

Hydrophobierung mineralischer Oberflächen

Dipl. Ing. Heinz Kastien

Unter einer Hydrophobierung von Fassaden versteht man im engsten Sinne die Imprägnierung des mineralischen Baustoffes, um diesen wasserabweisend auszurüsten. Durch diesen Prozess wird verhindert, dass Wasser in die Kapillaren des Untergrundes eindringen und den Baustoff schädigen kann. Aber auch die wasserabweisende Wirkung von Beschichtungssystemen gehören 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 jüngerem Datums aber auch hier wurden schon vor 50 Jahren Versuche mit Zinkstearat und Silikonen gemacht, um Beton in der Masse zu hydrophobieren¹. 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 häufig die Meinung besteht, Beton benötige keinen Oberflächenschutz.

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, es sind nicht filmbildende, farblose Imprägnierungen, welche die kapillare Wasseraufnahme verhindern oder reduzieren, gleichzeitig aber die Wasserdampfdurchlässigkeit nicht behindern. Sie lassen Struktur und Farbe des Untergrundes unbeeinflusst, ein Faktor, der heute in der Architektur von ausschlaggebender Bedeutung ist. Gegenüber einem weissen oder farbigen Beschichtungsmaterial lassen sie 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 Siliconharze. 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-Sauerstoffgerüst eine hohe Affinität² zum mineralischen Baustoff, andererseits durch die organischen Endgruppen eine wasserabweisende Wirkung. Diese Verbindungen sind chemisch relativ inert, biologisch nicht abbaubar und daher der ideale Schutz des Bauwerks über Jahrzehnte.

¹ hydrophob Das Wort leitet sich aus dem Griechischen ab. hydro = Wasser, phobos = der Feind, wasserabweisend,

² Affinität Beziehung, Aehnlichkeit in der chemischen Struktur

Während der langen Entwicklung der Siliconharzchemie kamen zur Hydrophobierung die verschiedenartigsten Produktfamilien zur Anwendung, von denen die Silikonharzlösungen 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 Wasserlöslichkeit es unvernetzten Produktes und die Bildung von weissen Salzkrusten nach der Applikation.

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 Alkyltrialkoxysilane³, bei den Siloxanen um oligomere Alkyltrialkoxysilane⁴. Einen wesentlichen Einfluss hat die organische Seitenkette des Silans. Durch Modifizierung dieser Seitenkette wird die Alkalistabilität verbessert, so ist war 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 schlechteres 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 anhängig 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, z.B. Beton benötigt eine höhere Wirkstoffkonzentration als ein stark saugfähiges Material z.B. Ziegel. Die Siloxane/Silan-Gemische werden daher mit Benzinen auf einen Wirkstoffgehalt von ca. 10 % verdünnt.

Durch die sicherlich begründeten Bestrebungen zur Einsparung von Lösemitteln, wurde versucht auch bei den Hydrophobierungsmitteln entsprechende Alternativen zu entwickeln. Vor ca. 10 Jahren wurde die SMK-Technologie⁵ vorgestellt, die es möglich machte, die Siloxan-Silan-Gemische mit Wasser zu verdünnen. Die gebildeten Mikroemulsionen sind gebrauchsfertig und haben aufgrund ihrer geringen

³ monomere Alkyltrialkoxysilane Einzelmolekül eines Silans mit drei Alkoholgruppen

⁴ oligomeres Alkyltrialkoxysilane mehrer Moleküle des monomeren Alkyltrialkoxysilans sind zusammengelagert.

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

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. Mit diesen Materialien wurde eine vollständig neue Art von Hydrophobierungsmitteln geschaffen. Ein Nachteil dieser Mikroemulsionen ist die schlechte Lagerfähigkeit der gebrauchsfertigen Mischung.

Der vorläufig letzte Schritt in der Entwicklung von Hydrophobierungen ist die Creme. Es handelt sich hierbei um Silane, die in 100 %iger Form vorliegen und denen durch Thixotropierungsmittel eine cremartige 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.

Es wurden bisher keine Aussagen über die qualitativen Unterscheidungsmerkmale der verschiedenen Hydrophobierungsmittel gemacht. Hydrophobierungsmittel können nach folgenden Kriterien eingestuft werden :

- Abperleffekt
- Kontaktwinkel
- Eindringtiefe
- Kapillare Wasseraufnahme

Abperleffekt

Der Abperleffekt ist das eindrücklichste Erscheinungsbild der Hydrophobierung, 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. 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 z.B. Silikonfarben. Hier wird mit Verlaufe des ersten halben Jahres nach der Applikation eine Zunahme des Abperleffektes beobachtet, da die hydrophilen Substanzen, z.B. Netzmittel, vom Regen ausgewaschen werden.

Kontaktwinkel

In engem Zusammenhang mit dem Abperleffekt steht der Kontaktwinkel.⁶ 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 anderem auch

⁶ 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.

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 schlussendlich 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 % der ursprünglichen Wasseraufnahme betragen. Die Wasseraufnahme des hydrophobierten Baustoffs kann näherungsweise auch mittels der sogenannten Karstenröhrchen ermittelt werden.

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

Schlussendlich wird immer wieder die Frage gestellt, ob die hier beschriebenen Imprägnierungen mit Dispersionsfarben oder Silikonharzfarben überstrichen werden können. Alle Beschichtungssysteme auf der Basis von Polymerdispersionen oder Siliconharzen, die Netzmittel enthalten, eignen sich zum Ueberstreichen der hydrophobierenden Imprägnierungen.

Siliconfarben

Eine ganz besondere Bedeutung unter den hydrophobierten Produkten kommt den Siliconharzfarben zu. Siliconharzfarben enthalten mindestens 50 % Siliconharz-emulsionen, da jedoch reine Siliconharzfarben relativ spröde sind und mechanisch leicht verletzt werden, müssen sie mit Polymerdispersionen verschnitten werden. Im Gegensatz zu normalen Aussendispersionen, die unterkritisch formuliert werden, als mit einer PVK bis maximal 35 %. In diesen Produkten sind alle Pigment- und Füllstoffteilchen völlig vom Polymerbinder umhüllt und die Hohlräume mit dem Binder ausgefüllt. 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 durch überkritisch, also mit einer PVK von mehr als 60 % formuliert werden. Die Hohlräume zwischen den Pigment- und Füllstoffteilchen sind nicht mehr mit Bindemittel sondern mit Luft gefüllt, die Wasserdampfdiffusion wird dementsprechend besser. Der Polymerbinder hat nun lediglich die Aufgabe, die Pigmentteilchen untereinander zu verkleben. Damit diese Produkte eine geringe kapillare Wasseraufnahme zeigen, müssen die freiliegenden Pigment- und Füllstoffteilchen mit der Siliconemulsion umgeben sein. Das resultierende Produkt, die Siliconharzfarbe hat aufgrund des Siliconanteils trotz der überkritischen Formulierung eine sehr gute Wetterbeständigkeit, da die Pigment- und Füllstoffober-

flächen hydrophobiert sind. Dank der überkritischen Formulierung ist die Wasserdampfdurchlässigkeit unverändert gut. Damit diese Produkte noch den ABERLEFFEKT bekommen, werden ihnen in einem geringen Prozentsatz Silane zugesetzt.

Die positiven Eigenschaften der Siliconharzfarben kommen aber auf der Fassade erst voll zu Geltung, wenn die Untergründe mit einer hydrophobierenden Silangrundierung vorbehandelt werden.

Zusammenfassung

Siliconharzfarben und 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, es treten geringere Wärmeverluste ein und die Folgen einer Durchfeuchtung werden 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

Bildnachweis:

Wacker-Chemie GmbH München
H. Kastien