

Arbeitsblatt Nr. [46]

Zum Umgang mit Hydrophobierungen von mineralischen Oberflächen im Bereich der Denkmalpflege

Arbeitspapier der Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland, November 2016

Erarbeitet von der Arbeitsgruppe Restaurierung und Materialkunde

Die Hydrophobierung von Oberflächen ist häufig ein pauschales Anliegen in Bezug auf die Verwitterungsprävention von Denkmalobjekten. In diesem Zusammenhang ist weiterhin die geforderte Schlageregendichte zu nennen, die sich zumindest theoretisch aus den Anwendungsvorschriften für eine Innenraumdämmung ergibt. Ergänzend zu dem hervorragenden WTA-Merkblatt „Hydrophobierende Imprägnierung von mineralischen Baustoffen“ (3-17), das die sachgerechte Planung und Durchführung von hydrophobierenden Imprägnierungen beschreibt und Entscheidungshilfen liefert für deren praktische Durchführung am Objekt, soll mit konkreten Beispielen auf die Risiken einer pauschalen Anwendung einer Hydrophobierung hingewiesen werden.

1. Hydrophobierende Imprägnierungen

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, eine poröse Oberfläche wasserabweisend einzustellen. Im Bereich der Steinkonservierung entspricht die konventionelle Methode einer hydrophobierenden Imprägnierung mit Silan/Siloxan-Gemischen in unterschiedlicher Applikationsform, als Flüssigkeiten oder Creme. Die Wirkungsweise der unterschiedlichen Mittel, ob filmbildend oder porenaukleidend, geht bei entsprechendem Eindringverhalten mit einer irreversiblen Veränderung des Porenraums einher.

Alternativen wären wasserabweisende Anstriche, die in optisch unterschiedlichen Formen ausgeführt werden können. Hiermit ist eine wenig invasive Möglichkeit gegeben, um den Wassereintrag zumindest deutlich zu reduzieren, ohne den Porenraum des Substrates tiefgreifend zu verändern (BELK & HILBERT 2007).

Risikofaktoren

Ziel einer Hydrophobierung ist immer die deutliche Reduzierung der kapillaren Wasseraufnahme in porösen Baustoffoberflächen. Sie kann eine sinnvolle und schadensvorbeugende Maßnahme darstellen, wenn die kapillare Wasseraufnahme

durch Beregnung oder Spritzwasser ursächlich die Schadensprozesse auslöst bzw. vorantreibt. Grundsätzlich sollte für eine Hydrophobierung ein Mindestsaugvermögen (w -Wert $> 1 \text{ kg/m}^2\text{v/h}$) (Wasseraufnahmekoeffizient) gegeben sein. Eine Behandlung von mineralischen Baustoffen mit geringerem Saugvermögen ist nicht sinnvoll. Zum einen sind die aufgenommen Wassermengen ohnehin nur gering, um tatsächlich schadensrelevant zu sein. Zum anderen wäre die Eindringtiefe des Hydrophobierungsmittels so begrenzt, dass sich daraus ein deutliches Schädigungspotential für die Gesteinsoberfläche ergeben würde. Vor diesem Hintergrund reduziert sich die Anzahl der überhaupt für eine hydrophobierende Imprägnierung in Frage kommenden Gesteine. In dem Zusammenhang ist auch die Porosität des Materials zu sehen. Liegt beispielsweise eine Grobporosität vor, die durch eine hydrophobierende Imprägnierung gar nicht überbrückt werden kann, schließt sich eine Behandlung selbstverständlich ebenfalls aus. Darüber hinaus sind Gesteine mit einem großen Anteil an Mikroporen oder auch solchen mit einem sehr heterogenen Porengefüge, wie es bei magmatischen Tuffen beispielsweise der Fall ist, ebenfalls keine geeigneten Untergründe für eine erfolgreiche Applikation einer Hydrophobierung. Auch die Anwendung auf salzbelasteten Untergründen ist sehr kritisch zu sehen. Da die meisten bauschädlichen Salze bereits im Luftfeuchtebereich in Lösung gehen bzw. auch wieder kristallisieren, wird deren Mobilität durch eine Hydrophobierung nicht eingeschränkt. Viel eher ergeben sich in diesen Fällen aus einer Behandlung massive Probleme, da die Kristallisation der Salze in das Gesteinsinnere verlegt wird und somit Schalenbildung die Folge sein kann.

Die größte Gefährdung durch imprägnierende Hydrophobierungen liegt darin, dass Feuchtigkeit, die beispielsweise über ein defektes Fugensystem oder Risse in die Fassade eindringt, hinter der behandelten Zone eingeschlossen bleibt. Denn mit einer Hydrophobierung ist stets auch eine Abnahme der Trocknungsgeschwindigkeit bzw. eine Steigerung des Wasserdampfdiffusionswiderstandes verbunden. Durch die hydrophobierte Natursteinoberfläche findet kein Kapillartransport statt. Die Trocknung erfolgt ausschließlich durch die deutlich langsamere Diffusion, die zudem noch eingeschränkt ist. Aus diesen physikalischen Zusammenhängen resultieren, in Abhängigkeit vom Baumaterial, typische Schäden (Schalenbildung).

Erfahrungsgemäß sollte für konservierte bzw. hydrophobierte Objekte stets ein Monitoring- und Pflegeplan eingerichtet werden, um die Wirkung aufrecht zu erhalten und die Gefährdung durch Hinterwanderung der hydrophobierten Zone einzuschränken.

Die Entwicklung der Hydrophobierungsmittel schreitet jedoch weiter voran und es wird versucht, diese im Hinblick auf eine verbesserte Trocknung der Natursteine und Ziegel zu optimieren, um die gefährliche Hinterfeuchtung zu minimieren (Heinze et al 2012).

Umfang der Applikation

Eine Hydrophobierung sollte im Fall einer Applikation stets als umfassender Regenschutz angelegt sein und nur bei tatsächlicher intensiver Regen- und
Seite 2/6

Schlagregenbelastung eingesetzt werden. Es dürfen nicht nur einzelne Fassadenabschnitte oder gar einzelne Bauteile behandelt werden, da ansonsten die angrenzenden Bereiche umso mehr mit Feuchtigkeit belastet werden (SNETHLAGE 2013). Auch wenn eine Hydrophobierung von Teilbereichen problematisch sein kann, so ist sie manchmal an horizontalen oder geneigten Flächen (Fenstergesims, Abdeckung von Stützpfählern) sinnvoll, da dadurch der Feuchteintrag ins Mauerwerk deutlich reduziert wird. Allerdings muss auch hier der Entscheidung für eine hydrophobierende Behandlung eine eingehende Materialuntersuchung vorausgehen. Eine Feuchtehinterwanderung aus der Richtung der nicht behandelten Bereiche muss unbedingt ausgeschlossen werden. Das gelingt auf längere Sicht erfahrungsgemäß nur durch die Etablierung eines Monitoring- und Pflegekonzept.

Die Darstellung der Wirkungsweise einer Hydrophobierung macht deutlich, dass deren Applikation vor dem Hintergrund des Schutzes und der Bewahrung der historischen Oberflächen stets sehr kritisch zu hinterfragen ist und unter fachmännischen Gesichtspunkten abgewogen werden muss. Eine pauschale Herangehensweise ist unter allen Umständen zu vermeiden.

2. Hydrophobierung unterschiedlicher Gesteinsarten

Nachfolgend soll an Beispielen verdeutlicht werden, welchen Einfluss die Art des Mauerwerks, Materialbeschaffenheit oder bereits vorliegenden Schadensbilder im Zusammenwirken mit einer Hydrophobierung haben können.

Tonhaltige Sandsteine, z.B. Schilfsandstein

Das Substrat des Schilfsandsteins reagiert in ähnlicher Weise wie beispielsweise der Cottaer Sandstein im Zusammenhang mit einer hydrophobierenden Imprägnierung durch eine Steigerung des hygri-schen Quellens und häufig auch zur unverhältnismäßigen Steigerung des Wasserdampfdiffusions-widerstandes (Meinhardt-Degen, 2006). In der Dissertation von H. Kirsten (2009) ist u.a beschrieben, dass eine Hydrophobierung der thüringischen Lettenkeuper- und Schilfsandsteine nicht empfohlen werden kann. Aufgrund der hohen Anfälligkeit gegenüber hygri-schen Längenänderungen und den daraus resultierenden häufig vorkommenden Riss- und Schalenbildungen besteht die Gefahr der Beschädigung und damit des Hinterfeuchtens der hydrophobierten Oberfläche. In der Folge würde es zu einem Abplatzen der hydrophobierten Gesteinsschicht und damit zu weitaus größeren Schäden kommen. Außerdem wurde festgestellt, dass durch die Hydrophobierung zwar die hygri-sche Dehnung im direkten Kontakt mit Wasser verringert wird, dass es aber bereits im Luftfeuchtebereich zu einem Anstieg der hygri-schen Dehnung kommt.

Es ist festzustellen, dass die Dauerhaftigkeit der wasserabweisenden Wirkung an diesen Gesteinen in keinem geeigneten Verhältnis zu den damit verbundenen Risiken der Behandlung steht.

Abb. 1: Ausschnitt einer hydrophobierten Schilfsandsteinfassade, an der sich die Oberfläche wie eine dünne Tapete abgelöst hat. Das freiliegende Gestein sandet. (Photo: J. Meinhardt).



Gesteine mit heterogenem Porengefüge (z.B. magmatische Tuffe)



Eine heterogene Porenradialverteilung ist typisch für magmatische Tuffe. Im Falle einer Hydrophobierung hat dieser Umstand eine ungleichmäßige Verteilung des Schutzmittels im Porengefüge zur Folge. Daraus resultiert zumeist eine unzureichende Wasserabweisung. Über gröber porige Bereiche können erhebliche Wassermengen aufgenommen und in größere Tiefen transportiert werden. Dem entgegen stehen hydrophobe Zonen. Diese inhomogenen Materialeigenschaften bergen ein hohes Risiko für Folgeschäden (Abb. 2a/b).

Magmatische Gesteine

Aufgrund ihres sehr dichten Gefüges verfügen diese Materialien über eine geringe Wasseraufnahmekapazität. Somit verbietet sich die Applikation einer hydrophobierenden Imprägnierung generell (Abb. 3).

Um die Oberflächen der dichten magmatischen Gesteine dennoch vor Witterungseinflüssen und damit verbunden auch vor mikrobiellem Befall zu schützen, stehen ausgewählte, biozid eingestellte Mikrowachsüberzüge zur Verfügung.

Beton, historischer Beton

Für die Anwendung auf modernem, dichtem Beton gibt es durchaus geeignete Hydrophobierungsmittel (monomere Silanverbindungen), die zu einer Wasserabweisung und damit, insbesondere durch Verlangsamung der Karbonatisierung, zum Schutz der Bewehrung führen. Allerdings sind historische Betone häufig durch ein sehr heterogenes Gefüge mit offenporigen, bindemittelarmen Bereichen charakterisiert. Hier ist die Applikation einer Hydrophobierung aufgrund der möglichen Risiken äußerst kritisch zu hinterfragen.

Ziegel-/Klinkerfassaden

Auch wenn Ziegelfassaden als häufig mäßig bis stark saugende Untergründe die Grundvoraussetzung für die Anwendung einer hydrophobierenden Imprägnierung bieten, steht der enorme Anteil an Fugen als schwer kalkulierbares Risiko dem eigentlich entgegen. Man muss sich vor Augen führen, dass rein kalkulatorisch ein Quadratmeter Ziegelmauerwerk ca. 35 m Fugenflanken (Ziegelformat 24x6 cm) enthält. An großen Fassaden ist die regelmäßige Überwachung der Unversehrtheit dieser Fugenflanken nur schwer zu realisieren. Kommt es hierüber zu Hinterwanderungen der hydrophoben Oberfläche, sind perspektivisch Schäden (Schalenbildung) zu erwarten. Das eindringende Wasser verteilt sich hinter der hydrophobierten Zone und reichert sich dort an (Abb. 4). Bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt kommt es im Innern der Ziegel zu Frostschäden, die zunächst unentdeckt bleiben. Nach vielen Frost-Tau-Wechseln zeigen sich plötzlich erhebliche Schäden, die sich im Extremfall durch Abplatzen ganzer Ziegelsteinschalen in der Dicke der hydrophobierten Zone zeigen (Abb. 5).



Abb. 2a/b: Vorgehängte Fassade aus Wieberner Tuff (Aachen, Verwaltungsbau, 1920er Jahre); 1986 erneuert und hydrophobiert. In Folge zeigt sich eine nahezu flächige Schalenbildung und ein sehr fleckiges Erscheinungsbild nach Regenfällen. Die hydrophobe Oberfläche bleibt dann trocken und der nicht hydrophobe Kern im Bereich bereits abgefallener Schalen ist nass. (Photo: VDL, AG Restaurierung/Material-kunde).

Abb. 3: Berlin, Kaiser-Wilhelm-Gedächtnis-kirche, schalenförmige Ablösung am Ettringer Tuffstein in Folge einer Hydrophobierung aus dem Jahr 1982. Die Dicke der Schale korreliert entsprechend einem Untersuchungsbericht der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (Forschungsbericht 0215-7.15-0510 / 7517) der Eindringtiefe des Hydrophobierungsmittels. (Photo: Y.Rieffel, 2011).



Abb. 4: In Extremfällen fließt nach einer Spiralbohrung durch die hydrophobierte Oberflächenzone das dahinter aufgestaute Wasser aus dem Bohrloch heraus (Photo: MPA Bremen).



Abb. 5: Abgeplatzte Ziegeloberflächen eines hydrophobierten Mauerwerks. Die Dicke der Abplatzungen entspricht der Wirtiefe des Hydrophobierungsmittels. Darunter ist das Mauerwerk wassergesättigt (Algenwachstum) (Photo: MPA Bremen).

Bei Ziegeln mit einer Brennhaut schließt sich die Anwendung ebenso aus wie bei sehr niedrig gebrannten Ziegeln, bei denen das hygrische Quellen durch die Hydrophobierung erfahrungsgemäß deutlich gesteigert wird.

3. Hydrophobierung von Fassaden im Zusammenhang mit einer Innendämmung

In Zusammenhang mit der Innendämmungen von Gebäuden ist der Schlagregenschutz der Fassade ein wichtiges Thema geworden. Eine Innendämmung bedingt eine Verschlechterung der Austrocknung der Wand, da die Feuchteabgabe nach innen nicht mehr möglich ist. Außerdem kann es zur Kondensation von Feuchtigkeit in der kälteren Wand hinter der Dämmung kommen. Erhöhte Feuchtigkeit und niedrige Wandtemperatur erhöhen das Risiko der Gefährdung der Natursteine und Ziegel durch Frost.

Der Planungsleitfaden für Innendämmung (WTA-Merkblatt 6-4) enthält deshalb ein vereinfachtes Nachweisverfahren für die Beurteilung des Schlagregeneintrags. Es führt aus, dass bei einschaligem Mauerwerk aus Natursteinen oder Ziegelsteinen eine Begrenzung der Wasseraufnahme auf einen w -Wert unter $0,5 \text{ kg/m}^2\sqrt{\text{h}}$ gewährleistet sein muss. Das bedeutet theoretisch in vielen Fällen eine Hydrophobierung der schlagregengefährdeten Fassaden, deren Risiken und Nebenwirkungen für die Oberfläche der Natursteine und Ziegel in den vorangehenden Kapiteln dargestellt wurden.

Für Baudenkmäler, bei denen die Fassade ein schützenswerter Bestandteil ist, ist deshalb eine objektbezogene Abwägung der Risiken notwendig. Von einer pauschalen Herangehensweise im Sinne Dämmung innen = Hydrophobierung außen ist unbedingt abzuraten. Die Eigenschaften der Baumaterialien und deren Eignung zur hydrophobierenden Imprägnierung sind zu ermitteln (siehe WTA-Merkblatt 3-17). Nur wenn sich aus dieser Prüfung tatsächlich eine Entscheidung für eine Hydrophobierung ergibt, kann sie in Ergänzung einer Innendämmung auch appliziert werden. Ansonsten werden fahrlässig die Unversehrtheit der historischen Oberflächen und damit der Denkmalwert des Objektes riskiert.

Wichtig ist dabei auch, die bestehende Konstruktion in ihren Eigenschaften vollständig zu erfassen, denn es hat sich an Beispielen gezeigt, dass der an der verwitterten Oberfläche bestimmte Wasseraufnahmekoeffizient nicht auf den Mauerquerschnitt übertragen werden kann (Worch, 2013).

Hinsichtlich der postulierten Abhängigkeit zwischen Innendämmung und außenseitiger Hydrophobierung kann an dieser Stelle auf eine Publikation (Auras & Worch 2012) hingewiesen werden, in der für eine Ziegelfassade gezeigt wird, dass es trotz Verzichts auf Schlagregendichte keine Akkumulation von Feuchte im Mauerwerk gab.

4. Hydrophobierung freistehender



Abb. 6: Hydrophobierte Skulptur Amerika, Barockgarten Großsedlitz (Photo: D. Gühne)

Die Hydrophobierung von freistehendem Kunstgut, wie beispielsweise Skulpturen, kann sinnvoll und nachhaltig nur an Objekten erfolgen, die vom Untergrund entkoppelt sind, um die kapillare Wasseraufnahme über die Standfläche des Sockels o.ä. zu vermeiden. Das wäre verbunden mit einer Hinterwanderung der Hydrophobierung und den entsprechenden Schäden. Weiterhin ist es wichtig zu berücksichtigen, dass auf einer hydrophobierten horizontalen bzw. leicht geneigten Oberfläche die Feuchtigkeit in Tropfen stehen bleibt. Unbesonnte Bereiche neigen daher zu einer Vergrünung (Abb. 6). Mit zunehmender Staubablagerung auf der hydrophobierten Fläche entsteht im oberflächennahen Bereich ein hydrophiles und nährstoffreiches Milieu, das perspektivisch den biologischen Bewuchs noch verstärken kann.

Eine Entscheidung für eine Hydrophobierung darf auch hier nur auf der Basis von geeigneten Materialuntersuchungen und der Orientierung an den etablierten Richtwerten erfolgen.

4. Literatur

- Auras, M. & Worch, A. (2012): Innendämmung mit außenseitiger Hydrophobierung - material- und denkmalgerecht? IN: Denkmalschutz und Energieeinsparung. Stand der Dinge fünf Jahre nach der EnEV 2007, Fraunhofer IRB
- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (2013): Abschlussbericht - Bauwerksanalytische Untersuchungen an der Turmruine der Kaiser-Wilhelm-Gedächtniskirche, Forschungsbericht 0215-7.15-0510 / 7517, Autoren: F. Weise, G. Hüsken, U. Müller.
- Belk, G. & Hilbert, G. (2007): Farblasuren auf Cottaer Sandstein, Tagungsband zur ARKUS-Tagung Elbsandstein, Dresden Juni 2007
- Heinze, P., Plagge, R., Engel, J. (2012): Dicht von außen, offen von innen - Hydrophobierung und Innendämmung. B+B, 2012, Heft 1, 24-29.
- Kirsten, H. (2008): Herkunft, Eigenschaften und Konservierungsmöglichkeiten von Lettenkeuper- und Schilfsandsteinen an Baudenkmalen in Thüringen, Dissertation. Bauhaus-Universität Weimar
- Meinhardt-Degen, J. (2006): Geologisch-mineralogische und materialtechnische Untersuchungen zur Risikoabschätzung von Folgekonservierungen bei Sandsteinen am Beispiel von Regensburger Grünsandstein und Grünem Mainsandstein, Dissertation, Fakultät für Geowissenschaften der Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Snethlage, R. (2013): Leitfaden Steinkonservierung, Planung von Untersuchungen und Maßnahmen zur Erhaltung von Denkmälern aus Naturstein, Fraunhofer IRB-Verlag Stuttgart, 4. überarb. und erw. Aufl..
- Worch, Anatol (2013): Schlagregen und Innendämmung bei einschaligen Mauerwerk. Der Bausachverständige, 2013, Heft 3, 24-28
- WTA Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. : Merkblatt 3-17-2009 Hydrophobierende Imprägnierung von mineralischen Baustoffen, WTA-Publications.
- WTA-Merkblatt 6-4 -2009/D: Innendämmung nach WTA I - Planungsleitfaden