

# Hydrophobierung mineralischer Oberflächen

Text Heinz Kastien, dipl. Ing.  
Bilder Wacker-Chemie GmbH München;  
Heinz Kastien

**Unter der Hydrophobierung von Fassaden versteht man im engsten Sinne die Imprägnierung des mineralischen Baustoffes, dessen wasserabweisende Ausrüstung. Durch den Prozess der Hydrophobierung wird verhindert, dass Wasser in die Kapillaren des Untergrundes eindringen und den Baustoff schädigen kann. Aber auch die wasserabweisende Wirkung von Beschichtungssystemen gehört unter diesen Begriff.**

Die Hydrophobierung von Baustoffen war schon in der Antike bekannt. Bereits die Ägypter behandelten ihre Papyrusboote mit Salzlösungen und Alexander der Grosse tränkte hölzerne Brückenpfeiler mit Olivenöl, um die Wasseraufnahme zu reduzieren. Die Hydrophobierung mineralischer Baustoffe, in erster Linie Beton, ist jüngeren Datums. Aber auch hier wurden schon vor 50 Jahren Versuche mit Zinkstearat und Siliconen gemacht, um Beton in der Masse zu hydrophobieren<sup>1</sup>. Leider zeigten diese Versuche nicht den gewünschten Erfolg. Mit der Zunahme der Sichtbetonbauten, bei denen der Beton nicht nur als strukturgebendes Bauteil, sondern seine Oberfläche und Farbe auch gestalterisches Element ist, wurde eine Oberflächenbehandlung notwendig, denn sehr schnell erkannte man, dass der Beton unbedingt eines

Oberflächenschutzes bedarf, obwohl dazumal landläufig die Meinung bestand, Betonoberflächen müssten nicht geschützt werden.

## Vorbeugender Schutz

Zweck einer Hydrophobierung ist ein vorbeugender Schutz der porösen Oberflächenstruktur der mineralischen Baustoffe gegen eindringende Feuchtigkeit und die damit verbundenen Schäden des Bauwerks. Hydrophobierungen bieten gegenüber einem Anstrich wesentliche Vorteile: Nicht filmbildende, farblose Imprägnierungen verhindern oder reduzieren die kapillare Wasseraufnahme und behindern aber die Wasserdampfdurchlässigkeit nicht (Bild 1). Struktur und Farbe des Untergrundes bleiben unbeeinflusst – ein Faktor, der heute in der Architektur von ausschlaggebender Bedeutung ist. Gegenüber einem weissen oder farbigen Beschichtungsmaterial lassen solche Impregnierungen jedoch die UV-Strahlung ungehindert durch und schützen den Untergrund nicht vor chemischen oder mechanischen Einflüssen. Zur Hydrophobierung werden heute ausschliesslich Silicone oder dem Silicon verwandte Produkte eingesetzt.

Siliciumorganische Verbindungen sind die idealen Wirkstoffe zur Hydrophobierung mineralischer Baustoffe. Ein Vertreter dieser Gruppe sind die Sili-

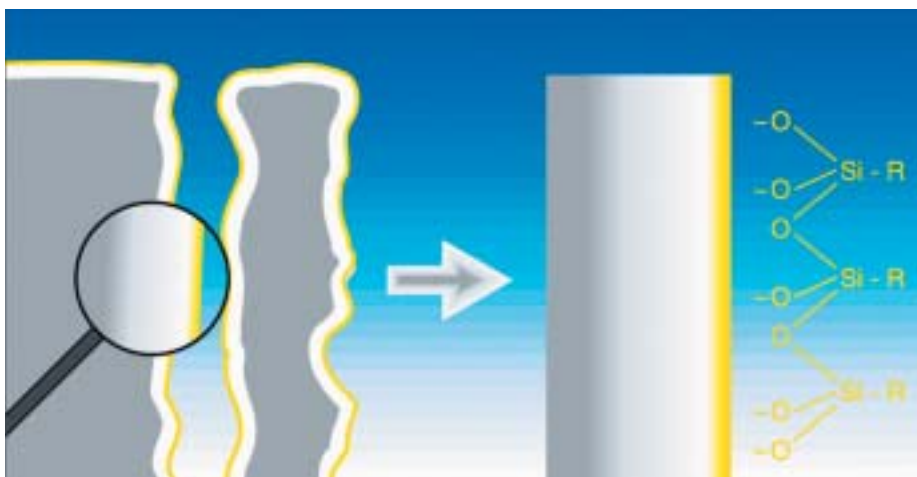


Bild 1 Am Baustoff fixiertes Siliconharz

<sup>1</sup> Hydrophob: Das Wort leitet sich aus dem Griechischen ab. hydro = Wasser, phobos = der Feind, wasserabweisend.

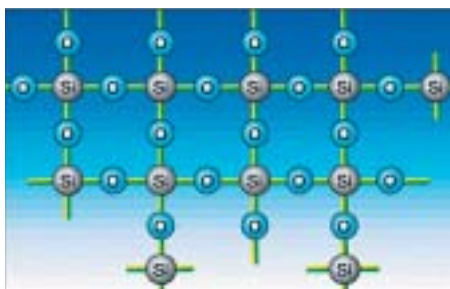


Bild 2 Molekülstruktur des Quarzes

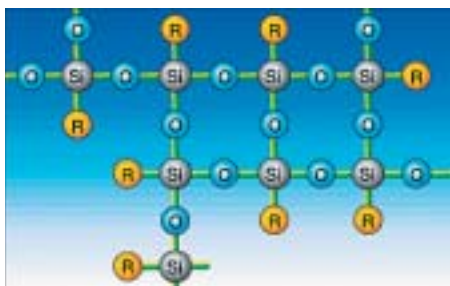


Bild 3 Molekülstruktur eines Siliconharzes

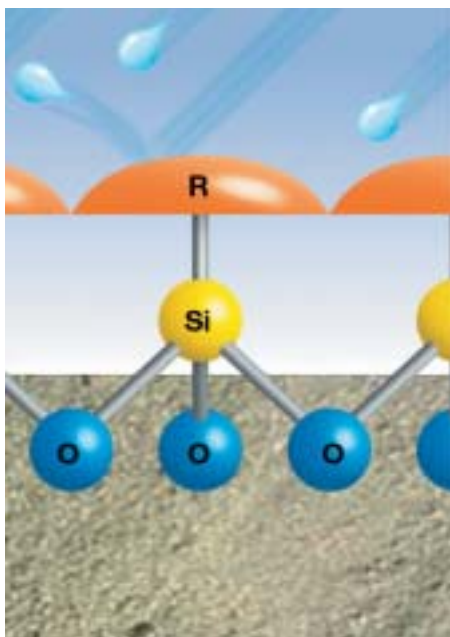


Bild 4 Wirkung eines Siliconharzes – Wasserdampf diffundiert, Wasser perlt ab

conharze. Siliconharze sind Polymere mit einem Silicium-Sauerstoffgerüst, mit organischen Endgruppen, die auf dem mineralischen Untergrund unter Abspaltung von Alkoholen zu einem dreidimensionalen vernetzten Polysiloxan reagieren. Einerseits haben diese Verbindungen durch das Silicium-Sauer-

stoffgerüst eine hohe Affinität<sup>2</sup> zum mineralischen Baustoff, andererseits durch die organischen Endgruppen eine wasserabweisende Wirkung (Bild 2 und Bild 3). Diese Verbindungen sind chemisch relativ inert, biologisch nicht abbaubar und daher der ideale Schutz des Bauwerks über Jahrzehnte (Bild 4).

Während der langen Entwicklung der Siliconharzchemie kamen zur Hydrophobierung die verschiedenartigsten Produktfamilien zur Anwendung, von denen die Siliconharzlösungen heute nur noch eine untergeordnete Rolle spielen. Der Grund hierfür ist einerseits das immer stärker werdende ökologische Bewusstsein des Verbrauchers, der auf lösemittelfreie Produkte Wert legt, andererseits aber auch die relativ hohe Teilchengröße sowie die ungenügende Beständigkeit auf stark alkalischen Untergründen.

Auch die wasserlöslichen Methylsiliconaten haben heute für den Hochbau keine Bedeutung mehr. Gründe hierfür sind die starke Alkalität, die Wasserlös-

lichkeit des unvernetzten Produktes und die Bildung von weissen Salzkrusten nach der Applikation.

### Silane und Siloxane

Während der Entwicklung in den letzten 20 Jahren haben sich zwei Substanzen zur Hydrophobierung herauskristallisiert, die Silane und die Siloxane. Bei den Silanen handelt es sich um monomere Alkyltrialkoxysilane<sup>3</sup>, bei den Siloxanen um oligomere Alkyltrialkoxysilane<sup>4</sup>. Einen wesentlichen Einfluss hat die organische Seitenkette des Silans. Durch Modifizierung dieser Seitenkette wird die Alkalistabilität verbessert. So ist zwar immer noch ein Abbau zu verzeichnen, der jedoch wesentlich geringer ist. Ausserdem sind die Abbauprodukte weniger wasserlöslich.

Obwohl Silane durch ihre kleinere Molmasse besser in den Baustoff einzudringen vermögen, haben sich diese Produkte durch ihre höhere Verdampfungsgeschwindigkeit nicht bewährt. Siloxane haben ein tendenziell schlech-



Bild 5 Salzausblühungen an Ziegeln aufgrund fehlender Hydrophobierung

<sup>2</sup> Affinität: Beziehung, Ähnlichkeit in der chemischen Struktur.

<sup>3</sup> Monomere Alkyltrialkoxysilane: Einzelmolekül eines Silans mit drei Alkoholgruppen.

<sup>4</sup> Oligomeres Alkyltrialkoxysilane: Mehrere Moleküle des monomeren Alkyltrialkoxysilans sind zusammengelagert.



Bild 6 und 7 Betonbrücken in Delémont mit Silikon-Mikroemulsionen hydrophobiert

teres Eindringvermögen als die Silane. Trotzdem ergeben sie in der Praxis die besseren Resultate. Die Moleküle sind immer noch klein genug, um in die Poren des Baustoffes einzudringen, und die Molmasse ist gross genug, um einen nicht zu grossen Dampfdruck zu haben.

Besonders bewährt haben sich Kombinationen von Silanen und Siloxanen. Mit diesen beiden Kombinationspartnern lassen sich massgeschneiderte Hydrophobierungsmittel herstellen.

Silane und Siloxane sind in organischen Lösemitteln wie Alkoholen und Benzinkohlenwasserstoffen sehr gut löslich. Es ist einleuchtend, dass die Eindringtiefe eines Hydrophobierungsmittels direkt von der Wirkstoffkonzentration abhängig ist. Je geringer die Wirkstoffkonzentration, desto weniger ist es in der Lage, die Poren und Kapillaren vollständig zu belegen. Daraus folgt, ein Baustoff mit geringer Saugfähigkeit wie Beton benötigt eine höhere Wirkstoffkonzentration als ein stark saugfähiges Material wie zum Beispiel Ziegel. Die Siloxane/Silan-Gemische werden daher mit Benzinen auf einen Wirkstoffgehalt von zirka 10 Prozent verdünnt (Bild 5).

Durch die sicherlich begründeten Bestrebungen zur Einsparung von Lösemitteln wurde versucht, auch bei den Hydrophobierungsmitteln entsprechende Alternativen zu entwickeln. Vor zirka zehn Jahren wurde die SMK-Technolo-

gie<sup>5</sup> vorgestellt, die es möglich machte, die Siloxan-Silan-Gemische mit Wasser zu verdünnen. Die gebildeten Mikroemulsionen sind gebrauchsfertig und haben aufgrund ihrer geringen Teilchengrösse ein ebenso gutes Eindringvermögen wie die vorgenannten Lösungen. Die Emulgatoren, die zur Herstellung der Emulsionen absolut erforderlich sind, wandeln sich nach der Applikation in hydrophobe Materialien um, welche die Hydrophobierung nicht negativ beeinflussen. Nach der Applikation tritt eine weitere Kondensation der Siloxane ein. Mit diesen Materialien wurde eine vollständig neue Art von Hydrophobierungsmitteln geschaffen. Ein Nachteil dieser Mikroemulsionen ist die schlechte Lagerfähigkeit der gebrauchsfertigen Mischung (Bild 6 und Bild 7).

#### Letzter Entwicklungsschritt

Der vorläufig letzte Schritt in der Entwicklung von Hydrophobierungsmitteln ist die Creme. Es handelt sich hierbei um Silane, die in 100-prozentiger Form vorliegen und denen durch Thixotropierungsmittel eine cremearartige Konsistenz verliehen wird. Die Pasten dringen innert einiger Stunden in den mineralischen Untergrund ein, ohne Rückstände zu hinterlassen. Durch ihren hohen Silananteil werden sehr gute Ergebnisse erzielt. Durch die pastöse Form, die trotzdem eine Applikation mit dem Airlessgerät oder auch manuell mit dem Roller zulässt, ist eine leichte Verarbeitung an der senkrechten Fassade gegeben.

Stellt sich nun die Frage, auf welchen Baustoffen Siliconhydrophobierungen eingesetzt werden. Mit Sicherheit ist das grösste Potential der Sichtbeton, bei dem durch die Hydrophobierung eine gleichmässige Oberfläche erzielt werden soll, die nur eine geringe Schlagregenempfindlichkeit aufweist und verhindert, dass die Fassade durchnässt wird, was eine Reduktion des U-Wertes und eine schnellere Carbonatation des Betons zur Folge hat. Daneben können alle Arten keramischer Stoffe, also Ton, Klinker und Steine hydrophobiert werden, die dann ebenfalls geringere Mengen Meteorwasser über die Oberfläche aufnehmen und eine geringere Verschmutzungstendenz aufweisen. Bei stark saugenden Materialien, zum Beispiel Sandstein, ist Vorsicht geboten, da sich sonst durch aufsteigende Feuchtigkeit hinter der oberflächennahen Hydrophobierung Wasser ansammeln kann, das nur ungenügend entweicht, im Winter gefriert und zu Abplatzungen ganzer Steinpartien führen kann. Prinzipiell gilt die gleiche Aussage für nachträglich hydrophobierte Fliesen.

Es wurden bisher keine Aussagen über die qualitativen Unterscheidungsmerkmale der verschiedenen Hydrophobierungsmittel gemacht. Hydrophobierungsmittel können nach folgenden Kriterien eingestuft werden: Abperleffekt, Kontaktwinkel, Eindringtiefe und kapillare Wasseraufnahme.

#### Abperleffekt

Der Abperleffekt ist das eindrücklichste Erscheinungsbild der Hydrophobierung,

5 SMK-Technologie: Eingetragenes Warenzeichen der Wacker Chemie GmbH für Silikon-Microemulsions-Konzentrate.

obwohl es nur wenig auszusagen vermag. Zur Prüfung wird Wasser an die hydrophobierte Fläche gespritzt und beurteilt, ob das Wasser ungehindert abperlt oder vom Untergrund aufgesogen wird. Mit dieser Prüfung wird effektiv nur die Oberfläche des Objektes beurteilt – über die Eindringtiefe und die Wasseraufnahme des mineralischen Untergrundes sagt diese Prüfung nichts aus. Bei reinen Hydrophobierungsmitteln wird man feststellen, dass der Abperleffekt mit der Zeit nachlässt, da sich Silane unter dem Einfluss der UV-Strahlung abbauen. Da die UV-Strahlung aber nicht in den Baustoff eindringt, baut sich die hydrophobierende Substanzen nur an der äussersten Schicht der Oberfläche ab, ohne die Wasseraufnahme des Untergrundes wesentlich zu beeinflussen. Umgekehrt verhalten sich hydrophobierte Anstriche wie zum Beispiel Silikonfarben (Bild 8). Hier wird im Verlaufe des ersten halben Jahres nach der Applikation eine Zunahme des Abperleffektes beobachtet, da die hydrophilen Substanzen, zum Beispiel Netzmittel, vom Regen ausgewaschen werden.

#### Kontaktwinkel

In engem Zusammenhang mit dem Abperleffekt steht der Kontaktwinkel.<sup>6</sup> Produkte mit hoher Hydrophobie haben einen Kontaktwinkel  $> 130^\circ$ , Produkte mit einem Winkel  $< 30^\circ$  zeigen keine hydrophoben Eigenschaften. Die Angabe des Kontaktwinkels allein genügt jedoch nicht, da der Kontaktwinkel unter

<sup>6</sup> Wird ein Tropfen einer Flüssigkeit auf einen festen Untergrund gebracht, so wird die Grenzfläche zwischen der Flüssigkeit, der Luft und dem festen Untergrund als Dreiphasenpunkt bezeichnet. Wird an diesen eine Tangente angelegt, so ist der gebildete Winkel zum Untergrund der Kontaktwinkel.

anderem auch von der Oberflächenstruktur abhängig ist. Ausserdem macht der Kontaktwinkel nur Aussagen über die Hydrophobie der unmittelbaren Oberfläche.

#### Eindringtiefe

Je grösser die Eindringtiefe der Silane in den mineralischen Untergrund ist, desto stärker wird das Substrat auch langfristig vor eindringendem Wasser und Schadstoffen geschützt. Die Eindringtiefe sollte in jedem Fall mindestens einige Millimeter betragen. Die Eindringtiefe ergibt sich aus der Saugfähigkeit des Untergrundes, der Porengrösse und der Anzahl der Poren sowie aus der Wirkstoffkonzentration.

#### Kapillare Wasseraufnahme

Die grundlegende Forderung an ein Hydrophobierungsmittel ist eine Reduktion der Wasseraufnahme über die Kapillaren. Sie sollte bei 24-stündiger Wasserlagerung höchstens 80 Prozent der ursprünglichen Wasseraufnahme betragen. Die Wasseraufnahme des hydrophobierten Baustoffs kann näherungsweise auch mittels der so genannten Karstenröhrchen ermittelt werden.

Die Wasser- und Kohlendioxiddurchlässigkeit werden durch die Hydrophobierung nur geringfügig reduziert. Obwohl die Gasdurchlässigkeit von Beton nach der Hydrophobierung nur unbedeutend abnimmt, wird die Carbonatisierung des Betons deutlich verzögert, da diese in trockenem Beton langsamer abläuft als in einer feuchten Umgebung.

Schliesslich wird immer wieder die Frage gestellt, ob die hier beschriebenen Imprägnierungen mit Dispersionsfarben oder Siliconharzfarben überstrichen werden können. Alle Beschich-

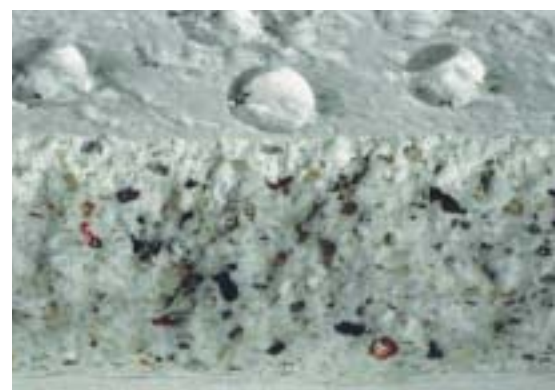


Bild 8 Hydrophobe Zone



Bild 9 Karstenröhrchen

tungssysteme auf der Basis von Polymerdispersionen oder Siliconharzen, die Netzmittel enthalten, eignen sich zum Überstreichen der hydrophobierenden Imprägnierungen.

#### Siliconfarben

Eine ganz besondere Bedeutung unter den hydrophobierten Produkten kommt den Siliconharzfarben zu. Siliconharzfarben enthalten mindestens 50 Prozent einer Siliconharzemulsion. Da jedoch reine Siliconharzfarben nur ein schlechtes Pigmentbindevermögen haben, relativ spröde sind und mechanisch leicht verletzt werden, müssen sie mit Polymerdispersionen modifiziert werden. Norma-

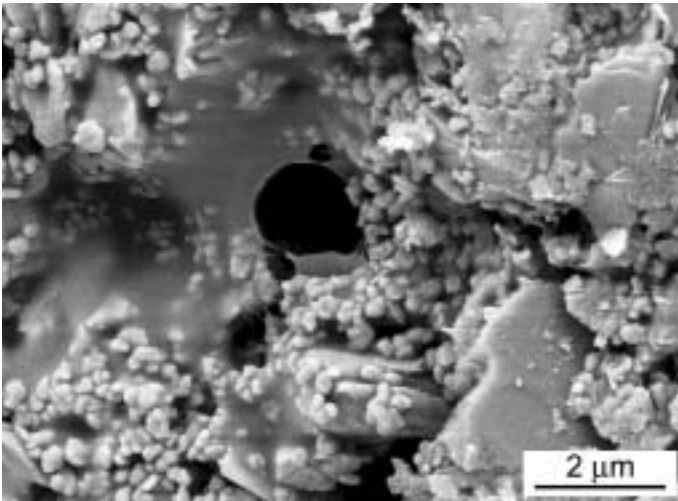


Bild 10 Polymerdispersionsbindemittel im Farbgefüge

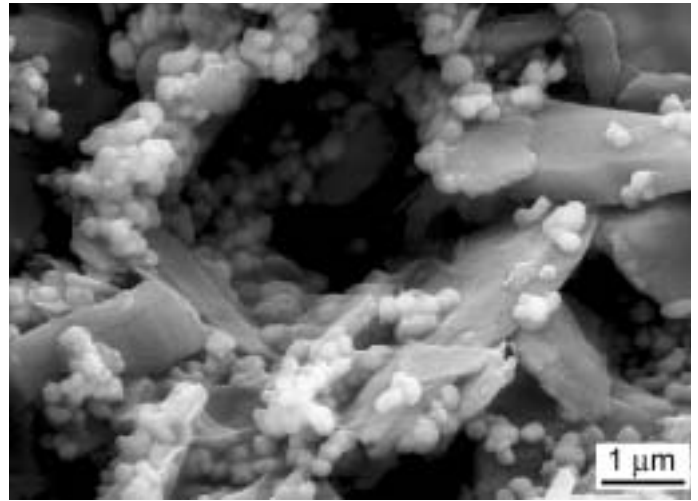


Bild 11 Siliconbindemittel im Farbgefüge

le Aussendispersionen werden unterkritisch formuliert, also mit einer PVK bis maximal 35 Prozent. In diesen Produkten sind alle Pigment- und Füllstoffteilchen völlig vom Polymerbinder umhüllt und die Hohlräume mit dem Binder ausgefüllt (Bild 10). Die Produkte haben naturgemäss eine geringe kapillare Wasseraufnahme, durch die gefüllten Hohlräume aber auch eine dementsprechend geringe Wasserdampfdiffusion, was auf kritischen Untergründen wie VWDS-Fassaden zu Problemen führen kann.

Siliconharzfarben können überkritisch, also mit einer PVK von mehr als 60 Prozent formuliert werden. Die Hohlräume zwischen den Pigment- und Füllstoffteilchen sind nicht mehr mit Bindemittel, sondern mit Luft gefüllt – die Wasserdampfdiffusion wird dementsprechend besser (Bild 11). Der Polymerbinder hat nun lediglich die Aufgabe, die Pigmentteilchen untereinander zu verkleben. Damit diese Produkte eine geringe kapillare Wasseraufnahme aufweisen, müssen die freiliegenden Pigment- und Füllstoffteilchen mit der Siliconharzemulsion umgeben sein. Das resultierende Produkt, die Siliconharzfarbe, hat aufgrund des Siliconharzanteils trotz der überkritischen Formulierung eine sehr gute Wetterbeständigkeit, da die Pigment- und Füllstoffoberflächen hydrophobiert sind. Nach der Applikation tritt eine weitere Kondensation des Siliconharzes ein. Dank der überkritischen Formulierung ist die Wasserdampfdurchlässigkeit unverändert gut. Damit diese Produkte noch den ge-

wünschten ABERLEFFEKT bekommen, wird ihnen ein geringer Prozentsatz Silan zugesetzt (Bild 12).

Die positiven Eigenschaften der Siliconharzfarben kommen aber auf der Fassade erst voll zur Geltung, wenn die Untergründe mit einer hydrophobierenden Silan-Grundierung vorbehandelt werden.

#### Hydrophobierende Ausrüstung von Fassadenfarben

Nicht nur bei Siliconharzfarben, auch bei Organosilikatfarben und sogar bei Dispersionsfarben wird heute eine schlagregenresistente Ausrüstung gewünscht. Gerade bei Organosilikatfarben mit einem relativ hohen W-Wert ist eine derartige Ausrüstung notwendig, da sonst die Fassade bei Schlagregen unschöne, dunkle Flecken bekommt und völlig durchnässt wird. Einige wenige Prozente eines Hydrophobierungsmittels bringen das gewünschte Resultat. Das gleiche gilt für die heute üblichen Siloxan modifizierten Dispersionsfarben, die ebenfalls einen hohen Pigmentgehalt aufweisen und zur Erzielung eines niedrigen SD- und W-Wertes mit einem Hydrophobierungsmittel ausgerüstet werden. Schliesslich müssen noch die «Lotus»-Farben genannt werden. Es handelt sich hierbei um normale Siliconharzfarben, die als Füllstoff «Christobalith»<sup>7</sup> einer bestimmten Korngrösse enthalten und zusätzlich mit

<sup>7</sup> Christobalith: Quarz mit einer bestimmten Kristallstruktur.

einer relativ grossen Menge eines Siloxans hydrophobiert werden.

**Zusammenfassung**

Siliconharzfarben, hydrophobierende Grundierungen und Imprägnierungen erlauben dem Verarbeiter einen dauerhaften Schutz mineralischer Untergründe. Jedoch werden die Bauteile dank der

guten Wetterbeständigkeit der Silicone nicht nur dauerhaft geschützt. Durch die wasserabweisende Wirkung bleibt die Fassade trocken, treten geringere Wärmeverluste ein und werden die Folgen einer Durchfeuchtung vermieden. Da die Produkte nicht zu einem Porenverschluss führen, bleibt die Wasserdampfdurchlässigkeit erhalten. Es

kommt nicht zu den bekannten Folgen wie Frostschäden, Blasenbildung und Durchfeuchtung.

**Literatur**  
 Lork, I. König-Lumer, H. Mayer, Feines Netzwerk zeigt Stärke, Farbe & Lack 12/2002  
 Wacker Wacker BS, Fassadenhydrophobierung mit Siliconen

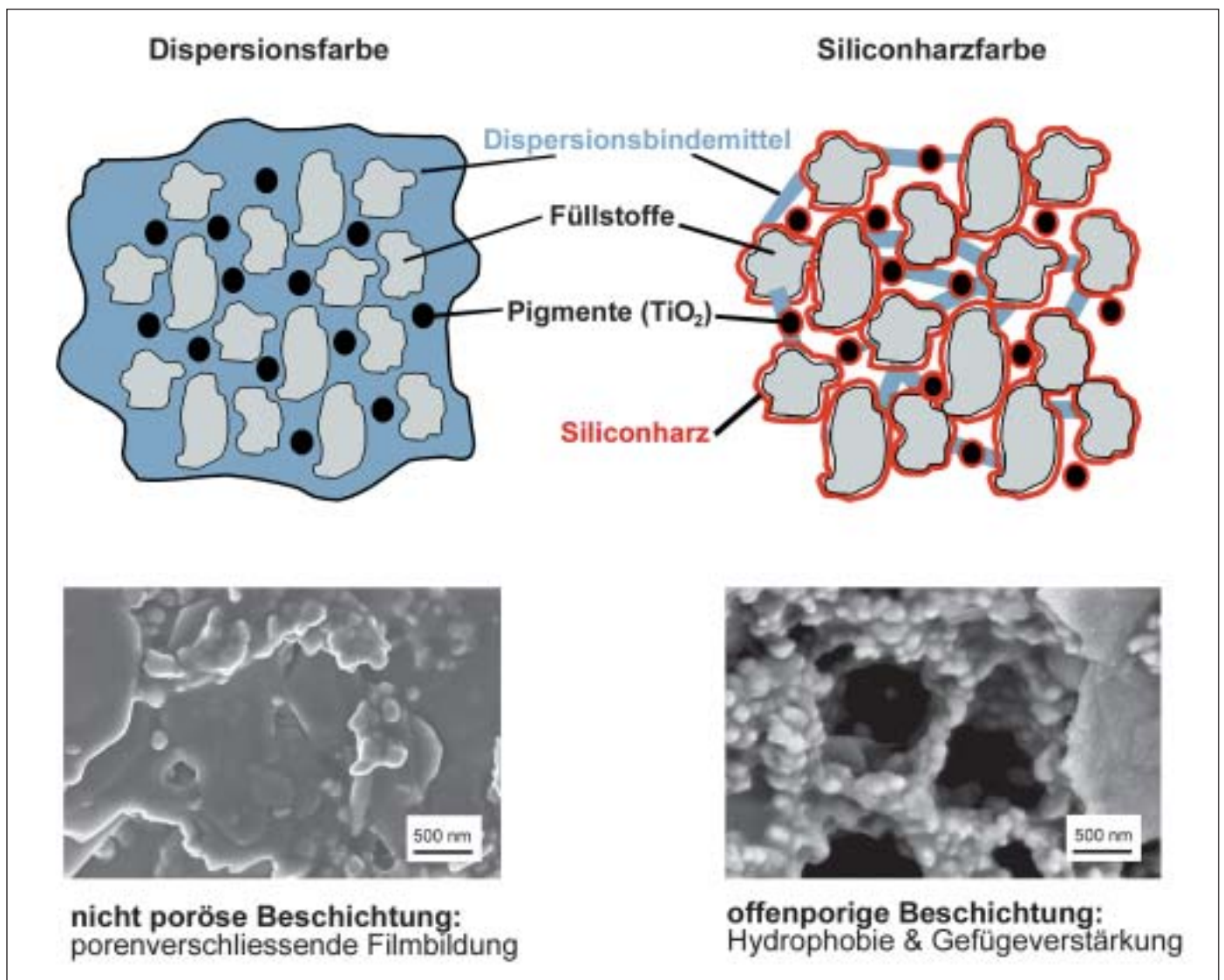


Bild 12 Modell-Gegenüberstellung Dispersionsfarbe und Siliconharzfarbe