ziel war es, die Zustände der Fassaden zu analysieren und mit bestimmten witterungs-, konstruktions- und anstrichtechnischen Eigenschaften (Lasur, Hydrophobie, Naturstein, Putz etc.) zu verbinden. Unter anstrichtechnischen Eigenschaften werden Werkstoffeigenschaften, aber auch handwerkliche und planerische Einflüsse verstanden. Es sollten systembedingte und nicht herstellerbedingte Verwitterungscharakteristika für Reinsilikatfarben und Dispersionsilikatfarben erforscht werden. Alle Untersuchungen wurden zerstörungsfrei durchgeführt. Es wurden sensorische und messtechnische Methoden angewendet. Um denselben Klimaeinfluss zu wahren, hat man bestimmte Objekte einer Region (vorderer Odenwald) untersucht. Die Sockelbereiche wurden wegen Spritzwassereffekten und Effekten durch aufsteigende Feuchte ausgeschlossen.

#### DIE HAUPTWETTERRICHTUNG

Bemerkenswert war für alle Objekte die gefundene starke Abhängigkeit von der Hauptwetterrichtung. So zeigt



Abbildung  
turn  
likat  
lässt  
mes  
die  
mit  
kung  
sera  
den  
zen  
Erge  
Tren  
me  
Ges  
sind

Die  
te d  
silik  
sich  
likat  
tenb  
nung  
nah

An a  
den

Gel  
Gel

E

Füllstoff-  
agglomerate





- 1 Einfluss der Richtung West-Südwest auf die Reinsilikatfarbe eines Kirchturms
- 2 Südfassade des gleichen Objekts
- 3 Die besten Befunde zeigen die südöstlichen Fassadenbereiche
- 4 Unterschiedliche Verwitterung von Gewändeanstrichen

Abbildung 1 den starken Einfluss der Richtung West-Südwest für einen Kirchenwestturm nach 25 Jahren Standzeit mit Reinsilikatfarbe. Sogar der südwestliche Trend lässt sich aus den Farbabplatzern des Turmes (rechts) lesen. Die Abbildung 2 zeigt die südliche Fassade des gleichen Turmes mit der ebenfalls südwestlichen Verstärkung der Anstrichschäden. Höhere Wasseraufnahmewerte im westlichen Fassadenbereich (siehe auch Tabelle) unterstützen die optischen Befunde. Auch diese Ergebnisse stützen den südwestlichen Trend. Bemerkenswert ist auch die Zunahme der Verwitterung mit der Anzahl der Geschosse (Abb.1). Die oberen Geschosse sind Regen und Kälte stärker ausgesetzt.

Die Hauptwetterrichtung prägt alle Objekte der Region (siehe Tabelle). Ein zu Reinsilikatfarben vergleichbares Bild, zeigt sich beispielsweise an dem Dispersionsilikatfarbenanstrichen des Schlosses Lichtenberg. Hier ist die starke Westberegnung allerdings nur über die Wasseraufnahme eindeutig feststellbar.

An allen Objekten machen die Südfassaden optisch und messtechnisch den bes-

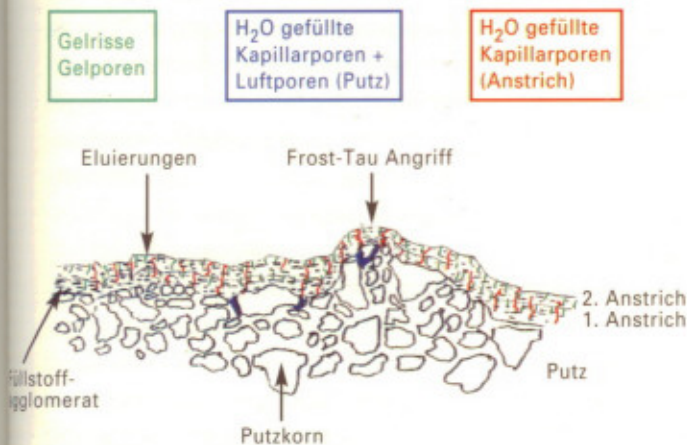
ten Eindruck. Dies gilt insbesondere für die südöstlichen Fassadenbereiche. Der Dispersionsilikatfarbenanstrich an Schloss Lichtenberg von 1978 (Abb. 3) zeigt diesen Befund. Somit spielen thermische Spannungen für die Verwitterung des silikatischen Materials keine Rolle. Es sind die geringen Wassergehalte im Silikatgel und in den Kapillarporen, die, bedingt durch die Sonnenphasen, die guten Südfassadenbefunde ergeben. Trotz höchster UV-Belastung zeigen die Dispersionsilikatfarben dieses den Reinsilikatfarben vergleichbare Verwitterungsverhalten. Dieser Anstrichbefund deutet nicht auf einen möglichen UV-Abbau des organischen Bindemittelanteiles hin. Er beweist vielmehr den silikatischen Bindecharakter für die Dispersionsilikatfarben.

Überraschenderweise besitzen Dispersionsilikatfarben auch nach mehr als zwanzigjähriger Bewitterung eine sehr geringe Wasseraufnahme (siehe Tabelle). Die untersuchten Reinsilikatfarben-Objekte zeigten hingegen eine um mehr als das zehnfache höhere Wasseraufnahme. Dieser Faktor ist generell charakteristisch für den Unterschied in der Wasserdurchläss-

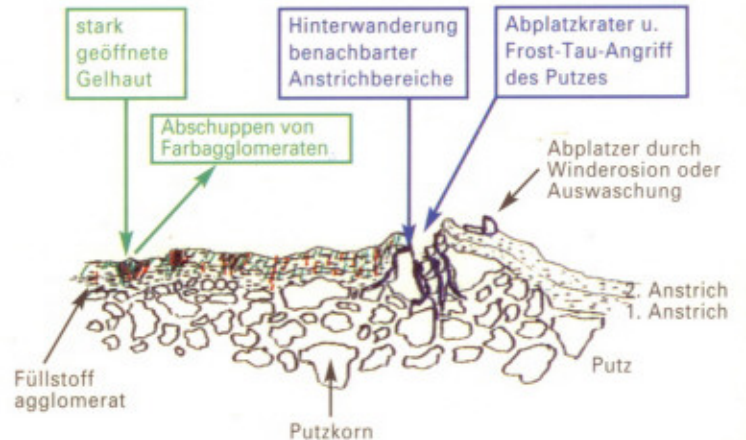
igkeit (W24-Werte) der zwei Silikatfarbensysteme. Dies beweist, dass die wasserabweisenden Eigenschaften des ursprünglichen Dispersionsilikatfarbenanstrichs weitgehend noch vorhanden sind.

### NATURSTEINUNTERGRÜNDE

Auf Natursteinen erwiesen sich die Dispersionsilikatfarben als die längerlebigeren Anstriche. Dies bestätigten auch andere Untersuchungen [4]. Die Anstriche zeigten für beide Silikatfarbentypen eine hohe Abhängigkeit von den Steinvarietäten. So konnten nach 25 Jahren an dem lasierenden Reinsilikatanstrich der Flächen in Groß-Zimmern noch vereinzelte Anstrichreste auf Austauschsteinen bestimmt werden. An den älteren, stärker verwitterten Steinen fanden sich hingegen keine Anstrichreste mehr. An den fast gleichalten Dispersionsilikatanstrichen von Schloss Lichtenberg sind die Anstriche großflächig noch erhalten. Es liegen aber auch dort verschiedene Gesteinsvarietäten (gelbe und graue Sandsteine) vor. Die unterschiedliche Verwitterung der Gewändeanstriche ist deutlich zu erkennen (Abb. 4).



Schema 1: erster Verwitterungsschritt von Silikatfarben



Schema 2: zweiter Verwitterungsschritt von Silikatfarben





## PILZE UND ALGEN

Abschließend ist noch zu erwähnen, dass an den untersuchten Objekten punktuell Pilz- und Algenbefall nach mehr als zwanzigjähriger Bewitterung sowohl für die Reinsilikatfarben als auch für Dispersions-silikatfarben festzustellen war. Dies konnte auf spezielle Mikroklimaeinflüsse zurückgeführt werden und nicht auf systembedingte Bewitterungseigenschaften.

## ANSTRICHBEFUND

Die Abbildungen 5 und 6 zeigen die unterschiedlichen Verwitterungsbereiche. Es lassen sich in beiden Bildern helle und dunkle Bereiche der Patina unterscheiden. Abbildung 6 zeigt eine stärkere Gesamtverwitterung als 5. Die helleren Bereiche besitzen eine stärkere Kreidung und die Wasseraufnahme ist um das Zwei- bis Dreifache höher. Erkennbar liegen die Oberflächen von den sonst durch den Anstrich umhüllten Putzkörnern frei (Abb. 5). Die grauen Stippen sind die durch die Fassadenberegnung freigespülten Putzkornoberflächen. Die stärker abgewitterten helleren Flächen sind ursprünglich tieferliegende Farbschichten. Ihre hellere Färbung entsteht durch veränderte Lichtbrechung. Diese Schichten sind bindemittelärmer, weicher und besitzen eine größere spezifische Oberfläche. Das Wasser kann hier leichter angreifen, das Gel anquellen und eluieren. Die vielen vollflächigen Anstrichabplatzler der hellen Bereiche der Abbildung 6 zeigen, dass die Verwitterung hier beschleunigt abläuft. In der Mitte erkennt man eine Trennlinie zwischen helleren und dunkleren Verwitterungszonen. Im helleren Bereich treten eher großflächige Farbabplatzungen und Putzkornabplatzungen auf. Der Abtrans-

port der Verwitterungsreste durch Winderosion und Abspülung erfolgt dort beschleunigt. Der Putz liegt nunmehr für die weitere Verwitterung frei.

An den dunkleren und härteren Anstrichbereichen (Abb. 5 links) sind keine Putzkornabspülungen und nur vereinzelte Putzkornabplatzler zu erkennen. Die Abwitterung durch Eluationen und hygrische Prozesse in Verbindung mit Frost-Tau-Wechsel hat kaum stattgefunden. Die Sinterschicht zeigt noch den ockerfarbigen Originalfarbton mit geringer partieller Vergrauung. Der leichte Grauschleier ist nicht auf Pilzbefall zurückzuführen, sondern Schmutz. Die Putzkörner zeigen noch die Umhüllung durch den Anstrich (Abb. 5 links).

Die dunkleren Bereiche der Fassade liegen eindeutig im konstruktiv regengeschützten Fassadenbereich (Abb. 7 - Anschluss Seitenchor an Hauptchor der Westturmkirche, Groß-Zimmern). Sehr gut lassen sich die bevorzugten Windströmungen und Niederschlagsmengen an der Fassade ablesen. Dies beweist erneut die Beteiligung von hygrischen Prozessen und Frost bei der Verwitterung der Silikatfarben.

## DER VERWITTERUNGSPROZESS

Unter der Voraussetzung eines ideal ausgeführten Anstriches (das heißt optimale und ungestörte Trocknung, homogener und silikatreicher Untergrund) läuft die Verwitterung wie folgt ab: Die silikatische Bindung lässt sich als amorphes Glasgel beschreiben. Es enthält etwa 1-3 Gew.% Restwasser. Dies ist Gelwasser, adsorbiertes Wasser und chemisch gebundenes

Wasser. Ein Glasgel zeigt eine Wasseraufnahme und eine Gelquellung. Dieses Verhalten ist auch von den Schmelzglasern mit ihren sehr geringen Restwasseranteilen (adsorbiertes Wasser, Feuchteinschlüsse; chemisch gebundenes Wasser) bekannt. Die durch Feuchte - Trocknungszyklen ausgelöste Quellung führt abwechselnd zu Ausdehnung und Schrumpfen der Anstrichmatrix. Daher entstehen in dem spröden silikatischen Werkstoff (zum Beispiel aus Gelporen) Risse und Kapillarporen (Schema 1). Diese sind, allerdings in geringerer Anzahl, auch seit dem Auftrocknen des Anstriches vorhanden. Man findet sie bevorzugt an den Schwachstellen des Gefüges, wie Einschlüssen von Pigmenten und Füllstoffen sowie Putzkörnern. Diese Stellen sind nun Angriffspunkte für den Frost zum Beispiel nach erfolgter Beregnung. Das Gefüge wird gelockert. Ausgehend von diesen Stellen wird die Oberflächenfarbschicht, infolge des anderen Porengefüges tieferliegender Schichten, vom Wasser hinterwandert (Schema 2). Harte versinterte Oberflächen begünstigen dieses Verhalten. Dies erklärt die flächenartige Weiterwanderung («Abschuppen») von Anstrichabplatzern. Die Abbauprodukte wie freigelegte Pigmente, Füllstoffe und Anstrichagglomerate werden durch Winderosion und durch Regen entfernt. Es verbleiben kleine nebeneinanderliegende Abplatzkrater mit Anstrichresten auf dem Untergrund.

Dieser Mechanismus wird durch die zeitgleich stattfindende Eluation von kleinsten Bindemittelbausteinen (Oligomeren) unterstützt. Silikatgele besitzen eine mit dem Wassergehalt des Gels zunehmende Löslichkeit. Dies erklärt auch die Regen-



7 Hygrische Prozesse und Frost spielen bei der Verwitterung eine nicht unerhebliche Rolle



7

empfindlichkeit frisch applizierter Silikat-anstriche. Diese Löseerscheinung schwächt das Bindegefüge durch Lösen oligomerer Bindemittelteile aus dem Glasgel. Wasserbelastung beim Trocknen vor Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte ist dabei besonders kritisch. Silikatärmere Bereiche sind bindemittelärmere Bereiche. Eine Erhöhung der Risse und der Kapillarporenanzahl durch die Quellungs-Trocknungsphasen ist dann die Folge und Frostangriffe setzen das Verwitterungswerk in diesen Schwachstellen fort.

**ZUSAMMENFASSUNG**

Alle Objekte zeigen die hohe Lebensdauer von Silikatfarben. Lebensdauern von 20 Jahren sind an den Hauptbewitterungsflächen zu erwarten. Vor allem an konstruktiv geschützten Bereichen und an den südlichen und östlichen Fassadenbereichen sind viel höhere Leistungen möglich. Dort überzeugen Reinsilikatfarben aber auch Dispersionssilikatfarben durch beste Leistungen. Die ähnlichen Verwitterungseigenschaften von Dispersionssilikatfarben und Reinsilikatfarben zeigen den hohen Anteil der silikatischen Bindung bei den Dispersionssilikatfarben. Die Verwitterung wird durch Regenwasser mit seinen Quellungen und teilweise auch Eluationen ausgelöst. Dann erfolgt durch Frost-Tau-Wechsel das Ablösen größerer Anstrichteile, was dann zu einer Beschleunigung der Verwitterung führt.

Die vorgestellten Verwitterungscharakteristika helfen dem Planer, eine schnellere und sichere Einschätzung seines Objektes durchzuführen. Sie helfen ihm, eine schnelle Einschätzung des Fassadenzustandes zu erhalten.

**Tabelle**

<b>Typische Wasseraufnahmewerte für Dispersionssilikatfarben (Methode Karsten)</b>			
(Objekt Schloss Lichtenberg)			
Westfassade (nördlich)	0,7 ml/1h	Westfassade (südlich)	0,4 ml/1h
Südfassade (westlich)	0,2 ml/1h	Südfassade (östlich)	0,2 ml/1h
Ostfassade (Innenhof)	0,2 ml/1h	Nordfassade (Innenhof)	0,2 ml/1h

<b>Typische Wasseraufnahmewerte für Reinsilikatfarben (Methode Karsten)</b>			
(Objekt Rathaus, Groß-Umstadt)			
Südfassade (westlich)	1,4ml/10min; 3,2ml/0,5h; 5,3ml/1h		
Südfassade (östlich)	1,4ml/10min; 2,9ml/0,5h; 4,7ml/1h		
Westfassade (geschützt, nördlich)	1,4ml/10min; 3,2ml/0,5h; 5,4ml/1h		
Westfassade (südliche Ecke)	3,8ml/10min; 4,5ml/18 min		
Ostfassade (südliche Ecke)	3,1ml/0,5h; 5,5ml/1h		
Ostfassade (Mitte)	2,5ml/0,5h; 4,6ml/1h		

<b>Typische Wasseraufnahmewerte für Reinsilikatfarben (Methode Karsten)</b>			
(Objekt ev. Kirche, Groß-Zimmern)			
Chorbereich (aufgehellt, nördlich)	1,1ml/10min; 2,7ml/0,5h; 4,9ml/1h		
Chorbereich (aufgehellt, südlich)	1,1ml/10min; 2,3ml/0,5h; 4,1ml/1h		
Chorbereich (dunkel, geschützt, östlich)	0,5ml/10min; 1,1ml/0,5h; 1,9ml/1h; 3,2ml/2h		
Nordfassade	1,6 ml/0,5h; 2,7ml/1h; 4,7ml/2h		
Westfassade (Mitte)	2,3ml/0,5h; 3,9ml/1h		
Westfassade (südlich)	2,9ml/0,5h; 5,1ml/1h		
Südfassade (westlich)	2,3ml/0,5h; 3,4ml/1h		
Südfassade (Mitte, geschützt, Bäume)	1,8ml/0,5h; 3,1ml/1h		

Die Ergebnisse zeigen, dass auch sogenannte Teilflächenlösungen, für die besonders der Witterung ausgesetzten Bereiche vom Planer und Handwerker diskutiert werden müssen. Die Bewitterungsunterschiede zwischen den verschiedenen Himmelsrichtungen und konstruktiv anders gestalteten Bereichen differieren so stark, dass für bedeutende Objekte eine derartige Konservierungsstrategie sinnvoll ist. Diese Teilflächenlösungen können konstruktive Maßnahmen, Anstrichhydrophobierungen, höhere Auftragsmengen, andere Materialwahl (auch beim Putz), aber auch bewusstere Terminierungen der Ausführungen je nach klimatischen Gegebenheiten sein. Das Ergebnis derartiger Planung wird eine langsamere und gleichmäßigere Verwitterung sein.

*Literatur:*

- [1] H. Klopfer, *Anstrichschäden*, Bauverlag GmbH, Wiesbaden / Berlin, 1976
- [2] H. Weber, *Fassadenschutz und Bausanierung*, expert Verlag, 1994
- [3] H. Rusam, *Anstriche als Beschichtungen für mineralische Untergründe*, expert Verlag, 1999
- [4] C. Brandes, *Anstriche und Beschichtungen für Bauwerke aus Naturstein*, expert Verlag, 1999
- [5] J. Rademacher, *Verwitterung von Silikatfarben an Denkmälern im vorderen Odenwald*, Studienarbeit im Ergänzungsstudium »Denkmalpflege«, Institut an der TU Dresden
- [6] J. Rademacher, *Die Natur der Silikatfarben*, 2. Int. Denkmalpflege-Symposium Berlin (Caparol), 1998
- [7] J. Osswald, L. Masch, R. Snethlage, *Der Abbindeprozess in Silikatfarben*, *ConChem -Journal*, 5 (1997) 64
- [8] Patent DE 4413996 C1